C.E.T.R.I

CABINET D'ETUDE TECHNIQUE ET DE RECHERCHE EN INGENIERIE

12 BP 145 OUAGADOUGOU 12 BF E-mail : cetri@fasonet.bf TEL/FAX : 25 36 02

Etude Technique pour la réalisation d'un système d'Approvisionnement d'Eau Potable Simplifiée (AEPS) à Yona dans la commune de Bana, province de Balé, région des Bankui (Burkina Faso)

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE **MASTER**

SPECIALITE : GENIE DE L'EAU DE L'ASSAINISSEMENT ET DES AMENAGEMENTS HYDROAGRICOLES (GEAAH)

Présenté et soutenu publiquement le 26/01/2026 par

Youssouf MAHAMAN ISSA (20200845)

Directeur de mémoire : Pr Harinaivo Anderson ANDRIANISA

Encadrant 2iE : Dr. Angelbert Chabi BIAOU

Maître de stage : Bandiba Balkissa TRAORE, ingénieur en Génie Civil et Hydraulique

Structure d'accueil du stage : Cabinet d'Etudes Techniques et Recherche en Ingénierie

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr Yacouba KONATE

Membres et correcteurs : Dr Lawani A. MOUNIROU

Mr. Brahima BAKO

Promotion [2025/2026]

DEDICACES

Je dédie ce mémoire :

À Allah, Maître de toute science et de toute sagesse, qui m'a accordé la force, la patience et la santé pour mener à bien ce parcours.

À mes parents bien-aimés pour leurs sacrifices, leur amour, leurs prières et leur soutien.

À mes chers frères et sœurs pour leur soutien permanent et leurs encouragements,

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé grâce au soutien et aux contributions de plusieurs personnes et institutions, auxquelles j'exprime ma profonde reconnaissance.

- L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), pour la qualité de la formation dispensée, l'excellence de l'encadrement académique et le cadre scientifique rigoureux offerts tout au long de mon cursus ;
- Pr Harinaivo Anderson ANDRIANISA, notre Directeur de mémoire et chef du département du Génie de l'Eau de l'Assainissement et des Aménagements Hydro Agricoles (GEAAH) pour sa disponibilité et sa rigueur.
- Dr Angelbert Chabi BIAOU, Directeur de ce mémoire, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de diriger ce travail, ainsi que pour ses orientations scientifiques, sa disponibilité, la pertinence de ses conseils et la rigueur intellectuelle qu'il a su m'inculquer ;
- M. Francis DAMIBA, Directeur Général du bureau d'études CETRI, pour nous avoir donné l'opportunité de réaliser ce stage au sein de sa structure et pour la confiance placée en ma personne ;
- Mme Bandiba Balkissa TRAORE, maître de stage, pour son encadrement rigoureux, sa disponibilité, son professionnalisme et sa contribution active à la réalisation de ce rapport
- L'ensemble du personnel de CETRI, pour l'accueil, le soutien et l'accompagnement dont j'ai bénéficié durant toute la période de stage ;

Mes promotionnaires de 2iE, pour l'esprit de solidarité et de collaboration, auxquels j'adresse mes sincères remerciements et mes vœux de pleine réussite dans leur future carrière professionnelle.

RESUME

Le village de Yona, en milieu rural, dispose d'un accès limité à l'eau potable, avec un taux de couverture de **36,5 % en 2023** (BANA, 2024). L'approvisionnement actuel repose sur des forages équipés de pompes manuelles et des puits traditionnels ou modernes, insuffisants pour répondre aux besoins croissants de la population. Pour y remédier durablement, une étude technique a été réalisée en vue de mettre en place un système d'Approvisionnement en Eau Potable Simplifiée (AEPS).

Le projet prévoit de desservir **80 %** d'une population projetée à **5 215 habitants** d'ici **2040**, avec une demande journalière estimée à **217,63 m³**. Cette estimation repose sur des consommations spécifiques de **25 l/pers/j** aux bornes fontaines et **40 l/pers/j** aux branchements particuliers. L'alimentation principale sera assurée par un forage de **9 m³/h**, complété dès l'année 2035 par un second forage de **5 m³/h**. L'eau sera refoulée sur **1 475 m** vers un réservoir métallique de **80 m³,** surélevé à **12 m** de hauteur, à l'aide d'une pompe immergée Grundfos **SP 9-21** fonctionnant sous une HMT de **89 m**. Cette pompe sera alimentée par un système hybride combinant énergie solaire photovoltaïque de **9,6 kWc** et un groupe électrogène de **15 kVA**. La conduite de refoulement sera en **PEHD PN16 de 90 mm**. Le réseau de distribution gravitaire, long de **5 053 m**, desservira **7** bornes fontaines (3 robinets de 0,25 l/s chacun) et **292** branchements particuliers, avec des tuyaux variant de **32 à 160 mm** en **PEHD PN10**. Le coût total du projet est estimé à **263 524 429 FCFA TTC**, avec un prix du m³ d'eau de **350 FCFA** aux bornes fontaines et **450 FCFA** pour les branchements particuliers. La gestion de l'AEPS sera assurée par un contrat d'affermage, garantissant une exploitation professionnelle et durable du service.

Mots Clés :

1 – Approvisionnement en Eau Potable Simplifié

2 – Château d'eau

3 – Réseau d'adduction

4 – Réseau de distribution

5 – Yona

ABSTRACT

The village of Yona, located in a rural area, has limited access to safe drinking water, with a coverage rate of 36.5 % in 2023. The current supply relies on boreholes equipped with hand pumps and traditional or modern wells, which are insufficient to meet the growing needs of the population. To address this challenge sustainably, a technical study was conducted to implement a Simplified Water Supply System (AEPS).

The project aims to serve **80 %** of a projected population of **5,215** inhabitants by **2040**, with an estimated daily demand of **217.63 m³.** This estimate is based on specific consumption rates of 25 l/person/day at public water points and 40 l/person/day for private connections. Water will initially be supplied by a borehole with a capacity of **9 m³/h**, complemented from 2035 by a second borehole producing **5 m³/h**. Water will be pumped over **1,475 m** to an **80 m³** metallic reservoir situated at **12 m** elevation, using a Grundfos **SP 9-21** submersible pump operating under a total dynamic head of **89 m**. The pump will be powered by a hybrid system combining **9.6 kWc** photovoltaic solar energy and a **15 kVA** diesel generator. The main rising main will be constructed with **90 mm PN16** PEHD pipes. The gravity-fed distribution network, **5,053 m** long, will serve **7** public water points (each equipped with three taps delivering 0.25 l/s) and **292** private connections, using **PEHD PN10** pipes ranging from **32 to 160 mm**. The total project cost is estimated at **263,524,429** FCFA (including taxes), with water prices set at **350 FCFA/m³** at public points and **450 FCFA/m³** for private connections. The AEPS will be managed under a lease contract to ensure professional and sustainable operation of the water supply service

Key words:

1 – Distribution Network

2 – Rising Main

3 –Simplified Drinking Water Supply (AEPS)

4 – Water Tower

5 – Yona

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

AEPA : Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement

AEP : Adduction d'Eau Potable

AEPS : Approvisionnement en Eau Potable Simplifié

AGETEER : Agence d'Exécution des Travaux Eau et Équipement Rural

ALLIEVI-JOUKOVSKI : Relation hydraulique décrivant la variation de pression liée au coup de bélier

APD : Avant-Projet Détaillé

AUE : Association des Usagers d'Eau

BD-INO : Base de Données de l'Inventaire National des Ouvrages

BF : Borne fontaine

BP : Branchement Particulier

CEG : Collège d'Enseignement Général

CETRI : Cabinet d'Études Techniques et de Recherche en Ingénierie

CSPS : Centre de Santé et de Promotion Sociale

DC : Courant Continu (Direct Current)

DGEP : Direction Générale de l'Eau Potable

DREAE-BMH : Direction Régionale de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Environnemengt de la Région de la Boucle du Mouhoun(Bankui)

EIES : Étude d'Impact Environnemental et Social

GE : Groupe Électrogène

GLS : Condition hydraulique de Gourbesville-Levy-Schoklitsch

GPS : Global Positioning System

HMT : Hauteur Manométrique Totale

INO : Inventaire National des Ouvrages

INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie

mCE : Mètre de Colonne d'Eau

MEEA : Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement

ODD6 : Objectif de Développement Durable n°6 (Eau propre et assainissement)

ONBAH : Office National des Barrages et des Aménagements Hydrauliques

ONEA : Office National de l'Eau et de l'Assainissement

Pa : Pression atmosphérique

PAEA : Programme d'Approvisionnement en Eau et Assainissement

Pc : Puissance crête

PCD : Plan Communal de Développement

PDC : Plan de Développement Communal

PEHD : Polyéthylène Haute Densité

PFNL : Produits Forestiers Non Ligneux

PM : Puits Moderne

PMA : Pression Maximale Admissible

PMH : Pompe à Motricité Humaine

PN : Pression Nominale

PN-AEP : Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable

PN-AEPA : Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement

PVC : Polychlorure de Vinyle

PV : Photovoltaïque

Qmh : Débit Moyen Horaire

Qph : Débit de Pointe Horaire

RD : Route Départementale

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

RN : Route Nationale

RR : Route Régionale

SDARAH : Schéma Directeur d'Aménagement Rural et Agricole de l'Hydraulique

SIG : Système d'Information Géographique

SONABEL : Société Nationale Burkinabè d'Électricité

TDR : Termes de Référence

TN : Terrain Naturel

TN : Terrain Naturel

TTC : Toutes Taxes Comprises

TVA : Taxe sur la Valeur Ajoutée

Wc : Watt-crête

Table des matières

REMERCIEMENTS III
RESUME IV
ABSTRACT V
LISTE DES ABREVIATIONS VI
LISTE DES TABLEAUX XI
LISTE DES FIGURES XII
FICHE SYNOPTIQUE XIII
INTRODUCTION 1
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL ET DE LA ZONE D'ETUDE 3
I.1 Présentation de la structure d'accueil 3
I.2 Présentation de la zone d'étude 4
I.2.1 Situation géographique 4
I.2.2 Caractéristiques du milieu physique 5
I.2.3 Caractéristiques du milieu humain 7
II. PRESENATTION DU PROJET 9
II.1 Contexte et justification 9
II.2 Objectifs et résultats attendus 10
II.2.1 Objectif général 10
II.2.2 Objectif spécifique 10
II.2.3 Résultats attendus 10
III. METHODOLOGIE 11
III.1 Recherche documentaire 11
III.2 Logiciels utilisés 11
III.3 Méthode d'état des lieux 12
III.4 Méthode de dimensionnement 12
III.4.1 Horizon du projet 12
III.4.2 Projection de la population 12
III.4.3 Consommation spécifique (Cs) 12
III.4.4 Taux de desserte 13
III.4.5 Variation cyclique de la demande 13
III.4.6 Les pertes d'eau 14
III.4.7 Evaluation des besoins 14
III.4.8 Vitesse 15
III.4.9 Pressions 16
III.4.10 Perte de charge 16
III.4.11 Dimensionnement du réseau d'adduction 17

III.4.12 Source d'énergie 20
III.4.13 Dimensionnement du réservoir de stockage 22
III.4.14 Dimensionnement du réseau de distribution 25
III.5 Pose des conduites 28
III.6 Etude financière 29
III.6.1 Evaluation de cout du projet 29
III.6.2 Calcul de prix de revient du mètre cube d'eau 29
III.6.3 Dotation aux amortissements 29
III.6.4 Charges d'exploitation 29
IV. RESULTAT DES ETUDES TECHNIQUE 30
IV.1 Résultat de l'état des lieux 30
IV.1.1 Infrastructures hydrauliques existant 30
IV.1.2 Infrastructures socio-économique 30
IV.2 Paramètres et hypothèses 31
IV.3 Estimation de la population à desservic 32
IV.4 Evaluation des besoins 32
IV.5 Mobilisation de la ressource en eau 33
IV.6 Résultat de dimensionnement du réseau de distribution 34
IV.6.1 Tracé du réseau 34
IV.6.2 Débit de distribution 36
IV.6.3 Service en route 36
IV.6.4 Diamètre des conduites de distribution et pression aux nœuds 37
IV.6.5 Simulation du réseau de distribution sur EPANET 39
IV.6.6 Comparaison entre les résultats calculés et simulés 40
IV.7 Réservoir de stockage 42
IV.7.1 Capacité utile du réservoir 42
IV.7.2 Prescription constructive du château 43
IV.7.3 Traitement 43
IV.8 Résultat de dimensionnement du réseau d'adduction 44
IV.8.1 Débit d'adduction 44
IV.8.2 Détermination de l'emplacement probable des Forages 44
IV.8.3 Dimensionnement de la conduite de refoulement 45
IV.8.4 Vérification du coup de bélier 46
IV.8.5 Choix de la pompe 47
IV.8.6 Point de fonctionnement 47
IV.9 Source d'énergie 48
IV.9.1 Groupe électrogène 48

IV.9.2 Champ solaire 48
IV.8 Dimension des fouilles 50
IV.9 Equipements hydrauliques et ouvrages annexes 50
IV.9.1 Equipements hydrauliques 50
IV.9.2 Ouvrages annexes 51
V. ETUDE DE FAISABILITE FINANCIER 52
V.1 Evaluation du coût du projet 52
V.2 Dotation aux amortissements 53
V.3 Charge d'exploitation 53
V.4 Le prix de mètre cube d'eau 54
VI. PLAN DE GESTION 55
VI.1 La délégation de gestion par contrat d'affermage ou d'exploitation 55
VI.2 La gestion partagée 55
VI.3 La gestion par un EPCD 55
VI.4 La gestion communautaire 55
VI.5 La gestion par distribution déléguée 55
VI.6 Volet impacts environnementale et social 57
VI.6.1 Identification des impacts 57
VI.6.2 Impacts négatifs 58
VI.6.3 Impacts positifs 58
VI.6.4 Mesure d'atténuation 58
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 59
BIBLIOGRAPHIE 61
ANNEXES XV

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Typologie des sols 5
Tableau 2: Logiciels 11
Tableau 3: Plage des Variation de coefficient de pointe 14
Tableau 4: Volume du réservoir par méthode simplifié 23
Tableau 5:Répartition du débit dans le temps 23
Tableau 6: Emplacement des PMH 30
Tableau 7: Infrastructures socio-économiques de base 31
Tableau 8: Paramètres de dimensionnement 31
Tableau 9: Evolution de la population 32
Tableau 10: Besoin en eau 32
Tableau 11: Débit en tête du réseau 36
Tableau 12:Calculs des diamètres, vitesses et pressions 38
Tableau 13: Caractéristique des conduites du réseau de distribution 39
Tableau 14:Capacité utile du réservoir par méthode forfaitaire 42
Tableau 15: Capacité utile du réservoir par méthode analytique 42
Tableau 16: Dimension du Réservoir 43
Tableau 17: Système de traitements 43
Tableau 18: Temps réel de pompage 44
Les résultats de dimensionnement du diamètre pour les conduites de refoulement sont donnés par le tableau 19. Tableau 19: Dimensionnement de conduite de refoulement 45
Tableau 20: Conduite exhaure et montante 46
Tableau 21: Vérification de coup de bélier 46
Tableau 22: Caractéristique de la pompe 47
Tableau 23: Détermination de point de fonctionnement 47
Tableau 24 : Calcul de puissance du groupe électrogène 48
Tableau 25: Calcul de la puissance crête 49
Tableau 26: Caractéristiques du module photovoltaïque 49
Tableau 27: Dimension des fouilles 50
Tableau 28: récapitulatif des coûts 52
Tableau 29: Dotation aux amortissements 53
Tableau 30: Charge d'exploitation 53
Tableau 31: Prix de mètre cube 54
Tableau 32: Modes de gestion de l'AEPS 56

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme du bureau d'étude CETRI 3
Figure 2: Tracé du réseau 35
Figure 3: Simulation Epanet (Pression et Vitesse) 40
Figure 4: comparaison des pressions calculées sur Excel et simulées sur Epanet 41
Figure 5: Comparaison des vitesses calculées sur Excel et Simulées sur Epanet 41
Figure 6: Carté de potentialité de la zone de Yona 45
Figure 7: Courbe de détermination de point de fonctionnement 48

FICHE SYNOPTIQUE

1. Localisation	
Région / Province / Commune / Village	Bankui / Balé /Bana / Yona
Distance Bana -Yona (km)	10
2. Données socio-économiques	
Population en 2019 (habitants)	3042
Taux de croissance provincial	2,60%
Type d'habitat	Semi groupé-centre non loti
Population en 2040	5215
Consommation spécifique actuel (l/j/hbts)	22,5
Population desservie par l'AEP en 2040 (80%)	4172
Consommation spécifique BF (l/j/hbts)	25
Consommation spécifique BP (l/j/hbts)	40
Demande en eau du jour de pointe (m^3/j)	217,63
Débit en tête du réseau (l/s)	9,75
3. Château d'eau	
Nature / Forme	Métallique / Cylindrique
Volume (m^3)	80
Hauteur sous radier (m)	12
Coordonnée (UTM)	X= 457397,544 m et Y= 1322077,727 m
4. Forage(à gros débit)	
Coordonnée en UTM	**X = 456594 m ; Y = 1321130 m**
Cote du forage (m)	410,133
Débit d'exploitation (m^3/h)	9
Niveau dynamique (m)	40
Forage supplémentaire d'au moins 5m^3/h dés année 2035	1
5. Réseau de refoulement	
Type	Refoulement du forage au château
Nature de conduite	PEHD DE 90/ PN 16
Longueur de refoulement (m)	1475
6. Réseau de distribution	
Type de réseau	Ramifié
Nature des conduites	PEHD DE 160, 140, 125, 110, 90, 63, 32 PN10
Longueur totale de distribution (m)	5053
7. Pompe	
Débit d'exploitation (m^3/h)	9
Hauteur manométrique totale (HMT)	89
Type	Immergée
Puissance nominale (kW)	4
8. Bornes fontaines et branchement particulier	
Nombre de BF	7 (IMS), 4 (Evaluation théorique)
Nombre de BP	292 (Evaluation théorique)

9. Source d'énergie	
Type	Energie Solaire / Groupe électrogène
Puissance de panneaux Solaires	9600 Wc
Groupe électrogène	15kVA-380 / 220-50 Hz
10. Aspects financiers et gestion	
Cout global estimatif du projet	**263 524 429** FCFA
Prix du m^3 de l'eau	350 FCFA au BF et 450 au BP
Mode de gestion	Contrat d'affermage

INTRODUCTION

L'eau est une ressource indispensable à la vie humaine et un facteur clé du développement socio-économique. L'accès à l'eau potable conditionne la santé publique, le bien-être des populations et la dignité humaine. Cependant, dans de nombreux pays en développement, notamment en Afrique subsaharienne, il demeure inégal, en particulier en milieu rural.

Au Burkina Faso, malgré les efforts consentis par l'État et ses partenaires, l'accès à l'eau potable reste un défi majeur en zone rurale. Selon l'Inventaire National des Ouvrages (DGRE, 2023), 71,3 % des populations rurales ont accès à de l'eau potable, contre 92,2 % en milieu urbain, mettant en évidence des disparités persistantes entre les territoires. Ces inégalités exposent les communautés rurales à des difficultés quotidiennes d'approvisionnement et à des risques sanitaires liés à l'utilisation de sources d'eau non sécurisées.

Afin de répondre à cette situation, le gouvernement burkinabè a mis en œuvre le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP, 2016-2030), qui vise à garantir un accès durable et universel à l'eau potable, tout en assurant une gestion responsable des ressources en eau. Ce programme s'inscrit dans le cadre du Plan d'Action pour la Stabilisation et le Développement (PA-SD), adopté en janvier 2023, et reconnaît l'eau comme un levier essentiel du développement humain.

Cependant, dans de nombreuses localités rurales, les infrastructures existantes, telles que les puits modernes et les forages équipés de pompes à motricité humaine, ne permettent plus de satisfaire les besoins actuels et futurs des populations. La croissance démographique, la sollicitation excessive des ouvrages et la faiblesse des débits disponibles entraînent une dégradation progressive de la qualité du service d'eau potable. Dans ce contexte, la mise en place de systèmes d'Approvisionnement en Eau Potable Simplifiée (AEPS) apparaît comme une solution technique adaptée et durable.

C'est dans cette dynamique que des études d'avant-projet détaillé (APD) de systèmes d'approvisionnement en eau potable ont été engagées dans la région des Bankui afin d'améliorer durablement l'accès à l'eau des populations rurales. Le présent mémoire porte sur le village de Yona, situé dans la commune de Bana, province des Balés, où 63,5 % de la population est privée d'un accès à l'eau potable (BANA, 2024). Les habitants dépendent principalement de points d'eau peu sécurisés, les exposant à des maladies d'origine hydrique.

