



CONCEPTION D'UN SYSTÈME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE DANS LA LOCALITE DE BORO, COMMUNE DE PÂ, PROVINCE DES BALÉ (BURKINA FASO).

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER
SPECIALITE INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES

Présenté et soutenu publiquement le 30/06/2020 par

Corneille Candide GBOYOU (2014 0412)

Encadrant 2iE : Mr Moussa FAYE, Enseignant en Hydraulique, 2iE

Maître de stage : Mr Rachid Miguel A. DIALLO, Ingénieur Eau et Assainissement, SERAT SARL

Structure d'accueil du stage : Société d'Etudes, de Réalisation et d'Assistance Technique (SERAT SARL)

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Pr. H. Anderson ANDRIANISA

Membres et correcteurs : Mr Bruno KAFANDO
Mr Roland YONABA

Promotion [2019/2020]

DEDICACES

Ce mémoire est dédié à :

Mon père Honfin Bernard GBOYOU, pour le don de sa personne pour mon éducation et pour tous les efforts consentis dans l'unique but de mon émancipation.

Ma mère Bibiane Françoise ATCHADE, pour ses nombreux conseils et la fierté qu'elle m'inspire de par ses innombrables qualités et vertus.

Mes frères et sœurs Dr Bénédicte, Jérémie, Baudelaire et Merveille pour leur présence dans ma vie et le soutien qu'ils ont toujours été pour moi.

Je vous aime beaucoup moins que mon Dieu, mais bien plus que moi-même.

REMERCIEMENTS

Ce document n'aurait jamais vu le jour sans le concours de plusieurs personnes. Puissent-elles trouver ici le témoignage de notre profonde gratitude.

Ainsi, nos remerciements vont à l'endroit de :

Tout le corps professoral, le personnel de l'administration et les promotionnaires de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) ;

Mr Moussa Diagne FAYE, notre encadreur, pour l'encadrement reçu, les différentes directives communiquées et la disponibilité dont il a fait preuve malgré ses multiples occupations ;

Mr Saïdou KAFANDO, Ingénieur du Génie Rural, Directeur Général de SERAT Sarl pour nous avoir intégré dans sa structure en qualité de stagiaire ;

Mr Amadou Rachid Miguel DIALLO, Ingénieur Eau et Assainissement à SERAT Sarl, notre maître de stage, pour l'accompagnement, l'indéfectible soutien et tous les apports multiformes ;

Mr Rodrigue Paligwindé WALBEOGO, Ingénieur du Génie Rural à SERAT Sarl, pour les conseils prodigués lors de l'élaboration du mémoire et la spontanéité qui lui est propre ;

L'ensemble du personnel de SERAT Sarl, pour l'accueil fort chaleureux, l'inclusion dans l'équipe, les différents conseils et la bonne atmosphère qui a toujours prévalu durant le stage ;

Mr David ZOUGRANA, Directeur Technique à GéSeB Sas, pour nous avoir recommandé à SERAT Sarl.

Mlle Adékèmi Elvire Georgia HOUNKPATIN, Ingénieure Génie Civil, pour la présence, la grande affection, les conseils durant le stage et les contributions pour la rédaction du présent document.

Mr Lassina DAVOU, Ingénieur de conception en Génie Électrique et Énergétique, pour les nombreux apports tout le long du stage, la présence et pour la longue amitié témoignée.

Mr Elisée SAWADOGO, Ingénieur des Travaux à Ingénus, pour l'incalculable soutien, le partage de l'opportunité de stage et la grande amitié qu'il nous porte.

Nos compagnons d'infortune, devenus notre famille, Dr Marius AMETPEPE, Baudelaire AHOANSOTODE, Cédry BIDI, Hector TETE, Olivier BEDOUM, Daryl TCHIBINDA et Dabo ANTSSOURA pour le chemin fait ensemble.

Tous ceux qui depuis le début de nos études d'ingénieur, ont contribué d'une manière ou d'une autre à notre édification

RESUME

L'accès à l'eau potable continue d'être une préoccupation majeure des pays sahéliens. C'est le cas du Burkina Faso, où les populations de zones déficitaires s'approvisionnent à des sources d'eau non potable.

Le Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA) est un programme de l'Etat visant à doter les populations burkinabè de 90 systèmes d'AEP dont 40 dans la région de la Boucle du Mouhoun. La présente étude arbore synthétiquement la conception d'un système d'adduction d'eau potable dans la localité de Boro, commune de Pâ, province des Balé. Boro est un village dont la population à l'horizon **2040** du projet est estimée à **7 508 habitants**. Evalués à **237,85 [m³/jr]**, les besoins en eau du jour de pointe de la population seront couverts par deux forages de **5 [m³/h]** chacun refoulant l'eau souterraine au travers de conduites en **PVC PN 10** vers un réservoir d'eau métallique de **75 [m³]** surélevé de **10 [m]** par rapport au sol. L'alimentation des deux pompes **GRUNDFOS SP 5A-17N** choisies, se fera par un système photovoltaïque et un stockage sur batteries. De type maillé, le réseau de distribution est long de **6543,3 [ml]** de conduites en **PVC PN6** et dessert **06 bornes fontaines** à 03 robinets et **43 branchements particuliers**.

Confié à un opérateur par un contrat d'affermage, l'ouvrage s'élève à **192 124 213 [FCFA] TTC**. Le coût de revient de l'eau **260 [FCFA/m³]** et l'eau sera vendue à **500 [FCFA/m³]** afin de faire face aux charges d'entretien et à l'amortissement des équipements.

Mots Clés :

-
- 1 - AEP**
 - 2 - Affermage**
 - 3 - Boro**
 - 4 - Réseau maillé**
 - 5 - Système photovoltaïque**

ABSTRACT

Access to tap water continues to be a major concern of Sahelian countries. Burkina Faso is one of those countries, where populations of deficit areas consumed non-potable water.

One of the government's programs is the Water Supply and Sanitation Program (PAEA). The project will provide the Burkinabè populations with 90 tap water supply systems, including 40 in the Boucle du Mouhoun region. The present study summarizes the design of a tap water supply system in the locality of Boro, town of Pâ, Balé province.

Boro will be a village of **7,508** persons by **2040**. Evaluated at **237.85 [m³/day]**, the population's peak day water needs will be covered by two boreholes of **five [m³/hour]** pumping groundwater through **PVC PN 10** pipes to a **75 [m³]** metallic water tower raised by **10 [m]** above the ground. A photovoltaic system and some batteries will supply the two **GRUNDFOS SP 5A-17N** pumps chosen. The distribution network has **6,543.3 [ml]** of **PVC PN6** pipes and serves **06 tap faucets** with 03 taps and **43 special connections**.

A private operator will manage the system by a delegation by leasing contract. The project amounts to **192 124 213 [FCFA] including tax**. In order to support maintenance costs and depreciation of the equipment, the operator will sell one cubic meter's container of water at **500 [FCFA]** whereas the cost of one cubic meter's container is **260 [FCFA]**.

Key words:

-
- 1 - AEP**
 - 2 - Delegation by leasing**
 - 3 - Boro**
 - 4 - Mesh network**
 - 5 - Photovoltaic syste**

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE	: Institut International de l'Eau et de l'Environnement
AEP	: Adduction d'Eau Potable
APD	: Avant-Projet Détaillé
APS	: Avant-Projet Sommaire
BF	: Borne Fontaine
BP	: Branchement Privé ou Branchement Particulier
DAO	: Dossier d'Appel d'Offre
DGEP	: Direction Générale de l'Eau Potable
DN	: Diamètre Nominal
EAC	: Etudes-Action-Conseils
EPS	: Entreprise Polytechnique Sanitaire
HMT	: Hauteur Manométrique Totale
INS	: Institut National de la Statistique et de la Démographie
ODD	: Objectif du Développement Durable
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
ONEA	: Office National de l'Eau et de l'Assainissement
ONU	: Organisation des Nations Unies
PAEA	: Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement
PCD	: Plan Communal de Développement
PEM	: Point d'Eau Moderne
PGES	: Plan de Gestion Environnementale et Sociale
PMH	: Puits à motricité humaine
PN	: Pression Nominale
PN-AEP	: Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable
PNDES	: Plan National de Développement Economique et Social
PPI	: Projet de Production Internationale
PVC	: Polychlorure de Vinyle
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RNIE	: Route Nationale Inter-Etats
SERAT	: Société d'Etudes, de Réalisation et d'Assistance Technique

SOMMAIRE

DEDICACES	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT	v
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
SOMMAIRE	1
LISTE DES TABLEAUX.....	3
LISTE DES FIGURES.....	4
FICHE SIGNALÉTIQUE DE L'AEP DE BORO	5
I. INTRODUCTION.....	6
II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE ..	7
II.1. Présentation de la structure d'accueil.....	7
1. Présentation générale de la structure	7
2. Mission et vision stratégique	7
3. Domaines de compétence et prestations offertes	7
4. Organigramme de la structure	8
II.2. Présentation de la zone d'étude	8
1. Localisation de la zone d'étude	8
2. Présentation du cadre physique	9
3. Présentation du cadre humain	11
III. PRESENTATION DU PROJET	12
1. Contexte et problématique	12
2. Objectifs	13
3. Diagnostic / Etat des lieux.....	13
IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION	14
IV.1. Documentation	14
IV.2. Enquêtes socio-économiques	14
1. Implantation des Bornes Fontaines	14
2. Reconnaissance de terrain	16
IV.3. Données géographiques et topographiques.....	16
IV.4. Hypothèses de calcul.....	16
1. Paramètres et critères de conception	16
2. Horizon du projet	17
3. Consommation spécifique	17
4. Taux de desserte	18
5. Variation de la demande – Coefficients de pointe	18
6. Rendement technique du réseau	19
7. Conditions de vitesse et de pression.....	19
8. Pertes de charge.....	20
IV.5. Évaluation des besoins en eau.....	21
1. Estimation de la population à l'horizon du projet	21
2. Estimation des besoins en eau	21

3.	Disponibilité de la ressource en eau	23
V.	ETUDE TECHNIQUE	24
V.1.	Dimensionnement du réseau	24
1.	Type de réseau et modes de distribution et de refoulement	24
2.	Pompe : HMT, Puissance et choix	24
3.	Conduites du réseau de refoulement – Caractéristiques.....	26
4.	Etude du coup de bélier sur la conduite de refoulement	28
5.	Réservoir	29
6.	Vérification du temps minimal de contact du chlore	31
7.	Vérification de la durée d'efficacité du chlore.....	31
8.	Traitement	31
9.	Conduites du réseau de distribution - Caractéristiques	32
10.	Etat récapitulatif des longueurs des réseaux	33
11.	Source d'énergie.....	34
12.	Caractéristiques de la station photovoltaïque.....	34
V.2	. Ouvrages annexes du réseau	35
V.3.	Pose des canalisations en tranchées.....	36
V.4	. Mode de gestion préconisé pour l'AEP.....	37
1.	Contexte de gestion du service de l'eau	37
2.	Mode de gestion préconisé pour l'AEP de Boro.....	37
VI.	ETUDE FINANCIERE – ETUDE DES COUTS	38
1.	Coût du projet.....	38
2.	Prix de revient du mètre cube d'eau.....	38
VII.	ANALYSE DES RÉSULTATS	40
1.	Besoin de renforcement de la ressource	40
2.	Pression nominale des conduites.....	41
3.	Vérification des pertes de charge singulières	41
4.	Analyse de la tarification.....	41
5.	Analyse des potentiels risques de synergie	42
6.	Risques d'antagonisme.....	42
7.	Simulation avec le logiciel EPANET.....	42
VIII.	ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL	47
1.	Rappel du cadre législatif régissant le projet	47
2.	Rappel des composantes et phases du projet.....	47
3.	Identification et évaluation des impacts	47
4.	Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES)	52
IX.	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	56
X.	BIBLIOGRAPHIE	58
XI.	ANNEXES	i

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Coordonnées des forages de Boro	13
Tableau 2 : Expression des besoins de branchements particuliers à Boro	13
Tableau 3 : Coordonnées des sites de BF du village de Boro	15
Tableau 4 : Evolution des consommations spécifiques.....	17
Tableau 5 : Estimations des besoins en eau	23
Tableau 6 : Caractéristiques de la pompe et des forages.....	24
Tableau 7 : Caractéristiques techniques de la pompe choisie	25
Tableau 8 : Diamètres des conduites de refoulement.....	28
Tableau 9 : Récapitulatif de l'étude du coup de bélier.....	29
Tableau 10 : Diamètres des conduites de distribution et vitesses sur les tronçons	33
Tableau 11 : Récapitulatif des longueurs des réseaux.....	33
Tableau 12 : Récapitulatif du dimensionnement.....	35
Tableau 13 : Dimensions des fouilles pour la pose des canalisations	36
Tableau 14 : Récapitulatif du devis estimatif.....	38
Tableau 15 : Dotation aux amortissements	39
Tableau 16 : Charges d'exploitation et d'entretien	40
Tableau 17 : Renforcement de la ressource	41
Tableau 18 : Pertes de charges singulières.....	41
Tableau 19 : État des Arcs du réseau d'adduction	43
Tableau 20 : État des Nœuds du réseau d'adduction	43
Tableau 21 : État des Arcs du réseau de distribution	44
Tableau 22 : État des Nœuds du réseau de distribution	44
Tableau 23 : Récapitulatif des valeurs obtenues par calcul et des valeurs d'EPANET	45
Tableau 24 : Travaux liés à la réalisation du système d'AEP de Boro	48
Tableau 25 : Matrice de Léopold - Evaluation des impacts négatifs	49
Tableau 26 : Matrice de Léopold – Evaluation des impacts positifs	50
Tableau 27 : Mesures d'atténuation des impacts négatifs.....	52
Tableau 28 : Programme de surveillance environnementale	54
Tableau 29 : Programme de suivi environnemental.....	55

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de la structure	8
Figure 2 : Localisation du site de Boro	9
Figure 3 : Evolution de la pluviométrie dans la commune de Pâ de 2004 à 2013	10
Figure 4 : Localisation des bornes fontaines du site de Boro selon les coordonnées GPS	15
Figure 5 : Courbe caractéristique pour la détermination du point de fonctionnement.....	25
Figure 6 : Réseau d'adduction de l'AEP de Boro (Google Earth)	27
Figure 7 : Réseau d'adduction de l'AEP de Boro	27
Figure 8 : Réseau de distribution de l'AEP de Boro (Google Earth).....	32
Figure 9 : Simulation du réseau d'adduction sur Epanet	43
Figure 10 : Simulation du réseau de distribution sur Epanet	45
Figure 11 : Comparaison des débits obtenus.....	46
Figure 12 : Comparaison des vitesses	46
Figure 13 : Comparaison des pressions obtenues aux différents nœuds	46

FICHE SIGNALETIQUE DE L'AEP DE BORO

1. LOCALISATION	
- Région/Province/Commune/Village - Distance de Boromo [km] - Distance de Bobo-Dioulasso [km] - Coordonnées GPS	- Boucle du Mouhoun/Balé/Pâ/Boro 45 130 3°12'56,921 Ouest et 11°34'35,405'' Nord
2. DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES	
- Population en 2006 [personnes] - Taux d'accroissement [%] - Population en 2040 [personnes] - Demande en eau du jour de pointe 2040 [m³/j] - Consommation spécifique [l/j/pers]	2794 2,95 7508 237,85 20 pour les BF et 30 pour les BP
3. SITES DES FORAGES	
- Coordonnées GPS Forage 1 - Coordonnées GPS Forage 2 - Côtes TN Forages [m] - Profondeurs/Niveaux Dynamiques [m] FOR1 - Profondeurs/Niveaux Dynamiques [m] FOR2 - Débits d'exploitation [m³/h]	3°12'22,67" Ouest et 11°34'49,60" Nord 3°12'31,22" Ouest et 11°34'30,76" Nord 267/270 60/40,3 65/46,9 5 pour chaque forage
4. ELECTROPOMPE	
- Marque - Nom du produit - HMT [mCE] - Débit [m³/h] - Puissance [kW]	- GRUNDFOS - SP 5A-17N 85 5 1,5
5. SOURCE D'ENERGIE	
- Energie - Nombre de modules	- Photovoltaïque 30 modules de 300 [Wc] par site
6. STOCKAGE	
- Nature/Forme - Côte TN [m] - Capacité [m³] - Hauteur sous cuve [m]	- Réservoir cylindrique métallique 279 75 10
7. RESEAU D'ADDUCTION	
- Nature - Longueurs [m] - Diamètres [m]	- PVC PN10 797,45 - DN63 et DN75
8. RESEAU DE DISTRIBUTION	
- Nature - Longueurs [m] - Diamètres [m]	- PVC PN6 6543,3 - DN50-DN200
9. BORNES FONTAINES	
- Nombre de BF - Nombre de robinets par BF	06 03
10. ANALYSE FINANCIERE/GESTION	
- Coût de l'AEP [FCFA] - Prix du mètre cube d'eau [FCFA] - Mode de gestion proposé	192 124 213 500 - Contrat d'affermage

I. INTRODUCTION

Les populations du Burkina Faso, à l'instar de celles d'autres pays d'Afrique au sud du Sahara, connaissent une dissimilitude d'accès à l'eau potable sur l'ensemble du territoire comme l'indique le rapport 2019 de l'ONU. Cet état de fait conduit ces populations de zones déficitaires à s'approvisionner dans les sources d'eau non potables.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA) formulé par le gouvernement du Burkina Faso. Suivant l'approche service intégré dans le Plan National de Développement Economique et Social (PNDES) à l'horizon 2030, la mise en œuvre de la composante « Accès à l'eau potable en milieu rural » du PAEA a nécessité un financement sollicité et obtenu par le gouvernement du Burkina Faso auprès de la Banque Mondiale.

Le programme permettra de réaliser 90 systèmes d'adduction d'eau potable dont 40 dans la région de la Boucle du Mouhoun. C'est à cet effet que la localité de Boro bénéficie d'investigations en vue de la réalisation d'un système d'adduction en eau potable. Le bureau d'études SERAT s'est donc vu investi de la réalisation d'une étude d'APD pour la fourniture en eau potable du site.

Ainsi, en qualité de stagiaire au sein de la société, la tâche a consisté en une étude de conception d'un système d'adduction d'eau potable dans la localité de Boro, commune de Pâ, province des Balé (Burkina Faso). Le mémoire qui suit en présente les résultats obtenus.

L'aboutissement de ce travail a été rendu possible grâce au suivi d'une structuration bien définie.

Le travail consistera entre autres à :

- Évaluer les besoins en eau de la population au travers d'enquêtes socio-économiques ;
- Estimer la ressource en eau disponible dans la localité au travers du recensement des ouvrages en place et/ou des ressources naturelles ;
- Identifier les potentiels points d'implantation sociale des sites des Bornes Fontaines (BF) ;
- Concevoir le réseau et estimer la capacité de stockage du réservoir ;
- Évaluer financièrement le projet ;
- Réaliser l'étude d'impact environnemental et socio-économique du projet et ;
- Produire les différentes notes de calculs du système d'Adduction d'Eau Potable (AEP) et les dessins nécessaires ;
- Simuler le réseau sur Epanet.

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

II.1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

1. Présentation générale de la structure

Créée en 2006, la Société d'Études, de Réalisations et d'Assistance Technique (SERAT) est un bureau d'études privé de droit burkinabè, composé d'Ingénieurs et de Techniciens jouissant de plusieurs années d'expérience dans les domaines de l'ingénierie.

Le bureau repose sur un noyau de cadres permanents appuyés par des techniciens et des consultants extérieurs ayant acquis une grande expérience dans la préparation, la formulation, la réalisation, la coordination d'études ainsi que le pilotage et le contrôle des travaux.

2. Mission et vision stratégique

Le bureau d'études SERAT s'est assigné pour mission de contribuer activement à l'émergence d'un développement durable au Burkina Faso et en Afrique en apportant son expertise dans ses domaines d'intervention. Sa vision stratégique se décline comme suit :

« Être une société d'ingénierie d'excellence, offrant des prestations de qualité en matière d'études, de conseil et d'assistance technique au client ».

3. Domaines de compétence et prestations offertes

Les prestations offertes par le bureau d'études sont les Études techniques d'Avant-Projet Sommaire (APS) et d'Avant-Projet Détaillé (APD), l'Élaboration des Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE), l'Étude économique et financière, les Études du milieu (topographie, socio-économie, agroéconomie, etc.), le Suivi-évaluation de projets de développement, la Surveillance et contrôle des travaux, l'Assistance technique, la Formation, l'Intermédiation sociale.

Ses domaines de compétence sont l'Approvisionnement en eau potable, assainissement et environnement, la Mobilisation des ressources en eau et aménagements hydro-agricoles, le Génie civil et les travaux publics.

4. Organigramme de la structure

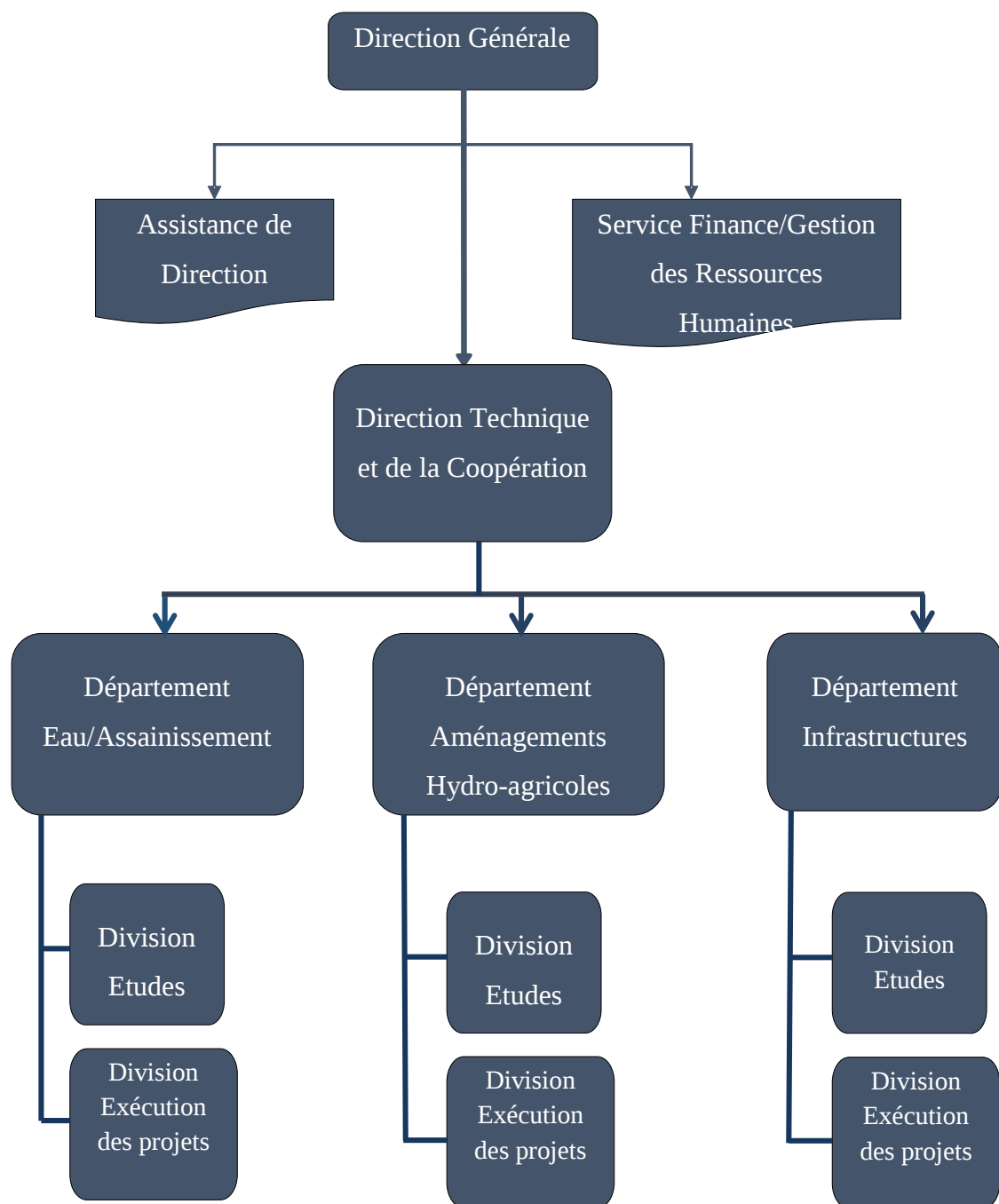


Figure 1 : Organigramme de la structure

II.2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1. Localisation de la zone d'étude

Boro est un village de la commune de Pâ qui est le chef-lieu du département du même nom situé dans la province des Balé et dans la région de la Boucle du Mouhoun au Burkina Faso. Le site de Boro s'étend le long de la Route Nationale n°1 à 7 [km] de la commune de Pâ, elle-même située à 221,5 [km] de Ouagadougou.

La localité est à 45 [km] de Boromo (chef-lieu de la province) et à 130 [km] de Bobo-Dioulasso. Avec une altitude moyenne de 287 [m], la localité de Boro est à 11° 34' 35,405" Nord et 3° 12' 56,921" Ouest (CNES/Airbus DS Geo, 2019)¹. La **Figure 2** ci-contre, donne une localisation spatiale de la zone d'étude.

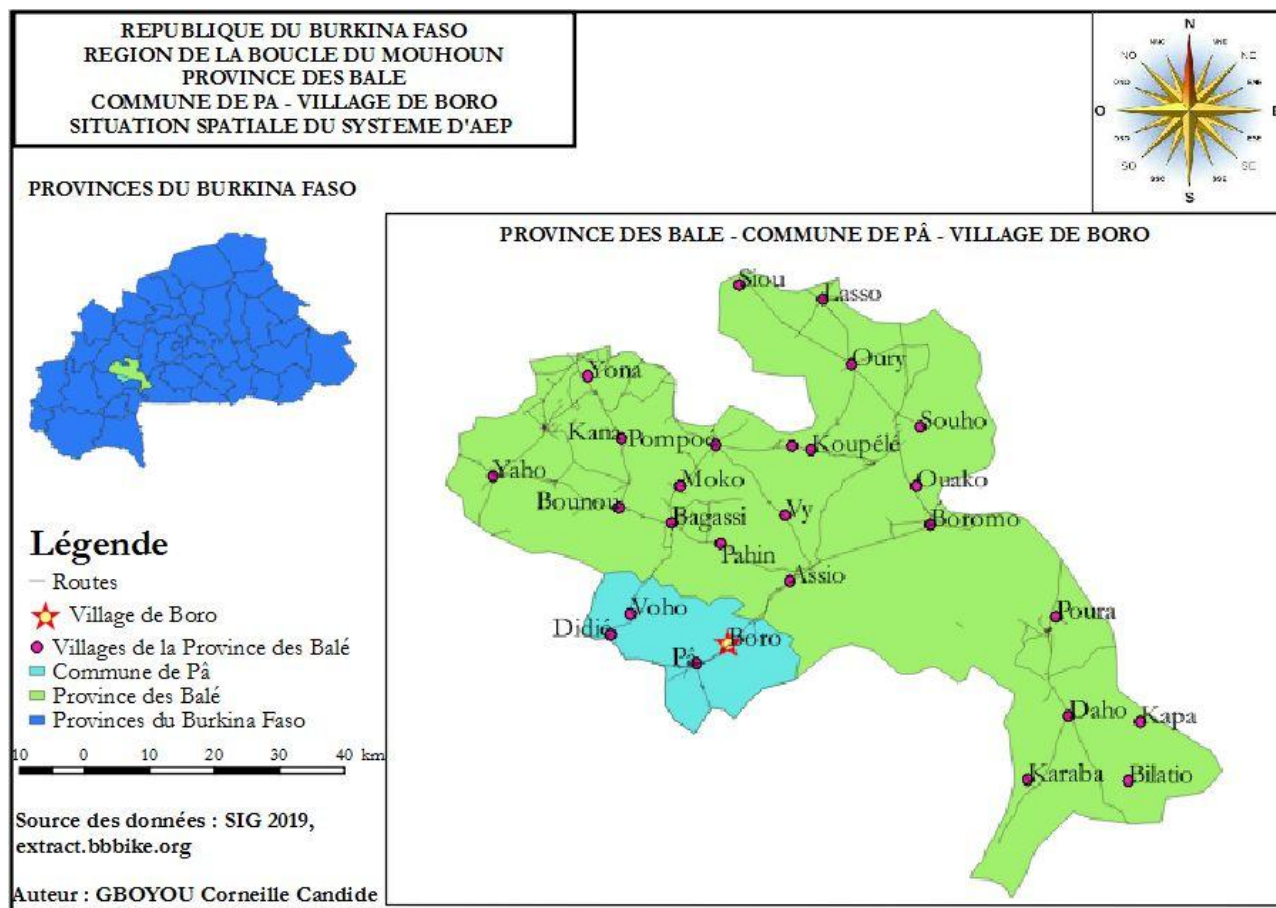


Figure 2 : Localisation du site de Boro

2. Présentation du cadre physique

◆ Climat – Pluviométrie

La zone d'étude est située au sud de la région de la Boucle du Mouhoun dans la zone soudano-sahélienne qui dispose d'une pluviométrie moyenne annuelle de 700 à 900 [mm].