Ainsi, le présent mémoire, intitulé « Étude technique pour la réalisation d'un système d'approvisionnement en Eau Potable Simplifié (AEPS) à Yona, commune de Bana, province des Balés, région des Bankui, Burkina Faso », vise à réaliser un état des lieux de

l'approvisionnement en eau potable de la localité, à concevoir et dimensionner un système d'AEPS adapté, à évaluer le coût de réalisation du projet et à proposer un mode de gestion durable assurant la pérennité des ouvrages.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

I.1 Présentation de la structure d'accueil

Le Cabinet d'Etudes Techniques et de Recherche en Ingénierie (CETRI) est une société de conseil spécialisée dans les études techniques, le suivi-contrôle, l'ingénierie sociale et le management de la qualité. Créé en juillet 1999, CETRI est porté par une vision ambitieuse : « fournir une expertise de haut niveau dans le consulting, l'ingénierie et l'accompagnement du changement. »

Depuis novembre 2011, le Cabinet déploie ses compétences dans des secteurs clés tels que : les bâtiments, les infrastructures routières, l'hydraulique, l'énergie, l'assainissement environnemental et le développement socio-économique. Sa mission est d'offrir des solutions techniques performantes, favorisant la conception la mise en œuvre de projets de développement innovants au service des populations.

La figure 1 suivante résume l'organisation de CETRI

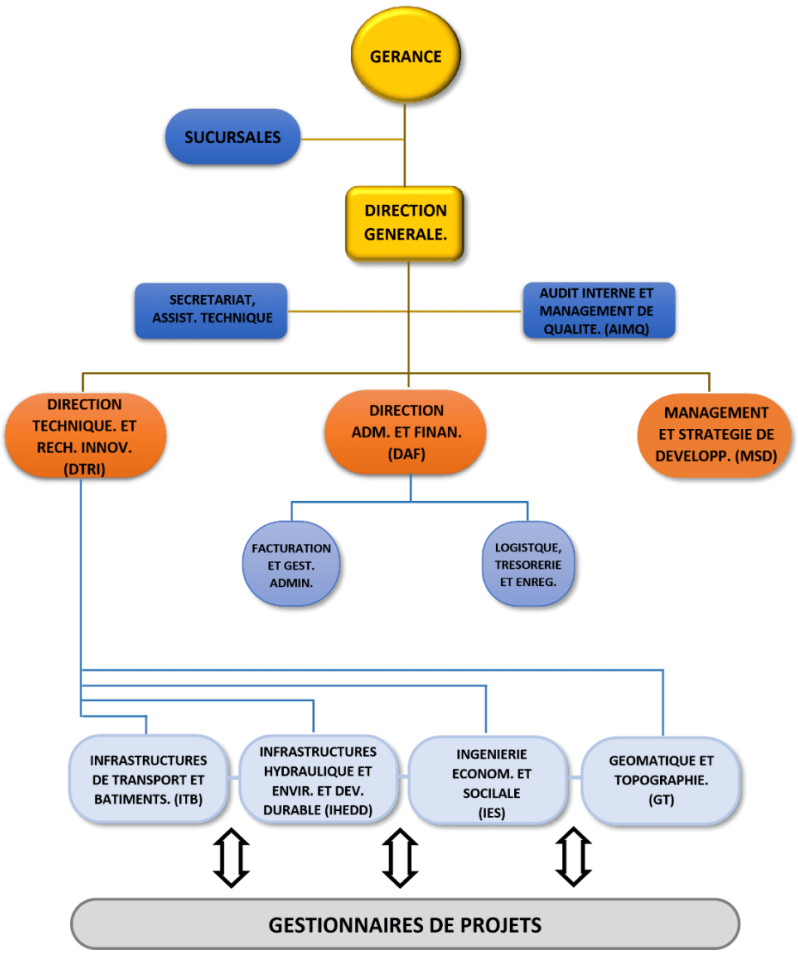


Figure 1: Organigramme du bureau d'étude CETRI

I.2 Présentation de la zone d'étude

I.2.1 Situation géographique

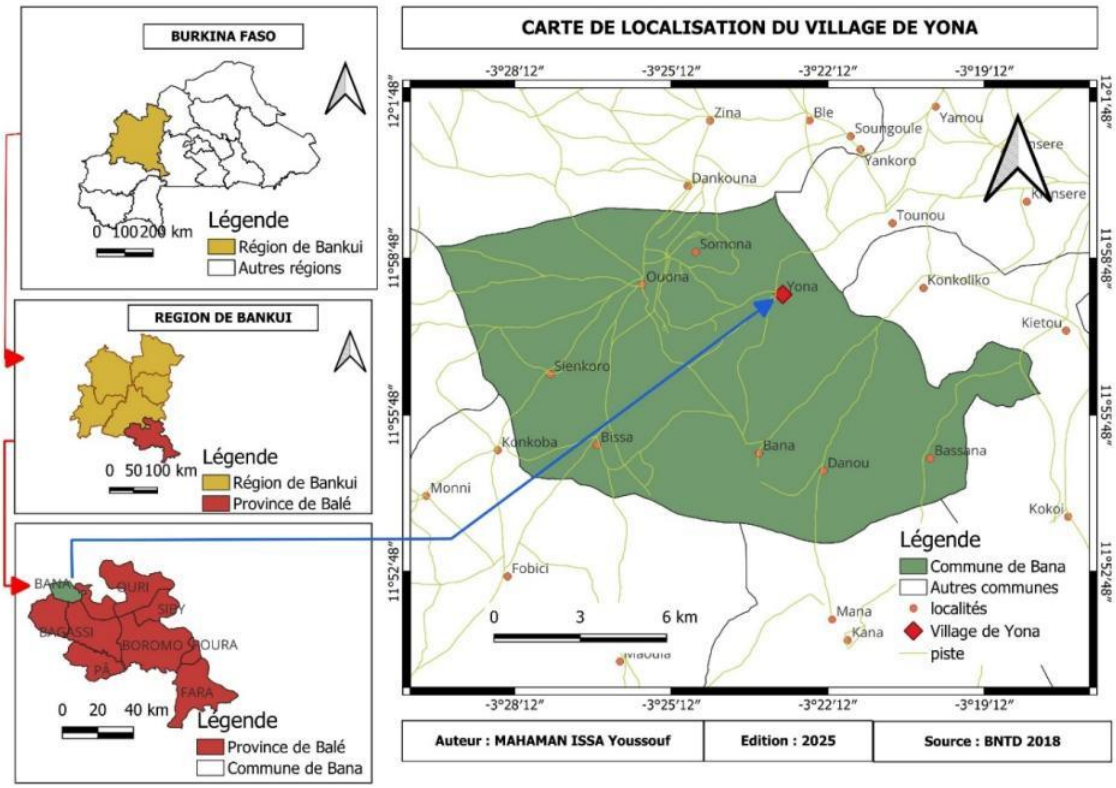
Le village de Yona est situé dans la région de BANKUI, précisément dans la province de Balé, commune de Bana. Il constitue l'un des dix (10) villages administratifs de cette commune.

Sur le plan géographique, Yona se trouve à environ 10 km du chef-lieu communal de Bana, à 79 km de Boromo (chef-lieu provincial) et à 86 km de Dédougou (chef-lieu régional), le long de l'axe Kona–Ouarkoye–Dédougou. À l'échelle nationale, il est situé à environ 256 km de Ouagadougou, la capitale, via la Route Nationale n°1 (RN1) bitumée, la Route Régionale RR26 et la Route Départementale RD68.

Le village est délimité par :

- Le village de Mana au Nord ;
- Le chef-lieu communal de Bana au Sud ;
- La commune de Safané à l'Est ;
- Le village de Somona à l'Ouest.

L'accessibilité se fait principalement par des voies secondaires. Depuis Ouahabou, l'itinéraire emprunte la RR26 (non bitumée mais praticable en toutes saisons) jusqu'au chef-lieu de Bagassi. De là, une bifurcation mène vers la commune de Bana, puis une piste d'environ 4 km permet de rejoindre Yona.



I.2.2 Caractéristiques du milieu physique

I.2.2.1 Relief et sol

Le relief de la zone du projet (Yona) est constitué d'affleurement de collines dont l'altitude varie entre 370 et 558 m. Ces formes de relief exposent les terres à des formes d'érosions hydriques nécessitant une gestion particulière de l'espace. (BANA, 2024)

Pour ce qui est des sols, nous rencontrons quatre types de sols dans la commune de Bana. Ce sont :

- les sols hydromorphes favorables à la culture du riz et du sorgho,
- les sols peu évolués ;
- les lithosols ;
- les vertisols favorables à la culture des céréales.

De façon générale, ces sols ont une valeur agronomique faible à moyenne. Néanmoins, les sols hydromorphes situés le long des cours d'eau et dans les bas-fonds sont très riches et par conséquent propices à la culture maraîchère et à la riziculture comme précisé plus haut. Le tableau 1 ci-dessous présente la Typologie des sols et leurs utilisations.

Tableau 1 : Typologie des sols

Types de sols	**Utilisations**
Sol Hydromorphes	Utilisés pour la culture du riz dans les bas-fonds et la culture du sorgho etc.
Sol peu évolués	Pour la culture des céréales
Lithosols	Utilisés pour l'élevage et les habitations
Vertisols, sols brunifiés	Convient plus aux cultures des céréales

Source : SDARAH/ Bana, mars 2024

I.2.2.1 Climat

Le climat de Bana, à l'instar de la région de Bankui (Boucle de Mouhoun) est de type soudano-sahélien, caractérisé par une pluviométrie annuelle comprise entre 700 et 1 000 mm. Il se subdivise en deux grandes saisons :

- Une saison sèche, s'étendant de novembre à avril, dominée par les vents d'harmattan soufflant du nord et du nord-est, chauds et secs ;
- Une saison pluvieuse, allant de mai à octobre, marquée par la prédominance des vents de mousson venant du sud et du sud-ouest, humides et chargés d'air maritime.

Les températures maximales sont observées entre mars et juin, avec des valeurs pouvant atteindre 40 °C, tandis que les températures minimales surviennent entre décembre et février, descendant parfois jusqu'à 15 °C. (BANA, 2024)

I.2.2.2 Végétation et faune

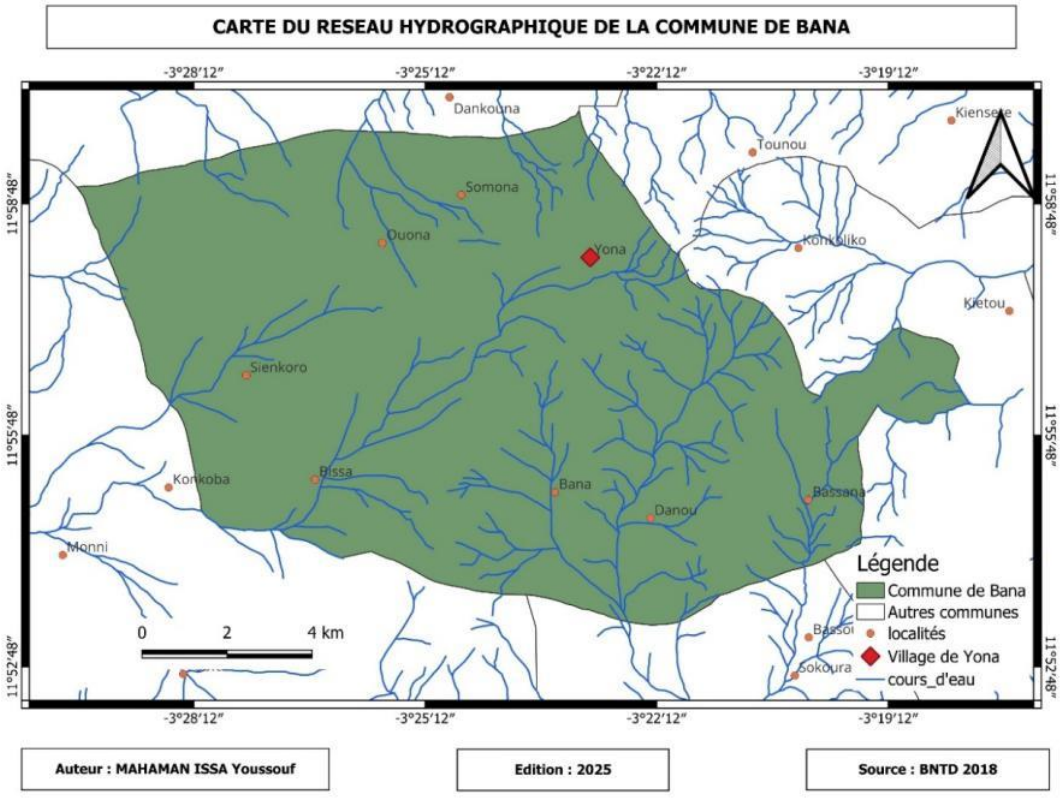
Le couvert végétal est de type soudano-Sahelien. La végétation est caractérisée par :

- ✓ une savane arbustive à *Combretum micrantum, combretum glutinisum, Gardenia ternifolia, Gardenia erubescens et Guierra senegalensis* ;
- ✓ une savane arborée à *Lannea microcarpum, Vitellaria paradoxa, Parkia biglobosa, Acacia albida, et Tamarindus indica;*
- ✓ une savane herbeuse
- ✓ des formations ripicoles *à Anogeissus leocarpus, et Mitragina inermis*.

Les espèces pourvoyeuses des PFNL couramment rencontrées sont de la famille des sapotaceae (*Vitellaria paradoxa*), des mimosaceae (*Parkia biglobosa*), des ceasalpiniaceae (*Lannea microcarpa*), des bombacaceae (*Adansonia digitata*) et méliaceae (*Azadirachta indica*). On note par ailleurs une pression anthropique sur ces formations notamment la coupe abusive, les défrichements incontrôlés, les feux de brousse ; toute chose qui contribue à la dégradation du couvert végétal. (*Source : service de l'Environnement de Bana, mars 2024)*

I.2.2.3 Hydrographie

Le réseau hydrographique de la commune est composé de cours d'eau temporaires et de marigots, tels que le marigot de Bana et le marigot de Yona, qui se jettent dans le fleuve Mouhoun. Ces cours d'eau sont saisonniers et ne coulent que pendant la période des pluies, s'asséchant dès le mois d'octobre. (BANA, 2024)



I.2.2.4 Géologie

La géologique de la région de Bankui est constituée de formations sédimentaires du Précambien A, à dominante gréseuse. On y distingue de bas en haut les grés de Sotuba, les grès à galets de quartz, l'étage schisto-grèso-dolomique, les grès roses, les schistes de Toun, les grès de Koutiala et les grès de Bandiagara. (OUDRAOGO, 1994)

I.2.2.5 Hydrogéologie

Dans la région de Bankui ; il existe deux (2) types des aquifères :

- Les aquifères superficiels : ils sont discontinus et d'extension limité. Ce sont les aquifères des altérites au-dessus de la roche dure saine, les aquifères des sédiments alluviaux des marigots (IWO,1987) et les aquifères des latérites qui se développement surtout sur plateaux cuirassées
- Les aquifères profonds des fractures et fissures : Ils se trouvent dans les zones fracturées de la roche. Ils présentent une partie supérieure altérée et fissurée, où les discontinuités peuvent être ouvertes ou partiellement comblées par des produits d'altération.

I.2.3 Caractéristiques du milieu humain

I.2.3.1 Situation démographique et habitat social

Selon les données du 5^{e} Recensement Général de la Population et de l'Habitat du Burkina Faso réalisé en 2019 (CNR & INSD, 2022), le village de Yona comptait 3 042 habitants dont 1 558 hommes et 1 484 femmes soit 48,78% de la population. Cela ne suit pas la tendance nationale qui donne un taux d'environ 51% de femme.

Le village de Yona constitue une zone non lotie à habitat semi-groupé, organisé en quartiers distincts présentant une certaine proximité. Les principaux quartiers identifiés sont : Siawè, Loubama, Wébè, Sobè, Flakobè, Yaré et Dessa.

Concernant la typologie de l'habitat, on y trouve des constructions en formes rectangulaires ou rondes (cases circulaire). L'organisation de ces bâtiments est caractérisée par les matériaux définitifs (parpaings) et semi définitifs (banco crépis avec toiture en tôle et en paille pour les cases rondes).

II.2.3.2 Ethnies et Langues

La population du village de Yona est majoritairement composée de Dafing, suivi de Mossi et de peulh. La langue la plus parlée est le dafing, tandis que le dioula joue le rôle de langue véhiculaire et commerciale, utilisée par l'ensemble des ethnies présentes dans la zone du projet. De manière générale, il convient de souligner que la cohésion sociale et la concorde

communautaire sont des réalités bien ancrées, comme en témoignent, selon les anciens, les mariages interethniques fréquents avec les populations des villages voisins. (CETRI, 2023)

I.2.3.3 Religion

La vie religieuse à Yona est donnée par l'islam, pratiqué par la majorité des habitants. On y trouve également des chrétiens, appartenant aux confessions catholiques et protestantes, ainsi quelques adeptes des religions traditionnelles africaines. (CETRI, 2023)

I.2.3.4 Activité socio-économique

Le village de Yona repose sur une économie essentiellement agro-pastorale, où l'agriculture et l'élevage constituent les activités principales.

- Agriculture

L'agriculture constitue la principale activité économique du village, pratiquée par 100 % des ménages selon les enquêtes. Elle est de type subsistance extensive, fondée sur des pratiques traditionnelles avec un recours limité aux techniques modernes. Les cultures vivrières comprennent sorgho blanc et rouge, maïs, mil et riz, tandis que les cultures de rente incluent niébé, arachide, voandzou, coton, soja et sésame. (CETRI, 2023)

La production agricole est cependant confrontée à plusieurs contraintes : moyens de travail rudimentaires, aléas climatiques, insuffisance de retenues d'eau, difficultés d'accès aux crédits, faible encadrement technique et analphabétisme. Ces facteurs limitent les rendements et la diversification des productions, bien que l'agriculture reste une source significative de revenus pour les ménages.

- Élevage

L'élevage est la seconde activité économique du village, pratiqué par 85 % des ménages pour constituer un capital bétail et fournir de la traction animale pour l'agriculture. Il se déroule selon deux systèmes : traditionnel extensif transhumant et traditionnel sédentaire intégré à l'agriculture. Le cheptel comprend bovins, ovins, caprins, porcins et volailles. Cette activité constitue à la fois un soutien à la production agricole et une source de revenus et d'épargne pour les ménages, notamment pour financer les événements sociaux. (CETRI, 2023)

- Petit commerce

L'activité commerciale est quelque peu « dense » dans le village.

On dénombre quelques activités non formelles telles des boutiques, buvettes, des moulins à grains, de petits restaurants et des cabarets.

Le village de Yona bénéficie la présence d'un marché de fortune (yard) qui est souvent animé les soirs.

II. PRESENATTION DU PROJET

II.1 Contexte et justification

Dans le cadre de la mise en œuvre de la politique nationale en matière d'eau potable et d'assainissement, le Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement (MEEA) conduit, à travers ses structures techniques, plusieurs programmes et projets visant la mobilisation, la valorisation et la distribution de la ressource en eau. L'enjeu est majeur : garantir un accès universel et durable à l'eau potable, conformément aux engagements internationaux du Burkina Faso, en particulier l'Objectif de Développement Durable (ODD6).

À l'issue du Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement (PN-AEPA, 2006-2015), le constat a révélé que les systèmes traditionnels de desserte en eau potable à savoir les puits modernes et les forages équipés de pompes à motricité humaine (PMH) présentent de fortes limites, tant en termes de capacité que de fiabilité, pour répondre aux besoins croissants des populations. C'est dans cette perspective qu'a été adopté le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP 2016-2030), cadre stratégique qui ambitionne de moderniser les systèmes d'AEP et d'améliorer durablement la qualité du service rendu.

Pour atteindre les objectifs, la Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP) à travers l'Office National des Barrages et des Aménagements Hydrauliques(ONBAH) ancienne (AGETEER) a initié le recrutement de bureaux d'études chargés de mener les études d'avant-projet détaillées pour la réalisation de trente-huit (38) système d'approvisionnement en eau potable dont douze (12) réhabilitation.

Pour ce faire, l'objectif général du projet est de contribuer à l'amélioration du niveau de desserte en eau potable visant ainsi à la qualité et les conditions de vie des populations à travers les développements socio-économiques des centres bénéficiaires.

C'est ainsi que, le Cabinet d'Etude Techniques et de Recherche en Ingénierie (CETRI), structure d'accueil pour notre mémoire de fin de cycle Master a été mandaté pour réaliser les études APD de cinq (05) systèmes d'AEPS dans les communes de Bagassi, Boromo, Bana et Yaho, situées dans la province des Balé, région de la Bankui (Lot 1).

Notre stage, portera sur l'étude technique pour la réalisation d'un Système d'Adduction d'Eau Potable Simplifié dans la localité de Yona, commune de Bana dans la province des Balés, région de Bankui au Burkina Faso.

II.2 Objectifs et résultats attendus

II.2.1 Objectif général

L'objectif général est d'effectuer l'étude technique pour la réalisation du système d'approvisionnement en eau potable simplifié (AEPS) du village de Yona afin de contribuer à l'amélioration des conditions d'accès à l'eau potable dans la localité.

II.2.2 Objectif spécifique

Plus spécifiquement il s'agit de :

- effectuer un état des lieux actuel de l'approvisionnement en eau du village ;
- concevoir et dimensionner le système d'AEPS ;
- évaluer le coût de réalisation du projet ;
- proposer un système de gestion durable de l'AEPS ;

II.2.3 Résultats attendus

- l'inventaire des points d'eaux et ouvrages hydrauliques existants est réalisé ;
- la conception et le dimensionnement du système d'AEPS sont proposés ;
- le coût de réalisation du projet est évalué ;
- un système de gestion durable de l'AEPS est proposé

III. METHODOLOGIE

III.1 Recherche documentaire

La recherche documentaire a constitué une étape préliminaire essentielle visant à rassembler l'ensemble des informations nécessaires à la conduite de l'étude. Elle a porté sur la consultation de documents techniques, institutionnels et scientifiques permettant d'établir le cadre de référence du projet d'approvisionnement en eau potable.