La région connaît deux (2) saisons :

- Une saison sèche qui dure 6 à 7 mois. Elle est marquée par un harmattan, vent frais et sec qui dure de novembre à fin janvier avec des températures basses autour de 15°C ; vent chaud et sec de février à Mai avec de fortes températures dépassant souvent 40°C ;

¹ Airbus DS Geo (anciennement Spot Image) est une société anonyme créée en 1982 par le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES). Elle est l'opérateur commercial des satellites d'observation de la Terre.

- Une saison pluvieuse qui s'étale sur 5 à 6 mois. Elle est annoncée par une mousson, vent frais et humide avec des températures oscillant entre 24 et 28°C de juin à octobre.

La pluviométrie est caractérisée par sa mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace.

L'Annexe 1 et la Figure 3 : *Evolution de la pluviométrie dans la commune de Pâ* de 2004 à 2013 ci-contre donnent une idée de son évolution de 2004 à 2013 :

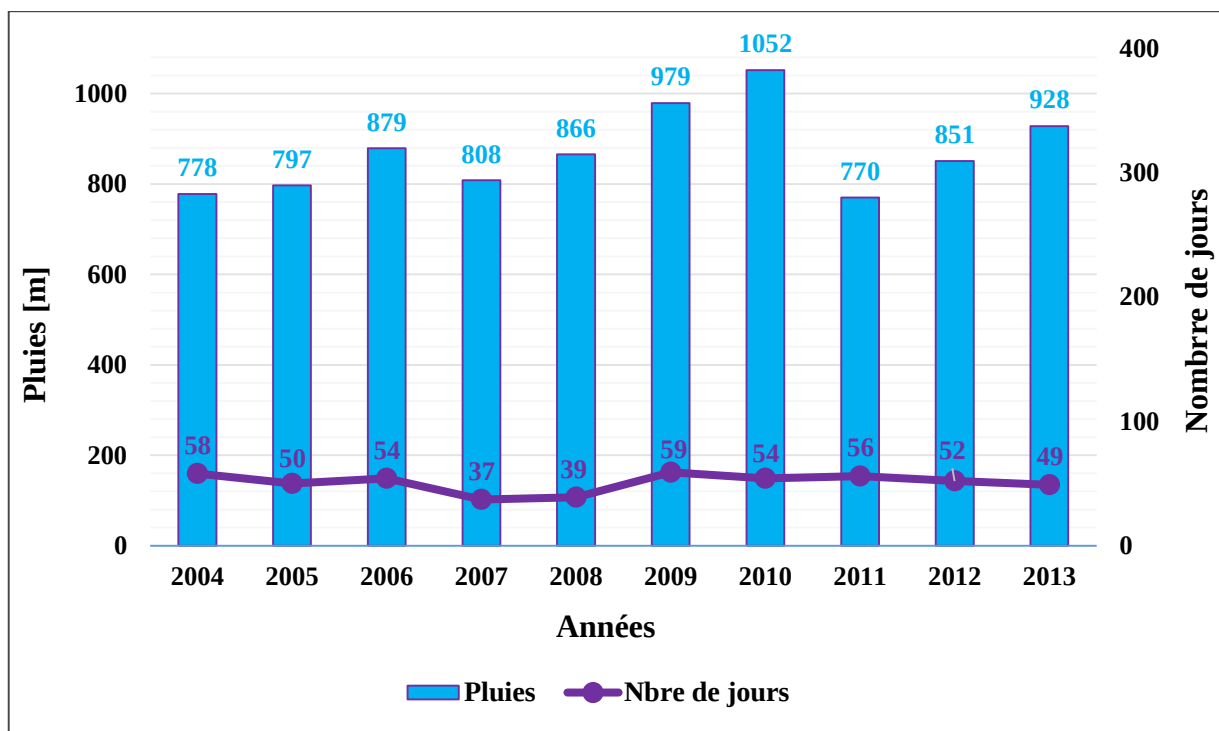


Figure 3 : Evolution de la pluviométrie dans la commune de Pâ de 2004 à 2013

Source : Etudes-Action-Conseils, 2014 ; SERAT, 2019

◆ Relief – Géomorphologie

La localité de Boro, est une région peu accidentée. Elle est plate sur près des 4/5 de sa superficie. Le relief est assez monotone et quelques fois interrompu par des affleurements de grès parfois fortement escarpés. Les collines constituent les hauts ensembles de la région avec des altitudes variant généralement entre 340 et 458 [m]. Le pic de Konkoliko (dans les Balé) est le plus haut sommet de la région de la boucle du Mouhoun et culmine à 621 [m] d'altitude.

◆ Sols

Au niveau des sols, on distingue 04 types dans la région que sont les sols minéraux bruts associés aux sols peu évolués, les vertisols et les sols bruns eutrophes, les sols ferrugineux tropicaux et les sols hydromorphes.

◆ Végétation, faune et flore

Sur le plan des formations végétales, la région de la Boucle du Mouhoun enregistre des nuances. En effet, dans le secteur soudanien dans lequel se situe notre localité, dominant les savanes arbustives et arborées et les formations mixtes des vallées associées aux cultures. Ces formations végétales servent de gîte à une faune assez riche et variée. Elle est constituée en grande partie de petits gibiers (lièvres, antilopes de petite taille, rats, écureuils, tourterelles, etc.).

◆ Hydrographie

Le Tuy ou Grand Balé est la principale composante du réseau hydrographique de la zone. Avec ses affluents que sont le « Kidaho », le « Sa » et le « Bako », il traverse la commune de Pâ dans sa partie Nord. On dénombre aussi des marres et le barrage de Pâ dont le lit subit un envasement progressif. Quant aux eaux souterraines, elles sont captées au moyen de forages à motricité humaines et des puits.

3. Présentation du cadre humain

◆ Aspects démographiques

Boro est à l'origine un village Bwaba. Les groupes ethniques présents recensés dans la zone sont les Bwaba, les Mossé, les Peulhs, les Dafing, les Dioula, les Samo, les Ko et les Gourounsi.

Les populations sont principalement musulmanes, mais aussi animistes, catholiques, protestantes et athées.

◆ Aspects socio-économiques

L'économie de la région est essentiellement basée sur l'agriculture et l'élevage qui occupent environ 90 % de la population. A ces deux secteurs clés, s'ajoutent des secteurs d'opportunités tels que les mines, l'élevage, l'artisanat, l'industrie, les services. (Longue & Zan, 2009)

- **Agriculture** : les cultures céréalières occupent presque 10% de la superficie en cultures pluviales (Longue & Zan, 2009). Le maïs occupe les proportions les plus importantes, suivi par le sorgho et le mil.
- **Élevage** : les activités de l'élevage sont omniprésentes dans les systèmes de production rencontrés dans la région et sont variables d'une zone à l'autre en raison des conditions agroclimatiques.

- **Artisanat** : l'artisanat est peu développé dans la région ; néanmoins c'est une filière émergente qui fait face à d'énormes contraintes dues à la faiblesse du niveau de qualification des artisans.
- L'artisanat traditionnel, aussi bien que celui moderne sont présents dans la région.
- **Le commerce** : le commerce de céréales est l'activité principale de nombreux actifs surtout en saison sèche. Ce commerce occupe une place de choix aussi bien au niveau des marchés centraux que frontaliers. En termes de commerce général, l'activité est essentiellement basée sur l'importation des produits manufacturés.

◆ Alimentation énergétique

La localité de Boro n'est pas électrifiée. Elle n'est pas connectée au réseau électrique de la Société Nationale d'Électricité du Burkina Faso (SONABEL) ni à un autre réseau de production d'énergie comme le solaire. Les populations utilisent des lampes, des torches, des lanternes, des bougies pour leurs besoins d'éclairage.

III. PRESENTATION DU PROJET

1. Contexte et problématique

Le droit d'accès à l'eau potable et à l'assainissement de chaque citoyen n'est pas encore chose effective au Burkina Faso. Ce droit est explicité par l'Objectif de Développement Durable (ODD²) n°6 qui porte sur la disponibilité et la gestion durable de l'eau et de l'assainissement pour tous. C'est l'une des raisons pour lesquelles les politiques burkinabè œuvrent pour la mise à disposition de l'eau aux populations dont le niveau de vie et le nombre sont sans cesse croissants. Particulièrement défavorisées, les zones rurales sont la cible de nombreux projets et du Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP) afin de relever le défi imposé.

Dans ce contexte, la localité de Boro a été identifiée pour bénéficier d'un système d'adduction d'eau potable auquel s'ajoutent un système d'exhaure et tout autre équipement indispensable. Le projet permettra d'évaluer la faisabilité et la viabilité socio-économique du réseau d'AEP à mettre en place. Ceci passe par la prise en compte des habitudes, des espérances et des exigences de la communauté réceptrice de l'ouvrage.

² Les objectifs de développement durable répondent aux défis mondiaux auxquels nous sommes confrontés, notamment ceux liés à la pauvreté, aux inégalités, au climat, à la dégradation de l'environnement, à la prospérité, à la paix et à la justice. Ils ont été rédigés par l'ONU.

2. Objectifs

Le principal objectif de ce projet est la réalisation d'une étude de conception d'un système pour l'approvisionnement en eau potable de la localité de Boro dans la commune de Pâ en province des Balé dans la région de la Boucle du Mouhoun pour l'horizon 2040.

Aussi, les objectifs spécifiques seront :

- Les études de conception technique et la simulation du réseau sur Epanet,
- L'étude d'impact environnemental et social du projet
- L'estimation du coût du projet ainsi que le coût de revient de l'eau.

3. Diagnostic / Etat des lieux

Le village de Boro est une localité dont le niveau d'urbanisation est relativement précaire. Le village dispose d'une école de six (06) classes, de lieux de culte dont trois (03) mosquées et une (01) église protestante. La mission d'implantation sociale des sites de BF a recensé avec l'aide des populations, un (01) puits moderne permanent et huit (08) forages dont sept (07) fonctionnels qui desservent le village en eau potable. Deux (02) forages dont les coordonnées sont regroupées dans le **Tableau 1** ci-contre, possèdent des débits assez importants pour servir à l'étude :

Tableau 1 : Coordonnées des forages de Boro

N°	Statut	Fonctionnalité	Propriétaire	Année de réalisation	Débit [m³/h]	Coordonnées GPS	
						LONGITUDE	LATITUDE
1	Forage	Fonctionnel	Communautaire	2018	5	3°12'22,67" O	11°34'49,60" - N
2	Forage	Fonctionnel	Communautaire (Mosquée)	2018	5	3°12'31,22" O	11°34'30,76" - N

Aucun système d'AEP existant n'a été identifié sur le site de Boro. Comme dit précédemment, le site de Boro n'est pas électrifié. De ce fait, l'implantation du système d'AEP nécessitera la prévision d'une source d'énergie pour l'alimentation de la pompe.

Suite aux études socio-économiques, quarante-trois (43) demandes de branchements particuliers ont été enregistrées pour une population totale de 751 personnes disposant d'une capacité à payer l'eau à 650 FCFA le mètre cube ; À ces personnes désireuses d'être desservies par Branchement Privés (BP), s'ajoute l'école de Boro qui est un centre communautaire à prendre aussi en considération. C'est ce que récapitule le **Tableau 2** suivant, coordonnées à l'appui :

Tableau 2 : Expression des besoins de branchements particuliers à Boro

Branchements particuliers			
Demandes de branchement		Ecole (coordonnées)	
Nbre	Population à desservir	Longitude	Latitude
43	751	3°12'11.14"O	11°35'02.00"N

IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

Pour atteindre efficacement les objectifs visés par le projet, notamment la réalisation d'une bonne étude de faisabilité technique du système, une méthodologie a été élaborée et suivie. Elle est sommairement abordée dans les points qui suivront afin de donner aux lecteurs, un aperçu des conditions d'exécution du travail.

IV.1. DOCUMENTATION

Cette méthodologie a consisté en la collecte d'informations techniques et de documents préexistants sur la zone d'étude et la réglementation en vigueur au Burkina Faso. Les documents consultés pour l'élaboration de cette étude sont pour la plupart électroniques et proviennent de documents officiels et de mémoires et travaux rédigés sur des thèmes similaires.

Les données obtenues des documents officiels de programmes d'AEP du pays ont conduit à la rédaction des hypothèses de calcul et à la justification des choix effectués.

Aussi, certains documents de la société d'accueil ont été utiles.

IV.2. ENQUETES SOCIO-ECONOMIQUES

Le projet sera réalisé pour la population de Boro. Il s'avère indispensable de ce fait que les habitudes socio-culturelles de cette population soient intégrées dans la réalisation des études. C'est ce qui justifie ces enquêtes au sein de la population.

Dans le cadre de cette étude, les enquêtes socio-économiques ont été menées afin d'implanter les BF avec l'aide des populations riveraines, de dénombrer et d'évaluer l'état de fonctionnement des ouvrages hydrauliques en place. Elles ont aussi permis d'évaluer la ressource en eau disponible, de recenser les postulants aux BP, de procéder à une reconnaissance du terrain et de rencontrer les différentes autorités politico-administratives pour discuter des dispositions futures à adopter quant à la gestion et à la maintenance des ouvrages et équipements qui seront installés.

1. Implantation des Bornes Fontaines

L'implantation d'une borne fontaine est étroitement liée à la taille de la population à desservir.

Suivant le PN-AEP (2016-2030), une borne fontaine dessert en moyenne 500 personnes et le taux de couverture à atteindre à l'horizon du projet sera de 24% de la population totale. Pour le site de Boro, le nombre de BF est donc obtenu à partir du rapport entre la population desservie en 2040 et le taux de personnes par BF.

Soit :

$$\text{Nombre de BF par site} = \text{Population desservie (BF) en 2040} / 500 \quad (1)$$

Estimée en 2040 à 1 802 habitants, la population du village de Boro desservie par BF nécessiterait quatre (04) bornes fontaines pour la couverture de ses besoins. Deux (02) lieux de cultes (mosquées) ont été particulièrement dotées de bornes fontaines pour un total de six (06) bornes fontaines dont les coordonnées se présentent dans le **Tableau 3** et sur la **Figure 4** : Localisation des bornes fontaines du site de Boro selon les coordonnées GPS comme suit :

Tableau 3 : Coordonnées des sites de BF du village de Boro

NUMERO BF	X (LONGITUDE)	Y (LATITUDE)	QUARTIERS
BF1	3°12'24.98"O	11°34'49.66"N	Noumiye
BF2	3°12'24.89"O	11°34'53.81"N	N'konmiye
BF3	3°12'27.85"O	11°34'52.99"N	Noumiye
BF4	3°12'31.50"O	11°34'30.50"N	Boromossi
BF5	3°13'18.90"O	11°34'02.60"N	Wabousse
BF6	3°12'59.22"O	11°34'41.87"N	Boro 2

Source : Enquête SERAT 2019

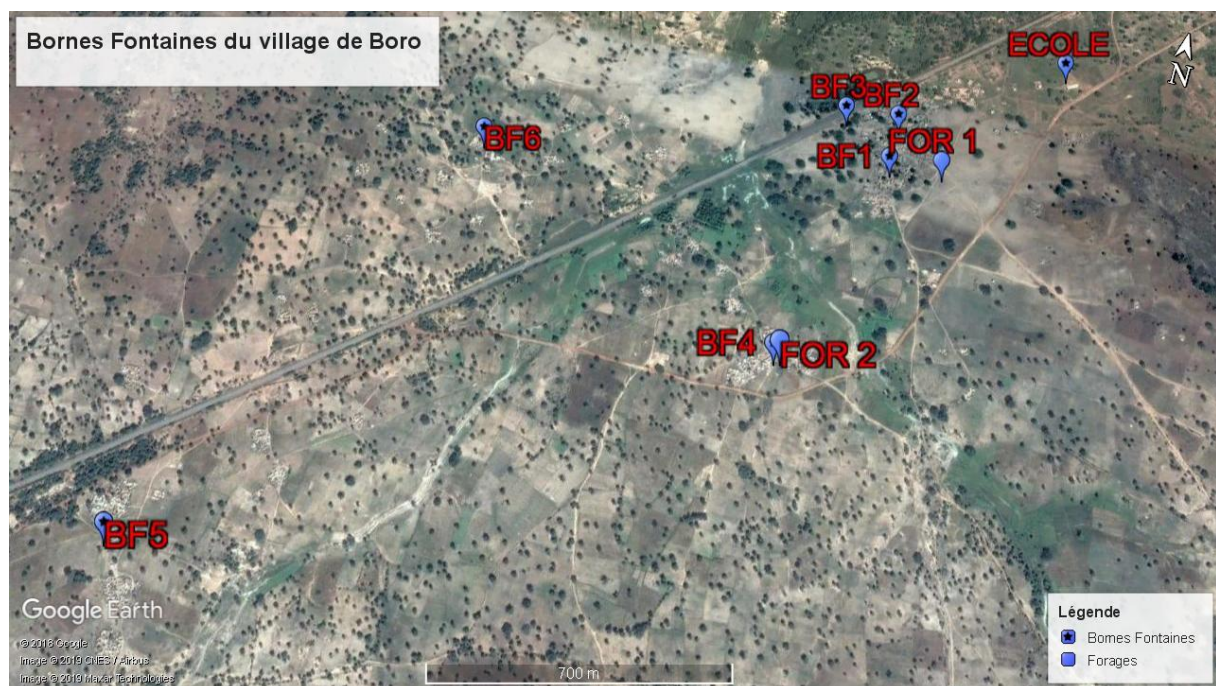


Figure 4 : Localisation des bornes fontaines du site de Boro selon les coordonnées GPS

Le type de bornes fontaines choisi est celui couramment utilisé par l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA). Elles sont munies de 3 robinets de puisage et construites sous un hangar en tôle sur une aire de dallage. Une goulotte permet de collecter les eaux de ruissellement et de les rejeter dans un puisard. Toutes les bornes fontaines seront équipées de compteurs d'eau pour permettre le comptage de l'eau distribuée. Leur plan type est fourni à l'**Annexe 8**.

2. Reconnaissance de terrain

La reconnaissance a été possible grâce à la collaboration des habitants du village et des responsables des structures déconcentrées de l'Etat en place sur le site.

IV.3. DONNEES GEOGRAPHIQUES ET TOPOGRAPHIQUES

La reconnaissance du site passe aussi par la collecte des données de situation. Ces données permettent d'avoir une meilleure appréhension de la zone étudiée, de faciliter le tracé du réseau et l'implantation des différents points (château d'eau, bornes fontaines, etc). Les différentes coordonnées ont été obtenues au GPS³, les côtes et les différentes courbes de niveaux à partir des logiciels Google Earth Pro, Global Mapper et Qgis.

IV.4. HYPOTHESES DE CALCUL

Un système d'Adduction en Eau Potable (AEP) est un ensemble d'ouvrages et d'équipements interconnectés et installés pour permettre la fourniture en eau potable en quantité et en qualité à des utilisateurs.

La nature et l'importance des ouvrages et équipements à mettre en place dans le cadre de la réalisation d'un système d'AEP requièrent une analyse critique et une bonne prise en compte des différents paramètres à utiliser pour son dimensionnement. C'est alors que plusieurs hypothèses de calculs seront émises et retenues dans la conception du système.

1. Paramètres et critères de conception

Le but recherché est la proposition d'un système optimal qui réconcilie aussi bien les exigences du maître d'ouvrage, les prescriptions légales en vigueur et les ressources budgétaires.

De ce fait, les paramètres qui suivent ont été considérés :

- Les prescriptions des Termes de Références (TDR) ;
- Les résultats de l'étude socio-économique ;
- Les normes et recommandations du Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP) ;
- Les recommandations des constructeurs d'équipements quant aux contraintes techniques et aux conditions d'utilisation des matériaux et matériels ;
- La qualité du service et ;
- La prise en compte des facteurs évolutifs et de la capacité d'appropriation de l'ouvrage par la population.

³ Le Global Positioning System (GPS) est un système de positionnement par satellites dont le principe de fonctionnement repose sur la trilatération de signaux électromagnétiques synchronisés émis par les satellites.

2. Horizon du projet

Le système d'AEP, comme tout projet de réalisation en ingénierie, sera dimensionné pour une période de temps donnée. Cette durée est déterminée en tenant compte de :

- La durée de vie des différents éléments constitutifs du système (tuyaux, compteurs, vannes, pompes, etc.) ;
- L'évolution des situations démographique, sociale et économique de la localité ;

En se référant au Dossier d'Appel d'Offre, l'horizon retenu pour le dimensionnement du système sera l'année 2040 soit une durée de vingt (20) ans à compter de 2020, l'année de réalisation.

3. Consommation spécifique

La consommation spécifique est l'un des principaux critères de planification. Elle correspond au besoin journalier en eau pour un usager, nécessaire à satisfaire ses activités quotidiennes.

Pour le PN-AEP à l'horizon 2030, elle a été fixée suite aux consommations habituellement observées sur la période 2002 à 2014 dans les centres de l'ONEA.

Les possibilités d'évolution de la démographie et des habitudes culturelles, les équipements sanitaires et les difficultés liées à la mobilisation de la ressource en eau notamment souterraine en zone de socle ont aussi été intégrées dans la planification de cette consommation spécifique.

Les chiffres de planification retenus en termes de consommations spécifiques sont présentés comme suit dans le **Tableau 4** ci-après :

Tableau 4 : Evolution des consommations spécifiques

Horizon (Année)	Consommations spécifiques PEM [l/jour/pers]	Consommations spécifiques BF [l/jour/pers]	Consommations spécifiques BP [l/jour/pers]
2015	8	8	10
2020	10	10	15
2025	12	12	20
2030	15	15	20

Source : (Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable 2016-2030, 2016)

En supposant une évolution linéaire des consommations spécifiques jusqu'en 2040, les estimations donnent des consommations de 19,3 [l/j/hab] aux BF et 28,5 [l/j/hab] aux BP suivant les équations des courbes : $y = 0,46x - 919,1$ avec un coefficient d'ajustement R^2 de 0,9888 pour les BF et $y = 0,7x - 1399,5$ avec un coefficient d'ajustement R^2 de 0,8909 les BP.

La consommation spécifique de **20 [l/j/hab]** sera retenue pour les **BF** et celle de **30 [l/jr/hab]** pour les **BP**.

4. Taux de desserte

La gestion de systèmes d'AEP existants et fonctionnels permet de constater que l'adhésion des populations aux réseaux est progressive dans le temps. C'est alors que le PN-AEP ambitionne, à l'horizon 2030 de faire évoluer le taux de desserte des BF et des BP de 9% en 2015 à **80%** en **2030**. Soit :

- Augmenter la proportion de la population rurale desservie par BF de 8,9% en 2015 à 24% en 2030 et
- Augmenter la proportion de la population rurale desservie par BP de 0,3% en 2015 à 56% en 2030.

Pour l'étude, les taux de desserte retenus seront de **24%** pour les **BF** et **56%** pour les **BP** sachant qu'une BF dessert 500 personnes et un BP en dessert 10 (pour les prévisions de 2040).

5. Variation de la demande – Coefficients de pointe

La demande en eau des consommateurs varie au gré des saisons, suivant les jours de la semaine et les heures de la journée. Ces variations sont généralement enregistrées les jours de marché, les jours de fête, les weekends ou lors de grands rassemblements. Elles influent la quantité d'eau à mobiliser et donc le dimensionnement des installations.

Pour tenir compte de ces variations dans les habitudes et les comportements en matière d'utilisation de l'eau potable, des coefficients de pointe sont utilisés notamment :

- Le coefficient de pointe saisonnière ;
- Le coefficient de pointe journalière et
- Le coefficient de pointe horaire.

❖ Le coefficient de pointe saisonnière Cps

Il est influencé par les saisons de l'année (périodes de chaleur, de pluies, d'harmattan) et l'arrivée temporaire de consommateurs dans la localité. Les populations rurales ont des habitudes en matière de demande en eau qui varient beaucoup plus d'une saison à l'autre qu'un d'un jour à l'autre comme en zone urbaine.

Sa valeur est prise, selon les contextes, entre 1,1 en zone tropicale humide et 1,2 en zone sahélienne et calculé par l'expression suivante :

$$\boxed{Cps = \frac{D_{j\text{mp}}}{D_{j\text{m}}}} \quad (2)$$

Avec $D_{j\text{mp}}$: la demande journalière de pointe (sur l'année)

$D_{j\text{m}}$: la demande journalière moyenne (sur l'année)

Ne disposant pas des demandes journalières moyennes de la localité, le coefficient de pointe saisonnière retenu pour l'étude sera **Cps = 1,2**

❖ Le coefficient de pointe horaire Cph

Il rend compte des habitudes des consommateurs au cours de la journée et se calcule grâce à l'expression suivante :

$$\text{Cph} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{\text{Qmh}}} \quad (3)$$

Où le **débit moyen horaire du jour de pointe (Qmh)** est exprimé par :

$$\text{Qmh} = \frac{\text{Production au jour de pointe}}{\text{Temps de distribution journalier}} \quad (4)$$

$$\text{Qmh} = \frac{237,85}{15} = 15,86 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Cph} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{15,86}} = 2,13$$

Le coefficient de pointe horaire retenu après calcul sera **Cph = 2,13**.

6. Rendement technique du réseau

Il rend compte des pertes en eau dans le processus de mobilisation des eaux de la source aux points de distribution. Ainsi on distingue les pertes d'adduction et de distribution. Généralement faibles, les pertes (d'adduction et de distribution) s'estiment à 5% de la production totale au regard de la taille du réseau soit un rendement de 95% du réseau (adduction et distribution). Ceci se justifie par les rendements enregistrés dans les centres secondaires de l'ONEA et dans les réseaux d'AEP existants. Afin de prendre en considération l'effet vieillissant des installations dans le temps, il sera adopté une perte de 5% les dix (10) premières années suivant la mise en service du réseau et 10% les dix (10) dernières.

Ainsi, on retient un **rendement $\eta_r = 95\%$** et un **coefficient de perte de 1,05** les dix (10) premières années et un **rendement $\eta_r = 90\%$** et un **coefficient de perte de 1,1** les dix (10) dernières.

7. Conditions de vitesse et de pression

Assurer un bon fonctionnement du réseau de distribution revient à faire transiter le débit d'eau avec une vitesse comprise entre $V_{\min}$ et $V_{\max}$, les vitesses minimale et maximale.

Dans les conditions les plus défavorables (pointe horaire), les vitesses admises doivent être comprises entre $V_{\min} = 0,2$ à $0,3$ [m/s] et $V_{\max} = 1,00$ à $1,2$ [m/s] pour le PVC et $1,5$ à $1,75$ [m/s] pour la fonte. (Ouedraogo, 2005)

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 minimale de 10 [mCE] est recommandée au niveau des AEP classiques. (Yonaba, 2015)

Les données considérées seront ainsi pour les pressions de service, **Pser = 10 [mCE]** pour les BP et **Pser = 5 [mCE]** pour les BF et l'intervalle de **0,2 à 1,2 [m/s]** pour les vitesses (conduites en PVC).

8. Pertes de charge

Les pertes de charges constituent une dissipation de l'énergie mécanique d'un fluide en mouvement due à sa viscosité et aux frottements contre la paroi lorsqu'il s'écoule au travers d'une conduite. On distingue les pertes de charge linéaires dues aux frottements sur la longueur et les pertes de charges singulières provoquées par les singularités présentes dans le réseau et sur les conduites. Les pertes de charges singulières seront estimées à 5% des pertes de charges linéaires couvrant ainsi les pertes de charge occasionnées individuellement par les singularités et en tenant compte de la taille du réseau. La formule de Manning-Strickler permettra de calculer ces pertes de charge. Son expression est la suivante :

$$\Delta H_T = 1,05 * \frac{4^{\frac{10}{3}} Q^2 L}{\pi^2 K_s^2 D^{\frac{16}{3}}} \quad (5)$$

Avec :

ΔH_T : les pertes de charge totales [m]

Q : le débit transporté par la conduite [m³/s]

Ks : le coefficient de rugosité de Strickler selon la nature du matériau de la conduite ; Ks= 120 pour le PVC

D : le diamètre intérieur de la conduite [m]

L : la longueur de la conduite [m]

IV.5. ÉVALUATION DES BESOINS EN EAU

1. Estimation de la population à l'horizon du projet

Lors du dernier Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) de 2006, la population du village de Boro était de 2 794 habitants.

Sa population à l'horizon 2040 a été obtenue grâce à une estimation faite avec la méthode de la croissance géométrique :

$$P_n = P_{no} * (1 + \alpha)^{n-no} \quad (6)$$

Avec :

P_n : la Population à l'année projetée (2040)

P_{no} : la Population à l'année de référence (2006)

α : le taux d'accroissement de la population

$n - no$: le nombre d'années entre P_{no} et P_n

La réalisation et la mise en place des installations seront effectuées en 2020 pour une durée de 20 ans. L'évolution de la population de Boro a été estimée avec un taux d'accroissement annuel de 2,95 % (Institut National de la Statistique et de la Démographie, 2017). En 2040, cette population sera de **7 508** habitants.

2. Estimation des besoins en eau

◆ Consommation par point de service d'eau BF / BP (C)

$$C = P * Cs * Td \quad (7)$$

C : Consommation

P : Population

Cs : Consommation spécifique

Td : Taux de desserte

◆ Besoin domestique (B_{dom}) ou consommation totale

$$B_{dom} = C_{BF} + C_{BP} \quad (8)$$

B_{dom} : Besoin domestique ou consommation totale

C_{BF} : Consommation borne fontaine

C_{BP} : Consommation branchement privé

- ◆ Besoins non domestiques ou besoins annexes

$$B_a = 10\%B_{dom} \quad (9)$$

Cette consommation en eau est attribuée aux centres de santés, aux écoles, aux marchés, etc. Afin de la prendre en compte, cette consommation a été estimée à 10% des besoins domestiques.

- ◆ Besoins journaliers moyens

$$B_{jm} = B_{dom} + B_a \quad (10)$$

- ◆ Besoins en eau du jour de pointe

$$B_{jp} = B_{jm} * C_{ps} * C_{pj} \quad (11)$$

- ◆ Besoins en eau de production du jour de pointe

$$B_p = \frac{B_{jp}}{\eta_r} \quad (12)$$

Avec :

B_a : Besoins non domestiques ou besoins annexes

B_{jm} : Besoins journaliers moyens

B_{jp} : Besoins journaliers de pointe

C_{ps} : Coefficient de pointe saisonnière

C_{pj} : Coefficient de pointe journalière : 1

η_r : Rendement du réseau

- ◆ Débit de base de distribution

$$Q_{dist} = \frac{B_p * 1000}{15 * 3600} * C_{ph} \quad (13)$$

Les résultats de l'estimation des besoins en eau de la population de Boro sont consignés dans le *Tableau 5* et mieux explicités à l'*Annexe 2*

Tableau 5 : Estimations des besoins en eau

			Horizons				
Désignations	Unités	2019	2020	2025	2030	2035	2040
Population	Habitants	4 078	4 198	4 855	5 614	6 493	7 508
Taux de desserte global du système AEP	%	32,7	32,7	56,4	80,0	80,0	80,0
Consommation BF	[m ³ /jr]	9,34	9,61	16,43	20,21	26,49	36,04
Consommation BP		5,99	6,17	27,38	62,87	90,89	126,13
Consommation totale / Besoin domestique		15,33	15,78	43,81	83,08	117,38	162,17
Besoins annexes		1,53	1,58	4,38	8,31	11,74	16,22
Pertes réseaux	%	5	5	5	10	10	10
Besoins journaliers moyens	[m ³ /jr]	16,86	17,36	48,19	91,39	129,12	178,39
Besoin de production du jour de pointe		21,30	21,93	60,87	121,86	172,16	237,85
Débit de base de distribution Q_{dist}	[l/s]	1,42	1,45	3,09	5,36	7,13	9,37

3. Disponibilité de la ressource en eau

Pour leurs différents besoins, les populations de Boro consomment l'eau souterraine et par moment les eaux des pluies en saison pluvieuse. Les eaux de surface sont très peu mobilisables à cause de l'inexistence de plans d'eau à grande surface et à fort débit et servent à l'abreuvement des animaux en saison sèche.

Suite à une synthèse des données recueillies lors de l'étude socio-économique, la localité de Boro dispose de huit (08) forages desquels six (06) Puits à motricité humaine (PMH) (débit de 0,6 à 1 [m³/h]) dont un (01) non fonctionnel et deux (02) forages (débit de 5 [m³/h]) fonctionnels. Le débit mobilisé par ces deux sources d'eau est de 10 [m³/h]. Il devra être augmenté afin de satisfaire aux besoins de la population jusqu'en 2040. La solution proposée à cet effet est l'implantation de nouveaux forages pour suppléer au déficit de la production.

V. ETUDE TECHNIQUE

V.1. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU

1. Type de réseau et modes de distribution et de refoulement

Le réseau à installer sera de type maillé à cause de ses avantages que sont faibles pertes de charges, un écoulement satisfaisant même en temps de faible consommation, une zone isolée réduite en cas de réparations à faire sur le réseau et de faibles frais de pompage pendant l'exploitation. Le mode de distribution adopté est de type gravitaire. Le réservoir domine tout le réseau. Quant au refoulement adopté dans la présente étude, il est direct. Il n'est pas prévu de refoulement distributif. Ce type de refoulement a l'avantage de permettre un fonctionnement régulier des pompes de refoulement avec une consommation d'énergie du système de pompage réduite.

2. Pompe : HMT, Puissance et choix

L'eau à prélever étant souterraine, le débit d'eau à refouler vers le réservoir est élevé au moyen d'une pompe pour vaincre les pertes de charges et la hauteur géométrique.

La puissance du groupe élévatoire est obtenue par l'expression :

$$P_H = \rho g Q HMT \quad (14)$$

Avec :

P_H : la puissance hydraulique de la pompe

ρ : la masse volumique de l'eau

Q : le débit évacué par la conduite

HMT : la Hauteur Manométrique Totale ($HMT = H_{géo} + pdc \text{ totales}$)

Le réservoir sera rempli par surverse, la hauteur d'eau dans la cuve est donc considérée dans le calcul de la hauteur géométrique. A partir des caractéristiques du réseau d'adduction, les résultats suivants sont trouvés et présentés dans le **Tableau 6**.

Tableau 6 : Caractéristiques de la pompe et des forages

Intitulés	Profondeur [m]	Hauteur sous cuve [m]	Côte trop-plein [m]	Côte TN [m]	ND [m]	Hauteur géométrique [m]	$\Sigma \Delta H$ [m]	HMT [m]	P_H [kW]	$P_{élec}$ [kW]
Forage 1	60	10	294,2	267	238,7	55,5	2,21	57,71	0,79	1,05
Forage 2	65	10	294,2	270	232,1	62,1	2,75	64,85	0,88	1,18

Le pompage sera assuré par deux pompes immergées **SP 5A-17N** de la marque **GRUNDFOS**. Le **Tableau 7** et l'**Annexe 4** explicitent mieux les caractéristiques de la pompe choisie et des accessoires.

Tableau 7 : Caractéristiques techniques de la pompe choisie

Intitulés		Caractéristiques
Marque		GRUNDFOS
Nom du produit		SP 5A-17N
Dimensions [mm]		557*413*970
Débit [m^3/h]		5
HMT [mCE]		85
Moteur	Type	MS 4000R
	Puissance [kW]	1,5
	Vitesse nominale [tr/min]	2870
	Diamètre [pouce]	4
Poids [kg]		22
Fréquence [Hz]		50
Pression de service [MPa]		6
Rendement [%]		60
Tension nominale [V]		3*230-400

Les pompes Grundfos sont fabriquées en des matériaux qui assurent un fonctionnement fiable, une résistance à la corrosion et une longue durée de vie même dans les environnements les plus exigeants. Elles fournissent un haut rendement pour de faibles coûts énergétiques et sont disponibles dans une gamme très variée. Aussi, elles sont conformes à la norme ISO 5199.

▪ Point de fonctionnement

Le point de fonctionnement de la pompe présente les meilleures conditions de refoulement. Il est donné par l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe ($\text{HMT} = f(Q)$) et celle du réseau ($\text{Hg} + \Delta\text{H} = f(Q)$). Les résultats obtenus sont illustrés par la **Figure 5** ci-dessous :

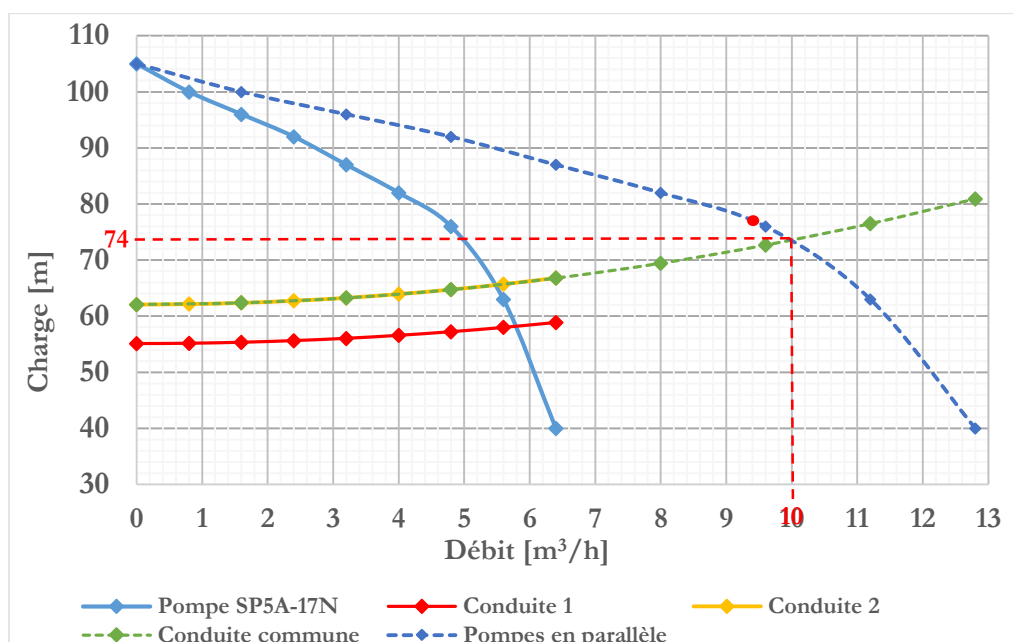


Figure 5 : Courbe caractéristique pour la détermination du point de fonctionnement

Aboutissement : La pompe du forage 1 fonctionnera avec un débit de 5,8 [m³/h] et une HMT de 58 [mCE] pendant que la pompe du forage 2 fonctionnera avec un débit de 5,4 [m³/h] et une HMT de 66 [mCE]. Associées en parallèle, elles débiteront ensemble 10 [m³/h] avec une HMT de 74 [mCE].

3. Conduites du réseau de refoulement – Caractéristiques

Les conduites du réseau de refoulement ou d'adduction (forage-château) sont dimensionnées pour le transport des débits d'eau venant de la source vers le réservoir. Les longueurs des conduites sont fonction du système adopté et des emplacements de la source d'eau et du réservoir. La bonne appréhension du terrain aide à déterminer les longueurs optimales des conduites. Les conduites seront en PVC à joints caoutchouc avec une pression nominale de 10 [bars] (PN 10). Plusieurs approches de dimensionnement de ces conduites (diamètres intérieurs théoriques) ont été proposées et leurs formules utilisées dans la présente étude :

Auteurs	Expressions	Unités – Annotations
Bresse	$D_{th} = 1,5 * Q^{0,5}$	D_{th} : diamètre théorique intérieur [m] Q : Débit transporté par la conduite [m ³ /s] n : nombre d'heures de pompage /jour V : vitesse de l'eau dans la conduite [m/s]
Bresse modifiée	$D_{th} = 0,8 * Q^{(\frac{1}{3})}$	
Munier (1961)	$D_{th} = (1 + 0,02n) * Q^{0,5}$	
Bedjaoui	$D_{th} = 1,27 * Q^{0,5}$	
Flamant	$V \leq 0,6 + D_{th}$	

Le réseau d'adduction est clairement illustré sur les **Figure 6 et Figure 7**. La configuration du site est telle que les conduites WY, YR et YZ acheminent l'eau des forages 1 et 2 vers le réservoir. Les différents diamètres retenus sont consignés dans le **Tableau 8** qui suit. En somme, trois (03) conduites **DN63 en PVC PN 10** et une (01) conduite **DN75 en PVC PN 10** refoulent l'eau vers le réservoir avec des vitesses respectant les conditions de Flamant et de GLS.

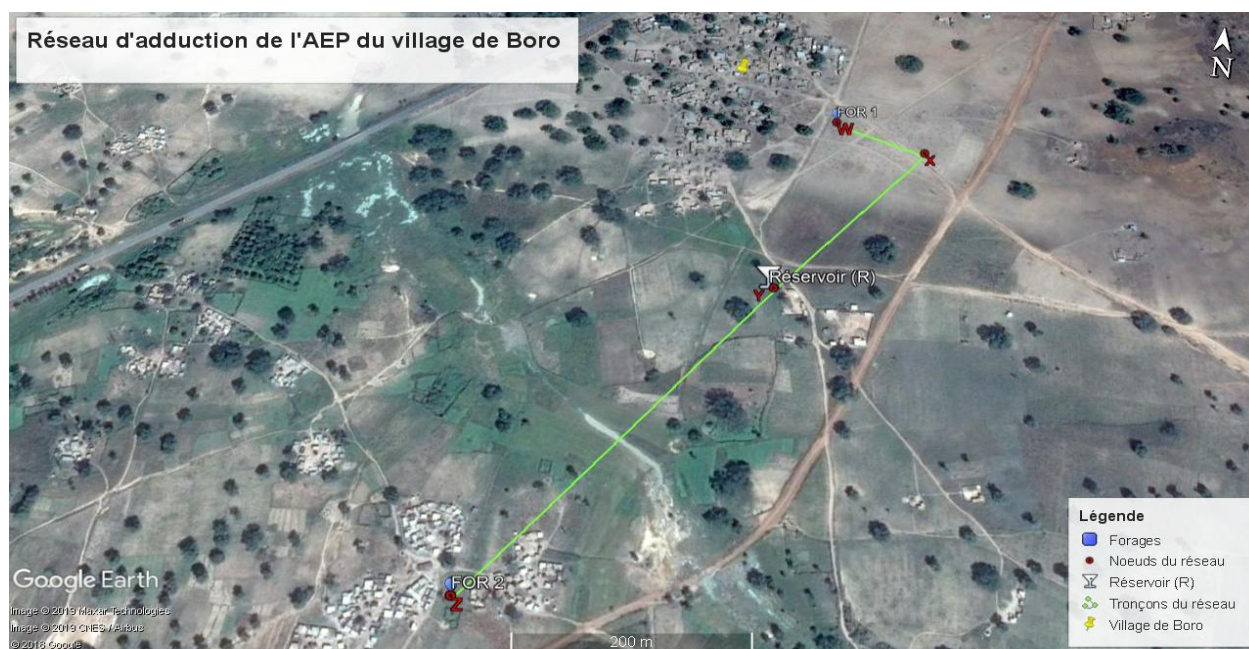


Figure 6 : Réseau d'adduction de l'AEP de Boro (Google Earth)

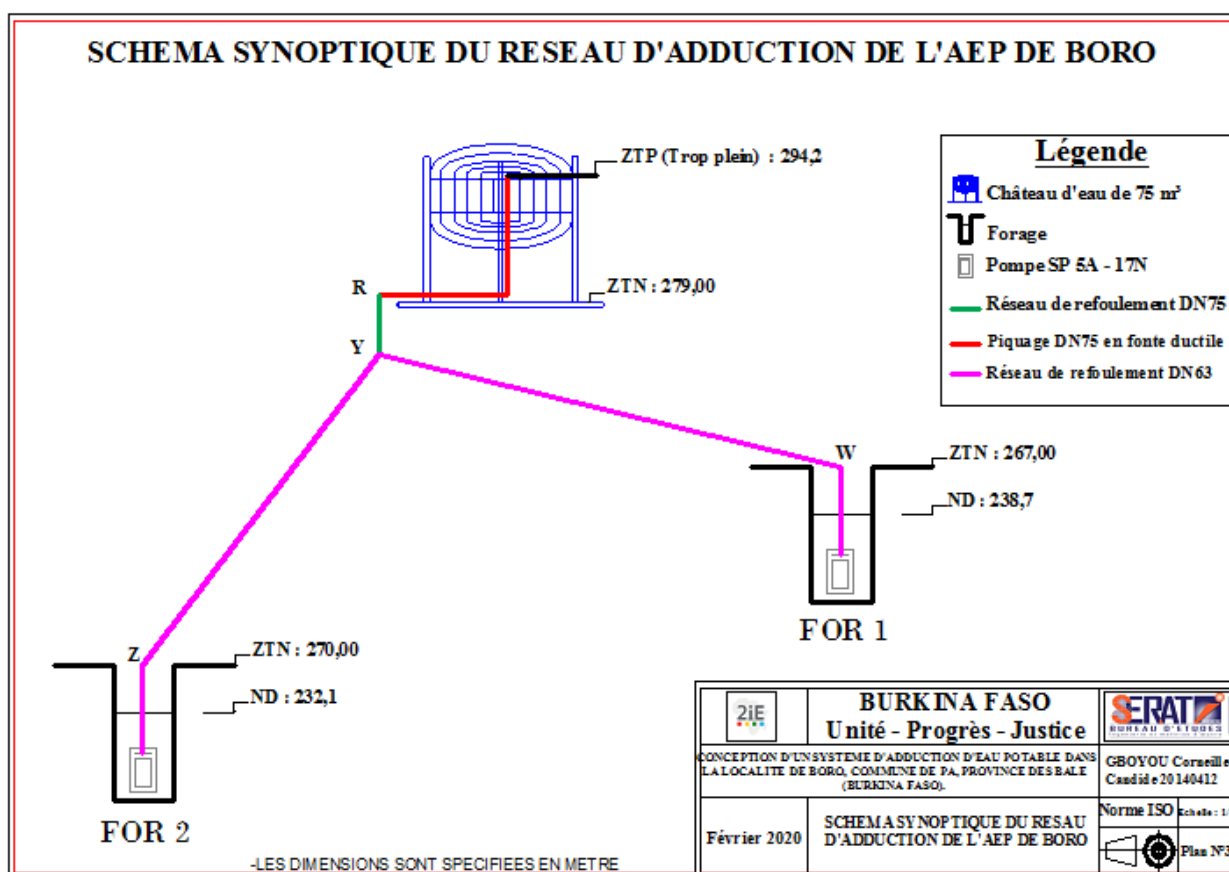


Figure 7 : Réseau d'adduction de l'AEP de Boro

Tableau 8 : Diamètres des conduites de refoulement

Conduite WY (Forage 1)										
	Débit [m³/h]	Tps de pompage [h]	Dth [mm]	DN int [mm]	Ks	L [m]	ΔH (m)	V [m/s]	Flamant	GLS
Bresse	5	16	55,902	57	120	353	2,21	0,54	0,66	1,07
Bresse Modifié			89,258	99,4		353	0,11	0,18	0,70	1,41
Munier			49,193	57		353	2,21	0,54	0,66	1,07
Bedjaoui			47,330	57		353	2,21	0,54	0,66	1,07
Conduite YZ (Forage 2_Mosquée)										
	Débit [m³/h]	Tps de pompage [h]	Dth [mm]	DN int [mm]	Ks	L [m]	ΔH (m)	V [m/s]	Flamant	GLS
Bresse	5	16	55,902	57	120	439	2,75	0,54	0,66	1,07
Bresse Modifié			89,258	99,4		439	0,14	0,18	0,70	1,41
Munier			49,193	57		439	2,75	0,54	0,66	1,07
Bedjaoui			47,330	57		439	2,75	0,54	0,66	1,07
Conduite YR										
	Débit [m³/h]	Tps de pompage [h]	Dth [mm]	DN int [mm]	Ks	L [m]	ΔH (m)	V [m/s]	Flamant	GLS
Bresse	10	16	79,057	81,4	120	5,45	0,02	0,53	0,68	1,28
Bresse Modifié			112,458	113		5,45	0,00	0,28	0,71	1,50
Munier			69,570	81,4		5,45	0,02	0,53	0,68	1,28
Bedjaoui			66,935	67,8		5,45	0,05	0,77	0,67	1,16

4. Etude du coup de bélier sur la conduite de refoulement

Le coup de bélier est un phénomène de variation de pression qui naît suite à une modification brusque du régime d'écoulement. Il engendre des surpressions et des dépressions se propagent dans la conduite. Il est pratiquement impossible de l'éviter mais on peut le contrôler.

Il convient donc que la conduite soit dimensionnée de manière à résister aux éventuelles surpressions et dépressions maximales qui peuvent se produire dans la canalisation suite à cela.

- Célérité des ondes :

$$c = \frac{9900}{\sqrt{(48,3 + k \frac{D}{e})}} \quad (15)$$

Avec : c : célérité [m/s]

D : diamètre intérieur [mm]

k : dépend de la nature de la conduite = 33 pour le PVC

e : épaisseur de la paroi du tube [mm]

- Variation maximale de pression :

$$\text{Formule de Joukovski : } \Delta P = \frac{c \cdot V_0}{g} \quad (16)$$

g : accélération de la pesanteur = $9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$

V_0 : vitesse initiale $[\text{m/s}]$

ΔP : Variation de pression $[\text{mCE}]$

- **Dépression et surpression maximales :**

$$P_{\max} = \text{HMT} + \Delta P - \text{ND}$$

$$P_{\min} = \text{HMT} - \Delta P - \text{ND}$$

(17)

Avec ND : le niveau dynamique ($\text{ND} = Z_{\text{TN}} - Z_{\text{ND}}$)

La HMT considérée est de 74 [mCE] . Une comparaison sera faite entre la surpression et la pression maximale admissible (120 [mCE]) d'une part et entre la dépression et la pression atmosphérique d'autre part. Les variations de pressions obtenues pour chaque conduite sont présentées dans le **Tableau 9** qui suit :

Tableau 9 : Récapitulatif de l'étude du coup de bélier

Conduites	Débit [m ³ /h]	DN [mm]	DN int [mm]	Épaisseur [mm]	k	V_0 [m/s]	c [m/s]	HMT [mCE]	ΔP [mCE]	Surpression [mCE]	Dépression [mCE]
WY	5,00	63,00	57,00	3,00	33	0,54	380,97	74	20,97	54,84	12,56
YZ	5,00	63,00	57,00	3,00	33	0,54	380,97	74	21,14	48,24	5,96
YR	10,00	75,00	67,80	3,60	33	0,54	382,53	74	21,14	57,13	-2,93

Aboutissement : La surpression maximale est de $57,13 \text{ [mCE]} < P_{\max} = 120 \text{ [mCE]}$ et la dépression maximale de $-2,93 \text{ [mCE]} < 10,33 \text{ [mCE]}$ (Pression atmosphérique).

Il y a donc risque de coup de bélier. A cet effet, une ventouse à double fonction sera donc installée sur chaque conduite de refoulement pour permettre l'évacuation d'air à grand débit lors des opérations de remplissage et la mise sous pression du réseau hydraulique, et assurer également l'admission de l'air dans la canalisation lors des opérations de mise en dépression.

5. Réservoir

- **Capacité de stockage**

Une capacité de stockage tampon est nécessaire pour combler la différence entre la production d'eau par jour et la consommation en eau des usagers. Le réservoir choisi est de type métallique étanche et de forme cylindrique car les réservoirs cylindriques soudés sont couramment utilisés pour stocker l'eau dans les petits centres équipés de systèmes d'AEP. Leur coût d'investissement est relativement moins élevé par rapport à ceux des réservoirs en béton armé pour les faibles volumes de stockage.

De plus, la mise en œuvre demande moins de temps que le réservoir en béton.

Vu l'absence de données de consommation, une valeur forfaitaire est prise en référence aux statistiques enregistrées dans la pratique. D'après une étude réalisée sur le pompage solaire appliqué aux systèmes d'AEP en milieu rural, à partir d'une revue documentaire et des expériences du terrain, le volume de stockage peut être pris de 20 à 25% de la consommation d'eau quotidienne lorsque les pompes fonctionnent durant les heures de pointe de consommation. (Giessen, 2018)

Nous retenons donc un volume de 30% du besoin de production afin d'assurer une marge, soit :

$$C_u = 30\% * B_p$$

$$C_u = 30\% * 237,85 \text{ m}^3 = 71,36 \text{ [m}^3\text{]}$$

La réserve incendie ne sera pas prise en compte vu qu'il s'agit d'un village situé dans une commune qui dispose d'un réseau d'AEP.

La capacité de stockage retenue sera $C_u = 75 \text{ [m}^3\text{]}$

▪ Hauteur du radier

Le réservoir de l'AEP de Boro sera situé dans une zone haute de la localité et soigneusement implanté pour assurer une distribution économique et gravitaire.

La hauteur du radier du réservoir correspond à la pression de service, augmentée de la différence des côtes et la somme des pertes de charges.

$$Z_R = \text{Max} (Z_{\min}) - Z_{\text{TN}_{\text{rés}}} \quad (18)$$

Avec Z_R : la hauteur du radier

$Z_{\text{TN}_{\text{rés}}}$: la côte TN du réservoir

$Z_{\min}$: la côte minimale imposée par le nœud aval $Z_{\min} = Z_{\text{TN}} + P_{\text{ser}} + \Delta H_i$

ΔH : les pertes de charge entre deux points

La côte TN la plus judicieuse est 279,00 [m]. Ainsi, on obtient une hauteur :

$$Z_R = 288,75 - 279,00 = 9,75$$

$$Z_R = 9,75 \text{ [m]}$$

Conclusion : Le **réservoir** aura une **capacité totale de 75 [m³]**. Avec un **diamètre de 4,5 [m]** ; une **hauteur de 4,7 [m]** ; il sera implanté à la **côte TN de 279,00 [m]** et surélevé du sol d'une **hauteur sous cuve de 10 [m]**. Aussi, le **trop plein** sera à la côte **294,20 [m]**.

◆ Equipements

Les équipements suivants seront rattachés à la cuve :

- Un piquage DN 75 en fonte ductile en haut de la cuve pour l'alimentation
- Un piquage DN 80 sur le côté pour le trop plein avec une trompette d'entrée,
- Un piquage DN 80 sur le fond pour la vidange équipé d'une vanne,
- Un tuyau inox DN 200 sur le fond pour la distribution équipé d'une crépine, d'une vanne et d'un compteur,
- Une jauge à flotteur avec indicateur de niveau (câble inox),
- Une échelle intérieure à crinoline,
- Une échelle à l'extérieur partant de 0,40 [m] du sol pour permettre l'accès.

6. Vérification du temps minimal de contact du chlore

Le désinfectant utilisé pour le traitement de l'eau du réseau sera le chlore. Celui-ci a besoin d'un temps de contact minimum de 2 heures pour l'efficacité de son action. Afin de s'assurer que l'effet de celui-ci soit effectif, le temps de contact est calculé et vérifié supérieur au temps de contact minimum comme suit :

$$T_s = \frac{C_u}{Q_c} \geq 2 \text{ heures} \quad \text{Avec } Q_c \text{ la consommation horaire de pointe}$$

$$T_s = \frac{75}{15,86} = 4,71 \geq 2 \text{ heures}$$

Le temps de contact obtenu est **Ts = 4,71 heures**, supérieur au temps minimum.

7. Vérification de la durée d'efficacité du chlore

Le temps de séjour du chlore est aussi déterminé afin de s'assurer que sa durée d'efficacité reste inférieure ou égale au temps de volatilisation de 48 h :

$$T_s = \frac{C_u}{Q_c} \leq 2 \text{ jours} \quad \text{Avec } Q_c \text{ la consommation journalière de pointe}$$

$$T_s = \frac{75}{237,85} = 0,31 \leq 2 \text{ jours}$$

Le temps de séjour obtenu est **Ts = 0,31 jr** inférieur à 2 jours

8. Traitement

Après consultation des résultats des analyses microbiologiques et bactériologiques réalisées, il ressort que l'eau des forages en place est d'une bonne qualité. Pour le renforcement de cette qualité dans le réseau, il sera envisagé un traitement à l'aide de pompes doseuses DOSATRON. Le système de dosage sera composé de deux pompes doseuses (dont une de secours).

La norme adoptée sera celle recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) à raison de 0,5 à 5 [mg/l] de chlore résiduel. Cette norme est d'ailleurs respectée par l'ONEA. Des récipients d'un litre de chlore en solution seront utilisés pour le traitement de l'eau.