Les documents consultés sont entre autres :

- Les rapports définitifs du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH), utilisés pour l'analyse démographique et la projection de la population de la zone d'étude ;
- Le Plan Communal de Développement (PCD), apportant des informations sur les priorités locales en matière d'accès à l'eau et d'aménagement ;
- Le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP, 2016–2030), qui définit les orientations nationales dans le domaine de l'eau potable ;
- La Base de Données de l'Inventaire National des Ouvrages (BD-INO), permettant l'identification et la localisation des infrastructures hydrauliques existantes ;
- Des rapports d'études sociaux, mémoires et travaux antérieurs traitant de problématiques similaires.

III.2 Logiciels utilisés

Plusieurs logiciels ont été d'une grande utilité pour exploiter et analyser efficacement les données collectées. Le tableau 2 ci-dessous présente chacun de ces outils ainsi que leur utilité spécifique dans le cadre de l'étude :

Tableau 2: Logiciels

Logiciel	**Utilité principale**
Autocad 2022,	Dessiner les plans techniques des ouvrages et tracer le réseau
Google Earth Pro	Repartage spécial des sites et esquisse préliminaire du tracé de réseau
Epanet	Modélisation hydraulique du réseau pour analyser les pressions, débits et pertes de charge
Qgis	Réalisation des cartes de localisation de la zone d'étude du projet
Zotero	Générer les références bibliographiques
Pack Office	Rédiger le document, organiser les informations collectées et effectuer divers calculs

III.3 Méthode d'état des lieux

Dans le cadre de l'état des lieux, la démarche méthodologique s'est appuyée à la fois sur l'exploitation du rapport de diagnostic technique élaboré par la commune et sur les données issues des observations directes ainsi que des enquêtes réalisées sur le terrain.

III.4 Méthode de dimensionnement

III.4.1 Horizon du projet

Conformément aux termes de références, l'horizon du projet est fixé à l'année 2040. Cet horizon correspond à la période pendant laquelle l'ouvrage doit pouvoir répondre aux besoins de la population. Il prend en compte à la fois la durée de vie des équipements installés et l'évolution probable du nombre d'habitants desservis

III.4.2 Projection de la population

La projection démographique a été possible en termes d'estimation grâce aux données du Recensement Général de la Population et de l'Habitant (RGPH 2019) en lien avec le taux d'accroissement provincial qui est de 2,6 %.

Cette projection repose sur une croissance géométrique proportionnel à la population et au temps. La formule de Thomas MALTHUS est celle utilisée pour l'estimation de la population en 2023 et est énoncée comme suit :

$$\boldsymbol{P_n = P_0(1+\propto)^n} \quad \begin{cases} \boldsymbol{P_n}: la\ population\ projetée\ en\ 2040 \\ \boldsymbol{P_0}: la\ population\ récensée\ en\ 2019 \\ \propto: le\ taux\ d'accroissement\ provincial \\ n: nombre\ d'années\ séparant\ l'année\ de\ base\ et\ l'année\ cible \end{cases} \quad (\mathbf{1})$$

III.4.3 Consommation spécifique (Cs)

La consommation spécifique est une estimation du volume moyen d'eau que peut consommer une personne par jours.

Elle est définie par plusieurs normes nationales et internationales, se présentant comme suit :

- Selon le PN-AEP (2016-2030) la consommation spécifique est de 15 l/personne/jour au niveau des BF et de 20 l/personne/jour au niveau des BP.
- Selon l'OMS, la consommation spécifique est de 20l/personne/jour en milieu rural.
- Selon le décret N°2019-0204/PRES/PM/MEA/MINEFID/MATDC/MS du 23 Mars 2019, portant définition des normes, critères et indicateurs d'accès à l'eau potable, définit les valeurs de référence suivante : en milieu rural, la consommation spécifique de 25l/personne/jour au niveau des bornes fontaines et 40l/personne/jour au niveau des branchements privés.

Des résultats des investigations socio-économiques, il ressort que la consommation spécifique par habitant par jour est de 22,23 l/personne/jour (CETRI, 2023).

Pour la présente étude nous considérerons la consommation spécifique selon le décret au vu des résultats des investigations socio-économiques et de l'horizon qui va au-delà du PN-AEP.

III.4.4 Taux de desserte

Conformément aux objectifs du PN-AEP (2016-2030), le taux d'accès à l'eau potable en milieu rural devrait passer de 65% en 2015 à 100% en 2030. Le taux de desserte prévu en Borne-Fontaine (BF) est de 24%, en Branchement Privé (BP) de 56%, et en Point d'Eau Moderne de 20%. Chaque BP dessert en moyenne 10 personnes, tandis qu'une BF dessert environ 500 personnes. (MEA, 2016)

Étant donné que l'horizon du projet dépasse les estimations du PN-AEP, nous avons considéré le même taux de desserte du PN-AEP (80%).

III.4.5 Variation cyclique de la demande

Les consommations varient en terme quantitatif suivant les saisons, les jours de la semaine, les heures de la journée. Ces variations ont une influence directe sur les ressources en eau à mobiliser et ou les dimensions des installations. Dans le cas de notre étude, nous considérons les coefficients suivants :

- Coefficient de pointe journalier

Il exprime le retour de façon cyclique du comportement des usagers au cours de la semaine. On le définit par le rapport de la consommation journalière maximale du jour de pointe sur la consommation journalière moyenne du mois de pointe. Il évolue entre 1,05 à 1,15.

Dans le cas de notre projet nous retenons 1,15.

- Coefficient de pointe horaire

Le coefficient de pointe horaire permet d'évaluer la consommation maximale durant l'heure de plus forte demande dans une journée.

Il est estimé par des études statistiques sur divers systèmes similaires ou par le biais de formules empiriques. La formule dite du Génie Rural (France):

$$\boldsymbol{C_{ph} = \frac{2,5}{\sqrt{Q_{mh}}} + 1,5} \quad \begin{cases} C_{ph}: Coefficient\ de\ pointe\ horaire \\ Q_{mh}: Débit\ moyen\ horaire\ en\ [m^3/s] \end{cases} \quad (2)$$

A titre indicatif, le tableau 3 suivant donne les plages de variations du coefficient de pointe horaire en fonction de la population : Dans cette étude, le coefficient de pointe horaire variera entre 2,5 et 3 étant donné que notre population est inférieure à 10 000.

Tableau 3: Plage des Variation de coefficient de pointe

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

Source : (ZOUNGRANA, 2003)

III.4.6 Les pertes d'eau

Dans le processus de mobilisation des eaux de la source vers les usagers, ainsi que lors des entretiens des ouvrages de stockage, des pertes en eau peuvent survenir, dont la quantité dépend de l'état des ouvrages. Pour satisfaire les besoins des usagers, il est donc important de majorer les besoins de consommation en eau afin de prendre en compte ces pertes. Celles-ci sont principalement dues à des fuites dans le réseau (conduites percées, joints et appareils hydrauliques défectueux), à des fuites et débordements des réservoirs, ainsi qu'aux opérations de lavage des réservoirs.

Étant donné la difficulté à estimer précisément ces pertes, on considère généralement des valeurs admissibles comprises entre 10% à 20% (ZOUNGRANA, 2003). Dans le cadre de notre projet, nous retiendrons une perte de 10%, ce qui correspond à un rendement de 90%.

III.4.7 Evaluation des besoins

L'évaluation des besoins en eau est une étape essentielle pour la planification et le dimensionnement d'un système d'approvisionnement en eau potable (AEP). Elle permet de déterminer le volume total d'eau à produire afin de satisfaire les besoins réels des usagers, tout en tenant compte des pertes et du rendement du réseau.

III.4.7.1 Besoins domestiques

Elle représente la quantité d'eau utilisée par les ménages pour les besoins quotidiens essentiels, tels que la boisson, la cuisine, la lessive, la toilette, le nettoyage et l'arrosage domestique. Elle est fonction de la population desservie et des consommations spécifiques. Elle se calcule selon la formule suivante :

$$\boldsymbol{B_d = \frac{Pop_{BF} \times C_{s,BF} + Pop_{BP} \times C_{s,BP}}{1000}} \begin{cases} B_d : Besoins\ domestiques\ journalier [m^3/s] \\ Pop_{BF} : Population\ desservie\ par\ BF \\ Pop_{BF} : Population\ desservie\ par\ BP \\ C_{s,BF} : Consommation\ spécifique\ au\ BF [l/s/pers] \\ C_{s,BP} : Consommation\ spécifique\ au\ BP [l/s/pers] \end{cases} \quad (\mathbf{3})$$

III.4.7.2 Besoins annexe

Les besoins annexes prennent en compte l'eau utilisée par les services et équipements collectifs fréquentés quotidiennement par la population, notamment les marchés, les centres de santé, les établissements scolaires, les lieux de culte, le site d'orpaillage etc. Nous estimons ces besoins à 15% des besoins domestiques dans le cadre de notre projet. Toutes ces infrastructures seront reliées au réseau par des branchements particuliers.

$$\boldsymbol{B_{annexe} = 15\% B_d} \qquad (\mathbf{4})$$

III.4.7.3 Besoins moyens journaliers

Les besoins moyens journaliers correspondent à la somme des besoins journaliers moyens domestiques et des besoins annexes. Ils sont exprimés par la formule suivante :

$$\boldsymbol{B_{mj} = B_d + B_{annexe}} \quad \begin{cases} B_{mj}: Besoins\ moyens\ journaliers \\ B_d: Besoin\ domestique \\ B_{annexe}: Besoin\ annexe \end{cases} \qquad (5)$$

III.4.7.4 Besoin de pointe journalier

Le besoin de pointe journalier n'est rien d'autre que le besoins moyen journalier au quel on applique le coefficient de pointe journalière et les pertes liées à l'adduction. Il est utilisé pour le dimensionnement du réseau d'adduction. Dans le cas de notre étude, nous avons négligé les pertes liées à l'adduction car, vue la qualité de l'eau de forage, on n'aura pas besoin d'installer une station de traitement.

$$\boldsymbol{B_{pj} = B_{mj} \times C_{pj}} \quad \begin{cases} B_{pj}: \text{Besoin de pointe journalier}[m^3/\text{j}] \\ B_{mj}: \text{Besoin moyen journalier } [m^3/\text{j}] \\ C_{pj}: \text{Coefficient de pointe journalier} \end{cases} \qquad (\mathbf{6})$$

III.4.7.5 Demande en eau du jour de pointe

Il s'agit de la quantité d'eau à pourvoir en situation de pointe (journalier et saisonnier) en intégrant les pertes en eau du réseau.

$$\boldsymbol{D_{jp} = \frac{B_{pj}}{\eta_r}} \qquad \begin{cases} D_{pj}: \text{Demande en eau du jours de pointe}[m^3/\text{j}] \\ B_{pj}: \text{Besoin de pointe journalier } [m^3/\text{j}] \\ \eta_r: \text{Rendement du réseau } [\%] \end{cases} \qquad (\mathbf{7})$$

III.4.8 Vitesse

La vitesse d'écoulement dans les canalisations doit être maintenue entre **0,3 m/s et 1,2 m/s dans le réseau d'adduction** et **entre 0,3 m/s et 1m/s dans le réseau de distribution**, de manière à

garantir un fonctionnement hydraulique optimal. Une vitesse trop faible compromet l'auto-curage des conduites et favorise le dépôt de sédiments, tandis qu'une vitesse excessive peut provoquer l'érosion du revêtement intérieur et réduire la durabilité des matériaux.

III.4.9 Pressions

La pression de service correspond à la pression disponible au niveau des points de distribution. Elle doit permettre un prélèvement aisé de l'eau par les usagers, sans recours à un dispositif supplémentaire. Une pression trop faible peut entraîner l'aspiration d'eaux résiduaires et la contamination du réseau, alors qu'une pression trop élevée est susceptible de provoquer des ruptures de conduites, des fuites et une usure prématurée des équipements. Dans le cadre de la présente étude, une pression de service de 10 mètres de colonne d'eau (mCE) a été retenue afin d'assurer un compromis entre confort d'utilisation et sécurité du réseau.

La pression nominale (PN), pour sa part, désigne la pression maximale admissible par les conduites, telle que spécifiée par le fabricant. Les classes les plus couramment utilisées sont PN 6, PN 10 et PN 16. Dans cette étude, les conduites de refoulement seront réalisées en PEHD PN 16, afin de garantir la résistance aux surpressions et d'assurer la pérennité du système. Les conduites de distribution, quant à elles, seront en PEHD PN 10 pour le réseau de distribution, sous réserve de la vérification du risque de coup de bélier.

Il convient également de veiller à ce que la pression minimale reste supérieure à la pression atmosphérique, notamment au niveau des points hauts du réseau (ZOUNGRANA, 2003).

III.4.10 Perte de charge

Les pertes de charge représentent la diminution d'énergie subie par l'eau lors de son écoulement dans une conduite, sous l'effet des frottements internes et des singularités hydrauliques (coudes, vannes, raccords, etc.). Elles se distinguent en deux catégories :

- Les pertes de charge linéaires, dues au frottement de l'eau contre les parois de la conduite ;
- Les pertes de charge singulières, provoquées par les changements de direction ou de section du conduit.

Pour la présente étude, les pertes de charge linéaires sont calculées à l'aide de la formule de Darcy-Weisbach, exprimée par :

$$\Delta H = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{U^2}{g} \qquad (8)$$

Avec

ΔH : Perte de charge linéaire [m]

$\boldsymbol{\lambda}$: Coefficient de résistance ou de frottement

U: Vitesse moyenne de l'eau [m/s]

L : Longueur de la conduite [m]

g : Accélération de la pesanteur g = 9,81$[m/s^2]$

D : Diamètre intérieur de la conduite [m]

Le coefficient de frottement $\boldsymbol{\lambda}$ dépend du nombre de Reynolds R_e et de la rugosité relative $\frac{k}{D}$. Il est déterminé par l'équation de Colebrook-White (1939), implicitement définie comme suit :

$$\frac{1}{\lambda} = -2\log\left(\frac{k}{3,71D} + \frac{2,51}{R_e\sqrt{\lambda}}\right) \qquad (9)$$

Cette relation nécessite généralement une résolution itérative. Cependant, pour simplifier les calculs tout en conservant une précision suffisante, on utilise l'approximation de Swamee-Jain (1976), donnée par : $\lambda = \frac{0,25}{\left[\log\left(\frac{k}{3,71D} + \frac{5,74}{R_e^{0,9}}\right)\right]^2}$ (10)

Les pertes de charge singulières, quant à elles, seront estimées à 5 % des pertes linéaires, en raison du faible nombre de singularités observées sur le réseau étudié.

III.4.11 Dimensionnement du réseau d'adduction

L'adduction d'eau désigne le transfert de l'eau depuis sa source naturelle ou une station de traitement vers les réservoirs de stockage ou les points de distribution. Ce transfert peut s'effectuer par gravité, en utilisant la force naturelle de l'eau, ou par refoulement, au moyen de pompes qui assurent l'acheminement de l'eau vers les réservoirs ou les points de consommation.

Dans notre cas, il s'agit d'une adduction par refoulement de la source vers le château.

III.4.11.1 Débit d'adduction

Le débit d'adduction correspond à la quantité d'eau qui transite à travers la conduite de refoulement en sortie de la bâche de traitement. Ce débit prend en compte les pertes éventuelles sur le réseau et s'exprime en mètres cubes par heure.

$$\mathbf{Q_{add}} = \frac{\boldsymbol{Djp}}{\mathbf{T}} \quad \begin{cases} \boldsymbol{Q_{add}}: Débit\ d'adduction[m^3/h] \\ \boldsymbol{T}: Temps\ de\ pompage[h] \end{cases} \qquad (11)$$

III.4.11.2 Conduite de refoulement

Le dimensionnement de la conduite de refoulement repose sur le débit d'exploitation des forages et vise à concilier efficacité hydraulique et optimisation des coûts. Des conduites en PEHD PN 16 sont utilisées pour leur fiabilité et leur facilité d'installation. Le diamètre de la conduite est calculé à partir de formules empiriques suivantes :

Bresse : $\boldsymbol{D_{th}(m) = 1,5Q^{0,5}(m^3/s)}$;

Bresse modifié : $\boldsymbol{D_{th}(m) = 0,8Q^{1/3}(m^3/s)}$;

Munier (1961) : $\boldsymbol{D_{th}(m) = (1 + 0.02n)Q^{0,5}(m^3/s)}$; n = nombre d'heure de pompage/j

Bonnin : $\boldsymbol{D_{th}(m) = Q^{0,5}(m^3/s)}$;

A. Bedjaoui, Pr. B. Achour : $\boldsymbol{D_{th}(m) = 1,27Q^{0,5}(m^3/s)}$;

La vitesse de l'eau dans la conduite de refoulement est calculée par la formule ci-dessous et devra respecter les conditions de Flamant et GLS

$$V\left(\frac{m}{s}\right) = \frac{4Q\left(\frac{m^3}{s}\right)}{\pi \times Dth^2(m)} \qquad (12)$$

- **Condition de Flamant**

$$V\left(\frac{m}{s}\right) \leq D\,(m) + 0.6 \qquad (13)$$

- **Condition de GLS**

$$V\left(\frac{m}{s}\right) \leq \left(\frac{D^{0,25}(mm)}{50^{0,25}}\right) \qquad (14)$$

III.4.11.3 Hauteur Manométrique Totale (HMT)

La Hauteur Manométrique Totale (HMT) représente la différence d'énergie, exprimée en mètres de colonne d'eau, entre le point d'aspiration de la pompe et le point de refoulement situé au niveau du réservoir. Elle correspond à la charge totale que la pompe doit fournir pour assurer le transfert de l'eau depuis le niveau du plan d'eau du forage jusqu'au réservoir. La HMT se calcule comme la somme de la hauteur géométrique et des pertes de charge totales dans les conduites, selon la relation suivante :

$$\mathbf{HMT} = \mathbf{H_g} + \sum \mathbf{\Delta H} \qquad (15)$$

$$H_g = Z_S - Z_{ND} \qquad (16)$$

Avec :

H_g: hauteur géométrique en (m) ;

Z_S: Cote du déversement au réservoir en (m) ;

Z_{ND}: Cote du niveau dynamique du forage en (m)

ΔH : Pertes de charges (m)

III.4.11.4 Vérification du coup de bélier

On appelle coups de bélier les variations de pression provoquées par une prompte modification du régime d'un liquide s'écoulant à l'intérieur d'une canalisation (MOUNIROU, 2024). C'est donc un phénomène oscillatoire de la pression (entre surpressions et dépressions) dont les causes sont les suivantes :

- La fermeture instantanée d'une vanne située au bout d'une conduite gravitaire ;
- L'arrêt brutal d'une pompe alimentant une conduite de refoulement.

La brutalité du coup de bélier est à l'origine de nombreux éclatements de conduite car les surpressions engendrées peuvent atteindre des valeurs très élevées. Il faut donc étudier les moyens pour limiter ses effets afin d'économiser sur la construction des tuyaux (pression nominale nécessaire de la conduite). Pour cette raison, il est important d'évaluer l'impact dès la conception du réseau et, si nécessaire, de mettre en place des dispositifs correctifs, tels que des ballons anti-bélier, destinés à réduire les variations de pression.

La vérification s'effectue à partir des relations suivantes :

$$C = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \times \frac{D}{e}}} \qquad (17)$$

Avec

C : célérité de l'onde de pression (m/s);

e : épaisseur de la canalisation(m) ;

D : diamètre intérieur(m) ;

$E = 9{,}3 \times 10^8 (N/m^2)$ Pa module d'élasticité pour le polyéthylène haute densité (MAR, 2003)

$\varepsilon = 2 \times 10^9$ Pa : module d'élasticité de l'eau (MAR, 2003)

$\rho = 1000$ (kg/m^3) : masse volumique de l'eau

- Evaluation de la variation de pression selon ALLIEVI-JOUKOVSKI

$$\mathbf{\Delta P} = \pm \frac{\mathbf{C} \times \boldsymbol{U_0}}{\mathrm{g}} \qquad (\mathbf{18})$$

ΔP : Variation de pression (mCE)

0 : Vitesse moyenne en régime uniforme (m/s)

g**:** Accélération de la pesanteur (9,81m/s^2)

Afin d'évaluer les risques liés au coup de bélier, deux critères de sécurité doivent être vérifiés :

- Cas de surpression si : $\boldsymbol{P_0 + \Delta P \geq PMA}$ $\quad \begin{cases} \boldsymbol{PMA = 1,2 \times PN} \\ \boldsymbol{P_0 = HMT - NDmax} \end{cases}$ (19)
- Cas de dépression, la pression minimale Pmin ne doit pas descendre en dessous de la pression atmosphérique, fixée à 10,33 mCE :

$$\boldsymbol{P_{min} < P_{atm}} \text{ avec } \boldsymbol{P_{min} = P_0 - \Delta P} \qquad (\mathbf{20})$$

III.4.11.5 Choix de la pompe

Le choix de la pompe se fait principalement en fonction de deux éléments clés : le débit d'exploitation et la hauteur manométrique totale (HMT). Ces deux critères servent à s'assurer que la pompe pourra fonctionner correctement et répondre aux exigences du réseau

III.4.12 Source d'énergie

Yona ne dispose pas de réseau électrique (réseau SONABEL), par conséquent l'alimentation en énergie électrique des équipements électromécaniques du forage sera un système Hybride (Panneaux Solaires/Groupe électrogène).

III.4.12.1 Dimensionnement du groupe électrogène

Le groupe électrogène viendra en appui de l'énergie solaire. Son dimensionnement prend en considération les températures ambiantes élevées ainsi que l'énergie supplémentaire requise au démarrage. La capacité du groupe a été estimée pour un pompage maximal de 10 heures par jour, en utilisant une formule approchée adaptée aux pompes de puissance inférieure à 20KW. (MOUNIROU, 2024)

$$\boldsymbol{P_{a=Max}} \left(\mathbf{2} \times \frac{\boldsymbol{\rho \times g \times Q \times HMT}}{\eta_{\text{pompe_moteur}} \times \boldsymbol{cos\ \varphi}} ; \mathbf{2} \times \frac{\boldsymbol{\sqrt{3} \times U \times In \times cos\ \varphi}}{\mathbf{1000}} \times \mathbf{1,25} \right) \qquad (\mathbf{21})$$

Avec :

P_a : Puissance apparente (en KVA) ;

Q : Débit de pompage ;

HMT : Hauteur Manométrique Totale[m] ;

η_{pompe_moteur} : Rendement global du système pompe-moteur ;

$cos\ \varphi$: Facteur de puissance ;

U : Tension (en volts) ;

In : Courant nominal absorbé (en ampères).

III.4.12.2 Champ solaire photovoltaïque

Le dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour le pompage d'eau s'effectue étape par étape, afin de garantir un fonctionnement fiable tout en limitant la consommation d'énergie. Les principales étapes de ce dimensionnement sont les suivantes :

- Calcul puissance crête du champ photovoltaïque

On détermine la puissance nominale du générateur solaire capable de fournir cette énergie. Elle est exprimée par :

$$P_c = \frac{Ch \times Q \times tp \times HMT}{I_{rr} \times \eta_{ond} \times \eta_{moteur} \times \eta_{pompe} \times \eta_{raccordement} \times \eta_{coffret}} \qquad (22)$$

Où :

Pc : puissance crête du générateur PV (en Wc) ;

Ch : Constante hydraulique =2,725

Irr : Irradiation journalière moyenne (5,2 KWh/m^2/j voir Annexe 1) ;

η_{ond} : rendement de l'onduleur (généralement 95%) ;

$\eta_{coffret}$: rendement du coffret de protection DC (97%) ;

$\eta_{moteur,}$: rendement moteur ;

η_{pompe}: rendement de la pompe ;

$\eta_{raccordement}$: rendement lié aux raccordement (environ 75%).

- Calcul du nombre de modules photovoltaïques

Le nombre de modules à installer est ensuite calculé en divisant la puissance crête nécessaire par la puissance nominale de chaque module.

$$N_m = \frac{P_c}{P_m} \quad \begin{cases} N_m : Nombre\ total\ de\ modules\ à\ installer \\ P_c : \text{puissance crête du générateur PV (en Wc)} \\ P_m : \text{puissance crête unitaire d'un module (en kW)} \end{cases} \qquad (23)$$

- Disposition des modules

La disposition des modules en série et en parallèle dépend à la fois des caractéristiques

électriques des modules et de l'onduleur. Le nombre de module à installer en série $N_{s,PV}$ est limité par la tension d'entrée maximale admissible de l'onduleur :

$$N_{s,PV} \leq \frac{U_{max,ond}}{U_{oc,m}} \qquad (24)$$

Et le nombre de chaînes en parallèle est déterminé par :

$$N_{p,PV} = \frac{P_c}{N_{S,PV} \times P_m} \qquad (25)$$

Avec :

$N_{s,PV}$: nombre de module en série ;

$N_{p,PV}$: nombre de chaînes en parallèle ;

$U_{oc,m}$: tension de cout circuit d'un module (en V) ;

$U_{max,ond}$: tension maximale d'entrée de l'onduleur (en V).

III.4.13 Dimensionnement du réservoir de stockage

Le réservoir de stockage constitue un élément central du système d'adduction d'eau potable. Il assure la régulation entre la production et la consommation, en compensant les variations journalières de demande et en garantissant une disponibilité continue de l'eau aux usagers (ZOUNGRANA, 2003). Le réservoir joue plusieurs rôles essentiels :

- assurer une réserve tampon, permettant d'alimenter le réseau pendant les périodes de pointe ou en cas d'interruption temporaire du pompage ;
- stabiliser le fonctionnement du système de pompage, en évitant les démarrages trop fréquents des équipements électromécaniques ;
- garantir une pression suffisante dans le réseau, grâce à sa position topographique et à sa hauteur d'eau utile etc.

Dans le cas de notre projet, le choix du type de réservoir s'est porté sur un réservoir métallique en forme cylindrique. Cette option présente plusieurs avantages, notamment un coût de réalisation plus abordable comparé à celui du béton armé, ainsi qu'une installation plus simple et plus rapide à mettre en œuvre.

III.4.13.1 Capacité utile du réservoir

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer la capacité utile d'un réservoir, telles que les

méthodes graphiques, analytique et simplifiée. Dans le cadre de ce projet, nous avons retenu la méthode analytique et la méthode simplifiée pour calculer le volume requis, afin d'assurer une estimation précise et réaliste.

- La méthode simplifiée ou forfaitaire : le volume du réservoir est déterminé par une portion de la demande du jour de pointe et est déterminée par les conditions d'exploitations.

Tableau 4: Volume du réservoir par méthode simplifié

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

Source : (OUEDRAOGO B. , 2005)

Le temps de pompage maximale du présent projet étant de seize (16) heures par jour, le volume du réservoir doit être compris entre 10 à 30% de la consommation du jour de pointe.

- La méthode analytique : la réserve utile est la somme de la valeur absolue des déficits et des surplus de volume non consommés, définis en 24 heures à des pas de temps fixés.

Tableau 5:Répartition du débit dans le temps

Périodes	00h-06h	06h-08h	08h-11h	11h-14h	14h-18h	18h-22h	22h-24h
$Q_{distribué}$	0,1q	1,5q	3q	1,5q	1,05q	0,5q	0,35q

Source : (OUEDRAOGO B. , 2005)

III.4.13.2 Dimension constructive du réservoir

Les dimensions du réservoir sont obtenues en appliquant la formule classique du volume d'un cylindre. On utilise l'expression suivante :

$$\boldsymbol{V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times H} \qquad \begin{cases} \text{V : représente la capacité du réservoir } (m^3) \\ \text{H : correspond à la hauteur du réservoir (m)} \\ \text{D : désigne le diamètre (m)} \end{cases} \qquad (\mathbf{26})$$

III.4.13.3 Détermination de la cote du radier

La côte d'un réservoir doit permettre à la fois d'assurer une pression minimale au point le plus défavorisé et de ne pas dépasser la pression nominale des conduites et accessoires, garantissant ainsi sécurité et fiabilité du réseau. Pour ce faire, nous calculons :

$$Hi^{min,imp} = P_{ser} + Z_{i,res} + \sum_{i}^{reseau} \Delta H \quad (27)$$

$$Z_{radier} = max(Hi^{min,imp}) \quad (28)$$

$$H_{radier} = Z_{radier} - Z_{TN,réservoir} \quad (29)$$

Avec

$Hi^{min,imp}$: Charge du nœud i imposée au réservoir (m)

Z_{radier} : Côte du radier (m)

H_{radier} : Hauteur sous radier (m)

$Z_{TN,réservoir}$: Côte du terrain naturel du réservoir (m)

ΔH: Perte de charge du nœud i au réservoir (m)

Z_i: Côte du nœud aval i (m)

P_{ser}: Pression de service (m)

III.4.13.4 Traitement de l'eau

L'eau destinée à l'alimentation de l'AEPS provient des ressources souterraines, généralement de bonne qualité. Ce type d'eau ne nécessite pas un traitement poussé, d'où le choix d'une désinfection par simple chloration, méthode à la fois efficace, économique et couramment utilisée dans les systèmes d'adduction ruraux. Pour cela il faut introduire dans l'eau filtré des additifs qui éliminerons les particules pathogènes. La solution utilisée sera l'hydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ de concentration initiale 5g/l avec une dose souhaitée dans l'eau traité $d = 2\,mg/l$. Nous allons donc estimer la masse de réaction, le volume des bacs ainsi que ses dimensions géométriques et ensuite déterminer le débit des pompes doseuses. On supposera que le temps de fonctionnement de la station de traitement $Tf = 16h/j$.

Cette désinfection sera faite à l'aide d'une pompe doseuse. Le débit d'injection et volume sont calculé par l'expression suivante :

$$q = \frac{d \times Q}{c} \quad \begin{cases} q: Débit\ de\ la\ pompe\ doseuse[l/h] \\ \text{Q : Débit d'eau à traité } [m^3/h] \\ \text{dose souhaitée dans l'eau traité} [g/m^3] \\ C: Concentration\ de\ initale C_a(OH)_2[g/l] \end{cases} \quad (30)$$

$$V = q \times T \quad \begin{cases} V: Volume\ du\ bac\ m^3 \\ T_f: Temps\ de\ fonctionnemnt \end{cases} \quad (31)$$

- Temps de contact

Le temps de contact correspond à la durée nécessaire pour que le chlore exerce pleinement son action désinfectante. Une durée insuffisante conduit à une désinfection incomplète et donc à un risque sanitaire. Pour garantir l'efficacité du traitement, un temps de contact minimal de 2 heures est requis. Il se calcule à l'aide de la relation suivante :

$$T_c = \frac{C_u}{Q_{ph}} \geq 2h \quad \begin{cases} T_c : \text{le temps de contact (h)} \\ C_u : \text{la capacité utile du réservoir } (m^3) \\ Q_{ph} : \text{le débit de pointe horaire } (m^3/h) \end{cases} \quad (32)$$

- Temps de séjour

Le temps de séjour représente la durée pendant laquelle l'eau demeure dans le réservoir. Un séjour trop prolongé peut entraîner une stagnation et une dégradation de la qualité de l'eau. Dans le cadre d'un traitement par chloration, il est recommandé que le temps de séjour ne dépasse pas 2 jours. Il est donné par :

$$T_s = \frac{C_u}{Q_{mh}} \leq 2j \quad \begin{cases} T_s : \text{le temps de séjour (j)} \\ C_u : \text{la capacité utile du réservoir } (m^3) \\ D_{pj} : \text{Débit moyen horaire } [m^3/h] \end{cases} \quad (33)$$

III.4.14 Dimensionnement du réseau de distribution

Le réseau de distribution est le dernier maillon de la chaîne du système classique d'approvisionnement en eau potable. Son rôle est de transporter l'eau du stockage jusque chez les usagers et d'en assurer la livraison.

III.4.14.1 Choix du type du réseau

Le réseau de distribution adopté est de type ramifié, car il présente plusieurs avantages pour les zones rurales : faible densité des points de livraison, faible coût d'investissement, facilité d'exploitation et d'entretien, et possibilité d'extension progressive. Ce type de réseau est particulièrement adapté aux localités à habitat dispersé, où la demande en eau est modérée et concentrée le long des axes principaux. Le mode de distribution adopté est de type gravitaire. Le réservoir domine tout le réseau et doit assurer une pression de service minimale au point le

plus défavorable.

III.4.14.2 Débit de pointe horaire de distribution

Le débit de distribution correspond à la quantité d'eau nécessaire pour satisfaire la demande maximale (ou demande de pointe). Ce débit dépend du temps de distribution et se calcul de la manière suivante :

$$\mathbf{Q_{dis}} = \frac{\mathbf{B_{PJ}} \times \mathbf{C_{ph}}}{\boldsymbol{\eta_r} \times \mathbf{t_d}} = \mathbf{Qph_{BP}} + \mathbf{Qph_{BP}} \qquad (\mathbf{34})$$

Avec :

C_{ps}: Coefficient de pointe saisonnier ;

C_{ph}: Coefficient de pointe horaire ;

t_d: Temps de distribution ;

$\boldsymbol{\eta_r}$: Rendement du réseau.

- **Débit de pointe horaire des bornes fontaines (BF)**

Le débit des borne fontaine (BF) est fonction de la demande de jour de pointe aux BF, du coefficient de pointe horaire et du temps de distribution aux BF

$$\boldsymbol{Q_{ph}}\mathbf{BF} = \frac{\mathbf{Djp_{BF}} \times \mathbf{C_{ph}}}{\mathbf{T_{dis_BF}}} \quad \begin{cases} Q_{ph}\text{BF: Débit de pointe horaire théorique aux BF}[m^3/\text{h}] \\ \text{D}_{pj}\text{ : Demande en eau du jours de pointe aux BF}[m^3/\text{j}] \\ \boldsymbol{C_{ph}}\text{: Coefficient de pointe horaire} \\ T_{dis_BF}\text{: Temps de distribution aux BF[h]} \end{cases} \qquad (\mathbf{35})$$

Le calcul du débit de chaque BF est obtenu en divisant le débit de pointe horaire théorique des BF par le nombre de BF

$$\boldsymbol{Q_{BF}} = \frac{\boldsymbol{Q_{ph}}\mathbf{BF}}{\boldsymbol{N_{BF}}} \qquad \begin{cases} Q_{BF}\text{: Débit de pointe horaire théorique d'une BF}[m^3/\text{h}] \\ Q_{ph}\text{BF: Débit de pointe horaire théorique aux BF}[m^3/\text{h}] \\ N_{BF}\text{: Nombre réel de BF} \end{cases} \qquad (\mathbf{36})$$

Dans la configuration adoptée, le temps de distribution aux BF est de 12h par jour. Chaque borne fontaine est équipée de trois (3) robinet, chacun fournissant un débit de 0,25l/s (SEYDI, 2025). Cette disposition garantit un niveau de service suffisant pour répondre à la demande des usagers tout en limitant les files d'attentes au moment de puisage.

- **Débits de pointe horaire des branchements particuliers (BP)**

. Il est calculé à partir de la demande du jour de pointe, en tenant compte du coefficient de pointe horaire et de la durée journalière d'utilisation.

$$\mathbf{Q_{ph}BP} = \frac{\mathbf{Djp_{_BP}} \times \mathbf{C_{ph}}}{\mathbf{T_{dis_BP}}} \quad \begin{cases} Q_{ph}\text{BP: Débit de pointe horaire théorique aux BP}[m^3/\text{h}] \\ \text{D}_{pj}\text{: Demande en eau du jours de pointe aux BP}[m^3/\text{j}] \\ \boldsymbol{C_{ph}}\text{: Coefficient de pointe horaire} \\ T_{dis_BP}\text{: Temps de distribution aux BP[h]} \end{cases} \quad (\mathbf{37})$$

❖ **Coefficient de simultanéité**

Pour évaluer combien de ces branchements pourraient être utilisés en même temps, un coefficient de simultanéité a été établi. Ce dernier permet de mieux anticiper les cas où plusieurs branchements sont ouverts simultanément.

$$\boldsymbol{C_{sim_BP}} = \frac{\mathbf{1}}{\sqrt{\boldsymbol{N_{théo_BP}} - \mathbf{1}}} \quad \begin{cases} \boldsymbol{N_{théo_BP}}: Nombre\ théorique\ des\ BP \\ \boldsymbol{C_{sim_BP}}: coefficient\ de\ simultanéité\ de\ BP \end{cases} \quad (\mathbf{38})$$

❖ **Débit linéique ou spécifique**

Pour dimensionner le réseau, il convient d'intégrer les branchements particuliers (BP) en se basant sur le débit spécifique. Ce concept aide à estimer avec précision le volume d'eau prélevé sur chaque tronçon de conduite. En considérant que la population est répartie de façon uniforme le long du réseau, le débit spécifique se calcule selon la formule suivante :

$$\mathbf{Q_{SP}} = \frac{\mathbf{Q_{t_BP}}}{\mathbf{\Sigma L_i}} \quad \begin{cases} \boldsymbol{Q_{sp}}: Débit\ spécifique\ [l/s/ml] \\ \boldsymbol{Q_{t_{BP}}}: Débit\ total\ des\ branchement\ particuliers\ (l/s) \end{cases} \quad (\mathbf{39})$$

❖ **Débit route**

Le débit en route représente la consommation répartie le long d'un tronçon de conduite. Cette valeur sert de base pour estimer le débit à transporter par chaque conduite afin d'assurer un dimensionnement hydraulique adéquat du réseau.

Il est déterminé par l'expression suivante :

$$\mathbf{Q_{rte}} = \mathbf{Q_{SP}} \times \mathbf{L_i} \quad \begin{cases} L_i: la\ longueur\ du\ tronçon\ (m) \\ Q_{sp}: Débit\ spécifique\ [l/s/ml] \\ Q_{rte}: Débit\ prélevé\ sur\ le\ tronçon[l/s] \end{cases} \quad (\mathbf{40})$$

❖ **Débit fictif des tronçons**

Le débit dans une conduite n'est pas constant : il diminue au fur et à mesure que l'eau est prélevée. Pour simplifier les calculs, on définit un débit moyen, appelé débit fictif, qui représente le volume d'eau circulant sur un tronçon donné. Ce débit tient compte des prélèvements effectués le long de la conduite ainsi que de l'eau qui continue vers l'aval.

Il est calculé avec la formule suivante :

$$\boldsymbol{Q_f = 0,55 \times Q_{rte} + Q_{aval}} \begin{cases} Q_f : Débit\ fictif\ [l/s] \\ Q_{rte} : Débit\ total\ situé\ après\ la\ section\ étudiée [l/s] \\ Q_{rte} : Débit\ prélevé\ sur\ le\ tronçon [l/s] \end{cases} \quad (41)$$

❖ **Calcul des diamètres des conduites de distribution**

Lors du dimensionnement des conduites de distribution, il est essentiel de distinguer le diamètre théorique du diamètre intérieur réel. Le diamètre théorique est calculé en fonction du débit prévu à transporter et de la vitesse d'écoulement admissible, selon la formule suivante :

$$\mathbf{D_{th}} = \sqrt{\frac{4 \times \mathbf{Q_f}}{\mathbf{v} \times \boldsymbol{\pi}}} \quad \begin{cases} Q_f : Débit\ fictif\ [l/s] \\ D_{th} : Diamètre\ intérieur\ théorique\ de\ la\ conduite\ (m) \\ V : Vitesse\ d'écoulement\ de\ l'eau\ dans\ la\ conduite\ [m/s] \end{cases} \quad (42)$$

Le diamètre intérieur effectivement utilisé pour la pose est généralement un peu plus grand que le diamètre théorique calculé. Cela permet de choisir des dimensions normalisées disponibles sur le marché.

❖ **Calcul de la pression réelle**

La pression requise pour permettre le prélèvement d'eau sans difficulté est donnée par la relation suivante

$$\boldsymbol{Pr = Max\,(Hi^{min,imp}) - ZTN - \Sigma \Delta H} \quad (43)$$

Avec :

Pr: Pression réelle (mCE)

$Hi^{min,imp}$: La charge minimale imposée au réservoir (m)

ZTN (m) : La Côte du terrain naturel

III.5 Pose des conduites

Les conduites d'adduction et de distribution sont généralement enterrées afin d'assurer leur protection contre les facteurs externes, notamment l'ensoleillement et les risques mécaniques. Leur enfouissement permet également d'éviter l'encombrement des voies de circulation et de prévenir les déformations structurelles telles que l'ovalisation ou l'écrasement dû aux charges lourdes ou aux chocs (ZOUNGRANA, 2003). La profondeur et la largeur minimale des tranchées sont données par les formules suivantes :

$$\begin{cases} \boldsymbol{h_{min} \geq 0,50 + D_{ex}} \\ \boldsymbol{l_{min} \geq 0,40 + D_{ex}} \end{cases} \quad (44)$$

Avec :

h_{min} : Profondeur minimale

l_{min} : Largeur minimale

D_{ex} : Diamètre extérieur de la conduite

III.6 Etude financière

III.6.1 Evaluation de cout du projet

L'évaluation des coûts du projet repose sur le devis quantitatif et estimatif. Elle consiste à identifier tous les travaux et équipements nécessaires, à déterminer leurs quantités à partir du dimensionnement technique, et à appliquer les prix unitaires de référence (DGCMEF, 2025). Le coût de chaque poste est calculé en multipliant la quantité par le prix unitaire, et le total des postes donne le coût global prévisionnel.

III.6.2 Calcul de prix de revient du mètre cube d'eau

Le prix du mètre cube d'eau se calcule en divisant la somme des charges d'exploitation et des amortissements par le volume total d'eau produit.

$$P_r = \frac{A + Ch}{V_t} \begin{cases} P_r : Prix\ de\ revient\ du\ m^3\ d'eau\ en\ FCFA \\ A : Dotation\ aux\ amortissements\ en\ FCFA \\ Ch : Charges\ d'exploitation\ en\ FCFA \\ V_t : Volume\ total\ d'eau\ produit\ durant\ tout\ le\ projet\ en\ m^3 \end{cases} \quad (45)$$

III.6.3 Dotation aux amortissements

L'amortissement représente la part du coût d'achat des équipements considérée comme consommée chaque année de fonctionnement. Il dépend de la durée de vie des équipements et de leur coût. L'amortissement annuel se calcule en divisant le prix d'achat de chaque équipement par sa durée de vie moyenne.