9. Conduites du réseau de distribution - Caractéristiques

Le réseau de distribution a été dimensionné afin de supporter les besoins pendant l'heure de pointe du jour de pointe. Les diamètres intérieurs des conduites du réseau de distribution sont obtenus à partir de l'équation de continuité : $Q = U * S$ en considérant une vitesse hypothèse $U = 1$ [m/s]. Les conduites seront en PVC à joints caoutchouc avec une pression nominale de 6 bars (PN 6).

$$D_{th} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi U}} \quad (19)$$

Avec Q : le débit s'écoulant dans la conduite [m³/s]

D_{th} : le diamètre intérieur de la conduite [m]

U : la vitesse [m/s]

Le débit de base pour la distribution théorique est exprimé comme suit :

$$Q_{dist} = \frac{B_p * 1000}{15 * 3600} * C_{ph} = \frac{237,85 * 1000}{15 * 3600} * 2,13 = 9,37 \quad Q_{dist} = 9,37 \text{ [l/s]}$$

A la suite du dimensionnement, les BF ont un débit de 1,56 [l/s] soit un (01) robinet de 1 [l/s] et deux (02) robinets de 0,5 [l/s] chacun. Le débit de service en route est de 0,00143 [l/s/ml] pour les conduites du réseau maillé. Les résultats du dimensionnement du réseau de distribution sont restitués au niveau de l'*Annexe 6* et le *Tableau 10*. Le réseau de distribution est illustré sur la *Figure 8* ci-dessous.

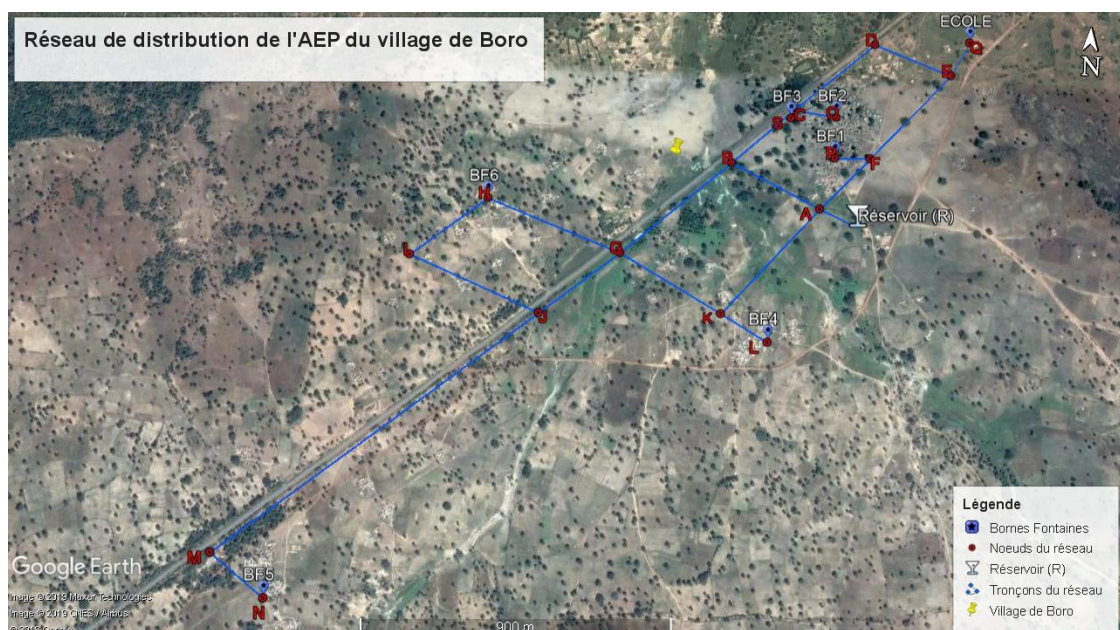


Figure 8 : Réseau de distribution de l'AEP de Boro (Google Earth)

Tableau 10 : Diamètres des conduites de distribution et vitesses sur les tronçons

Réseau	Mailles	Tronçons	L [m]	Q [l/s]	Dth [mm]	DNret [mm]	D int [mm]	Vr [m/s]	ΔH [m]	ΔH _{cum} [m]
Maillé	I	AB	304,00	3,444	66,22	75	70,60	0,88	3,734	4,000
		AF	226,00	8,831	106,04	125	117,80	0,81	1,190	1,456
		EF	372,00	6,789	92,97	110	103,60	0,81	2,296	3,752
		DE	253,00	4,513	75,80	90	84,60	0,80	2,033	5,785
		CD	337,00	4,151	72,70	90	84,60	0,74	2,291	6,540
		BC	258,00	0,315	20,01	50	46,40	0,2	0,248	4,248
		BG	447,00	2,954	61,33	75	70,60	0,75	4,039	8,039
		GK	356,00	1,227	39,53	63	59,20	0,45	1,420	4,253
		AK	447,00	6,548	91,31	110	103,60	0,78	2,567	2,833
	III	GH	437,00	0,814	32,19	50	46,40	0,48	2,812	7,065
		IH	294,00	0,400	22,57	50	46,40	0,24	0,457	7,522
		IJ	430,00	0,493	25,06	50	46,40	0,29	1,016	8,537
Conduites hors réseau maillé		GJ	308,00	0,668	29,16	63	59,20	0,24	0,364	4,617
		RA	127,0	19,423	157,26	200	188,20	0,70	0,266	
		EQ	126,0	1,743	47,10	63	59,20	0,63	1,013	4,765
		CO	133,0	1,753	47,24	63	59,20	0,64	1,082	7,622
		CS	27,3	1,601	45,15	63	59,20	0,58	0,185	6,725
		PF	109,0	0,724	30,36	50	46,40	0,43	0,555	2,010
		KL	163,0	1,796	47,81	63	59,20	0,65	1,392	4,225
		JM	1183,0	3,552	67,25	90	84,60	0,63	5,888	5,888
		MN	206,0	1,857	48,63	63	59,20	0,67	1,882	7,770

10. Etat récapitulatif des longueurs des réseaux

L'AEP de Boro a une longueur totale de 7 340,75 [m] dont 797,5 [m] de conduites de refoulement et 6543,3 [m] de conduites de distribution. Le **Tableau 11** suivant présente le récapitulatif des longueurs par type de réseau et par diamètre.

Tableau 11 : Récapitulatif des longueurs des réseaux

Diamètres des conduites	Longueurs des conduites		Total/ réseau [m]
	Réseau de distribution [m]	Réseau d'adduction [m]	
DN 50	1 528		1 528
DN 63	1 319,30	792	2 111,30
DN 75	751	5,45	756,45
DN 90	1 773,00		1 773,00
DN 110	819,00		819,00
DN 125	226,00		226,00
DN 200	127		127
Total [m]	6543,3	797,45	7340,75

11. Source d'énergie

Au vu de l'indisponibilité de l'énergie électrique de la SONABEL dans le village de Boro, l'énergie solaire a été adoptée comme source d'énergie. Comparativement à l'énergie thermique (groupe électrogène), ses frais d'exploitation sont peu élevés.

A cet effet, un système photovoltaïque avec stockage sur batteries sera dimensionné pour l'alimentation de la pompe et l'éclairage du site et des ouvrages de génie civil à mettre en place. Un pompage continu de 16 h (8h-24h) sera fait dont 8h au fil du soleil et 8 h sur batteries.

12. Caractéristiques de la station photovoltaïque

Le champ solaire sera placé dans un endroit bien dégagé où les panneaux photovoltaïques recevront le maximum de rayons solaires. Les plaques solaires photovoltaïques seront installées sur une plateforme d'une hauteur minimale de 3 mètres. La plateforme sera entourée d'un enclos grillagé. La station photovoltaïque disposera d'un ensemble de modules photovoltaïques, d'une boîte de raccordement, d'un régulateur de charge, d'un onduleur, d'une batterie d'accumulateurs et divers accessoires.

La formule suivante a été appliquée pour le dimensionnement du champ solaire alimentant la pompe :

$$P_c = \frac{Ch * Q * HMT}{K_p * H_i * R_{ond} * R_{mp}} \quad (20)$$

Avec :

P_c : Puissance crête en Watts [Wc]

Ch : Constante hydraulique = 2,725

Q : Quantité d'eau pompée par jour en mètre cube [m^3]

HMT : Hauteur manométrique totale en mètre [m]

K_p : Coefficient de productivité du système solaire

H_i : Rayonnement total journalier moyen mensuel [$kWh/m^2.j$]

R_{ond} : Rendement de l'onduleur

R_{mp} : Rendement de l'électropompe

$$P_c = \frac{2,725 * 80 * 85}{0,75 * 5,15 * 0,9 * 0,6} = 8884,09 \quad P_c = 8884,09 [Wc]$$

Aboutissement : le dimensionnement complet des différents équipements énoncés plus haut se retrouve dans la note de calcul jointe de l'**Annexe 7** du document. Les caractéristiques générales des composantes sont récapitulées dans le **Tableau 12** ci-après :

Tableau 12 : Récapitulatif du dimensionnement

DESIGNATIONS	QUANTITE	PUISSANCE / CAPACITE
POMPE SP 5A – 17N	02	1,5 [kW]
GENERATEURS SOLAIRES	(2x15x300W) * 2	9000 [W]
ONDULEURS	02	4 [kVA]
BATTERIES Victron 60 [Ah] et 12 [V]	(04)*2	240 [Ah]

V.2 . OUVRAGES ANNEXES DU RESEAU

Pour la sécurité et le bon fonctionnement du réseau, des appareils et des pièces hydrauliques seront installés. Il s'agit entre autres :

- **Des ventouses** qui chassent ou évacuent l'air introduit dans les canalisations au niveau des points hauts. Le corps des ventouses sera en fonte et les flotteurs seront revêtus de caoutchouc. Elles seront logées dans des regards en béton armé. Elles seront installées sur les deux (02) conduites d'adduction et sur trois (03) conduites du réseau de distribution (EF, IH, GJ). (Consulter l'**Annexe 8**).
- **De l'ouvrage de vidange** qui nettoie les canalisations des dépôts occasionnés par les faibles vitesses aussi bien lors de la phase d'exploitation qu'en interruption de service. L'ouvrage sera positionné à la côte 268 m, au nœud B de la conduite BC du réseau, point le plus bas du réseau. La conduite de décharge sera en PVC, DN 59,2/63, PN6. A côté de la vidange sera placé un puits perdu avec un fond perméable constitué de sable ou de caillasse servant à faciliter l'infiltration de l'eau dans le sol. (Consulter l'**Annexe 3** et l'**Annexe 8**).
- **Des vannes de sectionnement** qui isolent des tronçons du réseau lors des travaux de maintenance. La vanne est placée dans un regard pour la gestion du réseau. On dénombre au total vingt-une (21) vannes de sectionnement. (Consulter l'**Annexe 9**)
- **Des clapets anti-retours** pour empêcher le retour de l'eau refoulée vers la pompe.
- **Des puisards** pour l'assainissement des BF. Ce sont des fosses stabilisées dans leur partie supérieure par des agglos pleines, pour recevoir la dalle de couverture. Ils sont raccordés par des conduites PVC (enterrées) aux plateformes des BF et en drainent les eaux perdues collectées par les rigoles de bordures. Ils sont remplis de moellons qui assurent le prétraitement des eaux perdues. Le réseau d'AEP de Boro possèdera six (06) puisards.
- **Des ouvrages** de génie civil composés des bâtiments d'exploitation (bureau, local technique), des abris des BF (tour, hangar) et des supports des modules PV. (Consulter l'**Annexe 8**).

V.3. POSE DES CANALISATIONS EN TRANCHEES

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. Quatre types de pose existent selon le catalogue Saint-Gobain PAM 2001.

La relation permettant de déterminer la profondeur et la largeur des fouilles est la suivante :

$P \geq 0,8 \text{ m} + \text{DN (m)}$: Profondeur de la fouille [m]

$L \geq 0,4 \text{ m} + \text{DN (m)}$: Largeur de la fouille [m]

Le **Tableau 13** présente les résultats retenus pour faciliter le creusage des fouilles et la pose des conduites.

Tableau 13 : Dimensions des fouilles pour la pose des canalisations

		Diamètres [mm]						
		50	63	75	90	110	125	200
Valeurs calculées	Profondeurs [m]	0,85	0,863	0,875	0,89	0,91	0,925	1,025
	Largueurs [m]	0,45	0,463	0,475	0,49	0,51	0,525	0,625
Valeurs retenues	Profondeurs [m]	0,9				1		
	Largueurs [m]	0,5				0,6		

En définitive, les fouilles seront :

- Profondes de 0,9 [m] et larges de 0,5 [m] pour les conduites allant de DN 50 à DN 90
- Profondes de 1 [m] et larges de 0,6 [m] pour les conduites allant de DN 110 à DN 200

▪ Traversée de pont et chaussée

Les travaux de réalisation du réseau d'AEP de Boro traversent la Route Nationale Inter-Etats n°1 (RNIE1) et d'autres voies secondaires de la localité. C'est ainsi que les travaux de passage des conduites sous les voies de circulation (voies secondaire et primaire latéritiques, voies bitumées) se feront comme suit :

Les fouilles des conduites traversant les pistes primaires auront 1,3 [m] de profondeur et leurs remblais de fond seront réalisés jusqu'à une hauteur de 0,5 [m] au-dessus de la génératrice supérieure des conduites. Les remblais seront surmontés d'une dalle en béton de classe B de 15 [cm] d'épaisseur. Les conduites en PVC seront placées dans des fourreaux en PVC. La largeur de ces traversées est de l'ordre de 7 à 8 [m].

V.4 . MODE DE GESTION PRECONISE POUR L'AEP

1. Contexte de gestion du service de l'eau

Le service d'approvisionnement en eau est un monopole dont il convient d'encadrer la fourniture en raison de son caractère naturel. (Zoungrana, 2003)

C'est à ce titre que l'Etat en est le premier gestionnaire. Les récents changements dans l'organisation et la gestion des services d'eau potable au Burkina Faso ont amené l'Etat à transférer ce domaine d'activité aux collectivités territoriales et aux opérateurs non gouvernementaux. Cependant, les pouvoirs publics doivent maintenir leur rôle de contrôleur afin d'assurer la distribution d'une eau de qualité, la protection de la ressource en eau, l'entretien des ouvrages et équipements installés et le respect de la tarification fixée.

Il existe (03) formes de modes de gestion : la gestion directe par la collectivité ou les usagers, la gestion par la mise à disposition d'un savoir-faire ou marché public et la délégation.

2. Mode de gestion préconisé pour l'AEP de Boro

Parmi les modes de gestion cités plus haut, la délégation est celle que nous recommandons pour l'AEP de Boro. Comme son nom l'indique, ce mode de gestion consiste en la délégation entière de la fourniture du service à un opérateur (fermier) qui gère le système à ses risques et périls. La délégation se réalise sous deux formes dont l'affermage et la concession. La forme de délégation recommandée pour l'AEP de Boro est l'affermage.

Ce mode de gestion recommandé par le Ministère de l'Eau et de l'Assainissement apparaît comme la meilleure option pour une AEP dont la complexité technique est telle qu'il n'est pas admissible d'en confier l'exploitation à des personnes ne disposant pas de l'expertise technique nécessaire.

L'affermage permet une autonomisation du réseau et l'employabilité des ressources humaines locales (responsable de la gestion ou chef de centre, fontainiers, gardien).

Comparativement aux autres modes de gestion qui présentent des limites quant au manque de compétences locales et aux difficultés de recouvrement des recettes de la vente de l'eau, l'affermage est utilisé par les structures de la localité. En exemple, l'AEP de la commune de Pâ est géré par un fermier selon le même mode de gestion préconisé.

VI. ETUDE FINANCIERE – ETUDE DES COUTS

1. Coût du projet

Le coût du projet est évalué et déterminé à partir du devis estimatif du projet. Le **Tableau 14** présente le récapitulatif de ce devis. Il est entièrement abordé à l'

Annexe 10 du document. Ainsi, le coût global du projet s'élève à **cent quatre-vingt-douze millions cent-vingt-quatre mille deux cents treize francs toutes taxes comprises (192 124 213 FCFA TTC)**.

Tableau 14 : Récapitulatif du devis estimatif

No	Désignation	MONTANT (FCFA)
0	INSTALLATION DE CHANTIER - FRAIS GENERAUX	5 500 000
I	CANALISATION - TERRASSEMENT	27 401 350
II	PIECES SPECIALES	4 516 700
III	TERRASSEMENT	14 681 500
IV	BORNES FONTAINES - CHÂTEAU D'EAU	46 300 000
V	SYSTÈME DE POMPAGE	14 850 000
VI	FINITION ET DIVERS	4 600 000
VII	EQUIPEMENTS ANNEXES	8 450 000
VIII	REALISATION DE FORAGES GROS DEBIT POSITIFS	24 000 000
IX	EQUIPEMENTS ELECTROMECHANIQUES	4 517 580
X	FORMATION ET SUIVI	3 000 000
XI	IMPREVUS DIVERS	5 000 000
MONTANT TOTAL HORS TVA		162 817 130
MONTANT DE LA TVA		29 307 083
MONTANT TOTAL FCFA TTC		192 124 213

2. Prix de revient du mètre cube d'eau

Afin d'associer les populations bénéficiaires à la gestion des ouvrages mis à leur disposition, le mètre cube d'eau leur est facturé ; ceci dans le but de supporter les frais d'investissement et de fonctionnement du réseau.

Le prix du mètre cube d'eau est obtenu par la formule suivante :

$$\text{Pr} = \frac{A + I + C}{V} \quad (21)$$

Avec **Pr** : Prix de revient du m³ d'eau [FCFA/m³]

A : Amortissement des équipements à l'horizon du projet

I : Investissements

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

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

▪ Amortissement des équipements

Le **Tableau 15** qui suit regroupe les dépenses d'études, de renouvellement et de réhabilitation des équipements.

Les investissements de plus de 10 ans ne sont pas usuellement pris en compte dans la tarification car la vente de l'eau permet de couvrir les charges d'exploitation et le renouvellement des équipements moins de 10 ans (pompes, système de pompage solaire).

Tableau 15 : Dotation aux amortissements

Désignation	Durée de vie [an]	Montant d'investissement [FCFA]	Amortissement [FCFA/an]
Pompes	10	6 000 000	600 000
Bornes fontaines	10	6 300 000	630 000
Installations solaires	25	13 367 580	534 703
Ouvrages de génie civil	20	6 500 000	325 000
Château d'eau	20	40 000 000	2 000 000
Forages	10	48 000 000	4 800 000
Conduites et accessoires	20	31 918 050	1 595 903
Etudes	5	2 500 000	500 000
Total		154 585 630	10 985 606

▪ Charges d'exploitation et d'entretien

Elles synthétisent les dépenses de fonctionnement du système. Ce sont entre autres les salaires du personnel de gestion, les quantités de chlore à acquérir pour le traitement, les frais de renouvellement et de maintenance du système photovoltaïque et les différentes interventions sur le système. Les charges d'exploitation et d'entretien obtenues sont évaluées à **75 152 707 FCFA** pour toute la durée de vie du réseau. Le **Tableau 16** qui suit en donne les détails.

Tableau 16 : Charges d'exploitation et d'entretien

N°	Désignation	Durée [ans]	Quantité	Prix unitaire [FCFA]	Prix total [FCFA]
1	Entretien du réseau	20	Forfait	3 091 713	3 091 713
2	Entretien du château		Forfait	3 091 713	3 091 713
3	Entretien des sites des forages		Forfait	4 637 569	4 637 569
4	Maintenance du champ photovoltaïque		Forfait/5ans	800 000	3 200 000
5	Frais du personnel				
5.1	Chef de centre		Forfait	80 000	19 200 000
5.2	Plombier		Forfait	60 000	14 400 000
5.3	Gardien		Forfait	50 000	12 000 000
5.4	Gestionnaire de BF		Forfait	25 000	6 000 000
6	Entretien des pompes		Forfait	3 091 713	3 091 713
7	Chloration		u	800	5 840 000
8	Contrôle de la qualité de l'eau			600 000	600 000
Total					75 152 707

▪ Volume d'eau à l'échéance du projet

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

$$V = \text{Besoin journalier}_{2040} * 365 \text{ jrs} * 20 \text{ ans}$$

On estime ce volume total d'eau vendue à **1736322,4** [m³].

$$\text{Pr} = \frac{10\,985\,606 + 154\,585\,630 + 75\,152\,707}{1736322,4} = 258,85$$

Aboutissement : Le coût de revient de l'eau est de **260 FCFA** le mètre cube d'eau et le prix de vente de **500 FCFA** sur tout le réseau de l'AEP de Boro. La barrique de 200 litres à 100 FCFA, la bassine de 30 litres à 15 FCFA, le bidon de 25 litres à 10 FCFA et le sceau de 15 litres à 5 FCFA.

VII.ANALYSE DES RÉSULTATS

1. Besoin de renforcement de la ressource

Le temps de pompage journalier est de 16h pour chacun des deux (02) forages.

Le **Tableau 17** qui suit, montre qu'à partir de 2035, la production journalière des forages sera dépassée par les besoins journaliers de la population.

A ce rythme, un (01) forage supplémentaire d'au moins 5 [m³/h] devra être réalisé pour satisfaire aux besoins de l'horizon 2040.

En cas d'électrification du village de Boro, le temps de pompage pourrait être revu à la hausse afin d'augmenter la production journalière et ainsi diminuer le nombre de nouveaux forages à réaliser.

Tableau 17 : Renforcement de la ressource

Désignation	2020	Horizon 2025	Horizon 2030	Horizon 2035	Horizon 2040
Besoin journalier de pointe [m³/jr]	21,93	60,87	121,86	172,16	237,85
Production journalière [m³/jr]	160				
Débit d'exploitation du forage [m³/h]	10	10	10	10	10
Temps de pompage pour le jour de pointe [h/jr]	2,19	6,09	12,19	17,22	23,79
Besoins de renforcement de la ressource				Réalisation de nouveaux forages	
Source d'énergie	Photovoltaïque				

2. Pression nominale des conduites

Après dimensionnement, les pressions disponibles obtenues sur le réseau de distribution n'excèdent pas 3 [bars]. Les conduites seront donc en PVC PN6 sur le réseau de distribution. Ce choix technique apparaît comme une solution économique pour les bailleurs de fonds.

3. Vérification des pertes de charge singulières

Après l'établissement du cahier des nœuds et l'inventaire des différentes pièces et équipements hydrauliques du réseau, les pertes de charges singulières s'évaluent à 1,63 [m] (**Tableau 18**). L'hypothèse initiale de considérer les pertes de charges singulières comme 5% des pertes de charges linéaires est vérifiée car $5\%P_{dc} \text{ linéaires} = 5\% \times 34,89 = 1,84 \text{ [m]} < 1,63 \text{ [m]}$.

Tableau 18 : Pertes de charges singulières

	Nbre total	Coefficient K	ΔHs (m)
Vannes de sectionnement	22	1,25	0,559
Ventouse DN 50	5	4	0,324
Té fonte/PVC	10	1,28	0,271
Coude PVC	5	0,136	0,011
Cône de réduction 75/50	11	1	0,287
Adaptateur à bride	32	0,2	0,126
Bouchons	6	0,1	0,005
Raccordement en Y	2	1,28	0,048
		Total	1,630

4. Analyse de la tarification

Dans le but d'évaluer la faisabilité socio-économique du projet, un rapport a été produit par le bureau d'études SERAT suite aux enquêtes menées.

C'est autour de celui-ci que s'axe l'analyse qui suit. Suite aux enquêtes ménages, la population consent payer un prix moyen de 13 F CFA pour le bidon de 20 litres soit 130 F CFA le fut de 200 litres et 650 F CFA le mètre cube d'eau.

Notre tarification au mètre cube est donc largement accessible à la population qui la préférera aux autres systèmes en place.

5. Analyse des potentiels risques de synergie

La mairie de la commune de Pâ et les différents opérateurs présents en affermage sur les réseaux de Pâ et du PPI ont un grand potentiel de synergie entre eux et avec le projet d'AEP de Boro. Hormis la grande expérience de ces opérateurs sur la zone, elles sensibilisent les populations bénéficiaires sur la nécessité de consommer l'eau potable, sur les questions d'hygiène et d'assainissement autour des points d'eau.

De plus ces opérateurs disposent de compétences en interne pour réaliser des forages ou des branchements privés en cas de besoin d'extension du réseau.

Il existe au niveau de Boro une Association des Usagers de l'Eau (AUE) qui gère en relation avec la Mairie de Pâ les infrastructures hydrauliques communautaires et qui collectent déjà des redevances pour l'entretien des forages dont l'expérience et la connaissance du milieu constituent des potentiels de synergie dans le cadre du nouveau projet. (SERAT, 2019)

Certes, ces différents dispositifs de gestion ont besoin d'être renforcés mais ils ne présagent que du bon pour la viabilité du réseau d'AEP de Boro à réaliser.

6. Risques d'antagonisme

Les principaux risques d'antagonisme sont entre les fermiers déjà en place à savoir le PPI et l'EPS quant à la gestion du nouveau réseau. De nouveaux opérateurs pourraient surgir dans le domaine et susciter des conflits. Aussi, l'existence des puits traditionnels et modernes constitue un risque d'antagonisme. Il n'en est pas moins des possibles difficultés de recouvrement des frais avec certains villageois des branchements privés.

7. Simulation avec le logiciel EPANET

Afin de s'assurer de la justesse des résultats obtenus, une simulation a été faite avec le logiciel EPANET et les résultats comparés à ceux obtenus dans l'étude. Il faut notifier que les pressions aux différents nœuds n'excèdent pas 30 [mCE], ce qui renforce le choix des PN6 fait pour les conduites de distribution. Il est important d'ajouter que la simulation a été faite en tenant compte des ressources en eau disponibles et des besoins de la population à l'horizon du projet.