III.6.4 Charges d'exploitation

Elles correspondent aux dépenses liées au fonctionnement du système, à l'achat des intrants, à la rémunération du gestionnaire, ainsi qu'aux frais d'entretien des installations.

IV. RESULTAT DES ETUDES TECHNIQUE

IV.1 Résultat de l'état des lieux

IV.1.1 Infrastructures hydrauliques existant

D'après les résultats de l'enquête ménages et la consultation des inventaires national des ouvrages, il ressort que le village de Yona dispose d'une seule source d'approvisionnement en eau potable, constituée de forages équipés de pompes à motricité humaine (PMH). Le tableau 6 présente la situation actuelle des points d'eau disponibles dans le village.

Tableau 6: Emplacement des PMH

Quartiers	Nbre de PMH	Appropriation PMH	Etat/observation
Loubama	02	02 Communautaire	Fonctionnel
Siawè	01	01 communautaire	Fonctionnel
Wèbé	02	02 communautaire	Fonctionnel
Sobè	02	02 communautaire	Fonctionnel
Flokobè	01	01 communautaire	Fonctionnel
Yarsé	01	01 communautaires	Fonctionnel
Ecole	1	0 1 à l'école	Fonctionnel
CSPS	1	01 CSPS	Fonctionnel
Total	11	09 communautaires fonctionnels et 02 institutionnels tous fonctionnels	

Source : (DGRE, 2023) *et* (CETRI, 2023)

On note au total 11 PMH dont 9 communautaires et 2 institutionnels qui sont toutes fonctionnelles.

IV.1.2 Infrastructures socio-économique

Le village de Yona dispose d'infrastructures socio-économiques de base, essentielles au fonctionnement de la vie communautaire. Le tableau 7 suivant en fait la synthèse des infrastructures socioéconomiques existantes.

Tableau 7: Infrastructures socio-économiques de base

Domaines	Infrastructures	Quartiers	Nombres	Observations
Secteurs sociaux de base				
Santé	CSPS	Loubama	01	Fonctionne avec 05 logements
Enseignement				
Préscolaire	Ecole maternelle		00	
Primaire	Ecoles primaires publiques	Siawè	02	Écoles A (6 classes) et B de (6 classes)
Secondaire	CEG public	Sobè	01	Fonctionnel
Administration et services techniques				
Elevage	Parc de Vaccination	Flakobè(Peulh)	01	
Environnement	SDEDD		00	
Commerce	Marché	Lobama	01	Yard chaque soir
	Moulin à grain	Lobama , Siawè	5	
Communication	Téléphonie mobile		02	
	Route		01	Une piste rurale
Infrastructures religieuses	Mosquées	Lobama et Sobè	02	Besoin d'un BP
	Eglise catholique	Lobama	01	Besoin d'un BP
	Eglise protestante	Siawè	01	Besoin d'un BP
Ouvrages hydrauliques	Retenue d'eau/Fleuve/Mare / Bouli		01	
	Bas-Fonds			

Source : (CETRI, 2023)

IV.2 Paramètres et hypothèses

Le tableau 8 ci-dessous présente les différents paramètres et hypothèses retenues pour le dimensionnement de notre réseau d'AEPS

Tableau 8: Paramètres de dimensionnement

HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

Désignation	Valeur
Horizon du projet	**2040**
Population de référence RGPH 2019 [hbts]	**3042**
Population à l'horizon 2040	**5215**
Taux de desserte par l'AEPS à l'horizon du projet	**80%**
Population à desservir par Borne Fontaine	**24%**
Population à desservir par Branchement Particulier	**56%**
Consommation spécifique BF [litre/pers/jour]	**25**
Consommation spécifique BP [litre/pers/jour]	**40**
Besoins annexes	**15%**
Rendement du réseau à l'horizon du projet	**90%**
Coefficient de pointe horaire	**2,5≤Cph≤3**
Coefficient de pointe journalier	**1,15**
Temps théorique de pompage journalier [h]	**16**
Temps de distribution journalière des BF [h]	**13**
Temps de distribution journalière des BP [h]	**16**
Nombre de personnes par BF [hbts]	**500**
Nombre de personnes par BP [hbts]	**10**
Vitesse des conduites de distribution [m/s]	**0,3≤V ≤1,5**
Pression de service [mCE]	**10**
Nature des conduites de refoulement/distribution	**PEHD**

IV.3 Estimation de la population à desservic

L'estimation de la population étant un paramètre déterminant dans l'évaluation des besoins en eau des populations du village de Yona, selon le RGPH 2019, le site comptait 3042 habitants. En tenant compte du taux d'accroissement provincial, estimé à 2,6%, la population de Yona est estimée à 3641 habitants en 2026 et passera à 5215 habitants d'ici 2040, l'horizon du projet.

Le tableau 9 présente l'évolution de la population.

Tableau 9: Evolution de la population

Village	Taux d'accroissement (%)	Pop 2019	Pop 2026	Pop 2030	Pop 2035	Pop 2040
Yona	2,6	3042	3641	4034	4587	5215

IV.4 Evaluation des besoins

Le tableau 10 présente l'ensemble des résultats de l'évolution besoins en eau de Yona demande.

Tableau 10: Besoin en eau

Année			
2026	2030	2035	2040

Population totale des ruraux(hbts)	3641	4034	4587	5215
Taux de desserte (%)	56,4%	80%	80%	80%
Population desservie (hbt)	2053	3228	3670	4172
Taux de desserte des BF(%)	28,2%	24%	24%	24%
Population desservie par les BF(hbt)	1027	968	1101	1252
Nombre de personne par BF(hbt)	500			
Nombre théorique de BF à installer (U)	3	2	3	3
Cons_spécifique moyennes des BF (l/j/hbt)	20	20	25	25
Cons_journalière moyennes des BF (m3/j)	20,53	19,37	27,52	31,29
Taux de desserte des BP(%)	28,2%	56%	56%	56%
Population desservie par les BP(hbt)	1027	2259	2569	2920
Nombre de personne par BP(hbt)	10			
Nombre théorique de BP à installer(U)	103	226	257	292
Cons_spécifique moyennes des BP (l/j/hbt)	25	25	30	40
Cons_journalière moyennes des BP(m3/j)	25,67	56,48	77,06	116,82
Besoins annexe 15%(m3/j)	6,93	11,38	15,69	22,22
Besoin moyen journalier(m3/j)	53,13	87,22	120,27	170,32
Coefficient de pointe journalier (Cpj)	1,15			
Besoin en eau de jour de pointe(m3/j)	61,10	100,31	138,31	195,87
Rendement global du réseau (%)	90%			
Demande en eau du jour de pointe(m3/j)	67,89	111,45	153,68	217,63

Après analyse du tableau, il ressort qu'en 2040 :

- Le besoin moyen journalier est de : 170,32 m^3/j
- La demande en eau du jour de pointe est de : 217,63 m^3/j.

Le nombre de bornes fontaines théoriques déterminé est de trois (3) BF. En attendant de faire évoluer le nombre de BP, et aux vues de la répartition de la population de Yona, sept (07) BF seront retenues afin de couvrir l'ensemble des quartiers.

IV.5 Mobilisation de la ressource en eau

Notre système d'AEPS sera alimenté par un forage à gros débit, Etant donné que l'eau de forage est généralement claire et limpide et même soumis à des analyses chimiques et bactériologiques, son traitement sera fait essentiellement avec des pastilles de chlore (car elle peut être contaminée au cours de son transport) si déclarée conforme à la consommation avant d'être distribué aux consommateurs. En effet un forage de 9m^3/h a été identifié.

Les caractéristiques de ce forage sont consignées dans Annexe 2.

IV.6 Résultat de dimensionnement du réseau de distribution

IV.6.1 Tracé du réseau

Le tracé du réseau de distribution a été réalisé à partir des levés topographiques du site. Le système retenu est un réseau ramifié à distribution gravitaire, permettant l'acheminement de l'eau depuis le réservoir vers l'ensemble des points de desserte. La figure 4 illustre le tracé du réseau de distribution effectué sur le logiciel Google earth pro.

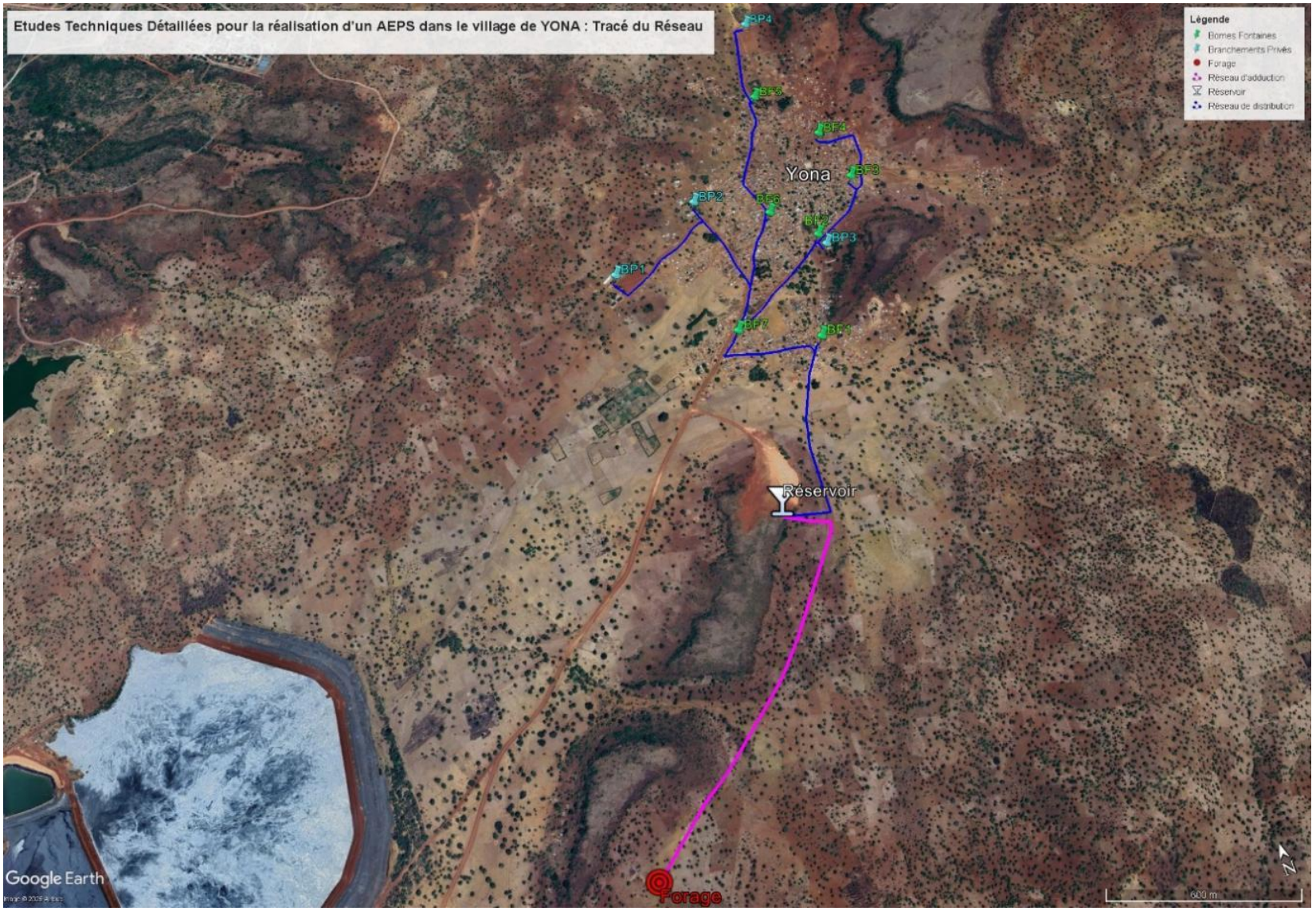


Figure 2: Tracé du réseau

La longueur totale du réseau de distribution est de **5053 m.** L'emplacement des bornes fontaines et des certains branchements particuliers se trouvent dans l'Annexe 3.

IV.6.2 Débit de distribution

Le dimensionnement du réseau de distribution se fait avec le débit de pointe. Les résultats de calcul du débit de pointe en tête du réseau de distribution sont présentés dans le tableau 11.

Tableau 11: Débit en tête du réseau

	DEBIT DE DISTRIBUTION PAR GRAVITE					
		Unité	**2026**	**2030**	**2035**	**2040**
Demande en eau du jour de pointe aux BF	BF	m^3/j	30,17	28,46	40,44	45,98
Débit moyen horaire théorique des BF		m3/h	2,50	2,50	3,00	3,00
Coefficient de pointe horaire		2,5	3,00	3,00	3,00	2,94
Débit de pointe horaire théorique des BF		m^3/h	7,50	7,50	9,00	8,83
		l/s	2,08	2,08	2,50	2,45
Nombre théorique de BF		U	7			
Débit de pointe théorique par BF		l/s	0,30	0,30	0,36	0,35
Nombre de robinets par borne fontaine		U	3			
Débit max d'un robinet		l/s	0,25			
Débit réel de chaque borne fontaine		l/s	0,75			
Débit réel des BF		l/s	5,25			
Demande en eau du jour de pointe aux BP	BP	m^3/j	37,72	83,00	113,23	171,65
Débit moyen horaire théorique des BP		m^3/h	2,36	5,19	7,08	10,73
Coefficient de pointe horaire			3,00	2,60	2,44	2,50
Débit de pointe horaire théorique des BP		l/s	1,96	3,74	4,80	7,45
Débit de distribution	BF+BP	m^3/h	25,97	32,37	36,17	45,72
		l/s	7,21	8,99	10,05	12,70

A l'horizon 2040, le débit en tête du réseau de distribution sera égal à **45,72 m^3/h** soit **12,70 l/s.** Ce débit est reparti à **5,25 l/s** pour les bornes fontaines avec un temps de distribution de 13h et **7,45 l/s** pour les branchements particuliers avec un temps de distribution de 16h.

IV.6.3 Service en route

Le débit de distribution des branchements particuliers est de **7,45 l/s** sur une longueur totale de **4256,22m**, ce qui correspond à un débit linéique de **0,0018 l/s/ml**. Cette valeur constitue la référence pour estimer le débit circulant dans chaque tronçon du réseau, afin d'assurer un dimensionnement approprié et une alimentation suffisante des usagers. Les résultats du calcul de débit de dimensionnement se trouve dans l'Annexe 44.

IV.6.4 Diamètre des conduites de distribution et pression aux nœuds

Le calage du réseau de distribution met en évidence des pressions comprises entre **10mCE** et **31,85mCE**. Aucune borne fontaine n'a une pression inferieure de 10 mCE. En somme la pression est bien répartie dans tout le réseau. En ce qui concerne les vitesses d'écoulement, elles sont comprises entre **0,32 m/s** et **0,95 m/s**, nous retenons qu'une conduite ne respecte pas la condition de vitesse, il s'agit de tronçon **N14-N15**. Nous préconisons une vidange régulière afin éviter éventuel dépôt dans les conduites.

La charge minimale imposée au réservoir est de **445,739 m**, cette valeur nous a permis de caler le réservoir. La hauteur sous radier du réservoir obtenu de la différence entre la cote sous radier du réservoir et la côte du terrain naturel du réservoir **(433,739m)** est de 11,99 m, nous retiendrons une hauteur sous radier de **12 m** pour des raisons constructives.

Le tableau 12 présente les résultats du calcul des diamètres des conduites de distribution, des pressions et des vitesses d'écoulement. (Voir Annexe 7 pour plus de détail)

Tableau 12:Calculs des diamètres, vitesses et pressions

Tronçon	L(m)	Côte TN(m)	Qf(m3/s)	Dth(mm)	Din(mm)	DN(mm)	Vr (m/s)	Lamda(λ)	ΔH(m)	∑ΔH(m)	Ps(mCE)	Zimp(m)	Pr(mCE)
RE-N1	796,65	410,752	0,0127	127,16	141	160	0,81	0,0211	4,23	4,23	10,00	424,98	30,74
N1-BF1	39,63	411,273	0,0008	31,68	55,4	63	0,33	0,0307	0,13	4,36	10,00	425,63	30,10
N1-N2	345	407,949	0,0122	124,70	141	160	0,78	0,0212	1,70	5,93	10,00	423,88	31,85
N2-N3	75,63	408,313	0,0113	120,21	123,4	140	0,95	0,0215	0,63	6,56	10,00	424,88	30,85
N3-BF7	13,19	408,514	0,0008	31,16	55,4	63	0,32	0,0309	0,04	6,60	10,00	425,12	30,61
N3-N4	49,9	408,321	0,0104	115,18	123,4	140	0,87	0,0217	0,36	6,92	10,00	425,24	30,48
N4-N5	191,4	411,444	0,0059	86,73	123,4	140	0,49	0,0233	0,47	7,39	10,00	428,84	26,89
N5-N6	326	412,393	0,0019	49,11	55,4	63	0,79	0,0269	5,23	12,62	10,00	435,01	20,71
N6-BP2	70,78	413,143	0,0003	20,13	28,8	32	0,49	0,0345	1,08	13,70	10,00	436,85	18,88
N6-N7	435,4	410,282	0,0013	40,77	55,4	63	0,54	0,0282	3,48	16,10	10,00	436,39	19,34
N7-BP1	70,84	411,776	0,0003	20,13	28,8	32	0,49	0,0345	1,08	17,19	10,00	438,96	16,76
N4-N8	475,5	411,28	0,0050	79,94	110,2	125	0,53	0,0237	1,52	8,44	10,00	429,72	26,01
N8-BF2	19,29	411,501	0,0008	31,28	55,4	63	0,32	0,0308	0,06	8,50	10,00	430,00	25,73
N8-N9	14,34	411,581	0,0030	61,38	79,2	90	0,60	0,0253	0,09	8,53	10,00	430,11	25,62
N9-BP3	40,04	412,556	0,0003	19,17	28,8	32	0,44	0,0351	0,51	9,04	10,00	431,59	24,13
N9-N10	292,5	414,051	0,0031	63,14	79,2	90	0,64	0,0251	2,01	10,53	10,00	434,58	21,14
N10-BF3	44,47	413,704	0,0008	31,77	55,4	63	0,33	0,0306	0,14	10,68	10,00	434,38	21,35
N10-N11	270,8	416,814	0,0018	47,48	55,4	63	0,73	0,0271	3,82	14,36	10,00	441,17	14,55
N11-N12	153,3	416,096	0,0012	38,81	55,4	63	0,49	0,0287	1,02	15,38	10,00	441,48	14,25
N12-BF4	9,9	416,185	0,0008	31,10	55,4	63	0,32	0,0309	0,03	15,41	10,00	441,59	14,13
N5-N13	291,7	410,82	0,0041	72,15	110,2	125	0,43	0,0245	0,64	8,03	10,00	428,85	26,88
N13-BF6	15,57	411,124	0,0008	31,21	55,4	63	0,32	0,0308	0,05	8,08	10,00	429,20	26,53
N13-N14	604	417,709	0,0031	62,84	96,8	110	0,42	0,0253	1,50	9,53	10,00	437,24	18,49
N14-BF5	16,5	417,436	0,0008	31,23	55,4	63	0,32	0,0308	0,05	9,58	10,00	437,02	18,71
N14-N15	357,6	423,246	0,0010	36,18	55,4	63	0,43	0,0293	1,84	11,37	10,00	444,62	11,11
N15-BP4	32,94	423,95	0,0003	18,94	28,8	32	0,43	0,0352	0,40	11,78	10,00	445,73	10,00

Le récapitulatif des caractéristiques des conduites est présenté dans le tableau 13.

Tableau 13: Caractéristique des conduites du réseau de distribution

Nature des conduites	PN	DN (mm)	Longueur (m)
PEHD	10	32	214,6
PEHD	10	63	1701,6500
PEHD	10	90	306,84
PEHD	10	110	604
PEHD	10	125	767,2
PEHD	10	140	316,93
PEHD	10	160	1141,65
Total			5052,87

IV.6.5 Simulation du réseau de distribution sur EPANET

EPANET est un logiciel de référence utilisé pour la modélisation et la simulation hydraulique et qualitatives des réseaux d'eau potable. À partir des données de topologie du réseau (emplacement du réservoir, nœuds, conduites) et des consommations prévues, il résout les équations de conservation afin de calculer les débits dans les conduites, les charges piézométriques aux nœuds, les vitesses, les pressions etc.

Nous avons utilisé la formule Darcy-Weisbach pour les calculs des pertes de charges et une rugosité k = 0,1 mm. La figure 3 suivant présente les résultats de simulation du réseau.

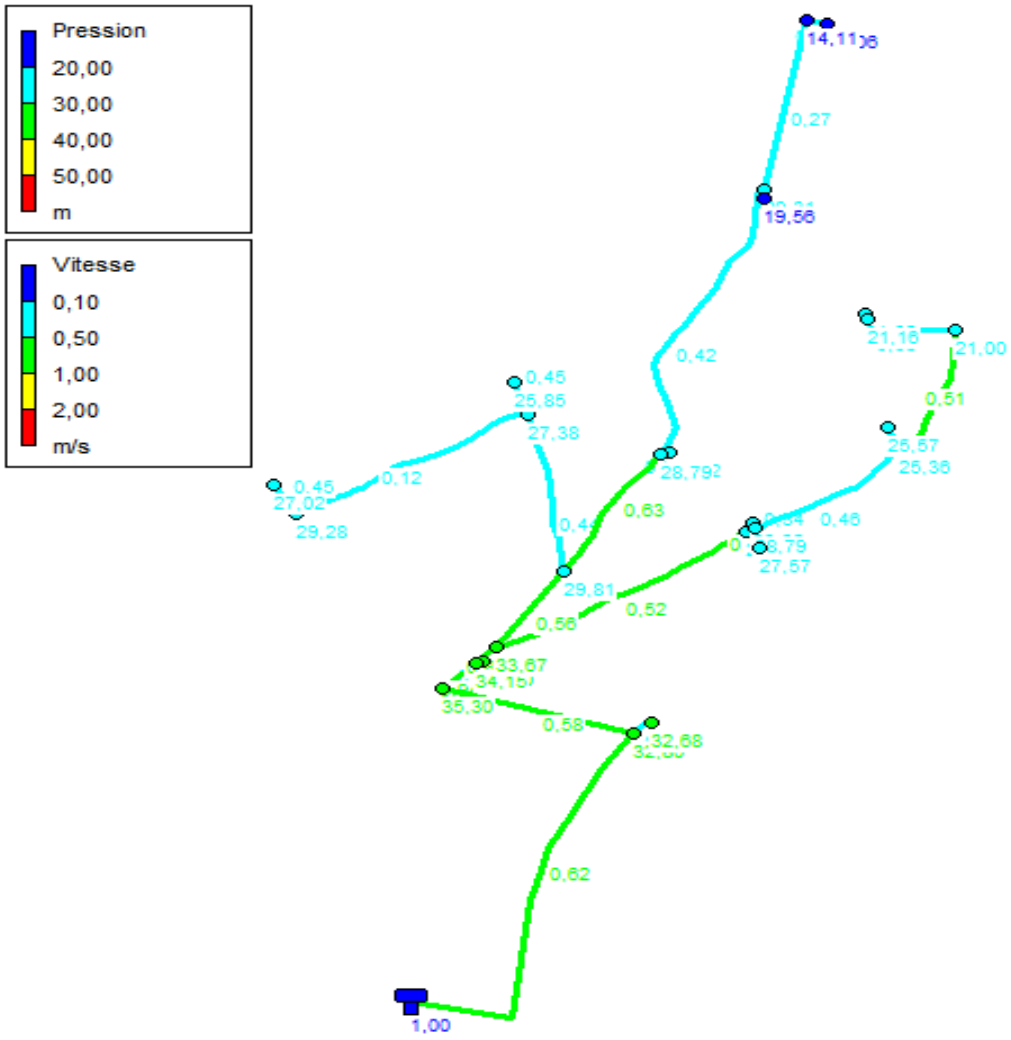


Figure 3: Simulation Epanet (Pression et Vitesse)

La simulation a révélé que les pressions varient entre **13,06** et **35,14 mCE** et les vitesses sont comprises entre **0,21** et **0,94 m/s**.

Les résultats détaillés de la simulation EPANET sont consignés dans l'Annexe 6.

IV.6.6 Comparaison entre les résultats calculés et simulés

IV.6.6.1 Pression aux nœuds

La figure 4 suivante présente l'analyse comparative des pressions calculées sur Excel et celle simulées sur EPANET.

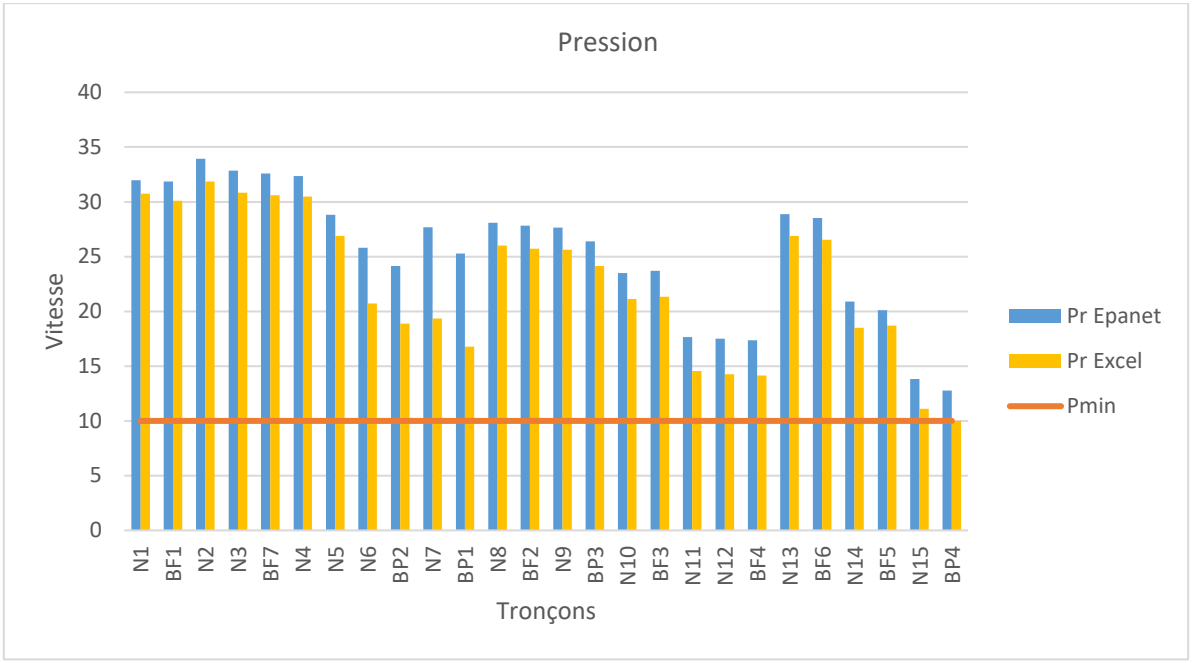


Figure 4: comparaison des pressions calculées sur Excel et simulées sur Epanet

Nous remarquons que toutes les pressions calculées tout comme simulées sont supérieur à la pression minimale recommandé.

IV.6.6.2 Vitesses dans les conduites

La figure 5 suivante présente l'analyse comparatives des vitesses calculées sur Excel et celle simulées sur EPANET

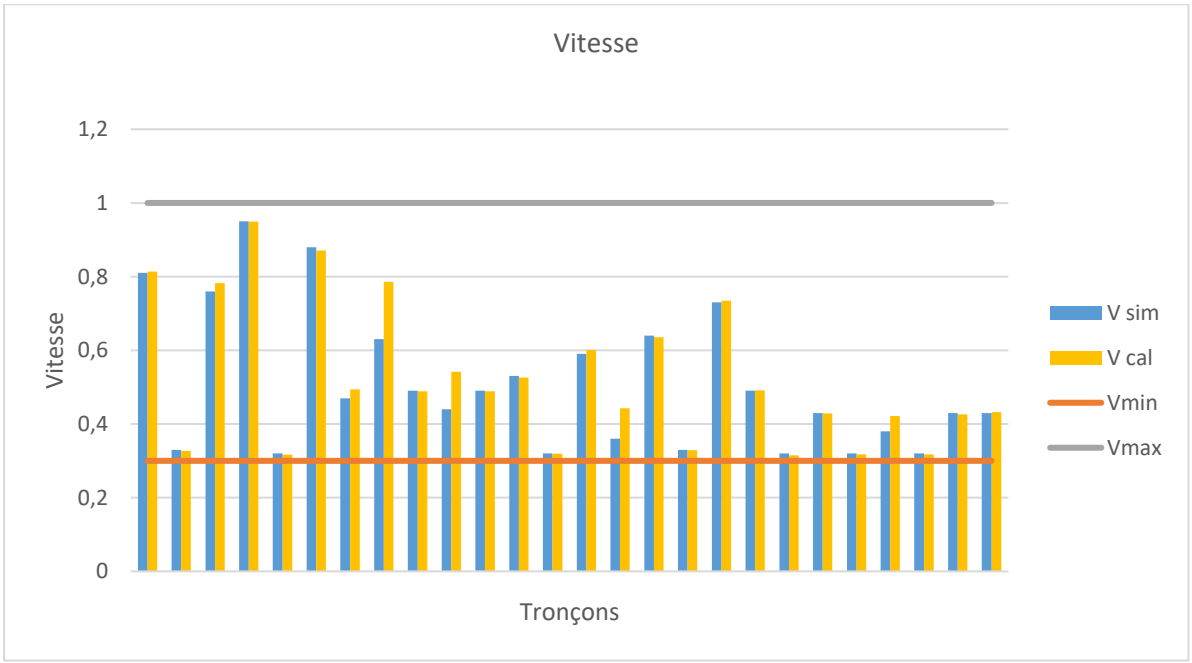


Figure 5: Comparaison des vitesses calculées sur Excel et Simulées sur Epanet

Les vitesses calculées sur Excel et les vitesses simulées sont pratiquement similaires et ont

vérifié les conditions de vitesse. Nous notons que seul dans le tronçon T25 à un vitesse inferieur à la vitesse minimal. Cela est essentiellement due au diamètre retenu, comme prévu dans le dimensionnement sur Excel. Il faut mettre des vidanges.

IV.7 Réservoir de stockage

IV.7.1 Capacité utile du réservoir

La capacité du réservoir à installer a été déterminée en utilisant deux méthodes.

- Méthode forfaitaire

La méthode forfaitaire, qui estime la capacité du réservoir à 30% de la demande journalière de pointe (Adduction de jour, durant les périodes de consommation). Ayant obtenu demande journalière de pointe de 217 m^3/j, cela nous donne une capacité utile du château d'eau de 65,24m^3. Le tableau 14 donne la capacité utile du réservoir.

Tableau 14:Capacité utile du réservoir par méthode forfaitaire

CAPACITE DU RESERVOIR	
Demande de jour de pointe(m^3/j)	217,63
30% de la demande du jour de pointe(m^3/j)	65,24
Capacité utile du réservoir(m^3)	**65,24**

- Méthode analytique

Quant à la méthode du tableau ou analytique, il permet d'évaluer les volumes excédentaires et déficitaires qui seraient produits en l'absence du réservoir. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 15.

Tableau 15: Capacité utile du réservoir par méthode analytique

Période	0-6h	6h-8h	8h-11h	11h-12h	14h-18h	18h-22h	22h-24h
Δt	6	2	3	3	4	4	2
Coef k	0,5	1,5	3	1,5	1,05	0,5	0,35
Qa [m^3/h]	0	13,60	13,60	13,60	13,60	13,60	0
Va par tranche[m^3]	0	27,20	40,81	40,81	54,41	54,41	0
Va cumulé[m^3]	0	27,20	68,01	108,82	163,22	217,63	217,63
Qc[m^3/h]	4,53	13,60	27,20	13,60	9,52	4,53	3,17
Vc par tranche[m^3]	27,20	27,20	81,61	40,81	38,09	18,14	6,35
Vc cumulé[m^3]	27,20	54,41	136,02	176,83	214,91	233,05	239,40
Contenance	-27,20	-27,20	-68,01	-68,01	-51,69	-15,42	-21,76
Capacité utile [m^3]	68,01						

Du fait que nous soyons en zone rurale, nous n'allons pas tenir compte de la réserve incendie. Donc on retiendra une capacité totale du réservoir **66,56 m^3**.

Les deux approches convergent vers un même un même volume. Nous optons donc pour un

château d'eau d'une capacité de **80 m³.**

IV.7.2 Prescription constructive du château

Le château d'eau à mettre en place aura les caractéristiques présentés dans le tableau 16.

Tableau 16: Dimension du Réservoir

Désignation	Valeur
Volume du réservoir (m^3)	80
Hauteur de la cuve(m)	5
Diamètre de la cuve (m)	4,5
Hauteur sous radier (m)	12
Cote TN réservoir	433,739
Cote radier du réservoir	445,739
Coordonnée en UTM	X(m)= 457397,544
	Y(m)= 1322077,727

Nous adoptons un château d'eau métallique de forme cylindrique surélevé.

IV.7.3 Traitement

Afin d'assurer l'efficacité de traitement d'eau, le tableau 17 ci-dessous présente les résultats de dimensionnement de la pompe doseuse, du bac de réactif et la vérification de temps de contact du chlore ainsi que le temps de séjour au sein du réservoir.

Tableau 17: Système de traitements

Désignation	**VALEUR**
Dose souhaité d(g/ml)	2
Concentration de $Ca(OCl)_2$ (g/l)	5
Volume eau à traiter (m^3)	217,63
Masse du réactif (kg)	0,44
Volume du bac (l)	87,05
Débit de la pompe doseuse (l/h)	5,44
Rendement de pompe	80%
Débit pompe calculé (l/h)	6,80
Débit pompe retenu (l/h)	**7**
Temps de contact du chlore	2,27
Temps de séjour	0,37

À l'horizon du projet, Le projet prévoit l'utilisation d'une pompe doseuse de 7 l/h reliée à un bac de 90 litres pour la chloration. Pour traiter 217,63 m³ d'eau, il faudra environ 0,44 kg d'hypochlorite de calcium. Le chlore restera en contact avec l'eau pendant 2,27 heures, ce qui assure une désinfection complète. Le temps de séjour de **0,37 jour** permet également son renouvellement et réduit le risque de stagnation dans le système**.**

IV.8 Résultat de dimensionnement du réseau d'adduction

IV.8.1 Débit d'adduction

La réalisation du projet nécessite l'identification et la mobilisation de ressources en eau souterraine capables d'assurer l'alimentation du réseau d'adduction. À cet effet, les résultats du débit réel de pompage.

Le nombre de forages requis à l'horizon 2040 sont présentés dans le tableau 18.

Tableau 18: Temps réel de pompage

Désignations	2026	2030	2035	2040
Temps théorique de pompage (h)	16			
Demande en eau du jour de pointe (m^3/j)	67,89	111,45	153,68	217,63
Débit théorique de pompage m^3/h	4,24	6,97	9,60	13,60
Débit d'exploitation du forage m^3/h	9			
Nombre de forage	1	1	2	2
Débit réel de pompage	9	9	14	14
Temps réel de pompage (h)	7,5	12,4	11	15,5

Le débit total à mobiliser est estimé à **4,24 m^3/h** en 2026, et devrait atteindre **13,60 m^3/h** à l'horizon 2040. Afin de répondre à cette demande, il sera impératif d'envisager un forage supplémentaire d'au moins **5m^3/h dès 2035**.

IV.8.2 Détermination de l'emplacement probable des Forages

Grace aux données de la géophysique et de la télédétection réaliser lors de l'étude géophysique du forage initial, nous avons considéré SE1 comme l'emplacement probable du nouveau forage présenté la Figure 6.

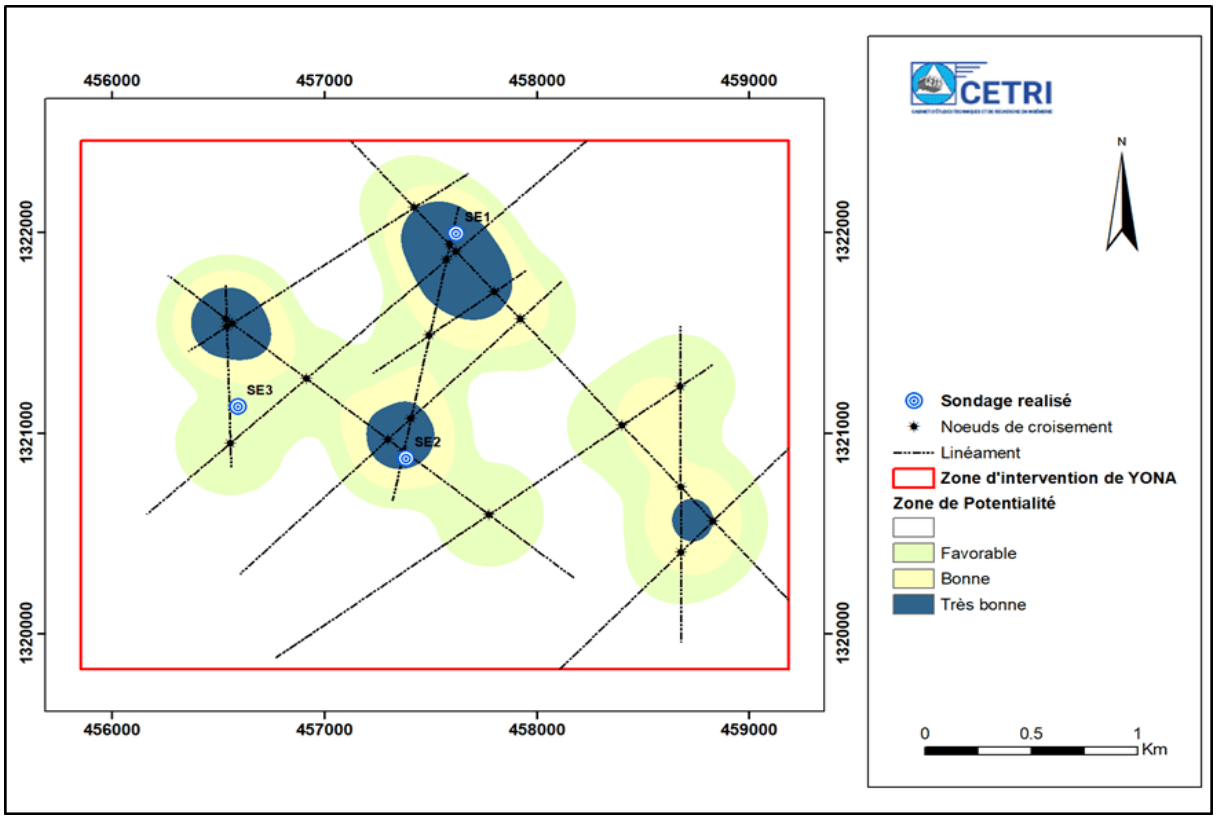


Figure 6: Carté de potentialité de la zone de Yona
(Source : CETRI,2023)

IV.8.3 Dimensionnement de la conduite de refoulement

La conduite de refoulement a été calculée en utilisant les formules empiriques. Puis nous avions effectué une vérification de la condition de Flamant et GLS.

Les résultats de dimensionnement du diamètre pour les conduites de refoulement sont donnés par le tableau 19.

Fourmule	Débit(m3/h)	**Dth(mm)**	**Dint(mm)**	**Dint(m)**	**DN(mm)**	**U(m/s)**	**Condition de flamant**	**con**
Bresse	9	75,00	90	0,09	110	0,39	Oui	
Bresse_Modifiée		112,65	114,6	0,1146	140	0,24	Oui	
Bonnin		50,00	51,4	0,0514	63	1,20	Non	N
Meunier		66,00	73,6	0,0736	90	0,59	Oui	
Bedjaoui		63,50	73,6	0,0736	90	0,59	Oui	

Tableau 19: Dimensionnement de conduite de refoulement

Fourmule	Débit(m^3/h)	D_{th}(mm)	D_{int}(mm)	Dint(m)	DN(mm)	U(m/s)	C F	C GLS
Bresse	9	75	90	0,09	110	0,39	Oui	Oui
Bresse_Modifiée		112,65	114,6	0,1146	140	0,24	Oui	Oui
Bonnin		50	51,4	0,0514	63	1,20	Non	Non
Meunier		66	73,6	0,0736	90	0,59	Oui	Oui
Bedjaoui		63,5	73,6	0,0736	90	0,59	Oui	Oui

Après analyse des résultats du tableau, notre choix s'est porté sur le diamètre calculé par la formule de Meunier ou Bedjaoui car il respecte les deux conditions et aussi la condition de vitesse à l'adduction.

La conduite sera de type PEHD PN 16 avec un diamètre extérieur de 90 mm (diamètre intérieur de 73,6 mm).

La longueur totale du réseau d'adduction est de **1474,5 m**.

La colonne d'exhaure qui relie la pompe immergée à la tête du forage sera en PEHD ou en fonte tandis que la conduite montante comprenant la hauteur sous radier et la hauteur de la cuve sera en acier galvanisé. Les dimensions de ces conduites sont consignées dans le tableau 20.

Tableau 20: Conduite exhaure et montante

	Dth(mm)	L(m)	DN
Exhaure	56,42	41	**80**
Montante	56,42	16	**80**

IV.8.4 Vérification du coup de bélier

Le tableau 21 suivant présente le calcul de la HMT et la vérification d'éventuel coup de bélier

Tableau 21: Vérification de coup de bélier

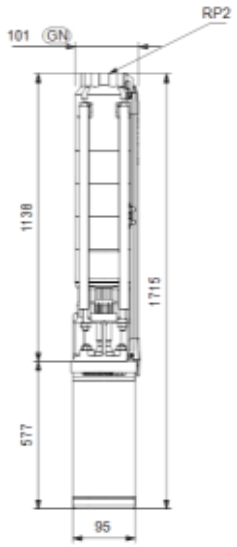
Désignation	Unité	Valeur
Débit de refoulement	m^3/h	9
Longueur de refoulement	m	1474,5
Diamètre intérieur retenu	mm	73,6
Vitesse initiale	m/s	0,59
Pertes de charge ΔH	m	9,21
Hauteur Manométrique Totale	m	89,77
Célérité de l'onde	m/s	313,86
Variation de pression	m	18,80
Surpression Pmax	m	67,57
Dépression Pmin	m	29,97
Pression Nominale	m	160
Pression Atmosphérique	m	10,33
PMA=1,2*PN	m	192

A l'issue de l'analyse des résultats présenté du tableau 12 il ressort que la surpression Pmax reste inférieure à la pression Maximale admissible PMA. Par ailleurs, la dépression Pmin demeure supérieur à la pression atmosphérique, ce qui exclut tout risque de cavitation. Ces conditions indiquent que le coup de bélier n'engendre aucun effet préjudiciable sur la conduite de refoulement. Par conséquent, l'installation d'un dispositif anti-bélier n'est pas nécessaire.