Tableau 19 : État des Arcs du réseau d'adduction

ID Arc	Diamètre [mm]	Débit [LPS]	Vitesse [m/s]	Pert.Charge Unit [m/km]
Tuyau YR_1	67,8	-9,97	2,76	3,2952
Tuyau YR_2	67,8	-9,97	2,76	2,891
Tuyau WY	57	-4,96	1,95	0,61
Tuyau YZ_2	57	-5,01	1,96	0,62
Tuyau YZ_1	57	-1,25	0,49	0,052

Tableau 20 : État des Nœuds du réseau d'adduction

ID Nœud	Altitude [m]	Demande [LPS]	Charge [m]	Pression [m]
Nœud Y	271	0	295,81	24,81
Nœud Z_	273	0	310,38	37,38
Nœud Z	273	-3,76	309,14	36,14
Nœud W	272	-3,76	318,12	46,12
Nœud Y_	271	0	296,67	25,67
Bâche FOR2	232,1	-1,25	232,1	-
Bâche FOR1	238,7	-1,2	238,7	-
Réservoir (R)	294	9,97	295	1

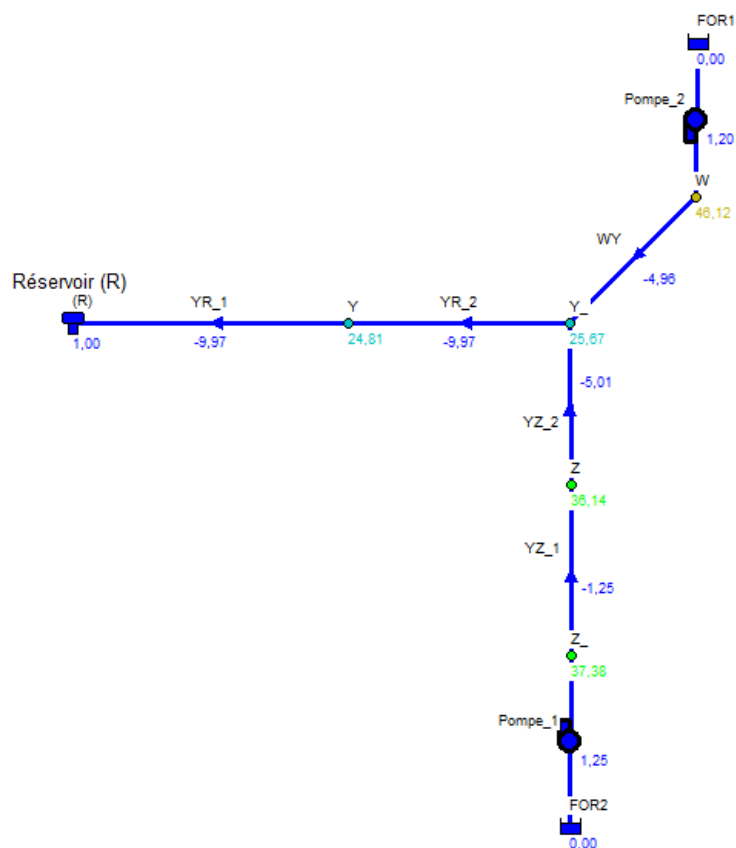


Figure 9 : Simulation du réseau d'adduction sur Epanet

Tableau 21 : État des Arcs du réseau de distribution

ID Arc	Longueur [m]	Diamètre [mm]	Débit [LPS]	Vitesse [m/s]	Pert.Charge Unit. [m/km]
Tuyau RA	127	211,8	19,42	0,7	2,45
Tuyau AB	304	131,8	2,15	0,55	4,9
Tuyau BC	258	46,4	-1,36	0,8	15,99
Tuyau CD	337	46,4	3,11	0,55	3,96
Tuyau DE	253	59,2	3,47	0,59	4,33
Tuyau EF	372	84,6	5,75	0,68	4,5
Tuyau AF	226	103,6	-9,87	0,91	6,51
Tuyau AK	447	117,8	6,79	0,81	6,06
Tuyau KG	356	46,4	1,47	0,54	5,78
Tuyau BG	447	117,8	-2,71	0,69	7,32
Tuyau GH	437	70,6	0,43	0,25	2,1
Tuyau IH	294	46,4	0,01	0,01	0,01
Tuyau IJ	430	46,4	0,11	0,06	0,15
Tuyau GJ	308	46,4	-1,05	0,38	3,2
Tuyau JM	1183	103,6	3,55	0,63	4,97
Tuyau KL	163	46,4	1,8	0,65	8,28
Tuyau PF	109	46,4	0,72	0,43	5,34
Tuyau CO	133	46,4	1,75	0,64	7,96
Tuyau CS	27,3	46,4	1,6	0,58	7,31
Tuyau EQ	126	46,4	1,74	0,63	7,89
Tuyau MN	206	46,4	1,86	0,67	8,76

Tableau 22 : État des Nœuds du réseau de distribution

ID Nœud	Altitude [m]	Demande [LPS]	Charge [m]	Pression [m]
Nœud A	272	0,6	289,69	17,69
Nœud B	268	0,81	288,2	20,2
Nœud C	271	-7,82	292,32	21,32
Nœud D	270	-0,36	290,99	20,99
Nœud E	275	-4,02	289,89	14,89
Nœud F	271	14,9	288,22	17,22
Nœud K	273	3,53	286,98	13,98
Nœud G	270	2,7	284,92	14,92
Nœud H	276	0,41	284	8
Nœud I	269	-0,09	284	15
Nœud J	274	-2,39	283,94	9,94
Nœud M	271	1,69	278,05	7,05
Nœud N	269	1,86	276,25	7,25
Nœud Q	274	1,74	288,9	14,9
Nœud P	272	0,72	287,64	15,64

Nœud O	270	1,75	291,26	21,26
Nœud S	270	1,6	292,12	22,12
Nœud L	271	1,8	285,63	14,63
Réservoir R	294	-19,42	290	10

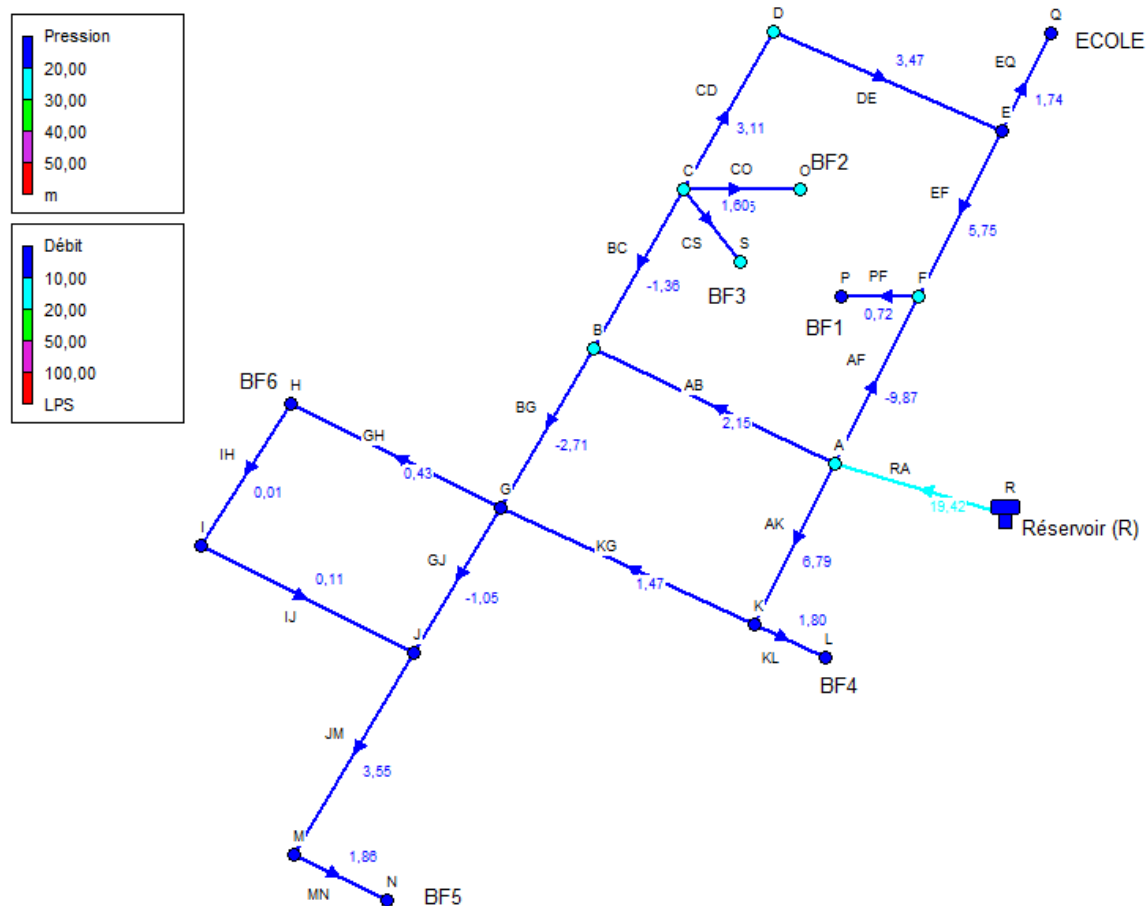


Figure 10 : Simulation du réseau de distribution sur Epanet

Tableau 23 : Récapitulatif des valeurs obtenues par calcul et des valeurs d'EPANET

Tronçons	Qcalc [l/s]	Qepanet [l/s]	Vcalc [m/s]	Vepanet [m/s]	ΔH_{calc} [m]	Pert.Charge Unit. [m/km]	ID Noeud	Pression epanet [m]	Pression cacl [m]
AB	3,444	2,15	0,88	0,55	4,00	4,9	A	17,69	13,00
AF	8,831	9,87	0,81	0,91	1,46	6,51	B	20,2	16,75
EF	6,789	5,75	0,81	0,68	3,75	4,5	C	21,32	11,46
DE	4,513	3,47	0,80	0,59	5,78	4,33	D	20,99	13,22
CD	4,151	3,11	0,74	0,55	6,54	3,96	E	14,89	10,24
BC	0,315	1,36	0,20	0,8	4,25	15,99	F	17,22	16,54
BG	2,954	2,71	0,75	0,69	8,04	7,32	K	13,98	11,75
GK	1,227	1,47	0,45	0,54	4,25	5,78	G	14,92	10,96
AK	6,548	6,79	0,78	0,81	2,83	6,06	H	8	5,48
GH	0,814	0,43	0,48	0,25	7,06	2,1	I	15	11,46
IH	0,400	0,01	0,24	0,01	7,52	0,01	J	9,94	10,38

IJ	0,493	0,11	0,29	0,06	8,54	0,15	M	7,05	12,11
GJ	0,668	1,05	0,24	0,38	4,62	3,2	N	7,25	12,23
RA	19,423	19,42	0,70	0,7	0,266	2,45	Q	14,9	10,23
EQ	1,743	1,74	0,63	0,63	4,77	7,89	P	15,64	14,99
CO	1,753	1,75	0,64	0,64	7,62	7,96	O	21,26	11,38
CS	1,601	1,6	0,58	0,58	6,73	7,31	S	22,12	12,28
PF	0,724	0,72	0,43	0,43	2,01	5,34	L	14,63	13,78
KL	1,796	1,8	0,65	0,65	4,22	8,28	R	11	10,00
JM	3,552	3,55	0,63	0,73	5,89	4,97			
MN	1,857	1,86	0,67	0,67	7,77	8,76			

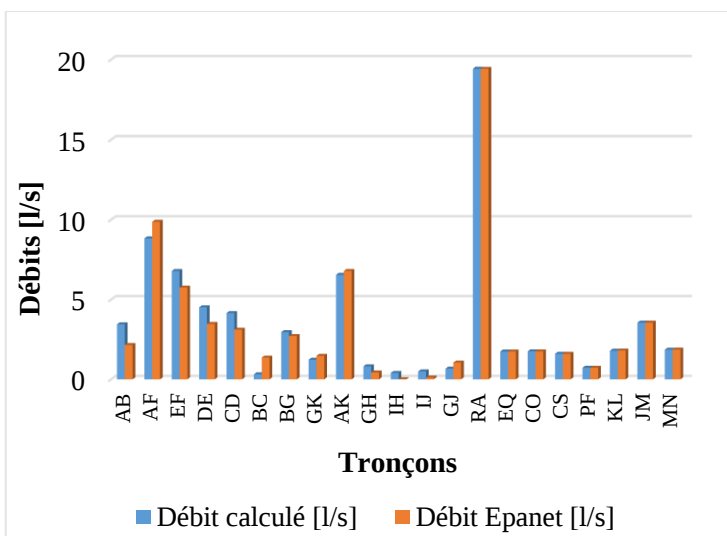


Figure 11 : Comparaison des débits obtenus

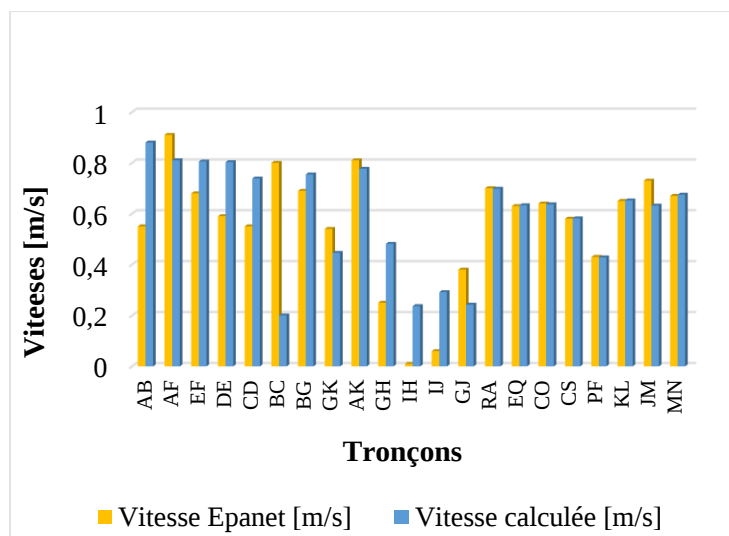


Figure 12 : Comparaison des vitesses

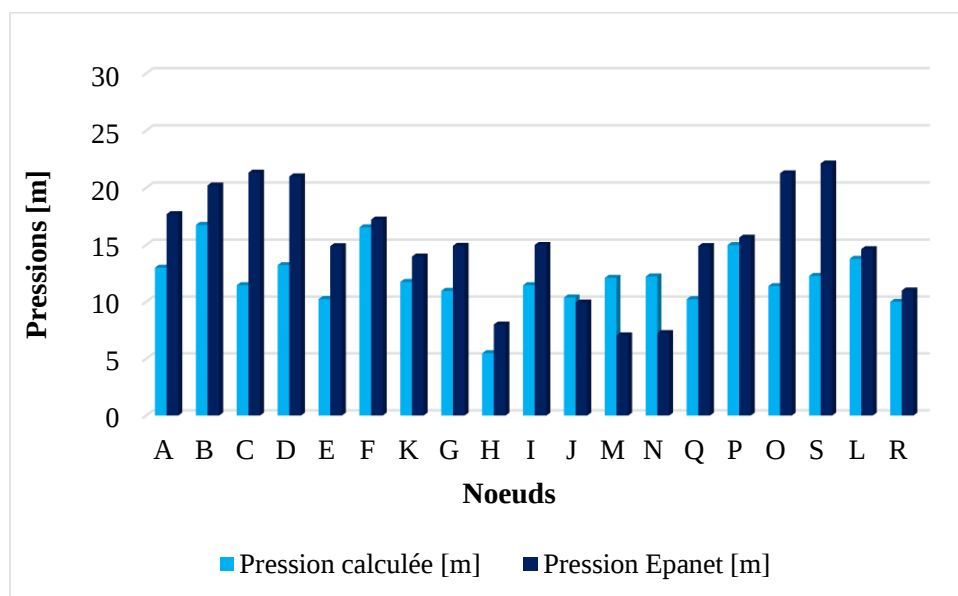


Figure 13 : Comparaison des pressions obtenues aux différents noeuds

Après simulation, les résultats obtenus avec le logiciel EPANET ont été comparés à ceux obtenus théoriquement. Les débits des tronçons ont une marge moyenne de différence de 4,19%, les vitesses une marge moyenne de 1,28% et les pressions aux nœuds de 3,15 [m] ou de 0,3 [bars] environ. Les résultats sont vraisemblables et les mineures différences s'expliquent par la différence de formules de pertes de charge utilisées.

VIII. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

1. Rappel du cadre législatif régissant le projet

Le code de l'environnement (Loi n° 006-2013/AN du 02/04/2013) édicte les règles relatives aux principes fondamentaux de préservation de l'environnement qui sont : la lutte contre la désertification, l'assainissement et l'amélioration du cadre de vie des populations et la préservation de la diversité biologique. On dénombre aussi la lutte contre la prévention et la gestion des risques technologiques et des catastrophes et la mise en œuvre des accords internationaux ratifiés par le Burkina Faso en matière de préservation de l'environnement, de prévention et de gestion des catastrophes naturelles et artificielles. L'article 25 de la loi dispose que les activités susceptibles d'avoir des incidences significatives sur l'environnement sont soumises à l'avis préalable du Ministre chargé de l'environnement.

L'avis est établi sur la base d'une Évaluation Environnementale Stratégique (EES), d'une Étude d'Impact sur l'Environnement (EIE) ou d'une Notice d'Impact sur l'Environnement (NIE).

2. Rappel des composantes et phases du projet

Le projet de réalisation de l'AEP de Boro comprend deux grandes composantes que sont l'eau potable et l'assainissement. Les travaux menés dans le cadre du projet s'articulent autour de ces deux composantes. Afin de mener à bien ces travaux, le projet sera exécuté suivant trois (03) phases : la phase de prospections, la phase de réalisation et la phase d'exploitation.

3. Identification et évaluation des impacts

Comme toute action de l'homme, ce projet provoque des impacts sur l'environnement. L'identification et l'évaluation de ces impacts sera faite à l'aide de la matrice de Léopold qui met en relation les activités sources d'impacts et les composantes de l'environnement. Les catégories d'activités sont ainsi présentées et décrites dans les tableaux ci-contre :

Tableau 24 : Travaux liés à la réalisation du système d'AEP de Boro

Catégorie d'activités	Sources d'impact	Description des opérations constitutives des activités
Composante 1 : Eau Potable		
Travaux de génie civil		
Château d'eau Bâches à eau et réservoirs Système de refoulement (éléments de la salle de pompage) Bornes fontaines	- Fouille de fondation : préparation des aires et emprises devant abriter les diverses infrastructures à mettre en place - Travaux de construction des infrastructures	- Nettoyage et défrichage de surface - Opération d'excavation, d'étayage, de transport de mise en dépôt des déblais
Conduites	Ouverture des tranchées	- Déboisement - Décapage du sol - Creusement manuel des tranchées
	Pose des conduites	- Pose des conduites sur le fond de la tranchée (manuellement et/ou partiellement mécanique) - Remblayage de la tranchée - Remise en état des sites
	Construction d'ouvrages divers	- Regards de vannes, etc.
Autres types d'intervention		
Equipements solaires	- Installation du champ solaire - Terrassement pour la mise en place des supports des modules photovoltaïques.	- Débroussaillage du site récepteur - Excavation pour les fondations des piquets - Pose manuelle
Transport et manutention des équipements et tuyauterie	- Chargement - Déchargement - Stockage	
Mise en service des infrastructures	- Désinfection/rinçage au chlore - Mise en eau des réservoirs/conduites pour essai d'étanchéité/pression - Moteurs des pompes	
Composante 2 : Assainissement		
Travaux de génie civil		
Bâtiments du gestionnaire, latrines, abri du gardien	- Fouille de fondation : préparation des aires et emprises devant abriter les diverses infrastructures à mettre en place	- Nettoyage et défrichage de surface - Opération d'excavation, d'étayage, de transport de mise en dépôt des déblais
Autres types d'intervention		
Transport, manutention et mise en place des équipements		
Mise en service des installations		

Tableau 25 : Matrice de Léopold - Evaluation des impacts négatifs

				Milieu Récepteur								
				Milieu biophysique					Milieu socio-économique			
Phases du projet	Activités sources d'impacts	Impacts négatifs	Description de l'impact	Faune	Flore	Eau	Air	Sol	Santé et sécurité	Economie	Culture	Emploi
Prospection	Etudes et aménagements préliminaires	Déforestation	Décapage et fouilles au niveau de la zone de projet les travaux de terrain (levés topographiques, enquêtes)									
Réalisation	Amenée et repli du matériel du chantier	Destruction du couvert végétal, pollutions atmosphérique et sonore	Nettoyage et défrichage de surface									
	Fouilles de fondation, construction des infrastructures		Opération d'excavation, d'étaillage, de transport et de mise en dépôt des déblais, décapage du sol									
	Pose des conduites	Déforestation et pollution atmosphérique	Creusement et remblaiement des tranchées, décapage du sol									
	Transport et manutention des équipements	Déforestation, pollution atmosphérique et nuisance sonore	Implantation de tracé de voies de circulation, déforestation									
	Installation du système de pompage solaire	Déforestation, nuisance sonore	Défrichage de surface du site récepteur, installation bruyante des équipements et appareils									
Exploitation	Contamination par des substances extérieures au réseau	Pollution des eaux souterraines et de l'eau du réseau	Contamination des forages, intrusion dans le réseau d'agents infectants lors des casses de conduites									

Tableau 26 : Matrice de Léopold – Evaluation des impacts positifs

Description de l'impact	Appréciation de l'impact	Milieu Récepteur								
		Milieu biophysique					Milieu socio-économique			
		Faune	Flore	Eaux	Air	Sol	Santé et sécurité	Economie	Culture	Emploi
- Renforcement des compétences techniques et l'expertise des bureaux d'études impliqués. - Renforcement du savoir-faire et de l'expérience de la main d'œuvre locale (ouvriers/manœuvres) recrutée pour l'exécution des travaux	Impact positif, majeur et temporaire.									
- Renforcement des capacités économiques et financières du bureau d'étude et des entreprises.										
Création d'emplois pour les ouvriers spécialisés (maçons, ferrailleurs, etc.) et d'emplois non qualifiés -Accroissement des revenus des personnes concernées et l'amélioration des conditions de vie de nombreux ménages, contribuant ainsi à réduire de façon significative les incidences de la pauvreté	Impact positif et d'intensité faible et temporaire.									
- Création par la présence d'ouvriers d'opportunités d'emplois indirects se traduisant par une augmentation des opérations commerciales (développement de nombreuses activités de services dans le voisinage des sites de travaux projetés en vue d'assurer l'approvisionnement des ouvriers).	Impact positif, local et temporaire									
- Création de nombreux emplois de fontainiers, de gardiens et de revendeurs d'eau sous forme d'emplois durables par la mise en place des bornes fontaines.	Impact positif, permanent et non négligeable									

CONCEPTION D'UN SYSTÈME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE DANS LA LOCALITE DE BORO, COMMUNE DE PÂ, PROVINCE DES BALÉ (BURKINA FASO).

- Renforcement de l'économie locale par la réinjection des sommes perçues par les manœuvres dans l'économie locale sous forme de consommation, d'investissement, etc.	Impact positif, d'intensité faible et temporaire.									
- Génération de bénéfices induits et de l'avantage social par les nouveaux branchements et l'existence de bornes fontaines. - Libération des femmes et des enfants de la corvée d'eau pour d'autres occupations comme les tâches ménagères, l'éducation, etc. du fait de l'augmentation du nombre de points d'eau. - Génération d'un bénéfice psychologique et culturel découlant de la satisfaction d'un besoin indispensable.	Impact positif permanent, majeur et de portée locale.									
- Contribution à une baisse sensible de la prévalence des maladies d'origine hydrique et des dépenses en soins de santé du fait de l'accroissement sensible des taux d'accès à l'eau potable et l'adoption par les populations de pratiques d'hygiène appropriées	Impact positif et majeur.									
- Renforcement de la pratique d'une hygiène corporelle et alimentaire convenables du fait de la disponibilité de l'eau potable à travers la mise en place de bornes fontaines et l'extension du réseau de distribution dans les secteurs non encore desservis.	Impact bénéfique, permanent, majeur et de portée locale.									

4. Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES)

▪ Mesures d'atténuation des impacts négatifs

Tableau 27 : Mesures d'atténuation des impacts négatifs

Domaines d'application	Mesures d'atténuation
Installations de chantiers	Elaboration et mise en place d'un plan d'installation approprié permettant la réduction des nuisances sonores, les atteintes au cadre de vie (dégradations et destructions diverses) et les désagréments induits avant le démarrage des chantiers.
Sécurité	Mise en place : - d'une signalisation visible des différents accès aux sites de travaux, couplée d'une signalisation adaptée informant le public des travaux, des déviations et des dangers de croisement des chantiers ; - de panneaux d'information du public et d'interdiction de l'accès au chantier ; - de panneaux de limitation de vitesse sur le chantier.
Comportements durant les travaux	- Mise en place d'un règlement interne des installations de chantiers mentionnant spécifiquement les règles de sécurité et les consignes de préservation de l'environnement ; - Respect des procédures d'hygiène et de sécurité ; - Mise en place des affiches de sensibilisation du personnel au respect des us et coutumes des populations et des relations humaines d'une manière générale ; - Installation des équipements techniques pour l'assainissement des eaux usées et effluents de chantiers et l'élimination des déchets solides (de chantier) ; - Interdiction de la pratique de la chasse par la main d'œuvre. - Interdiction de la consommation d'alcool pendant les heures de travail ; - Sensibilisation des populations à l'hygiène de la petite alimentation (vente d'aliments sur les chantiers) ; - Dotation du personnel d'équipements adéquats de protection (masques anti-poussière et anti-fumée, gants, bottes, casques...) et suivi de leur utilisation effective.
Maintien de la circulation	- Elaboration des plans de déviations de la circulation ou d'itinéraire, couplés de mesures appropriées de protection de l'environnement (poussières, bruit, minimisation des dégradations, compensation des atteintes au cadre de vie).
Gestion du déboisement	- Réalisation d'un déboisement contrôlé consistant à marquer les arbres à conserver en vue de limiter l'abattage des arbres au strict minimum ; - Réalisation d'un choix judicieux des tracés des déviations provisoires et des sites de construction des infrastructures, afin de limiter le maximum possible le déboisement ;
Installations des chantiers des ouvrages d'assainissement	- Traitement des eaux usées provenant des divers équipements sanitaires des bureaux, vestiaires et ateliers par la mise en place de fosses septiques - Gestion des déchets solides par la mise en place de réceptacles pour les recevoir - Remise en état de tous sites en fin de travaux.
Qualité de l'air	- Réglage correct des différents moteurs (machines et engins) pour permettre une bonne combustion du carburant et corriger les émissions de gaz - Arrosage systématique de la piste d'accès et des emprises des zones de circulation des

	engins ; - Contrôle et visite technique des véhicules à moteur.
Santé publique	- Aménagement d'une salle de premiers soins médicaux ; - Approvisionnement de la main d'œuvre en eau potable ; - Mise en place d'un plan de surveillance médicale et d'information du personnel sur les IST et le VIH/SIDA ; - Mise en évidence diverses affiches de sensibilisation à la transmission du SIDA et des IST ; - Vente de préservatifs à prix réduit au niveau des installations et distributions périodiques gratuites.
Végétation naturelle	- Enlèvement de tous les déchets végétaux et évacuation vers des zones pour brûlures - Réalisation de plantations d'embellissement et d'ombrage sur les sites concernés en vue de compenser les déboisements consécutifs aux travaux.

▪ Mesures de bonification des impacts positifs

Afin d'améliorer les impacts positifs et d'amplifier les avantages socio-économiques et sanitaires qu'ils occasionnent, plusieurs mesures de bonifications seront suggérées. Parmi celles-ci, nous avons :

- La multiplication des campagnes de promotion d'hygiène afin de déclencher des changements de comportements qualitatifs des populations bénéficiaires en matière d'habitudes hygiéniques.
- La sensibilisation des populations par des messages développés sur les changements de comportements et d'attitudes en matière de consommation d'eau et une bonne gestion de la ressource.
- Le renforcement du recrutement de la main d'œuvre dans les localités de Boro et de Pâ
- La création de comités de suivi et de gestion des ouvrages d'assainissement mis en place.
- Un dialogue permanent et
- Une démarche participative.

▪ Programme de surveillance environnementale

Ce programme a pour principal objectif de s'assurer que les actions d'atténuation et de bonification seront mises en œuvre dans les meilleures conditions au cours de l'exécution et de l'exploitation du projet. Ces conditions sont le respect des mesures environnementales et sociales proposées, des lois et règlements régissant les évaluations environnementales au Burkina Faso et des politiques de sauvegarde de la Banque Mondiale. Tout ceci est développé dans le **Tableau 28** qui suit :

Tableau 28 : Programme de surveillance environnementale

Mesures d'atténuation	Indicateurs	Fréquence de mesure	Responsable	Moyen de vérification
Réglage correct des différents moteurs (machines et engins) pour corriger les émissions de gaz et arrosage systématique de la piste d'accès et des emprises des zones de circulation des engins	Types et degré des pollutions et nuisances enregistrés au cours des phases d'installations des chantiers et de travaux	Quotidien	Bureau de contrôle	Rapport d'incident
Mise en place de panneaux de limitation de vitesse sur le chantier, d'interdiction d'accès au chantier et de plans de déviation	Types et nombre d'incidents enregistrés au cours des phases d'installations des chantiers et de travaux	Hebdomadaire	Entreprise	Rapport d'incident
Remise en état de tous sites en fin de travaux	Nombre de tranchées ouvertes et remises en état	Fin des travaux	Bureau de contrôle	Procès – verbaux de réception définitive
Respect des procédures d'hygiène et de sécurité et Installation des équipements techniques pour l'assainissement des eaux usées et effluents de chantiers et l'élimination des déchets solides (de chantier)	Nombre de sites de travaux où les déchets solides et liquides ont été bien gérés et nombre de poubelles installées	Mensuel	Entreprise	Rapport de chantier
Réalisation d'un déboisement contrôlé Réalisation d'un choix judicieux des tracés des déviations provisoires et des sites de construction des infrastructures	Nombre d'arbres abattus	Fin des travaux	Entreprise	Procès – verbaux de réception définitive
Réalisation de plantations d'embellissement et d'ombrage sur les sites concernés en vue de compenser les déboisements consécutifs aux travaux.	Nombre d'arbres plantés et nombre d'espaces verts créés	Fin des travaux	Bureau de contrôle	Procès – verbaux de réception définitive
Renforcer le recrutement de la main d'œuvre dans les localités de Boro et de Pâ	Nombre d'ouvriers recrutés au sein de la population locale	Mensuel	Entreprise	Rapport de chantier
Mise en place d'un plan de surveillance médicale et d'information du personnel sur les IST et le VIH/SIDA et mise en évidence de diverses affiches de sensibilisation de leur transmission.	Nombre d'ouvriers sensibilisés sur les IST/SIDA et nombre d'affiches réalisées et de préservatifs offerts	Hebdomadaire	Entreprise	Rapport de chantier

▪ **Programme de suivi environnemental**

Le programme de suivi environnemental permet d'évaluer l'exactitude des impacts évalués et l'efficacité des mesures d'atténuation et de bonification à mettre en œuvre. Il permet aussi d'envisager des mesures correctives au besoin. Ledit programme est présenté dans le **Tableau 29** suivant :

Tableau 29 : Programme de suivi environnemental

Impacts	Paramètres de suivi	Indicateurs	Fréquence de mesure	Responsables	Moyens de vérification
Hygiène	Habitudes culturelles observées	Séances de formation réalisées	Trimestriel	Bureau de suivi d'exécution des mesures d'atténuation	Rapport de formation
Gestion de la ressource en eau	Quantité d'eau gaspillée	Nombre de personnes formées	Trimestriel	Bureau de suivi d'exécution des mesures d'atténuation	Rapport de formation
Qualité de l'eau fournie	Analyses physico-chimiques, organoleptiques et bactériologiques	Taux de présence des bactéries et valeurs des différents paramètres (pH, température, turbidité, etc.)	Mensuel	Laboratoires, gestionnaire et le ministère de la santé	Fiches d'analyse
Maladies hydriques	Cas de maladies enregistrés	Nombre de personnes malades	Trimestriel	Le ministère de la santé, une commission de la Banque mondiale et le bureau de suivi d'exécution des mesures d'atténuation	Rapport de santé des Centres de santé et Centres Hospitaliers Régionaux

IX. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le projet de conception d'un système d'AEP dans la localité de Boro, financé par la Banque Mondiale, a pour objectif majeur d'accroître durablement l'accès à l'eau potable et de développer l'assainissement autonome dans la province des Balé (Burkina Faso). De ce fait, il produit des impacts positifs sur le plan social, économique et environnemental et quelques impacts négatifs.