IV.8.5 Choix de la pompe

La pompe à choisir devra donc pour élever l'eau jusqu'à une hauteur de 89 m à un débit de 9 m^3/h. Apres la consultation des différents catalogues, les caractéristiques de la pompe choisie sont consignées dans le tableau 22.

Tableau 22: Caractéristique de la pompe

Marque	Grundfos	
Model de la pompe	SP 9-21	
Type de moteur	MS 4000	
Puissance[kW]	4	
Fréquence[Hz]	50	
N[tr/min]	2900	
Poids[kg]	36,2	
U [V]	3 x 380-415	
In [A]	9,6	
Cos Φ	0,8	
η_p	70 %	
η_m	78,2 %	
η_{total}	55,2%	

IV.8.6 Point de fonctionnement

Le point de fonctionnement indique le débit réel et hauteur manométrique réelle auxquels une pompe fonctionne une fois installée dans un réseau donné. Il est l'intersection entre la courbe caractéristique de la pompe et celle du réseau.

Tableau 23: Détermination de point de fonctionnement

Q[m^3/h]	0	4	8	9	10	12	14
HMT[m]	120	113	104	100	95	85	70
ΔH[m]	0,00	1,91	7,64	9,67	11,93	17,19	23,39
Hréseau[m]	79,11	81,02	86,75	88,78	91,04	96,30	102,50
ηp[%]	0	45	65	68	70	71	70

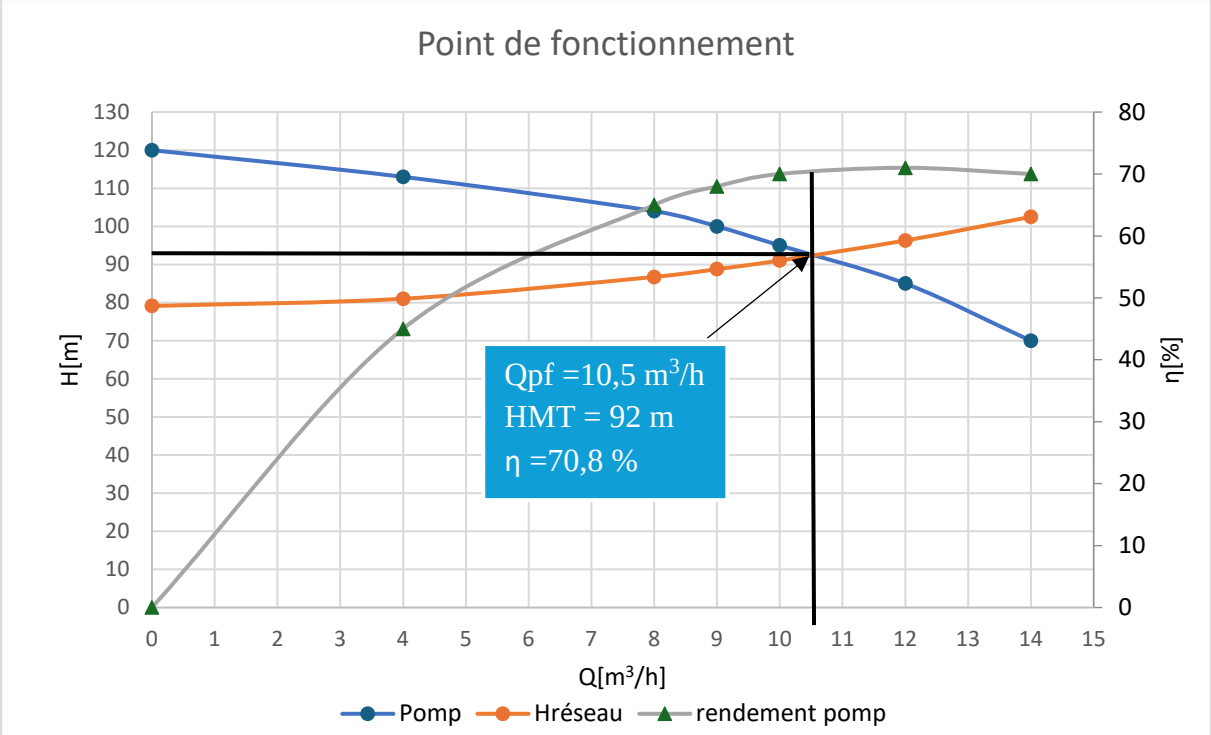


Figure 7: Courbe de détermination de point de fonctionnement

L'écart entre le débit au point de fonctionnement et le débit nominal du système déterminé est inférieur à 10% de débit nominal. La pompe choisie peut aisément assurer l'approvisionnement en eau.

IV.9 Source d'énergie

La station de pompage sera alimentée par un système mixte combinant le groupe l'électrogène et les modules photovoltaïques

IV.9.1 Groupe électrogène

Les résultats du dimensionnement du groupe électrogène sont consignés dans le tableau 24.

Tableau 24 : Calcul de puissance du groupe électrogène

Cos Φ	P[kW]	U [V]	In [A]	Papp[kVA]
0,8	4	400	9,8	13,57

La puissance apparente du groupe électrogène retenu est de 15 kWA. Le groupe sera triphasé de fréquence 50 Hz.

IV.9.2 Champ solaire

Le système photovoltaïque prévu sera composé d'un champ de panneaux solaires produisant du courant continu. Un onduleur hybride est intégré au système afin de convertir le courant continu en courant alternatif, nécessaire à l'alimentation de la pompe

Le tableau 25 présente le calcul de la puissance crête.

Tableau 25: Calcul de la puissance crête

Q Débit journalier (m³/h)	9
Temps de pompage	8
H hauteur manométrique (m)	89
η_{ond}	95%
η_{moteur}	78,9%
η_{pompe}	69,3%
$\eta_{coffret}$	90%
$\eta_{raccordement}$	75%
n Rendement global	35%
Ir Irradiation (kW/m²/jr)	5,2
P Puissance crête (Wc)	**9572**

A l'issue de cette évaluation, le choix s'est orienté vers les modules photovoltaïques monocristallins Honor Solar, modèle HY-M6/120H-380. Ce type de module est reconnu pour son haut rendement énergétique, sa stabilité de performance dans le temps, ainsi que sa capacité à maintenir une production optimale même en condition de forte chaleur.

Les caractéristiques du module sont présentées dans le tableau 26.

Tableau 26: Caractéristiques du module photovoltaïque

CHOIX DE MODULE PV	
Marque	**Honor Solar**
Model	**HY-M6/120H-380**
Pmax	400
Tension à puissance max(V)	31,01
Courant à puissance max (A)	12,9
Tension en court-circuit (V)	37,05
Courant de court-circuit (A)	13,6
Tension maximale du système (V)	1500
Efficacité maximal	25%



- **Configuration**

La configuration retenue comprend 24 modules monocristallins de 400 Wc, tous montés en série dans un seul string. Cette disposition fournit une tension de champ d'environ 744 V et un courant de 12,9 A, ce qui donne une puissance totale 9600 Wc. (Voir Annexe 5)

- **Onduleur**

L'onduleur VACON 100X est adapté au champ photovoltaïque choisi grâce à sa puissance 5,5 kW, sa plage de tension DC avec 744V. (Voir Annexe 5)

- **Choix de coffre de sécurité**

Le coffret de protection DC retenu est un modèle de la marque Eutelec, conçu pour assurer la

sécurité et la fiabilité de la chaine photovoltaïque en courant continu. Il présente une tension maximale admissible de 800 V, compatible avec les configurations PV en série de moyenne puissance. (Voir Annexe 5)

IV.8 Dimension des fouilles

Le tableau 27 suivant présente les dimensions des fouilles en fonctions des conduites.

Tableau 27: Dimension des fouilles

DN	Dimensions Calculées		Dimensions retenu	
	h min (m)	l min (m)	hr (cm)	l min (m)
160	0,96	0,56	100	60
140	0,94	0,54	100	60
125	0,925	0,525	100	60
110	0,91	0,51	100	60
90	0,89	0,49	90	50
63	0,863	0,463	90	50
32	0,832	0,432	90	50

Les conduites de diamètre nominale allant de 110 mm à 160 mm auront pour dimensions $100cm \times 60\ cm$, tandis que les diamètres compris entre 32 mm et 90 mm auront pour dimensions $90cm \times 50\ cm$.

IV.9 Equipements hydrauliques et ouvrages annexes

IV.9.1 Equipements hydrauliques

La mise en place d'un système d'Adduction d'Eau Potable Simplifié requiert l'installation des certaines équipements, indispensable pour assurer la sécurité, la fiabilité et la continuité du service. Il s'agit essentiellement :

- **Les clapets anti-retours :** Ils empêchent le reflux de l'eau vers la pompe en cas d'arrêt. Ils sont conçus pour permettre le passage de l'eau dans un seul sens et empêcher son retour dans la direction opposée ;
- **Les flotteurs de niveau :** Ils permettent de mesurer le niveau d'eau dans le réservoir ou le puits afin de prévenir la marche à sec des pompes ;
- **Les vannes d'arrêt ou de sectionnement :** Elles permettent d'isoler certain tronçon pour maintenance ou intervention sans interrompre l'ensemble du réseau ;
- **Les compteurs :** Ils mesurent le volume d'eau ;
- **Les vidanges :** assurèrent la purge des conduites en cas d'entretien du réseau ;
- **Les by-pass :** Ils assurent la continuité de la distribution lors de la maintenance ou de la vidange du réservoir ;

- **Les ventouses ou purgeurs d'air :** Ils évacuent l'air accumulé dans les conduites afin de prévenir les coups de bélier et de réduire les pertes de charge ;

IV.9.2 Ouvrages annexes

❖ **Regards de vidanges et regards de ventouses**

Des vidanges permettront de purger ou de nettoyer tout le réseau, ou certaines sections, si nécessaire. Ils seront installés aux points bas et raccordés aux conduites. Chaque vidange sera équipée d'une vanne et se déverseront soit dans un puits perdu si elle au milieu des concessions, soit dans une rigole naturelle. Dans tous les cas, des précautions seront prises pour limiter les nuisances pour les usagers pendant les opérations ;

Des ventouses placées aux points hauts et raccordées aux conduites permettront le dégagement de l'air introduit dans les canalisations. Elles seront logées dans des regards en béton armé.

Infrastructure de gestion et d'exploitation

Pour permettre au personnel commis à la gestion du système de mieux s'acquitter de ses obligations de gérant ; la réalisation d'équipements d'infrastructures techniques, de gestion et d'assainissement sont indispensables pour la mise en œuvre de l'AEPS.

Pour ce faire plusieurs infrastructures sont prévues.

❖ **Locaux de service**

C'est un local à double compartiment spécialement aménagé servant de local pour l'exploitant (y compris l'armoire électrique de commande et d'asservissement du forage et les accessoires) et le deuxième comportement servira de local magasin. Il sera construit au niveau du site de forage initiale.

❖ **Local du groupe électrogène**

C'est un local à un seul compartiment spécialement aménagée pour abriter le groupe électrogène. Il aura une façade grillagée.

❖ **Local gardien**

Un local gardien sera également construit pour abriter le gardien chargé d'assurer la sécurité des équipements au niveau du forage ;

❖ **Latrine- Douche VIP**

V. ETUDE DE FAISABILITE FINANCIER

V.1 Evaluation du coût du projet

La réalisation de l'AEPS de Yona est estimée un coût global de **deux cent soixante-trois millions cinq vingt-quatre mille quatre cent vingt-neuf (263 524 429) F CFA** toutes taxes comprises.

Le tableau 28 présente le récapitulatif des coûts (voir Annexe 10 pour les détails).

I	TRAVAUX PREPARATOIRE	3 400 000
II	OUVRAGE DE CAPTAGE	8 030 000
III	REFOULEMENT-TUYAUTERIES ET DIVERS	10 412 500
IV	RESEAU DE DISTRIBUTION	87 779 545
V	CHÂTEAU D'EAU	52 250 000
VI	TRAITEMENT	5 760 000
VII	ENERGIE	22 340 000
VIII	FORMATIONS DES BENEFICIAIRES	3 000 000
IX	EQUIPEMENTS D'EXPLOITATIONS	18 720 000
TOTAL HT		211 692 045
TVA (18%)		38 104 568
IMPREVU 2%		4 995 932
TOTAL TTC (FCFA)		**254 792 545**

Tableau 28: récapitulatif des coûts

N°	DESIGNATIONS	MONTANT
I	TRAVAUX PREPARATOIRE	3 400 000
II	OUVRAGE DE CAPTAGE	9 880 000
III	REFOULEMENT-TUYAUTERIES ET DIVERS	10 412 500
IV	RESEAU DE DISTRIBUTION	93 184 350
V	CHÂTEAU D'EAU	52 250 000
VI	TRAITEMENT	5 760 000
VII	ENERGIE	22 340 000
VIII	FORMATIONS DES BENEFICIAIRES	3 000 000
IX	EQUIPEMENTS D'EXPLOITATIONS	18 720 000
TOTAL HT		218 946 850
TVA (18%)		39 410 433
IMPREVU 2%		5 167 146
TOTAL TTC (FCFA)		**263 524 429**

V.2 Dotation aux amortissements

Le tableau 3présente les investissements concernés et leur amortissement.

Tableau 29: Dotation aux amortissements

Désignation	Durée estimée de vie	Coût d'acquisition (FCFA)	Amortissement (FCFA/an)
Pompe	10	5 000 000	500 000
Groupe électrogène	10	7 000 000	700 000
Château d'eau	20	50 000 000	2 500 000
Panneaux photovoltaïques et autres équipements solaires	20	6 200 000	310 000
Conduites	20	30 000 000	1 500 000
Accessoires techniques	5	5 000 000	1 000 000
Borne fontaine	15	7 000 000	466 667
Total annuel		110 200 000	6 976 667
Total horizon du projet	15ans		104 650 000 FCFA

Le montant total des amortissements est estimé à **cent quatre millions six cent cinquante mille (104 650 000) F CFA.**

V.3 Charge d'exploitation

Dans cette étude, les coûts d'exploitation couvrent les produits chimiques, l'électricité, l'entretien et les charges salariales.

- Produits Chimiques : La chloration de l'eau est effectuée à l'aide de pastilles, dont le montant total est estimé à **9 100 129 FCFA**
- Charges salariales : La rémunération du personnel (agent d'exploitation, gardien, fontainiers et main tenancier) est estimée **109 801 509 FCFA**.
- Dépense en électricité : Le coût dépend du temps de pompage, de la puissance des pompes et du prix moyen du gasoil. Il est estimé à **45 600 000 FCFA**.
- L'entretien : Le coût d'entretien est estime à **6 450 000 FCFA**.

Le tableau ci-dessous récapitule le calcul de la charge d'exploitation. (Voir Annexe 11 et Annexe 12 pour des détails)

Tableau 30: Charge d'exploitation

Désignation	Unité	Total sur 15 ans
Charges personnel	F CFA	109 801 509
Charges Energie	F CFA	45 600 000
Charge Chloration	F CFA	9 100 129
Maintenances et autres charges	F CFA	6 450 000

Total	**170 951 638**

Le montant total des charges d'exploitations est estimé à **cent soixante-dix millions neuf cent cinquante et un mille six cent trente-huit(170 951 638) F CFA.**

V.4 Le prix de mètre cube d'eau

La détermination du prix du mètre cube d'eau prend en compte les investissements initiaux, leur amortissement ainsi que les charges d'exploitation.

Tableau 31: Prix de mètre cube

Volume d'eau et prix à l'horizon du projet	
Désignation	**Valeur**
Charges d'exploitation en FCFA	170 951 638
Amortissements en FCFA	104 650 000
Volume d'eau	865 149
Prix de revient du m^3 d'eau	319
Prix de vente avec une marge de bénéfice de 10%	350

En supposant une marge bénéficiaire de 10% pour l'opérateur qui organisera l'exploitation, le coût du mètre cube aux consommateurs revient à 350 FCFA au niveau des bornes fontaines et 450 FCFA au niveau des branchements particuliers. Il faut noter que, les résultats des études sociaux ont révélé que 96% des ménages enquêtes souhaitent que le m^3 de l'eau n'excède pas 400Fcfa. Cela montre que le tarif de m^3 de l'eau est à la portée de la population.

Cette tarification est conforme aux recommandations du Décret n°2019-1145 du 15 novembre 2019, relatif à la tarification de l'eau en milieu rural pour la période 2020–2030, lequel préconise des prix compris entre 300 et 500 FCFA/m^3, en fonction des catégories d'usagers et des contextes locaux

VI. PLAN DE GESTION

Au Burkina Faso, les modes de gestion se définissent en fonction de la nature du contrat qui lie l'opérateur à l'autorité responsable de la délivrance du service. Les différents types de modes de gestion sont :

VI.1 La délégation de gestion par contrat d'affermage ou d'exploitation

Le fermier ou l'exploitant est un opérateur privé qui reçoit les ouvrages déjà réalisés. La gestion technique et financière, l'entretien des installations et le renouvellement à court terme des installations sont assurés par cet opérateur qui les exploitent à ses risques et périls. Elle est rémunérée directement par une partie du tarif. L'autorité délégante est chargée de la fixation du tarif, le contrôle de l'opérateur, la mobilisation des ressources en eau, le développement renouvellements à long terme. (DGEP)

VI.2 La gestion partagée

La gestion partagée consiste à déléguer la gestion tout en impliquant activement la communauté, en particulier les AUE et les membres de la société civile professionnelle. La commune reste maitre d'ouvrage, AUE gère l'exploitation quotidienne et l'ADAE assure le suivi technique, la maintenance.

VI.3 La gestion par un EPCD

La gestion par un EPCD est un mode ou la commune créé un établissement public local chargé d'exploiter les AEPS. Cet établissement assure l'exploitation, la maintenance, la gestion financière et administrative.

VI.4 La gestion communautaire

La gestion communautaire repose sur un comité ou une association d'habitants chargé de produire et de distribuer l'eau. La vente est assurée par des fontainiers, salariés ou rémunérés à la marge, tandis que le comité peut collaborer avec un prestataire pour l'entretien des installations. La gestion partagée associe la communauté à la supervision et à la planification, combinant implication locale et expertise technique pour garantir un service durable.

VI.5 La gestion par distribution déléguée

Contrairement à la gestion en régie ou à la gestion communautaire, aucun comité de gestion n'est mis en place. Les principaux acteurs sont la commune et les gérants privés des bornes fontaines, à qui la commune a directement délégué la distribution de l'eau. Aucun contrat ni document d'évaluation ne régit cette délégation. Les gérants privés assurent l'exploitation quotidienne des bornes et reversent chaque mois à la commune les recettes issues des ventes d'eau, fixées à 500 FCFA/m³. La commune conserve la maîtrise d'ouvrage, assure une gestion

durable des AEPS, prend en charge le renouvellement des équipements hors responsabilité de l'État et veille au bon fonctionnement du service.. (ACTEA, 2016)

Le tableau 36 donne les limites des modes de gestion énuméré ci-haut.

Tableau 32: Modes de gestion de l'AEPS

Mode de gestion	Avantages	Inconvénients
GESTION PARTAGEE	• Bon compromis entre professionnalisme participation local • Permet de mutualiser les ressources.	• Dépend fortement de l'engagement de chaque acteur
AFFERMAGE	• Gestion par un opérateur compétant ; • Dispense la commune des frais de gestion, d'entretien et de maintenance :	• Risque de surfacturation du mètre cube d'eau • L'absence d'un accompagnement de l'administration publique auprès de communes, dans certains cas
DELEQUEE	Réduction du risque de mauvais recouvrement des recettes.	Problème de définition des responsabilités vis-à-vis des installations
GESTION COMMUNAUTAIRE	• Implication directe des usagers dans la gestion de l'eau ; • Fixation du prix du mètre cube d'eau par consensus	• Problème d'entente et de responsabilité ; • Risque de mauvaise gestion dans la comptabilité et la maintenance ; • L'absence fréquente de transparence dans la gestion.

Au regards des avantages et des inconvénients de ces différents modes de gestion nous optons la gestion par contrat affermage pour des raisons suivantes :

- Le Professionnalisme

- Le Transfert du risque
- La qualité du service etc.

Dans l'optique d'avoir un aperçu de la situation tarifaire pratiqué dans la région voire la province, il est important de présente sous un tableau quelque peu explicatif de la réalité des tarifs pratiqué par un opérateur privé.