Toutefois, les impacts environnementaux négatifs identifiés et qui sont pour la plupart temporaires, seront pris en considération par des programmes de surveillance et de suivi environnementaux du projet en vue d'y remédier. A ceux-ci s'ajouteront des mesures de consolidation des impacts positifs du projet. Le projet constitue donc une véritable amorce au développement de la région de la boucle du Mouhoun.

En effet, le système d'AEP du projet desservira le village de Boro et ses 7 508 habitants à l'horizon 2040 au travers de six (06) bornes fontaines (03 robinets de 0,5[l/s]) et quarante-trois (43) branchements privés à partir de 2020. L'eau du réseau sera pompée à partir de deux forages de 5 [m³/h] chacun pour satisfaire aux 237,85 [m³/jr] constituant les besoins de la population. Avec un coût global de cent quatre-vingt-douze millions cent-vingt-quatre mille deux cents treize francs toutes taxes comprises (192 124 213 FCFA TTC), le réseau est constitué d'un réservoir métallique cylindrique de 75 [m³] et de 7 340,75 [m] de conduites PVC. Ce réseau sera géré par un fermier.

Il faut notifier que l'adhésion de la population au projet est parfaite. C'est la raison pour laquelle des programmes de suivi et de surveillance ont été élaborés afin de permettre leur inclusion dans l'utilisation et la gestion des ouvrages qui seront installés.

Afin d'assurer une bonne mise en œuvre des différentes phases du projet, quelques recommandations sont formulées parmi lesquelles :

- La promotion de branchements privés pour une meilleure rentabilisation de l'ouvrage ;
- L'implantation d'un nouveau forage d'au moins 5 [m³/h] de débit avant l'horizon 2035 pour atteindre l'horizon 2040 ;
- L'étude d'une possibilité de branchement du système de pompage au réseau électrique de la SONABEL ou de substitution d'une autre forme d'énergie (l'énergie thermique par exemple) ;
- L'utilisation du coffret CU3 sur le système de pompage pour protéger les pompes contre la marche à sec et une détérioration précoce ;
- La mise en place minutieuse des équipements d'exhaure pour un bon débit d'exploitation des forages ;
- La réalisation d'analyses périodiques de l'eau du stockage ;

- La multiplication des campagnes de promotion d'hygiène afin de déclencher des changements de comportements qualitatifs des populations bénéficiaires en matière d'habitudes hygiéniques ;
- La mise en place d'une cellule de sensibilisation quant à la nécessité de consommer l'eau potable ;

X. BIBLIOGRAPHIE

- Bureau d'études SERAT. (2019). *Mémo sur l'implantation sociale des sites de Bornes Fontaines dans les Balé*. Ouagadougou.
- CNES/Airbus DS Geo, I. (2019, Septembre 27). Récupéré sur <https://www.google.com/maps/place/Pâ>
- Diallo, A. R. (2019). *Conception d'un système d'adduction d'eau potable dans la commune rurale de DOLO, province de la BOUGOURIBA, région du sud-ouest (Burkina Faso)*. Ouagadougou: 2iE.
- Giessen, E. v. (2018). *Le pompage solaire appliqué aux adductions d'eau potable*. Pratica foundation, unicef.
- INSD. (2017). *Rapport sur les projections démographiques des communes du Burkina Faso de 2007 à 2020*. Ouagadougou.
- Longue, S., & Zan, L. M. (2009). *Monographie de la région du Mouhoun : Recensement général de la population et de l'habitation de 2006*. Comité national du recensement , Bureau central du recensement .
- Nebie, B. (2014). *Cadre de gestion environnemental et social - Projet sectoriel en milieu urbain (Phase I et financement additionnel)*. Rapport révisé, ONEA, Ouagadougou.
- (2016). *Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable 2016-2030*. Ministère de l'Eau et de l'Environnement.
- SERAT. (2019). *Rapport socio-économique de l'étude de faisabilité socio-économique pour la réalisation de huit (08) systèmes d'adduction d'eau potable dans la région de la boucle du Mouhoun - Site de Boro*. Ouagadougou.

XI. ANNEXES

Annexe 1 : Compléments d'informations	ii
Annexe 2 : Estimation des besoins en eau aux différents horizons du projet	iv
Annexe 3 : Tracé des réseaux.....	v
Annexe 4 : Caractéristiques de la pompe choisie et des accessoires	vi
Annexe 5 : Profils en long des conduites d'adduction	ix
Annexe 6 : Dimensionnement du réseau de distribution avec le tableur Excel.	x
Annexe 7 : Dimensionnement du champ solaire.....	xiii
Annexe 8 : Ouvrages et équipements annexes du réseau.....	xiii
Annexe 9 : Carnet des nœuds.....	xxvii
Annexe 10 : Devis estimatif et quantitatif du projet	xxxii
Annexe 11 : Fiches des forages.....	xxxvii

Annexe 1 : Compléments d'informations

Tableau 1 : Évolution de la pluviométrie dans la commune de Pâ de 2004 à 2013

Années	Nbre de jrs	Pluies [mm]	Années	Nbre de jrs	Pluies [mm]
2004	58	778	2009	59	979
2005	50	797	2010	54	1052
2006	54	879	2011	56	770
2007	37	808	2012	52	851
2008	39	866	2013	49	928

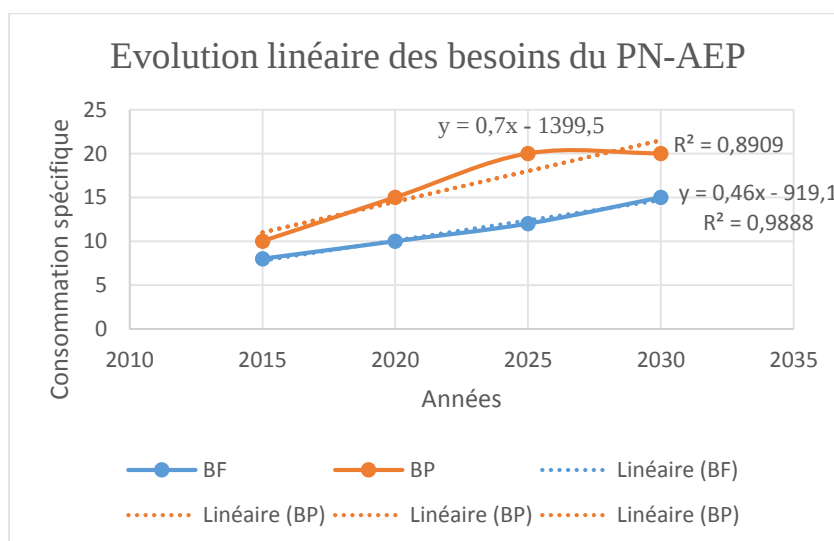
Source : PCD, 2019 ; SERAT, 2019

Tableau 2 : Point de fonctionnement

Pompe SP5A-17N	Débit (m3/h)	0,0	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4
	HMT (m)	105	100	96	92	87	82	76	63	40
Pompes en parallèle	Débit (m3/h)	0,0	1,6	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6	11,2	12,8
	HMT (m)	105	100	96	92	87	82	76	63	40
Conduite 1	H rés (m)	55,10	55,16	55,34	55,63	56,05	56,58	57,23	58,00	58,89
Conduite 2	H rés (m)	62,10	62,17	62,39	62,76	63,28	63,94	64,75	65,71	66,81
Conduite commune	H rés (m)	62,10	62,39	63,28	64,75	66,81	69,46	72,70	76,52	80,94

Tableau 3 : Evolution linéaire des besoins du PN-AEP 2016-2030

BF		BP	
2015	8	2015	10
2020	10	2020	15
2025	12	2025	20
2030	15	2030	20



Annexe 2 : Estimation des besoins en eau aux différents horizons du projet

Tableau 1 : Consommations spécifiques

Consommation spécifique (l/hab/j)	2020	BF	10
		BP	15
	2025	BF	12
		BP	20
	2030/2035	BF	15
		BP	20
	2040	BF	20
		BP	30
Taux de desserte (%)	2020	BF	22,9%
		BP	9,8%
	2025	BF	28,2%
		BP	28,2%
	2030/2035	BF	24,0%
		BP	56,0%
	2040	BF	24,0%
		BP	56,0%
Autres consommations (%)	2020-2040	10,0%	
Pertes (%)	2020-2030	5,0%	
	2030-2040	10,0%	
Coeff de pointe saisonnière (Cps)	1,2		
Coeff de pointe journalière (Cpj)	1		
Coeff de pointe horaire (Cph)	2,13		

Tableau 2 : Estimation des besoins

Désignations	Unités	Horizons					
		2019	2020	2025	2030	2035	2040
Population	hbts	4 077,27	4 197,54	4 854,31	5 613,82	6 492,18	7 507,97
Besoin spécifique BF	l/jr/hbt	10	10	12	15	17	20
Besoin spécifique BP		15	15	20	20	25	30
Taux de desserte global du système AEP	%	32,7%	32,7%	56,4%	80,0%	80,0%	80,0%
Consommation BF	l/jr	9 336,94	9 612,38	16 426,97	20 209,77	26 488,10	36 038,24
Consommation BP		5 993,58	6 170,39	27 378,28	62 874,83	90 890,53	126 133,84
Consommation totale / Besoin domestique		15 330,52	15 782,77	43 805,25	83 084,60	117 378,62	162 172,08
Besoins annexes		1 533,05	1 578,28	4 380,52	8 308,46	11 737,86	16 217,21
Pertes réseaux	l/jr	5%	5%	5%	10%	10%	10%
Besoins journaliers moyens	l/jr	16 863,57	17 361,04	48 185,77	91 393,06	129 116,48	178 389,29
Besoins en eau du jour de pointe	l/jr	20 236,28	20 833,25	57 822,93	109 671,67	154 939,78	214 067,14
Besoin de production du jour de pointe	m3/jr	21,30	21,93	60,87	121,86	172,16	237,85
Débit moyen horaire du jour de pointe	m3/h	1,42	1,46	4,06	8,12	11,48	15,86
Coefficient de pointe horaire	-	3,60	3,57	2,74	2,38	2,24	2,13
Débit moyen horaire	m3/h	0,89	0,91	2,54	5,08	7,17	9,91
Débit de pointe horaire	m3/h	3,19	3,26	6,95	12,07	16,05	21,09
Débit de base de distribution Q _{dist}	l/s	1,42	1,45	3,09	5,36	7,13	9,37
Débit de base du refoulement Q _{ref}	l/s	0,37	0,38	1,06	2,12	2,99	4,13
Débit borne fontaine Q _{bf}	l/s	0,24	0,24	0,51	0,89	1,19	1,56
Débit par robinet	l/s	0,08	0,08	0,17	0,30	0,40	0,52
Débit en route	l/s/ml	0,00022	0,00022	0,00047	0,00082	0,00109	0,00143
Volume d'eau disponible	m3	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00
Débit forage	m3/h	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Capacité de stockage du réservoir	m3	6,39	6,58	18,26	36,56	51,65	71,36

Annexe 3 : Tracé des réseaux

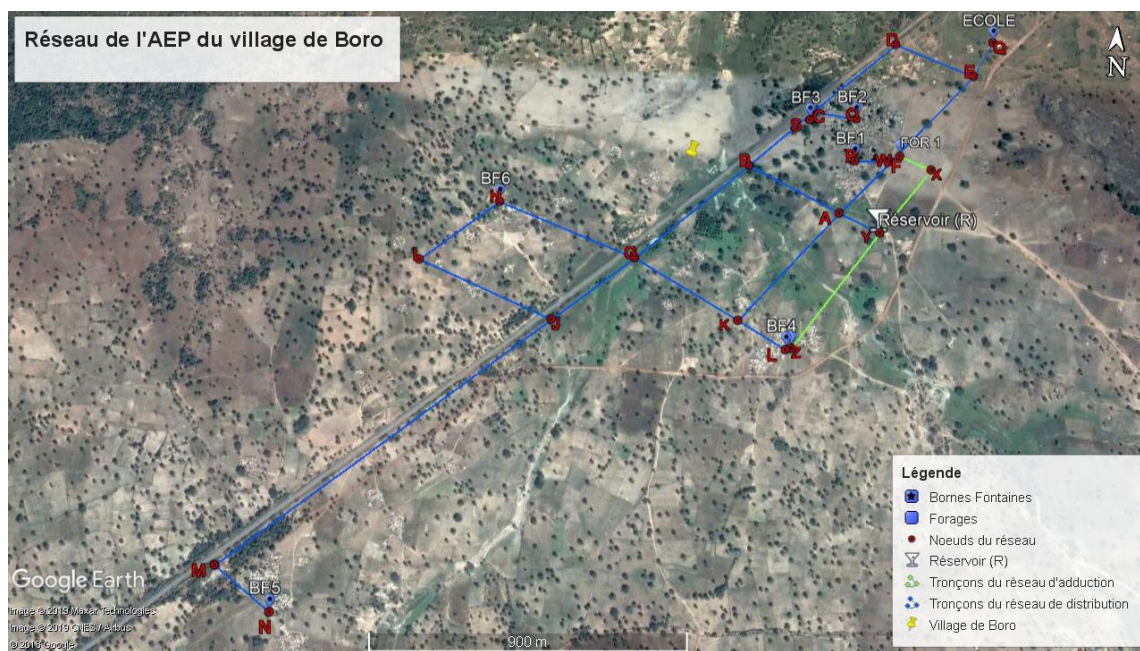


Figure 3 : Réseau de l'AEP de Boro (Google Earth)

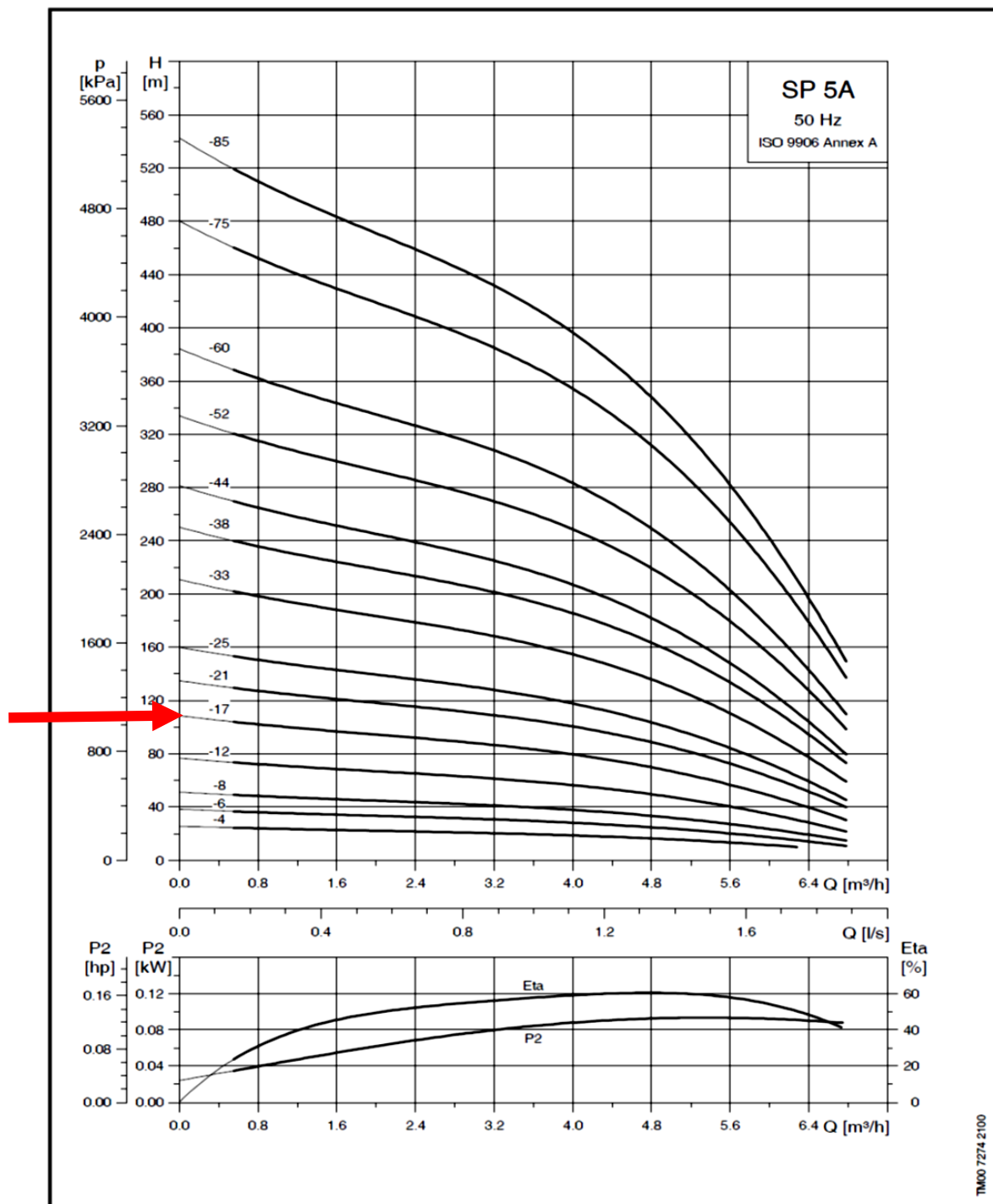
Tableau 1 : Calcul du réseau maillé

Tronçons	Altitudes (m)		Longueurs (m)	Qroute (l/s)	Qprelv (l/s)	Formules	Q (l/s)
	Nœuds	Altitudes		0,00143	ZONE MAILLEE		
RA	R	279,0	127,0	0,18		QAF+QAB+QAK	19,00
AB	A	272,0	304,0	0,44		SoutAB+0,5QBG	2,23
BC	B	268,0	258,0	0,37		SoutBC+0,5QBG	2,17
CD	C	271,0	337,0	0,48		SoutCD+QCO+QCS+QBC	6,01
ED	D	270,0	253,0	0,36		SoutED+QCD	6,37
EF	E	275,0	372,0	0,53		Sout EF+QQE+QQD	8,64
FA	F	271,0	226,0	0,32		SoutAF+QFP+QQF	10,68
AK	K	273,0	447,0	0,64		SoutAK+QGK+QKL	5,90
KG	G	270,0	356,0	0,51		SoutKG+0,5QGH+0,5QGJ	3,47
BG	H	276,0	447,0	0,64		SoutBG+0,5QGH+0,5QGJ	3,60
GH	I	269,0	437,0	0,63	1,56	SoutGH+QBF6+QHI	3,70
IH	J	274,0	294,0	0,42		SoutIH+QIJ	2,81
IJ			430,0	0,62		SoutIJ+0,5QJM	2,39
GJ			308,0	0,44		SoutGJ+0,5QJM	2,22
ΣQcum	20,31						
Tronçons situés hors du réseau maillé							
EQ	Q	274,0	126,0	0,18	1,56	SoutEQ+SoutEcole	1,74
CO	O	270,0	133,0	0,19	1,56	SoutCS+QBF3	1,75
CS	S	270,0	27,3	0,04	1,56	SoutCO+QBF2	1,60
PF	P	272,0	109,0	0,16	1,56	SoutPF+QBF1	1,72
KL	L	271,0	163,0	0,23	1,56	SoutKL+QBF4	1,80
JM	M	272,0	1183,0	1,69		SoutJM+QMN	3,55
MN	N	269,0	206,0	0,30	1,56	SoutMN+QBF5	1,86
Σ			6543,3	9,4	10,9		

Annexe 4 : Caractéristiques de la pompe choisie et des accessoires

Courbes de performances

Pompes immergées
SP 5A



8

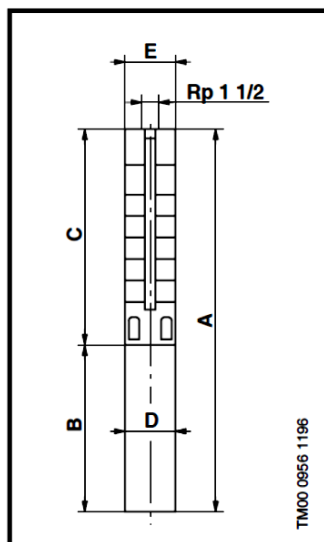
GRUNDFOS

07-01/SP A, SP

Caractéristiques techniques

Pompes immergées
SP 5A

Dimensions et poids



Les SP 5A-75 et SP 5A-85 sont montées dans des chemises avec raccordement R1½.

Type de pompe	Moteur		Dimensions [mm]								Poids Net [kg]	
	Type	Puissance [kW]	C	B		A		D	E			
				1x230V	3x230V 3x400V	1x230V	3x230V 3x400V				1x230V	3x230V 3x400V
SP 5A-4	MS 402	0,37	240	256	226	496	466	95	101		10	8
SP 5A-4N	MS 4000R	2,2	284	573		857		95	101		25	
SP 5A-4N	MS 4000R	0,75	284		398		682	95	101			17
SP 5A-6	MS 402	0,55	282	291	241	573	523	95	101		11	10
SP 5A-6N	MS 4000R	2,2	326	573		899		95	101		26	
SP 5A-6N	MS 4000R	0,75	326		398		724	95	101			18
SP 5A-8	MS 402	0,75	324	306	276	630	600	95	101		13	11
SP 5A-8N	MS 4000R	2,2	368	573		941		95	101		27	
SP 5A-8N	MS 4000R	0,75	368		398		766	95	101			19
SP 5A-12	MS 402	1,1	408	346	306	754	714	95	101		15	13
SP 5A-12N	MS 4000R	2,2	452	573		1025		95	101		28	
SP 5A-12N	MS 4000R	1,1	452		413		865	95	101			21
SP 5A-17	MS 402	1,5	513	346	346	859	859	95	101		17	16
SP 5A-17N	MS 4000R	2,2	557	573		1130		95	101		29	
SP 5A-17N	MS 4000R	1,5	557		413		970	95	101			22
SP 5A-21	MS 4000	2,2	597	573		1170		95	101		27	
SP 5A-21	MS 402	2,2	597		346		943	95	101			18
SP 5A-21N	MS 4000R	2,2	641	573	453	1214	1094	95	101		30	25
SP 5A-25	MS 4000	2,2	681	573		1254		95	101		28	
SP 5A-25	MS 402	2,2	681		346		1027	95	101			19
SP 5A-25N	MS 4000R	2,2	725	573	453	1298	1178	95	101		32	27
SP 5A-33	MS 4000	3,0	849		493		1342	95	101			26
SP 5A-33N	MS 4000R	3,0	893		493		1386	95	101			30
SP 5A-38	MS 4000	4,0	998		573		1571	95	101			36
SP 5A-38N	MS 4000R	4,0	998		573		1571	95	101			36
SP 5A-44	MS 4000	4,0	1124		573		1697	95	101			38
SP 5A-44N	MS 4000R	4,0	1124		573		1697	95	101			38
SP 5A-52	MS 4000	5,5	1292		673		1965	95	101			46
SP 5A-52N	MS 4000R	5,5	1292		673		1965	95	101			46
SP 5A-60	MS 4000	5,5	1460		673		2133	95	101			48
SP 5A-60N	MS 4000R	5,5	1460		673		2133	95	101			48
SP 5A-52	MS 6000	5,5	1354		541		1895	138	138			60
SP 5A-52N	MS 6000R	5,5	1354		541		1895	138	138			60
SP 5A-60	MS 6000	5,5	1522		541		2063	138	138			63
SP 5A-60N	MS 6000R	5,5	1522		541		2063	138	138			63
SP 5A-75	MS 6000	7,5	2146		571		2717	138	140			86
SP 5A-85	MS 6000	7,5	2356		571		2927	138	140			92

E = Diamètre maxi de la pompe comprenant le protège-câble et le moteur.

1. Accessoires à assembler à la pompe

Le principal accessoire à associer à la pompe que nous suggérons est le CU 3. C'est un coffret, une unité commandée par microprocesseur pour protéger les pompes/moteurs immergés dans leurs installations contre plusieurs paramètres à savoir :

- La marche à sec.
- Une défection naissante du moteur.
- Une température trop élevée du moteur.
- La destruction de l'isolement du moteur.

Le CU 3 choisi est de marque **GRUNDFOS**. Ses caractéristiques techniques sont listées dans le *Tableau 1*.

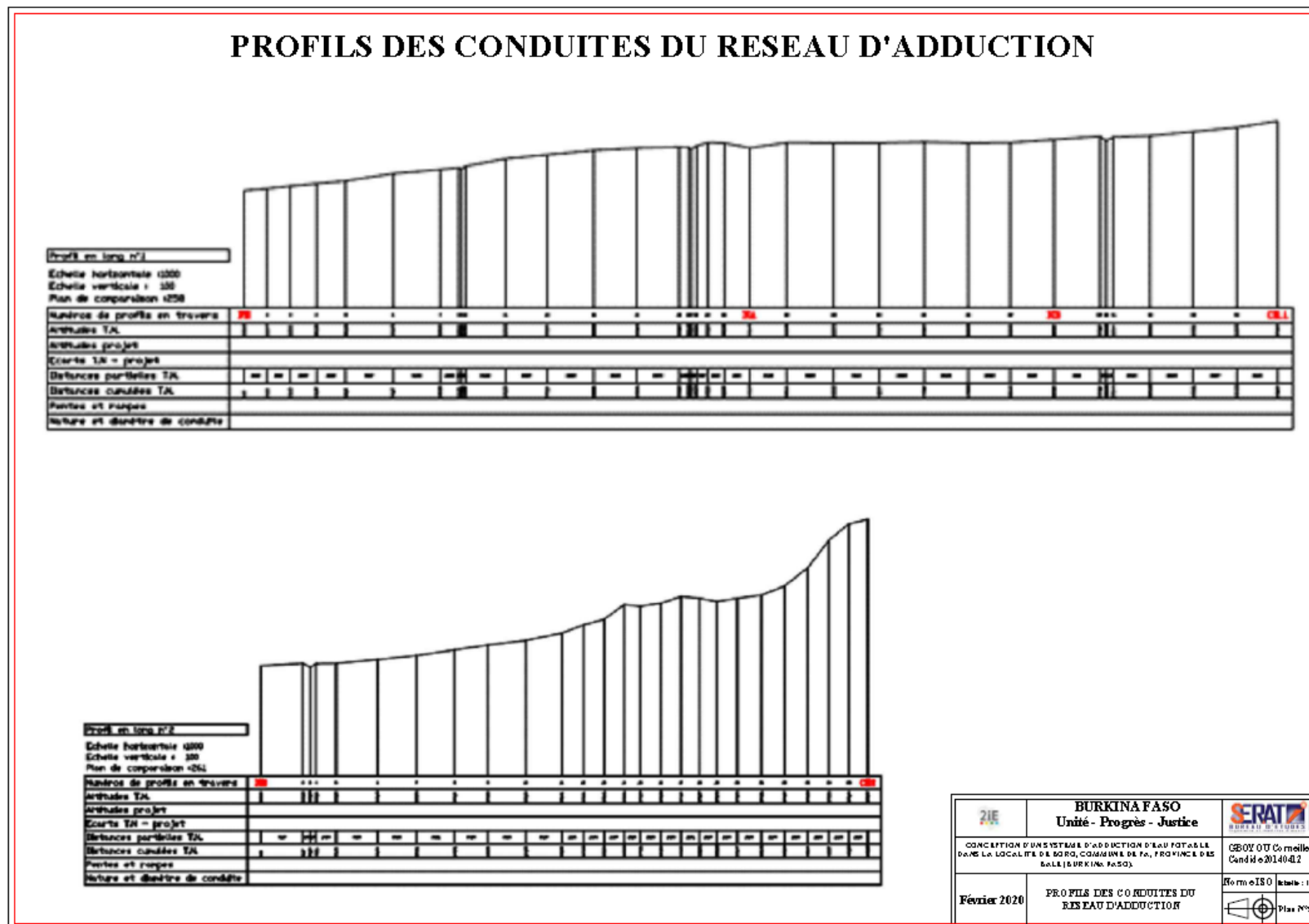
Tableau 1 : Caractéristiques du coffret CU 3

Désignation	Caractéristiques
Indice de protection	IP 20
Température ambiante	-20°C à +60°C
Humidité relative	99%
Variation de la tension	+15/-25% de la tension nominale
Fréquence	45 à 65 Hz
Fusible	10 A



Coffret CU 3

Annexe 5 : Profils en long des conduites d'adduction



Annexe 6 : Dimensionnement du réseau de distribution avec le tableur Excel.

Les débits du réseau maillé ont été obtenus à partir du calcul itératif d'ajustement des débits de la méthode de HARDY-CROSS. Les débits corrigés ont été obtenus à la 14^{ème} itération.

Itérations	Mailles	Tronçons	L (m)	Q (l/s)	Q(m3/s)	Dth (mm)	Choix DN (mm)	D int (mm)	Vr (m/s)	Observation	ΔH (m)	ΔH/Q	Dq1	Dq2	Dq3	Dq (m3/s)	Dq (l/s)	Qcor (l/s)	Vérification
1	I	AB	304,00	2,2345	0,0022	53,34	59,20	59,20	0,81	OK	4,021	1799,429	0,000	0,000		0,000	0,041	2,276	non vérifié
		AF	226,00	-10,6847	-0,0107	116,64	117,80	117,80	0,98	OK	-1,742	163,014	0,000			0,000	0,384	-10,301	non vérifié
		EF	372,00	-8,6428	-0,0086	104,90	117,80	117,80	0,79	OK	-1,876	217,046	0,000			0,000	0,384	-8,259	non vérifié
		DE	253,00	-6,3674	-0,0064	90,04	103,60	103,60	0,76	OK			0,000			0,000	0,384	-5,984	non vérifié
		CD	337,00	-6,0050	-0,0060	87,44	103,60	103,60	0,71	OK			0,000			0,000	0,384	-5,621191514	non vérifié
		BC	258,00	-2,1686	-0,0022	52,55	59,20	59,20	0,79	OK	-3,214	1482,116	0,000			0,000	0,384	-1,785	non vérifié
	II	Somme										-2,811	3661,604						
												Dq1	0,000						
		AB	304,00	-2,2345	-0,0022	53,34	59,20	59,20	0,81	OK	-4,021	1799,429	0,000	0,000		0,000	-0,041	-2,276	non vérifié
		BG	447,00	-3,5981	-0,0036	67,69	70,60	70,60	0,92	OK	-5,993	1665,541		0,000		0,000	0,343	-3,255	non vérifié
		GK	356,00	3,4678	0,0035	66,45	70,60	70,60	0,89	OK	4,433	1278,419		0,000	-0,001	-0,001	-1,011	2,456591303	non vérifié
		AK	447,00	5,9036	0,0059	86,70	103,60	103,60	0,70	OK	2,086	353,428		0,000		0,000	0,343	6,246326341	non vérifié
	III	Somme										-3,494	5096,817						
												Dq2	0,000						
		GH	437,00	-3,6988	-0,0037	68,63	70,60	70,60	0,94	OK	-6,191	1673,823			0,001	0,001	1,354	-2,34482064	non vérifié
		IH	297,00	-2,8128	-0,0028	59,84	70,60	70,60	0,72	OK	-2,433	865,108			0,001	0,001	1,354	-1,45888126	non vérifié
		IJ	430,00	-2,3917	-0,0024	55,18	59,20	59,20	0,87	OK	-6,516	2724,319			0,001	0,001	1,354	-1,037768724	non vérifié
		GJ	308,00	-2,2170	-0,0022	53,13	59,20	59,20	0,81	OK	-4,010	1808,798			0,001	0,001	1,354	-0,863021346	non vérifié
	Somme											-19,150	7072,049						
												Dq3	0,001						

Itérations	Mailles	Tronçons	L (m)	Q (l/s)	Q(m3/s)	Dth (mm)	Choix DN (mm)	D int (mm)	Vr (m/s)	Observation	ΔH (m)	ΔH/Q	Dq1	Dq2	Dq3	Dq (m3/s)	Dq (l/s)	Qcor (l/s)	Vérification
14	I	AB	304,00	3,4446	0,0034	66,23	70,60	70,60	0,88	OK	3,735	1084,394	0,000	0,000		0,000	0,000	3,444	Vérifié
		AF	226,00	-8,8301	-0,0088	106,03	117,80	117,80	0,81	OK	-1,190	134,719	0,000			0,000	-0,001	-8,831	Vérifié
		EF	372,00	-6,7882	-0,0068	92,97	103,60	103,60	0,81	OK	-2,296	338,201	0,000			0,000	-0,001	-6,789	Vérifié
		DE	253,00	-4,5128	-0,0045	75,80	84,60	84,60	0,80	OK			0,000			0,000	-0,001	-4,513	Vérifié
		CD	337,00	-4,1504	-0,0042	72,69	84,60	84,60	0,74	OK			0,000			0,000	-0,001	-4,151049916	Vérifié
		BC	258,00	-0,3140	-0,0003	20,00	46,40	46,40	0,2	OK	-0,247	786,943	0,000			0,000	-0,001	-0,315	Vérifié
	II	Somme										0,003	2344,256						
												Dq1	0,000						
		AB	304,00	-3,4446	-0,0034	66,23	70,60	70,60	0,88	OK	-3,735	1084,394	0,000	0,000		0,000	0,000	-3,444	Vérifié
		BG	447,00	-2,9537	-0,0030	61,32	70,60	70,60	0,75	OK	-4,038	1367,223		0,000		0,000	0,000	-2,954	Vérifié
		GK	356,00	1,2274	0,0012	39,53	46,40	46,40	0,73	OK	5,209	4244,211		0,000	0,000	0,000	0,000	1,227211846	Vérifié
		AK	447,00	6,5480	0,0065	91,31	103,60	103,60	0,78	OK	2,567	392,010		0,000		0,000	0,000	6,547863759	Vérifié
	III	Somme										0,003	7087,837						
												Dq2	0,000						
		GH	437,00	-0,8139	-0,0008	32,19	46,40	46,40	0,48	OK	-2,812	3454,757			0,000	0,000	0,000	-0,813903765	Vérifié
		IH	297,00	0,4000	0,0004	22,57	46,40	46,40	0,24	OK	0,462	1153,941			0,000	0,000	0,000	0,399991965	Vérifié
		IJ	430,00	0,4932	0,0005	25,06	46,40	46,40	0,29	OK	1,016	2059,777			0,000	0,000	0,000	0,493148152	Vérifié
		GJ	308,00	0,6679	0,0007	29,16	46,40	46,40	0,39	OK	1,335	1998,167			0,000	0,000	0,000	0,66789553	Vérifié
	Somme											0,000	8666,643						
												Dq3	0,000						

Tableau 1 : Côtes imposées et hauteur du réservoir

Réseau	Mailles	Tronçons	Nœud	ZTN (m)	Pser (mCE)	Zmin (m)	P dsipo (m)	H amont	H réservoir
Maillé	I	AB	A	272,00	10,00	286,00	13,00	27,00	7,00
		AF	F	271,00	10,00	282,46	16,54	28,00	3,46
		EF	E	275,00	10,00	288,75	10,25	24,00	9,75
		DE	D	270,00	10,00	285,78	13,22	29,00	6,78
		CD	C	271,00	10,00	287,54	11,46	28,00	8,54
		BC	B	268,00	10,00	282,25	16,75	31,00	3,25
		BG	G	270,00	10,00	288,04	10,96	29,00	9,04
		GK	K	273,00	10,00	287,25	11,75	26,00	8,25
		AK							
	III	GH							
		IH	H	276,00	5,00	288,52	5,48	18,00	9,52
		IJ	I	269,00	10,00	287,54	11,46	30,00	8,54
		GJ	J	274,00	10,00	288,62	10,38	25,00	9,62
Conduites hors réseau maillé		RA	R	279,00	10,00	289,00	10,00	20,00	10,00
		EQ	Q	274,00	5,00	283,77	10,23	20,00	4,77
		CO	O	270,00	5,00	282,62	11,38	24,00	3,62
		CS	S	270,00	5,00	281,73	12,27	24,00	2,73
		PF	P	272,00	5,00	279,01	14,99	22,00	0,01
		KL	L	271,00	5,00	280,22	13,78	23,00	1,22
		JM	M	271,00	5,00	281,89	12,11	23,00	2,89
		MN	N	269,00	5,00	281,77	12,23	25,00	2,77

Annexe 7 : Dimensionnement du champ solaire

▪ Dimensionnement des équipements solaires

Les paramètres essentiels pris en compte pour le choix des équipements solaires sont :

- La puissance de l'électropompe ;
- Le facteur de puissance ;
- La tension d'alimentation ;
- Le rendement ;
- Le temps de pompage ;
- Le débit journalier.

Le rendement moyen et le facteur de puissance utilisés pour les différents dimensionnements sont respectivement $\eta = 0,6$ et $\cos\varnothing = 0,8$ pour l'électropompe.

▪ Dimensionnement des modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques sont dimensionnés pour alimenter sans surcharge tous les équipements électromécaniques (électropompe, éclairage, prise de courant, composants du coffret électrique, etc.) des sites des forages. Le temps de pompage considéré est de seize (16) heures par jour.

▪ Dimensionnement des onduleurs

Les onduleurs (ou convertisseurs CC/CA) transforment le courant continu produit par le champ solaire en courant alternatif de 50 Hertz. Ils seront aussi dimensionnés et installés pour alimenter sans surcharge les équipements électromécaniques du site. Les onduleurs fonctionneront efficacement le long du pompage, avec un rendement élevé, assureront l'efficienne et la pérennité du système de pompage.

▪ Dimensionnement des batteries

Les batteries stockent l'énergie reçue des modules photovoltaïques afin d'alimenter les différents équipements aux heures d'absence du soleil. Elles seront dimensionnées pour fonctionner pendant 8h de temps.

1. Dimensionnement des générateurs solaires

▪ Estimation des besoins énergétiques journaliers

Tableau 1 : Bilan journalier des équipements fonctionnant en courant continu (DC)

Appareils/Equipements	Nombre	Tension [V]	Puissance [W]	Durée d'utilisation	Puissance appelée [W]	Besoins journalier [Wh/jr]	Courant [A]
Lampe fluo compacte	4	48	9	3	10,23	40,91	0,21
Ventilateur	1	48	25	4	25	25	0,52
Lampadaire	2	48	60	12	60	120	1,25
Bilan DC					95,23	185,91	1,98

La formule suivante a été appliquée pour le dimensionnement du champ solaire alimentant la pompe :

$$P_c = \frac{Ch * Q * HMT}{K_p * H_i * Rond * R_{mp}}$$

Avec :

P_c : Puissance crête en Watts [Wc]

Ch : Constante hydraulique = 2,725

Q : Quantité d'eau pompée par jour en mètre cube [m^3]

HMT : Hauteur manométrique totale en mètre [m]

K_p : Coefficient de productivité du système solaire

H_i : Rayonnement total journalier moyen mensuel [$kWh/m^2.j$]

$Rond$: Rendement de l'onduleur

R_{mp} : Rendement de l'électropompe

$$P_c = \frac{2,725 * 80 * 85}{0,75 * 5,15 * 0,9 * 0,6} = 8884,09$$

$$P_c = 8884,09 [Wc]$$

La puissance crête totale est donnée par la somme des besoins journaliers des équipements en DC (courant continu) ci-dessus cités et de la pompe fonctionnant en AC (courant alternatif). On a :

$$P_{ct} = P_c + \frac{B_j (DC)}{K_p * H_i * Rond * R_{mp}} = 8884,1 + \frac{185,91}{0,75 * 5,15 * 0,9 * 0,6} = 8973,23$$

La puissance crête totale retenue sera **$P_{ct} = 9000 [Wc]$**

▪ Nombre de panneaux solaires

La puissance crête requise étant de 9 [kWc], les panneaux de 300 [Wc] 24 [V] de dimensions 1956 [mm] x 992 [mm] x 45 [mm] seront utilisés.

$$n = \frac{P_c}{P_{unitaire}} = \frac{9000}{300} = 30 \quad \text{Soit } n = 30$$

Le champ sera composé de **30 modules photovoltaïques SPM033002400 de 300 [Wc]** chacun selon l'association **2*15*300[Wc]**.

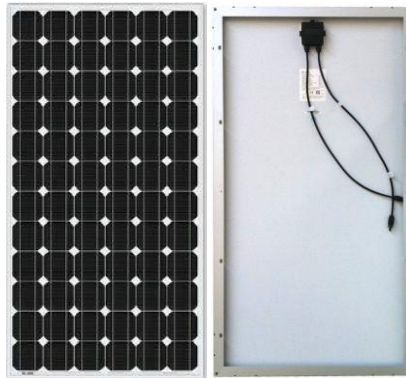


Figure 1 : Modules photovoltaïques SPM033002400 de 300[Wc] 24 [V]

2. Dimensionnement des onduleurs

La puissance apparente de chaque onduleur est calculée à partir de la formule suivante :

$$S_{ond} = \frac{P_{pe} * k}{r * \cos\phi}$$

Avec :

S_{ond} : Puissance apparente de l'onduleur en kilovoltampères [KVA]

P_{pe} : Puissance de l'électropompe en kilowatts [kW]

k : coefficient de correction (prise en compte les autres équipements électriques) = 1,05

r : Rendement de l'électropompe

cosφ : Facteur de puissance des installations électriques = 0,8

$$S_{ond} = \frac{1,5 * 1,05}{0,6 * 0,8} = 3,281 \quad S_{ond} = 3,3 \text{ [KVA]}$$

La puissance apparente retenue pour chaque onduleur sera **S_{ond} = 4 [KVA]**

L'onduleur choisi sera de constitution simple, robuste, résistant en milieu tropical (poussière, température ambiante de 45°C, etc.), facile d'utilisation et de maintenance et présentant une garantie minimale de 5 ans.

3. Dimensionnement des batteries

▪ Estimation de la capacité de la batterie d'accumulateurs

$$C_{bat_{min}} = \frac{B_j * J_{aut}}{V_{syst} * R_{bat} * DM} = \frac{4531 * 1}{48 * 0,8 * 0,8} = 147,49$$

Avec :

C_{bat_{min}} : Capacité minimale du parc de batteries [Ah]

R_{bat} : Rendement batterie (70-90%) défaut : 80%

J_{aut} : Nombre de jours d'autonomie [jr]

V_{syst} : Tension du système [V]

B_j : Besoin journalier [Wh/j] pour les 8h de pompage et les autres équipements

DM : Profondeur de décharge (50 – 80%) pour les batteries solaires.

La capacité totale choisie est **C_{bat_{min}} = 150 [Ah]**

Nous choisissons **quatre (04) batteries de 60 [Ah] et 12 [V] de marque Victron.**

La capacité totale des batteries sera :

$$C_{bat} = N_{bat} * \text{Capacité batterie} = 4 * 60 = 240 [Ah] > 150 [Ah]$$

$$C_{bat} > C_{bat_{min}}$$

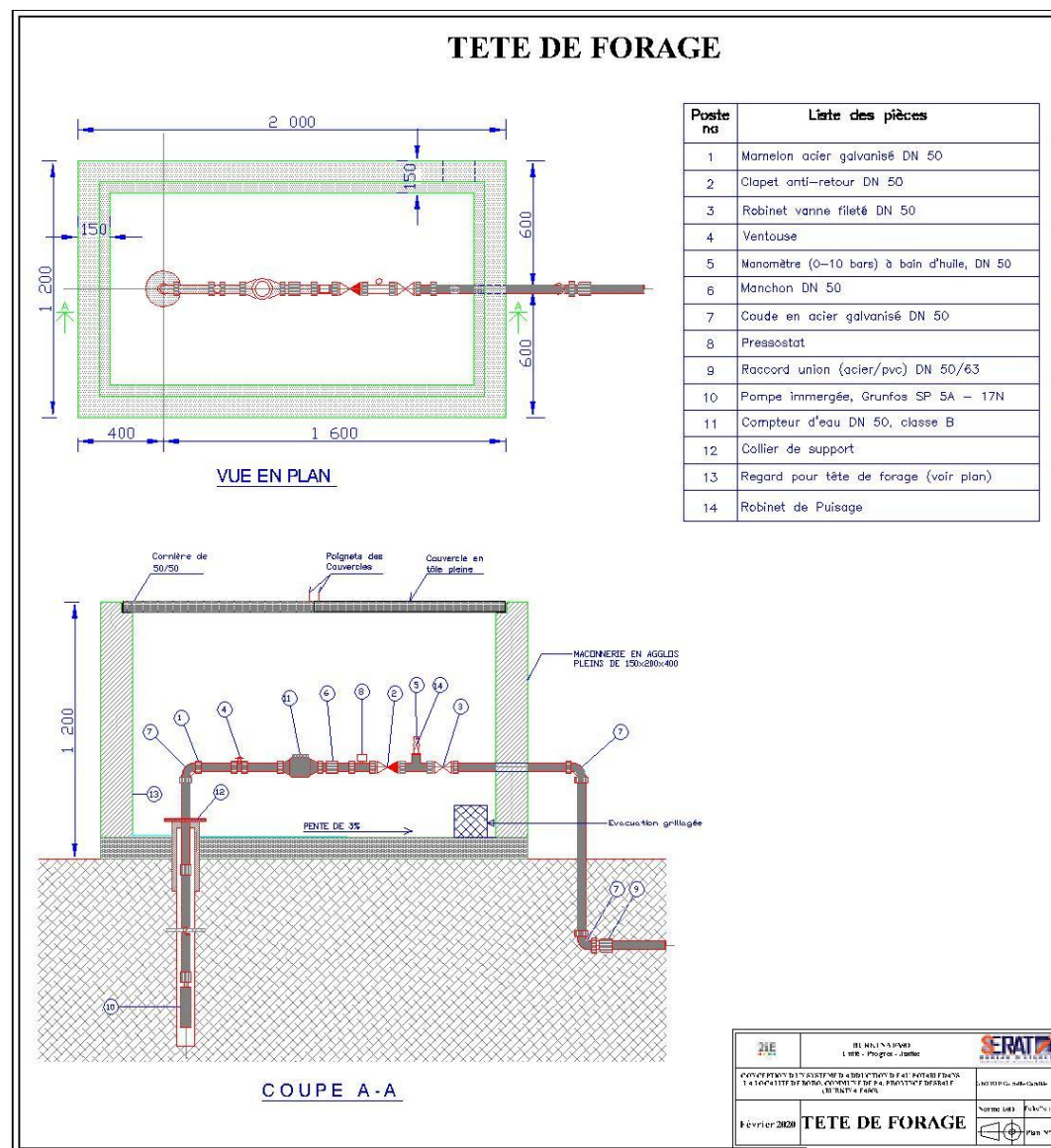


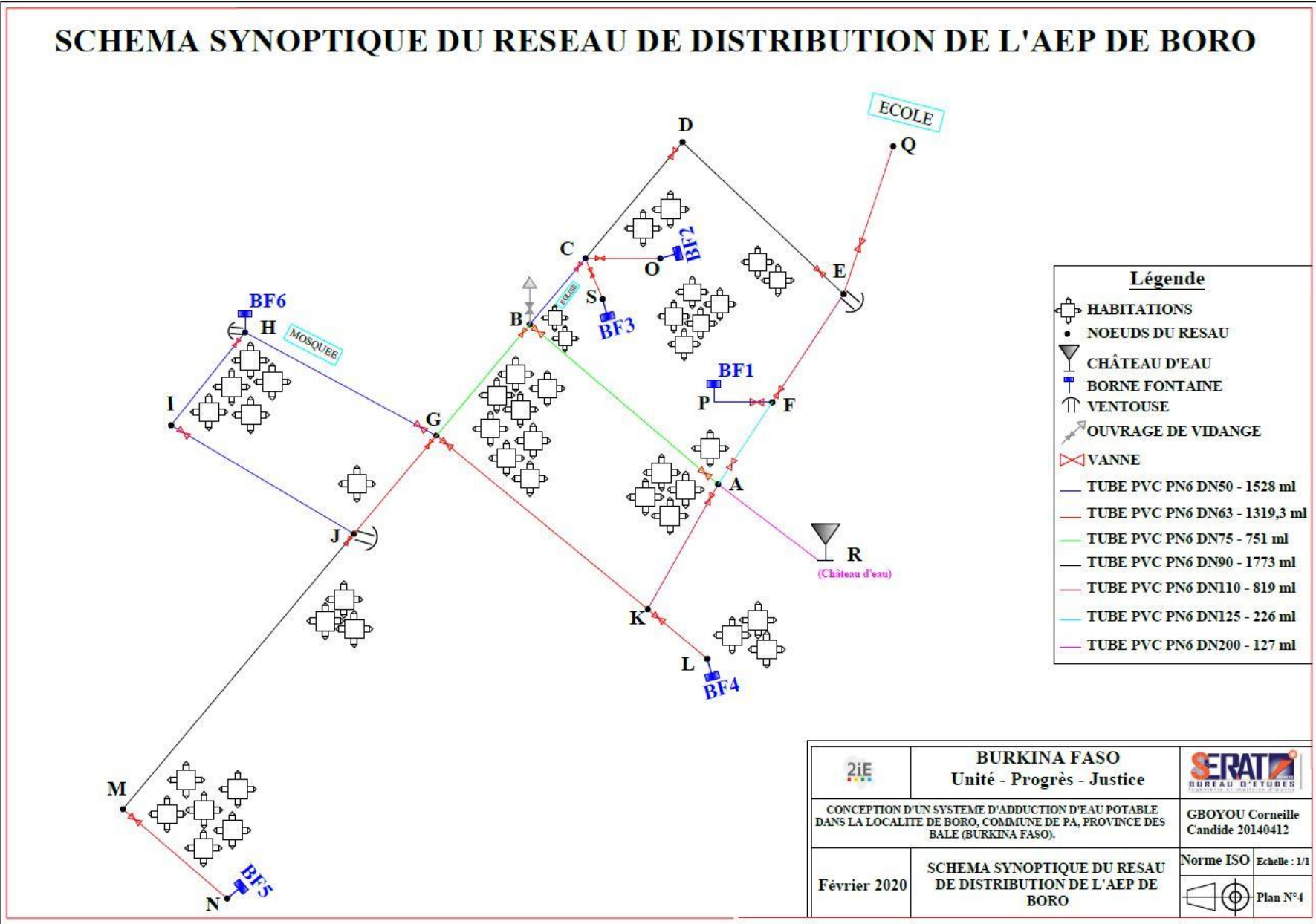
Figure 2 : Batterie solaire AGM Victron 60 [Ah] 12 [V]

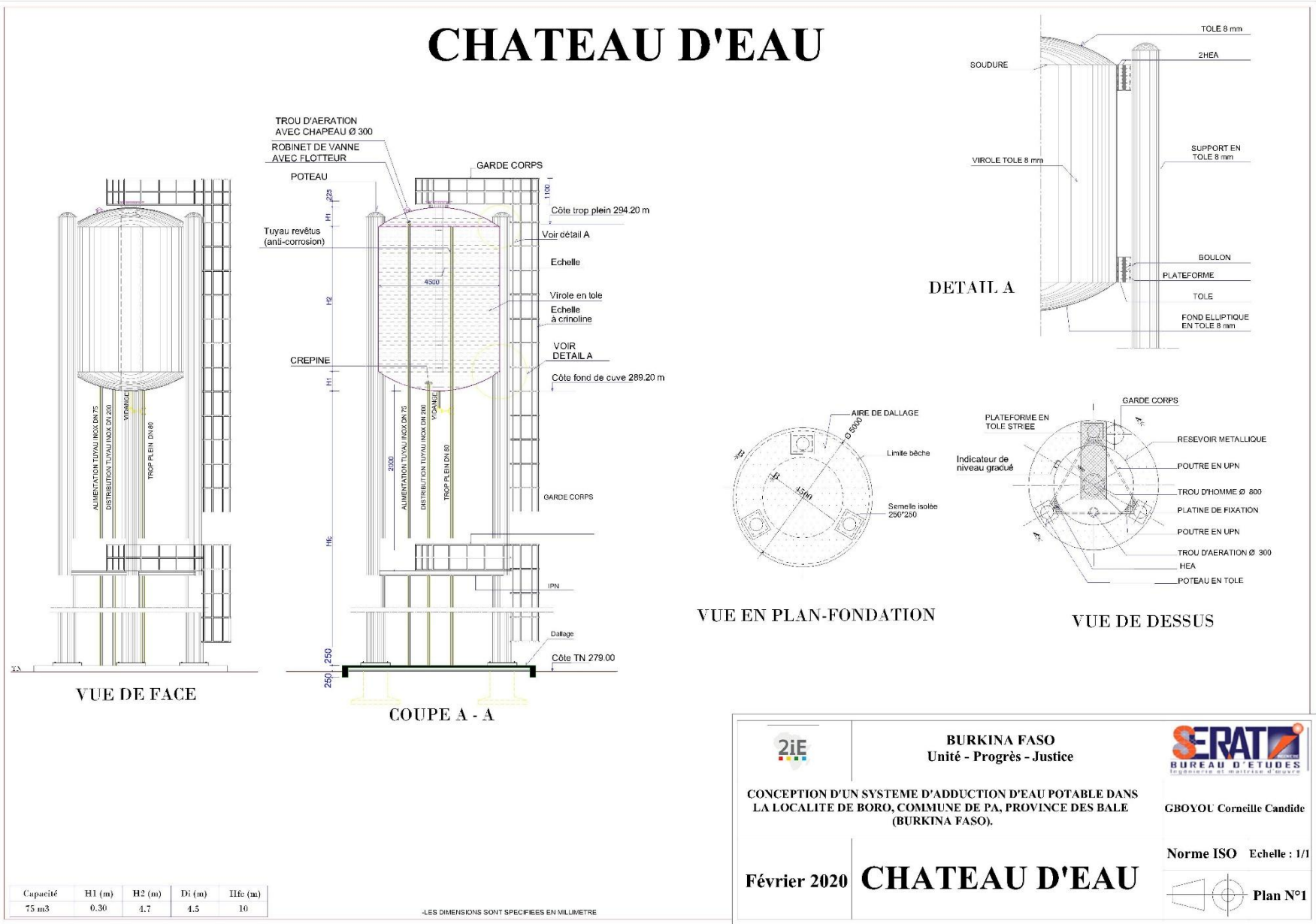
Tableau 2 : Récapitulatif du dimensionnement

DIMENSIONNEMENT						
Champ de modules	Tension [V]	48	Ch	2,725	Pc (Wc/module):	300
	Hi (kWh/m2.j):	5,15	Kp:	0,75	P.C. (kWc):	8,973
	Nbre mod. serie:	1	Nm mod. :	30	P.C.propos. (kWc):	9
Onduleur	Ppe [kW]	1,5	cosphi	0,8	P apparente Sond [kVA]	3,28125
	Rendement r	0,6	coeff k	1,05	Papp choisie Sond [kVA]	4
Stockage	Autonomie Jr [j]:	1	DM [%Csc]	80	Cap. Bat (Ah)	147,493
	Vc (V/él. batt.):	48	dj [%Csc]	80,0		
	Nbre él. en séri	1	Ahe (Ah/el.):	200	Cap. Bat choisie (Ah)	200
	Nep (él. en //):	1	Rendement bat	0,8		

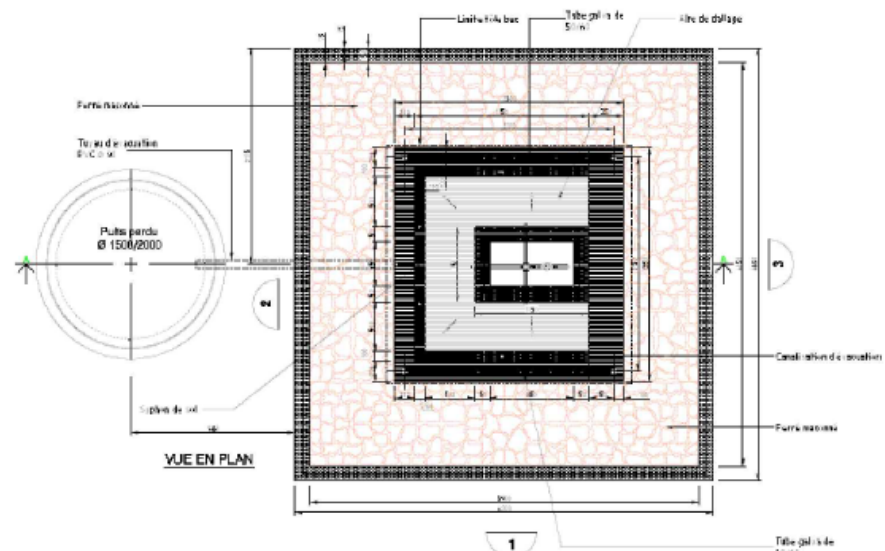
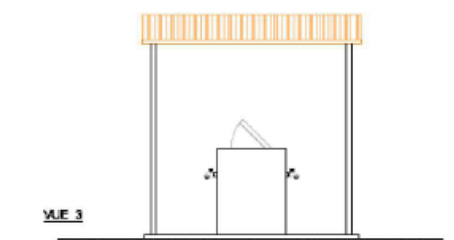
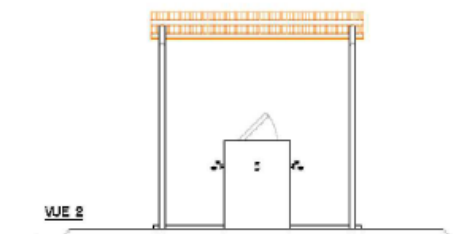
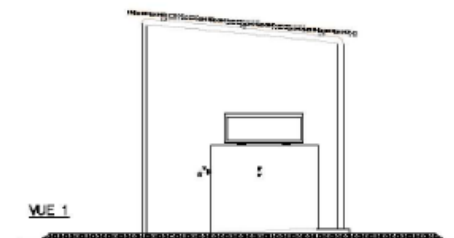
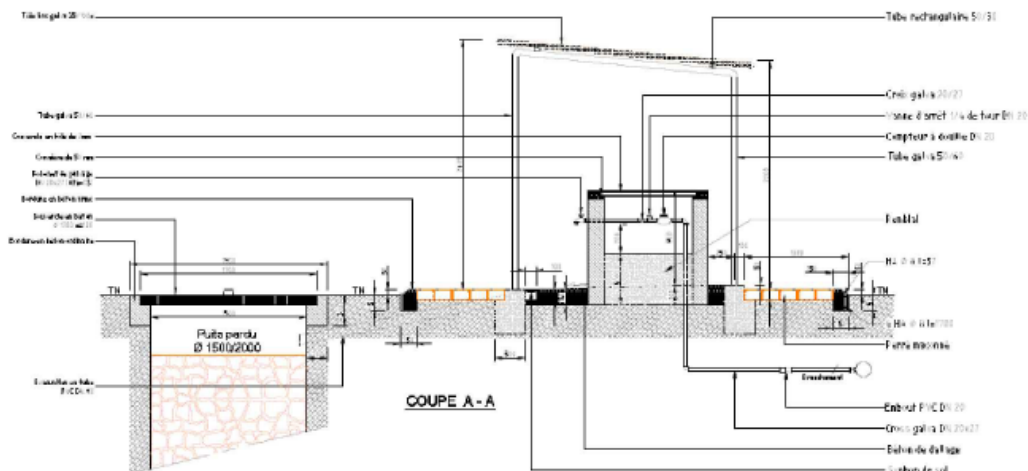
Annexe 8 : Ouvrages et équipements annexes du réseau





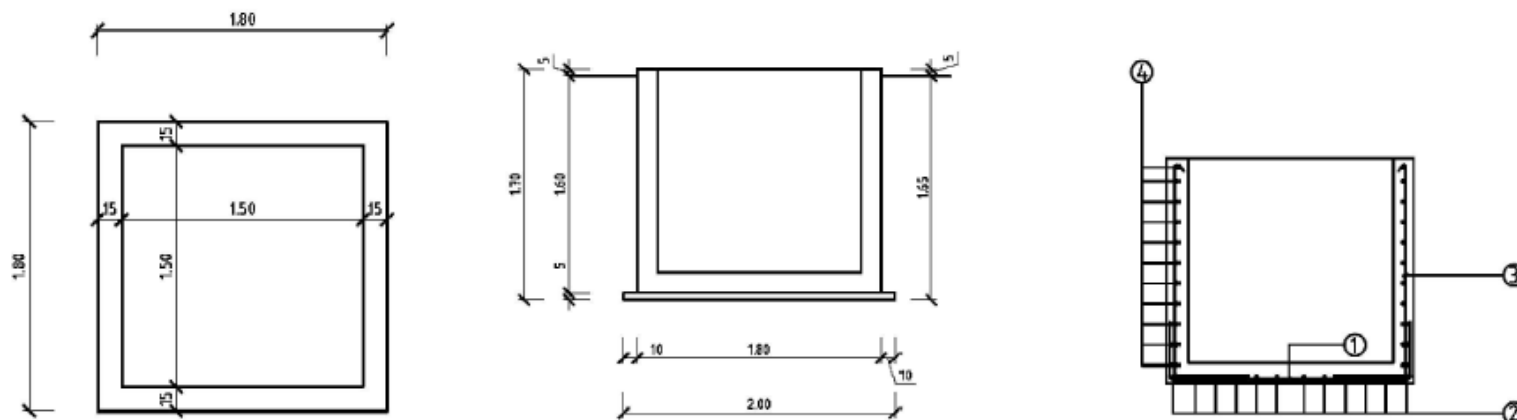


PLAN TYPE DES BORNES FONTAINES



	BURKINA FASO Unité - Progrès - Justice	
CONCEPTION D'UN SYSTÈME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE DANS LA LOCALITE DE BORO, COMMUNE DE PÂ, PROVINCE DES BALÉ (BURKINA FASO).		
Février 2020	PLAN TYPE DES BORNES FONTAINES	GBOYOU Corneille Candide 2014 0412 Forme IS O Auto : 101 Plan N°6

PLANS DES REGARDS (TYPE 1/ 150x150x150)

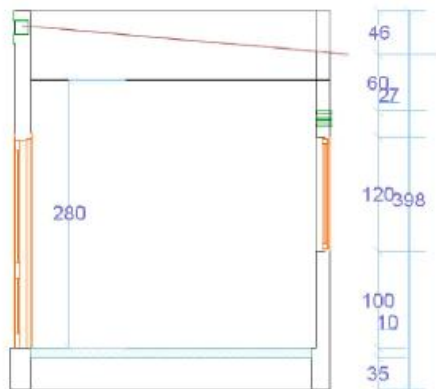
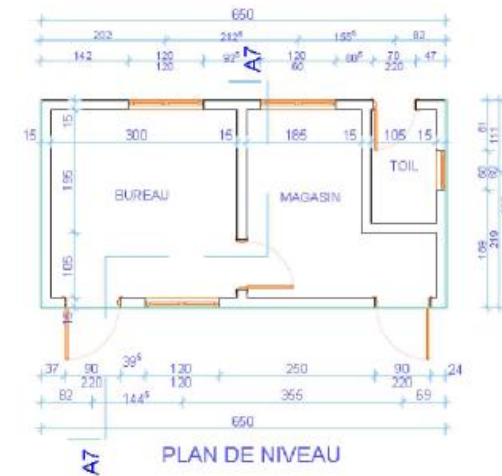


REGARD DE TYPE 1 150 X 150 X 150					
N°	Nbre	Nuance	Ø	SCHEMA DE FACONNAGE	Lg/Dev
1		HA	10		3.35
2		HA	10		2.75
3		HA	10		2.05
4		HA	8		1.75



	BURKINA FASO Unité - Progrès - Justice	
CONCEPTION D'UN SYSTÈME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE DANS LA LOCALITE DE BORO, COMMUNE DE PÂ, PROVINCE DES BALÉ (BURKINA FASO)		GBOYOU Corneille Candidat 2014/0412
Février 2020	PLANS DES REGARDS	Version 1.0 Page 1/1

LOCAL TECHNIQUE



	BURKINA FASO Unité - Progrès - Justice	
CONCEPTION D'UN SYSTÈME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE DANS LA LOCALITE DE BORO, COMMUNE DE PÂ, PROVINCE DES BALÉ (BURKINA FASO).		GBOYOU Corneille Cand No20140412
Février 2020	LOCAL TECHNIQUE	Norme ISO Actuelle : 10 Max : 10

Annexe 9 : Carnet des nœuds

Noeud	Schéma	N°	Nomenclature des pièces	Nombre
A		1	Adaptateur à bride pour PVC DN125	1
		2	Vanne de sectionnement DN 125	1
		3	Adaptateur à bride pour PVC DN75	1
		4	Vanne de sectionnement DN 75	1
		5	Té PVC DN 75/125	1
		6	Butée	2
		7	Cône de réduction DN 125/110	1
		8	Té PVC DN 110/200	1
		9	Vanne de sectionnement DN 200	1
		10	Adaptateur à bride pour PVC DN200	1
		11	Vanne de sectionnement DN 110	1
		12	Adaptateur à bride pour PVC DN110	1

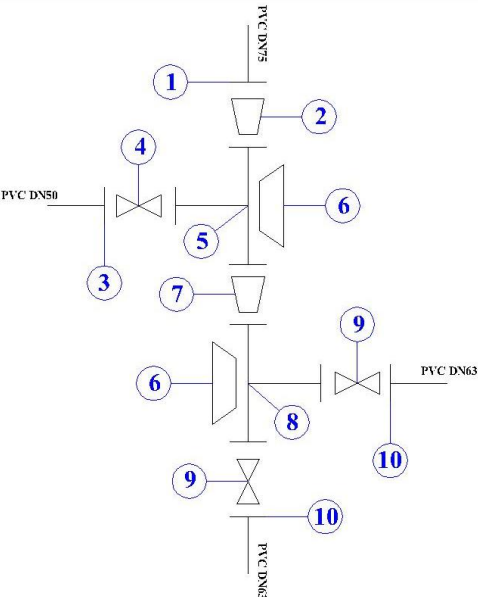
Noeud	Schéma	N°	Nomenclature des pièces	Nombre
B		1	Adaptateur à bride pour PVC DN50	1
		2	Butée	1
		3	Té PVC DN 75	1
		4	Vanne de sectionnement DN75	1
		5	Adaptateur à bride pour PVC DN75	1
		6	Vanne de sectionnement DN 75	1
		7	Adaptateur à bride pour PVC DN75	1
		8	Cône de réduction DN 75/50	1

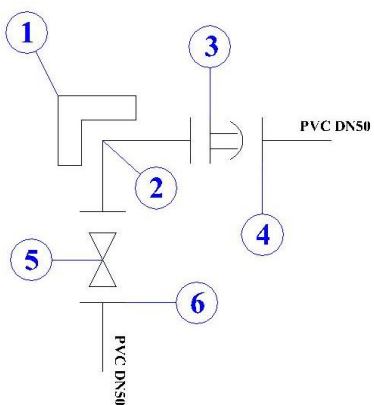
Noeud	Schéma	N°	Nomenclature des pièces	Nombre
C		1	Adaptateur à bride pour PVC DN90	1
		2	Butée	1
		3	Vanne de sectionnement DN50	1
		4	Adaptateur à bride pour PVC DN50	1
		5	Té PVC DN50	1
		6	Raccordement en Y DN63	1
		7	Vanne de sectionnement DN63	1
		8	Adaptateur à bride pour PVC DN63	1
		9	Vanne de sectionnement DN63	1
		10	Adaptateur à bride pour PVC DN63	1
		11	Cône de réduction DN90/50	1

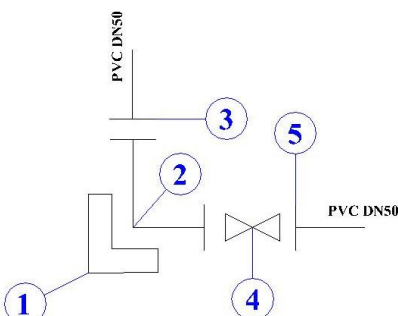
Noeud	Schéma	N°	Nomenclature des pièces	Nombre
D		1	Butée	1
		2	Coude PVC 90° DN90	1
		3	Adaptateur à bride pour PVC DN90	1
		4	Vanne de sectionnement DN90	1
		5	Adaptateur à bride pour PVC DN90	1

Noeud	Schéma	N°	Nomenclature des pièces	Nombre
E		1	Adaptateur à bride pour PVC DN63	1
		2	Vanne de sectionnement DN63	1
		3	Adaptateur à bride pour PVC DN90	1
		4	Vanne de sectionnement DN90	1
		5	Té PVC DN 90/63	1
		6	Butée	1
		7	Cône de réduction DN 110/63	1
		8	Ventouse DN110	1
		9	Adaptateur à bride pour PVC DN110	1

Noeud	Schéma	N°	Nomenclature des pièces	Nombre
F		1	Adaptateur à bride pour PVC DN110	1
		2	Vanne de sectionnement DN110	1
		3	Té 45° DN110	1
		4	Cône de réduction DN 110/50	1
		5	Vanne de sectionnement DN50	1
		6	Adaptateur à bride pour PVC DN50	1
		7	Butée	1
		8	Cône de réduction DN 125/110	1
		9	Adaptateur à bride pour PVC DN125	1

Noeud	Schéma	N°	Nomenclature des pièces	Nombre
G		1	Adaptateur à bride pour PVC DN75	1
		2	Cône de réduction DN 75/50	1
		3	Adaptateur à bride pour PVC DN50	1
		4	Vanne de sectionnement DN50	1
		5	Té PVC DN50	1
		6	Butée	2
		7	Cône de réduction DN 63/50	1
		8	Té PVC DN63	1
		9	Vanne de sectionnement DN63	2
		10	Adaptateur à bride pour PVC DN63	2

Noeud	Schéma	N°	Nomenclature des pièces	Nombre
H		1	Butée	1
		2	Coude PVC 90° DN50	1
		3	Ventouse DN 50	1
		4	Adaptateur à bride pour PVC DN50	1
		5	Vanne de sectionnement DN50	1
		6	Adaptateur à bride pour PVC DN50	1

Noeud	Schéma	N°	Nomenclature des pièces	Nombre
I		1	Butée	1
		2	Coude PVC 90° DN50	1
		3	Adaptateur à bride pour PVC DN50	1
		4	Vanne de sectionnement DN50	1
		5	Adaptateur à bride pour PVC DN50	1

Noeud	Schéma	N°	Nomenclature des pièces	Nombre
J		1	Adaptateur à bride pour PVC DN50	1
		2	Butée	1
		3	Té PVC DN50/63	1
		4	Cône de réduction DN 90/63	1
		5	Vanne de sectionnement DN90	1
		6	Adaptateur à bride pour PVC DN90	1
		7	Adaptateur à bride pour PVC DN63	1
		8	Ventouse DN50	1

Noeud	Schéma	N°	Nomenclature des pièces	Nombre
K		1	Adaptateur à bride pour PVC DN63	2
		2	Butée	1
		3	Té PVC DN 63	1
		4	Cône de réduction DN 110/63	1
		5	Adaptateur à bride pour PVC DN110	1
		6	Vanne de sectionnement DN63	1

Noeud	Schéma	N°	Nomenclature des pièces	Nombre
M		1	Butée	1
		2	Coude PVC 90° DN63	1
		3	Cône de réduction DN 90/63	1
		4	Adaptateur à bride pour PVC DN90	1
		5	Vanne de sectionnement DN63	1
		6	Adaptateur à bride pour PVC DN63	1

Noeud	Schéma	N°	Nomenclature des pièces	Nombre
Y		1	Adaptateur à bride pour PVC DN75	1
		2	Cône de réduction DN 75/63	1
		3	Adaptateur à bride pour PVC DN63	1
		4	Raccordement en Y DN63	1
		5	Adaptateur à bride pour PVC DN63	1

Annexe 10 : Devis estimatif et quantitatif du projet

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
0. INSTALLATION DE CHANTIER - FRAIS GENERAUX					
0.1	Installation de chantier, Amenée et repli du matériel	forfait	1	3 000 000	3 000 000
0.2	Elaboration du dossier d'exécution et de recollement	forfait	1	2 500 000	2 500 000
TOTAL 0					5 500 000
I. CANALISATIONS					
1.	FOURNITURE ET POSE DE CANALISATION y compris protection au niveau des traversées de cours d'eau et de zones impropres. Le refoulement devant être équipé des pièces spéciales de protection et de raccordement (ventouses, vannes, etc...)				
1.1	PVC DN 50 PN 6	ml	1 528,00	2 500	3 820 000
1.2	PVC DN 63 PN 6	ml	1 319,30	3 000	3 957 900
1.3	PVC DN 75 PN 6	ml	751,00	3 500	2 628 500
1.4	PVC DN 90 PN 6	ml	1 773,00	4 000	7 092 000
1.5	PVC DN 110 PN 6	ml	819	4 500	3 685 500
1.6	PVC DN 125 PN 6	ml	226	5 000	1 130 000
1.7	PVC DN 200 PN 6	ml	127	6 500	825 500
1.8	PVC DN 63 PN 10	ml	792	3 500	2 772 000
1.9	PVC DN 75 PN 10	ml	5,45	4 000	21 800
1.10	Grillage avertisseur	ml	7 340,75	200	1 468 150
TOTAL I					27 401 350
II. PIECES SPECIALES					
2.	FOURNITURE ET POSE DE PIECES				
2.1	Fourniture d'équipements de robinetterie				
2.1.1	Vanne de sectionnement DN 50	u	5	25 000	125 000
2.1.2	Vanne de sectionnement DN 63	u	6	60 000	360 000
2.1.3	Vanne de sectionnement DN 75	u	3	70 000	210 000
2.1.4	Vanne de sectionnement DN 90	u	3	100 000	300 000
2.1.5	Vanne de sectionnement DN 110	u	2	120 000	240 000
2.1.6	Vanne de sectionnement DN 125	u	2	130 000	260 000
2.1.7	Vanne de sectionnement DN 200	u	1	180 000	180 000
2.2	Fourniture d'accessoires				
2.2.1	Dispositif de vidange sur la conduite BC	u	1	420 000	420 000
2.3	Dispositifs de Ventouses				
2.3.1	Ventouse DN 50	u	2	100 000	200 000
2.3.2	Ventouse DN 110	u	1	250 000	250 000
2.3.3	Ventouses sur les conduites d'adduction DN 63 (WX-XY et YZ)	u	2	180 000	360 000

**CONCEPTION D'UN SYSTÈME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE DANS LA LOCALITE DE BORO, COMMUNE DE PÂ,
PROVINCE DES BALÉ (BURKINA FASO).**

2.4	Té fonte égal ou réduits, à brides, à emboitement standard ou express				
2.4.1	Té fonte/PVC DN50	u	2	15 000	30 000
2.4.2	Té fonte/PVC DN75	u	1	20 000	20 000
2.4.3	Té fonte/PVC DN50/63/PVC DN63	u	3	37 500	112 500
2.4.4	Té fonte/PVC DN 75/125	u	1	60 000	60 000
2.4.5	Té fonte/PVC DN 90/63	u	1	45 000	45 000
2.4.6	Té fonte/PVC DN 110/200	u	1	90 000	90 000
2.4.7	Té fonte/PVC à 45° DN 110	u	1	35 000	35 000
2.5	Coude PVC 1/2 (90°) à brides, à emboitement standard ou express				
2.5.1	Coude PVC 90° DN 50	u	4	15 100	60 400
2.5.2	Coude PVC 90° DN 63	u	2	16 000	
2.5.3	Coude PVC 90° DN 90	u	1	16 000	16 000
2.6	Cônes de réduction				
2.6.1	Cône de réduction 75/50	u	2	17 500	35 000
2.6.2	Cône de réduction 90/50	u	1	20 000	20 000
2.6.3	Cône de réduction 90/63	u	2	24 500	49 000
2.6.4	Cône de réduction 63/50	u	1	22 000	22 000
2.6.5	Cône de réduction 110/63	u	2	25 000	50 000
2.6.6	Cône de réduction 125/75	u	1	25 000	25 000
2.6.7	Cône de réduction 125/110	u	2	30 000	60 000
2.7	Pièces de raccordement en fonte (Adaptateur à brides, à emboitement, ...)				
2.7.1	Adaptateur à bride pour PVC DN 50	u	8	8 000	64 000
2.7.2	Adaptateur à bride pour PVC DN 63	u	8	10 000	80 000
2.7.3	Adaptateur à bride pour PVC DN 75	u	4	12 000	48 000
2.7.4	Adaptateur à bride pour PVC DN 90	u	5	15 000	75 000
2.7.5	Adaptateur à bride pour PVC DN110	u	4	25 000	100 000
2.7.6	Adaptateur à bride pour PVC DN 125	u	2	30 000	60 000
2.7.7	Adaptateur à bride pour PVC DN 200	u	1	40 000	40 000
2.8	Branchement d'une borne fontaine quel que soit le diamètre du tuyau y compris tous les accessoires de branchement suivant le plan joint	ensemble	5	80 000	400 000
2.9	Branchement privé quel que soit le diamètre du tuyau y compris tous les accessoires de branchement compteur compris	ensemble	-	90 000	0
2.10	Bouchons DN 50	u	6	2 500	15 000
2.11	Raccordement en Y DN63	u	2	15 000	30 000
TOTAL II					4 516 700
III. TERRASSEMENT					
3.1.	Déblais, remblais y compris lit de sable et pose	ml	7 341	2 000	14 681 500
TOTAL III					14 681 500
IV. BORNE FONTAINE - CHATEAU D'EAU					
No	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)

4.1	BORNE FONTAINE Borne fontaine à 3 robinets y compris l'ensemble des canalisations et pièces de robinetterie.	Ensemble	6	1 050 000	6 300 000
4.2	CHÂTEAU D'EAU Fourniture et pose d'un château d'eau métallique de 50m3 de capacité avec une hauteur sous radier de 15 m (épaisseur mini de la tôle 6 mm) et 2 pompes doseuses	Ensemble	1	30 000 000	30 000 000
TOTAL IV					36 300 000
V. SYSTEME DE POMPAGE					
No	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
5.	POMPE et ouvrages de captage Fourniture et pose d'un système de pompage comprenant une pompe de type SP 5A-17N avec un débit Q=5 m3/h et une HMT de 85 m.	Forfait	2	3 000 000	6 000 000
6.	Fourniture et pose de champ solaire de 30 PV de 300 W, connecteurs	Forfait	60	115 000	6 900 000
7	Batteries de 60 Ah	Forfait	8	100 000	800 000
8	Onduleurs 10 KVA	Forfait	2	500 000	1 000 000
9	Coffret CU3	Forfait	2	75 000	150 000
TOTAL V					14 850 000
VI. FINITION ET DIVERS					
No	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
6.	FINITION ET DIVERS				
6.1.	Epreuve de conduite	Forfait	1	800 000	800 000
6.2.	Essai général du réseau	Forfait	1	300 000	300 000
6.3.	Désinfection du réseau	Forfait	1	500 000	500 000
6.4.		Forfait	1	3 000 000	3 000 000
TOTAL VI					4 600 000
VII. EQUIPEMENTS ANNEXES					
No	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
7.1	1. Le local pour le coffret, les commandes électriques et le compteur	Forfait	1	1 950 000	1 950 000
7.2	Le bureau pour l'exploitant avec équipement complet	Forfait	1	3 500 000	3 500 000

7.3	Des toilettes (02) pour le personnel et les visiteurs éventuels conformes au plan.	Forfait	1	1 000 000	1 000 000
7.4	Latrines VIP une fosse ventilées équipé	Forfait	2	500 000	1 000 000
7.5	Clôture du terrain par un mur en agglos creux de 15 montés sur une fondation en béton armée Périmètre : 200 m	Forfait	1	1 000 000	1 000 000
TOTAL VII					8 450 000
VIII. FORAGE GROS DEBIT					
No	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
8.1	Réalisation d'un forage de gros débit ≥ 5 m ³ /h <u>positif</u> y compris tous les équipements nécessaires pour une AEP et le raccordement à l'ancien réseau d'adduction	Forfait	3	8 000 000	24 000 000
TOTAL VIII					24 000 000
IX. EQUIPEMENTS ELECTROMECHANIQUES					
9.1	Fourniture, pose et raccordement d'une armoire électrique d'automatisme	u	1	1 000 000	1 000 000
9.2	Fourniture, pose et raccordement de câble électrique 5 x 6 mm ² entre l'inverseur et le coffret (armoire) de protection de l'électropompe	m	15	5 310	79 650
9.3	Câblette de terre Ø 29 mm ²	m	50	2 950	147 500
9.4	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique U1000 R02V de 5x6mm ² enterré sous PVC	m	50	5 310	265 500
9.5	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique à immersion permanente de 4x4 mm ² pour l'alimentation de l'électropompe	m	80	4 956	396 480
9.6	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique U1000 R02V de 3x1,5 mm ² pour l'asservissement surpression de l'électropompe	m	10	1 652	16 520
9.7	Fourniture, pose et raccordement des câbles d'électrodes de niveau à immersion permanente de 1x1,5mm ²	m	270	2 124	573 480
9.8	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	289 100	289 100
9.9	Fourniture et pose d'un avertisseur sonore, y compris toute sujétion (blocage, marche à sec, plein château)	u	1	53 100	53 100

9.10	Fourniture, pose et raccordement de sonde de détection de niveau	u	3	26 550	79 650
9.11	Puits de terre équipé et mise à la terre des masses des équipements électriques des locaux, y compris toute sujétion	u	1	265 500	265 500
9.12	Fourniture, pose et raccordement d'un pressostat double seuil pour l'asservissement de la surpression, y compris toute sujétion	u	1	265 500	265 500
9.13	Fourniture et installation de valve à flotteur, pose de câble enterré de 3X2,5 mm ² , grillage avertisseur,	ens.	1	702 100	702 100
9.14	Installation électrique d'éclairage des locaux, câbles 3 x 2,5 mm ² et canalisations, prises, réglettes et toute sujétion	ens.	1	383 500	383 500
TOTAL IX					4 517 580
X. FORMATION ET SUIVI					
10.1	Formation des responsables d'exploitation et leur suivi pendant la période de garantie	u	1	3 000 000	3 000 000
TOTAL X					3 000 000
MONTANT TOTAL HORS TVA					162 817 130
MONTANT DE LA TVA					29 307 083
MONTANT TOTAL FCFA TTC					192 124 213

Annexe 11 : Fiches des forages

RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE D'EAU			
Analyse n° : 2343/2019			
Date de prélèvement : 16/12/2019		Lieu : Pce : BALE Com : Pâ Vill : Boro	
Date de réception : 22/12/2019		Forage Site 1	
Identité du préleveur : SERAT SARL		Identité du demandeur : SERAT SARL	
PARAMETRES	UNITES	VALEURS	Valeur inférieure ou égale recommandée p.r la CEE ou OMS
Température	°C	25.6	
pH		6.65	6.5-9
Conductivité électrique à 20°C	µS/cm	136	400
Turbidité	NTU	0.96	5
Titre alcali métrique (TA)	°F	0	
Titre alcali métrique complet (TAC)	°F	11.2	
Dureté totale (TH)	°F	10.1	50
Calcium (Ca ²⁺)	mg/L	25.8	100
Magnésium (Mg ²⁺)	mg/L	10.6	50
Sodium (Na ⁺)	mg/L	8.82	150
Potassium (K ⁺)	mg/L	1.65	12
Fer total (Fe)	mg/L	0.04	0.2
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/L	0.05	0.5
Carbonates (CO ₃ ²⁻)	mg/L	0	
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/L	136.6	
Chlorures (Cl ⁻)	mg/L	3.11	200
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	mg/L	2.2	250
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.017	0.3
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/L	7.48	50
Orthophosphates (PO ₄ ³⁻)	mg/L	1.67	5
Phosphore (P)	mg/L	0.54	2

Conclusion : Eau conforme aux normes sur le plan physico-chimique pour les paramètres analysés.

RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE D'EAU			
Analyse n° : 2344/2019			
Date de prélèvement : 16/12/2019		Lieu : Pce : BALE Com : Pâ Vill : Boro	
Date de réception : 22/12/2019		Forage Site 2	
Identité du préleveur : SERAT SARL		Identité du demandeur : SERAT SARL	
PARAMETRES	UNITES	VALEURS	Valeur inférieure ou égale recommandée p.r la CEE ou OMS
Température	°C	25.6	
pH		6.49	6.5-9
Conductivité électrique à 20°C	µS/cm	136	400
Turbidité	NTU	0.93	5
Titre alcali métrique (TA)	°F	0	
Titre alcali métrique complet (TAC)	°F	11.2	
Dureté totale (TH)	°F	10.1	50
Calcium (Ca ²⁺)	mg/L	22.8	100
Magnésium (Mg ²⁺)	mg/L	10.6	50
Sodium (Na ⁺)	mg/L	8.11	150
Potassium (K ⁺)	mg/L	1.65	12
Fer total (Fe)	mg/L	0.02	0.2
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/L	0.05	0.5
Carbonates (CO ₃ ²⁻)	mg/L	0	
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/L	136.6	
Chlorures (Cl ⁻)	mg/L	3.11	200
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	mg/L	2.0	250
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.017	0.3
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/L	7.48	50
Orthophosphates (PO ₄ ³⁻)	mg/L	1.67	5
Phosphore (P)	mg/L	0.54	2

Conclusion : Eau conforme aux normes sur le plan physico-chimique pour les paramètres analysés.