Les partenaires	Zones et modes de gestion	Prix au m3	Détail des prix (FCFA) en litre		
			20 l	40 l	200 à 220 l
Affermage					
PPI	**Toutes les communes de la province des Balé**				
	Les sites gérés par l'opérateur	450f à la BF et 500 F au BP	10 f	20 f	120f

Source : (PPI, 2022)

Selon le mode de gestion (affermage), on constate que le prix est de 450 f le m^3 au BF 500 FCFA le m^3au BP.

VI.6 Volet impacts environnementale et social

À l'instar de nombreux pays, le Burkina Faso est de plus en plus confronté à divers défis environnementaux liés aux activités humaines et au développement socio-économique. Conscient de ces enjeux, l'État burkinabè a mis en place un cadre institutionnel et réglementaire visant à assurer la protection de l'environnement et la promotion des principes du développement durable.

Ainsi, conformément à la loi n°006-2013/an portant code de l'environnement au Burkina Faso, la réalisation de l'AEP, à l'image de toute politique, plan ou programme ou encore projet est soumis aux Etudes Environnementales Stratégiques. De ce fait, l'AEPS de Yona fera au préalable l'objet d'un screening environnemental pour sa classification et la définition du type de document qu'il faut produire. Ainsi, qu'il s'agisse d'une Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES)

VI.6.1 Identification des impacts

Les impacts sont liés aux activités du projet et aux éléments de l'environnement et de la population qui peuvent être affectés. Les activités du projet se déroulent pendant les phases de préparation, de construction et d'exploitation, tandis que les récepteurs d'impacts sont le sol, l'eau, la végétation, la faune, l'habitat et les populations. L'analyse des impacts consiste à

identifier les impacts, à évaluer leur importance et à prévoir leurs effets afin de mieux les gérer.

VI.6.2 Impacts négatifs

Comme tous projets la mise en place du système d'AEPS entrainera des impacts négatifs lors des travaux comme :

- Pollution d'air lors des travaux
- La destruction de la faune et de la flore lors des travaux de préparation
- Des nuisances sonores causées par les engins de chantier et le matériel bruyant ;
- Les perturbations dans les activités quotidiennes
- Les pertes de portion du terrain privés
- Des risques d'accidents (chute dans les tranchées, choc contre un engin) ;
- Des risques des conflits sociaux

VI.6.3 Impacts positifs

La mise en place du système d'AEPS entrainera des impacts positifs comme :

- L'augmentation de taux d'accès à l'eau potable
- Création d'emploi
- Diminution des maladies hydriques
- Le développement de certains activités économique autours des points de desserte.

L'Annexe 8 présente la matrice de Léopold ou matrice d'identification d'impact

VI.6.4 Mesure d'atténuation

Les mesures d'atténuation proposées ont pour objectif de limiter les effets négatifs du projet sur le milieu naturel et humain. Elles comprennent le port obligatoire des équipements de protection individuelle sur le chantier, l'arrosage des pistes afin de réduire les émissions de poussiers, l'implication des populations bénéficiaires dans les travaux, une organisation rigoureuse du recrutement, le reboisement des zones dégradées si nécessaire, la mise en place d'un mécaniquement de gestion des conflits.

Pour qui est du plan de gestion environnementale et social (PGES) voir Annexe 9.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La présente étude technique a permis de proposer un système d'approvisionnement en eau potable (AEPS) pour le village de Yona, dimensionné à l'horizon 2040. La mise en place de cet AEPS constitue une réponse appropriée aux besoins croissants en eau potable de la population, en garantissant un accès durable à une eau de qualité et en quantité suffisante. Le projet est techniquement faisable et intègre les aspects sociaux à travers l'implication des populations locales.

La demande en eau à l'horizon 2040 est estimée à 217,63 m³/j. L'alimentation du système sera assurée par un forage d'un débit de 9 m³/h, complété dès l'année 2035 par un second forage d'un débit de 5 m³/h. Les ouvrages projetés comprennent une station de pompage équipée de dispositifs de mesure, de sécurité et de traitement par chloration, un château d'eau métallique cylindrique de 80 m³ (hauteur sous radier : 12 m ; hauteur cylindrique : 5 m), un réseau de distribution d'environ 5 053 m, ainsi que des points de desserte constitués de sept bornes fontaines et de branchements particuliers. Le réseau de distribution, de type ramifié, présente toutefois une vulnérabilité en cas de rupture d'une conduite principale, pouvant entraîner une interruption de service en aval. L'alimentation énergétique du système sera de type hybride, combinant l'énergie solaire photovoltaïque et le groupe électrogène. Le prix de vente de l'eau est fixé à 350 FCFA/m³ aux bornes fontaines et à 450 FCFA/m³ pour les branchements particuliers. La gestion du système sera assurée dans le cadre d'un contrat d'affermage, garantissant une exploitation professionnelle et durable. Le coût global d'investissement est estimé à **deux cent cinquante-sept millions cent trente-neuf mille cinq soixante-cinq (257 139 565) FCFA**, toutes taxes comprises.

Au regard des résultats de l'étude, les recommandations suivantes sont formulées pour garantir la durabilité et l'efficacité du système :

- **Respect strict des normes et qualité** : Veiller à la conformité des travaux avec les normes techniques et effectuer des contrôles qualité rigoureux à chaque étape,
- **Suivi de la qualité de l'eau** : Mettre en place un programme continu d'analyses physico-chimiques et microbiologiques ;
- **Sensibilisation et maintenance** : Informer les populations sur l'utilisation rationnelle de l'eau et mettre en place un plan de maintenance préventive et corrective pour garantir la pérennité des infrastructures.
- Un suivi périodique et une évaluation continue de la commune, afin de garantir la transparence, la qualité et la durabilité du service de l'eau auprès de fermier.

- .Promouvoir les branchements particuliers, à travers des actions sensibilisation et des facilités l'accès (modalités de paiement adaptées, accompagnement des ménages).

BIBLIOGRAPHIE

ACTEA. (2016). *La gestion des systèmes d'adduction d'eau potable simplifiés au Burkina Faso.* Ouagadougou.

BANA, C. d. (2024). *PLAN COMMUNAL DE DEVELOPPEMENT DE BANA (2025- 2029).*

CETRI. (2023). *ETUDE SOCIO-ECONOMIQUE DU SITE DE YONA, COMMUNE DE BANA.*

CNR, & INSD. (2022). *Cinquième Recensement Général de la Population et de l'Habitation du Burkina Faso.*

DGCMEF. (2025). *Mercuriale.* Boucle de Mouhoun.

DGEP. (s.d.). *CADRE DE GESTION DU SERVICE PUBLIC DE L'EAU EN MILIEU RURAL AU BURKINA FASO.*

DGRE. (2023). *Inventaire National des Ouvrages Hydraulique.*

KOUTOU, H. (2023). *Etude d'Avant-Projet Détaillé (APD) pour la réalisation d'un système d'Approvisionnement d'Eau Potable Simplifiée (AEPS) à Bounou dans la Commune de Yaba, Région de la Boucle du Mouhoun (Burkina Faso) .*

MAR, A. L. (2003). *COURS HYDRAULIQUE.*

MEA. (2016). *Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (2016-2030).*

MOUNIROU, L. (2024). *Essentiel de Dimensionnement des Stations de Pompage.* Ouagadougou.

OUDRAOGO, I. (1994). *GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE DES FORMATION SEDIMENTAIRES DE LE BOUCLE DE MOUHOUN (BURINA FASO).*

OUEDRAOGO, B. (2005). *Cours AEP.* Ouagadougou.

OUEDRAOGO, H. (2024). *ETUDE D'AVANT-PROJET DETAILLE (APD) POUR LA REALISATION D'UN SYSTEME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE SIMPLIFIE (AEPS) A KOFILA, DEPARTEMENT DE LENA, PROVINCE DU HOUET, REGION DES HAUTS-BASSINS AU BURKINA FASO.*

PPI. (2022). *Le Compte rendu technique & financier de PPI.*

SEYDI, A. A. (2025). *Etude de faisilibité de l'alimentation en eau potable (AEP-MV) de Selbo, Mamassiol et Bafele dans la commune de Dori, Province du Séno, Région du Sahel Burkina Faso.*

ZOUNGRANA, D. (2003). *Approvisionnement en eau potable.* Ouagadougou.

ANNEXES

Annexe 1: Irradiation XVI
Annexe 2: Caractéristique du forage XVII
Annexe 3: Localisation des points de desserte XVIII
Annexe 4: Répartition de débit de dimensionnement XIX
Annexe 5: Equipements du champs solaire XX
Annexe 6: Données de comparaison XXI
Annexe 7: Réseau de distribution XXII
Annexe 8:Matrice de Léopold XXIII
Annexe 9: Plan de gestion environnemental et social XXIV
Annexe 10: Devis estimatif XIX
Annexe 11: Besoins en chlore XXIV
Annexe 12: Charges salariales XXV
Annexe 13: Prix de l'eau XXVIII
Annexe 14: PLAN DE TETE DE FORAGE XXIX
Annexe 15: Plan du Château d'eau XXX
Annexe 16: Regard By-pass XXXI
Annexe 17: Plan de Borne fontaines XXXII
Annexe 18:Plan de Branchement Particulier XXXIII
Annexe 19: Plan des ouvrages particuliers XXXIV
Annexe 20: Plan de la Latrine XXXIV
Annexe 21: Plan des locaux(Bureau / gardien) XXXIV
Annexe 22: Carnet des nœuds XXXIV

Annexe 1: Irradiation

Mois	Irradiation (Wh/m²/jour)	Irradiation Wh/m²/mois
Janvier	5799,9	193,33
Février	5595,9	186,53
Mars	6276,9	209,23
Avril	6396,9	213,23
Mai	6282,9	209,43
Juin	5616,9	187,23
Juillet	5411,7	180,39
Août	5212,2	173,74
Septembre	5461,2	182,04
Octobre	5621,1	187,37
Novembre	5449,8	181,66
Décembre	5548,8	184,96

Annexe 2: Caractéristique du forage

Forage	**Coordonnée en UTM**		**Débit exploitation(m^3/h)**	**Niveau dynamique(m)**
	X(m)	Y(m)		
	456594	1321130	9	40

Annexe 3: Localisation des points de desserte

Désignation	**Localisation physique (Quartier, Zone)**	**Coordonnées GPS en mode UTM**	
		X	**Y**
BF1	Yaré	457788	1322646
BF2	Siawè	457954	1323052
BF3	Flakobè (Peulh)	458177	1323244
BF4	Dessa	458143	1323478
BF5	Wêbè	457967	1323709
BF6	Sobê	457811	1323201
BF7	Loubama	457526	1322777
BP1	CEG	457171	1323129
BP2	CSPS	457567	1323339
BP3	Ecole A	458076	1324072
BP4	Ecole B	457966	1322999

Annexe 4: Répartition de débit de dimensionnement

Tronçon	Longueur	Qroute(l/s)	Qsoutiré	Qaval(l/s)	Qfictif(l/s)	Qfictif(m^3/s)
RE-N1	796,65	0,00	0,00	12,70	12,70	0,0127
N1-BF1	39,63	0,07	0,82	0,75	0,79	0,0008
N1-N2	345	0,60	0,60	11,88	12,21	0,0122
N2-N3	75,63	0,13	0,13	11,28	11,35	0,0113
N3-BF7	13,19	0,02	0,77	0,75	0,76	0,0008
N3-N4	49,9	0,09	0,09	10,37	10,42	0,0104
N4-N5	191,4	0,34	0,34	5,72	5,91	0,0059
N5-N6	326	0,57	0,57	1,58	1,89	0,0019
N6-BP2	70,78	0,12	0,12	0,25	0,32	0,0003
N6-N7	435,4	0,76	0,76	0,89	1,31	0,0013
N7-BP1	70,84	0,12	0,12	0,25	0,32	0,0003
N4-N8	475,5	0,83	0,83	4,56	5,02	0,0050
N8-BF2	19,29	0,03	0,78	0,75	0,77	0,0008
N8-N9	14,34	0,03	0,03	2,94	2,96	0,0030
N9-BP3	40,04	0,07	0,07	0,25	0,29	0,0003
N9-N10	292,5	0,51	0,51	2,85	3,13	0,0031
N10-BF3	44,47	0,08	0,83	0,75	0,79	0,0008
N10-N11	270,8	0,47	0,47	1,51	1,77	0,0018
N11-N12	153,3	0,27	0,27	1,04	1,18	0,0012
N12-BF4	9,9	0,02	0,77	0,75	0,76	0,0008
N5-N13	291,7	0,51	0,51	3,81	4,09	0,0041
N13-BF6	15,57	0,03	0,78	0,75	0,76	0,0008
N13-N14	604	1,06	1,06	2,52	3,10	0,0031
N14-BF5	16,5	0,03	0,78	0,75	0,77	0,0008
N14-N15	357,6	0,63	0,63	0,68	1,03	0,0010
N15-BP4	32,94	0,06	0,06	0,25	0,28	0,0003

Annexe 5: Equipements du champs solaire

Configuration des modules	
Nombre max de modules	24
Nombre de modules en série Ns	24
Nombre de strings Np	1
Tension du système (V)	744,24
Courant système (A)	12,9
Vérification de la puissance P (Wc)	9600
CHOIX DE L'ONDULEUR	
Marque	**VACON 100X**
Références	VACON 0100-3L-0012-4-X+A1181
Puissance (kW)	5,5
Plage tension DC (V)	400- 800
Plage tension AC (V)	380- 500
I max (A)	12
Indice IP	66
COFFRET DE PROTECTION DC	
Marque	**Eutelec**
Tension max (V)	800
Sectionneur I max (A)	40
Parafoudre	In 20kA - Imax 40kA
Entrée PV	1 strings MC4
Indice IP	65

Annexe 6: Données de comparaison

Nœuds	Pr Epanet (mCE)	Pr Excel (mCE)	Tronçons	V sim (m/s)	V cal (m/s)
N1	31,98	30,74	RE-N1	0,81	0,81
BF1	31,85	30,10	N1-BF1	0,33	0,33
N2	33,93	31,85	N1-N2	0,76	0,78
N3	32,85	30,85	N2-N3	0,95	0,95
BF7	32,59	30,61	N3-BF7	0,32	0,32
N4	32,36	30,48	N3-N4	0,88	0,87
N5	28,83	26,89	N4-N5	0,47	0,49
N6	25,82	20,71	N5-N6	0,63	0,79
BP2	24,15	18,88	N6-BP2	0,49	0,49
N7	27,68	19,34	N6-N7	0,44	0,54
BP1	25,27	16,76	N7-BP1	0,49	0,49
N8	28,1	26,01	N4-N8	0,53	0,53
BF2	27,81	25,73	N8-BF2	0,32	0,32
N9	27,64	25,62	N8-N9	0,59	0,60
BP3	26,39	24,13	N9-BP3	0,36	0,44
N10	23,49	21,14	N9-N10	0,64	0,64
BF3	23,69	21,35	N10-BF3	0,33	0,33
N11	17,65	14,55	N10-N11	0,73	0,73
N12	17,5	14,25	N11-N12	0,49	0,49
BF4	17,36	14,13	N12-BF4	0,32	0,32
N13	28,89	26,88	N5-N13	0,43	0,43
BF6	28,52	26,53	N13-BF6	0,32	0,32
N14	20,91	18,49	N13-N14	0,38	0,42
BF5	20,11	18,71	N14-BF5	0,32	0,32
N15	13,83	11,11	N14-N15	0,43	0,43
BP4	12,76	10,00	N15-BP4	0,43	0,43

Annexe 7: Réseau de distribution

Tronçon	Longueur	Côte TN(m)	Qf(l/s)	Qf(m^3/s)	Dth(mm)	Dint(mm)	DN(mm)	Vr (m/s)	Ɛ= k/D	Re	Lamda(λ)	ΔH(m)	∑ΔH(m)	Ps(mCE)	Zimp(m)	Pr(mCE)
RE-N1	796,65	410,752	12,70	0,0127	127,16	141	160	0,81	0,000709	1E+05	0,0211	4,23	4,23	10,00	424,98	30,74
N1-BF1	39,63	411,273	0,79	0,0008	31,68	55,4	63	0,33	0,001805	2E+04	0,0307	0,13	4,36	10,00	425,63	30,10
N1-N2	345	407,949	12,21	0,0122	124,70	141	160	0,78	0,000709	1E+05	0,0212	1,70	5,93	10,00	423,88	31,85
N2-N3	75,63	408,313	11,35	0,0113	120,21	123,4	140	0,95	0,000810	1E+05	0,0215	0,63	6,56	10,00	424,88	30,85
N3-BF7	13,19	408,514	0,76	0,0008	31,16	55,4	63	0,32	0,001805	2E+04	0,0309	0,04	6,60	10,00	425,12	30,61
N3-N4	49,9	408,321	10,42	0,0104	115,18	123,4	140	0,87	0,000810	9E+04	0,0217	0,36	6,92	10,00	425,24	30,48
N4-N5	191,4	411,444	5,91	0,0059	86,73	123,4	140	0,49	0,000810	5E+04	0,0233	0,47	7,39	10,00	428,84	26,89
N5-N6	326	412,393	1,89	0,0019	49,11	55,4	63	0,79	0,001805	4E+04	0,0269	5,23	12,62	10,00	435,01	20,71
N6-BP2	70,78	413,143	0,32	0,0003	20,13	28,8	32	0,49	0,003472	1E+04	0,0345	1,08	13,70	10,00	436,85	18,88
N6-N7	435,4	410,282	1,31	0,0013	40,77	55,4	63	0,54	0,001805	3E+04	0,0282	3,48	16,10	10,00	436,39	19,34
N7-BP1	70,84	411,776	0,32	0,0003	20,13	28,8	32	0,49	0,003472	1E+04	0,0345	1,08	17,19	10,00	438,96	16,76
N4-N8	475,5	411,28	5,02	0,0050	79,94	110,2	125	0,53	0,000907	5E+04	0,0237	1,52	8,44	10,00	429,72	26,01
N8-BF2	19,29	411,501	0,77	0,0008	31,28	55,4	63	0,32	0,001805	2E+04	0,0308	0,06	8,50	10,00	430,00	25,73
N8-N9	14,34	411,581	2,96	0,0030	61,38	79,2	90	0,60	0,001263	4E+04	0,0253	0,09	8,53	10,00	430,11	25,62
N9-BP3	40,04	412,556	0,29	0,0003	19,17	28,8	32	0,44	0,003472	1E+04	0,0351	0,51	9,04	10,00	431,59	24,13
N9-N10	292,5	414,051	3,13	0,0031	63,14	79,2	90	0,64	0,001263	4E+04	0,0251	2,01	10,53	10,00	434,58	21,14
N10-BF3	44,47	413,704	0,79	0,0008	31,77	55,4	63	0,33	0,001805	2E+04	0,0306	0,14	10,68	10,00	434,38	21,35
N10-N11	270,8	416,814	1,77	0,0018	47,48	55,4	63	0,73	0,001805	4E+04	0,0271	3,82	14,36	10,00	441,17	14,55
N11-N12	153,3	416,096	1,18	0,0012	38,81	55,4	63	0,49	0,001805	2E+04	0,0287	1,02	15,38	10,00	441,48	14,25
N12-BF4	9,9	416,185	0,76	0,0008	31,10	55,4	63	0,32	0,001805	2E+04	0,0309	0,03	15,41	10,00	441,59	14,13
N5-N13	291,7	410,82	4,09	0,0041	72,15	110,2	125	0,43	0,000907	4E+04	0,0245	0,64	8,03	10,00	428,85	26,88
N13-BF6	15,57	411,124	0,76	0,0008	31,21	55,4	63	0,32	0,001805	2E+04	0,0308	0,05	8,08	10,00	429,20	26,53
N13-N14	604	417,709	3,10	0,0031	62,84	96,8	110	0,42	0,001033	4E+04	0,0253	1,50	9,53	10,00	437,24	18,49
N14-BF5	16,5	417,436	0,77	0,0008	31,23	55,4	63	0,32	0,001805	2E+04	0,0308	0,05	9,58	10,00	437,02	18,71
N14-N15	357,6	423,246	1,03	0,0010	36,18	55,4	63	0,43	0,001805	2E+04	0,0293	1,84	11,37	10,00	444,62	11,11
N15-BP4	32,94	423,95	0,28	0,0003	18,94	28,8	32	0,43	0,003472	1E+04	0,0352	0,40	11,78	10,00	445,73	10,00

Annexe 8:Matrice de Léopold

Phase du projet	Activités	Composante environnementale						Composante sociale			
		Air	Eau sous-sols	Sol	Faune	Flore	Revenue	Social	Sécurité - sante	Emploi	Hygiène
Phase conception et réalisation	Etudes socio, géotechnique, et Topographique	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0
	Installation de la base vie et autres installations techniques	0	0	-	-	-	+	-	0	+	0
	Le débroussaillage et abattage d'arbres sur le site	-	0	-	0	-	+	+	-	+	0
	Transport et circulation des engins	-	-	-	0	-	+	-	-	+	-
	Travaux d'emprunt, remblai, déblai	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
	Implantation des infrastructures du système	-	-	-	0	-	+	+	0	+	0
Phase d'exploitation	Vente d'eau	0	-	0	0	0	+	+	+	+	+
	Utilisation de l'Energie thermique	0	0	0	-	0	+	0	-	+	0
	Entretien/Maintenance	0	0	0	0	0	+	+	+	+	+

Annexe 9: Plan de gestion environnemental et social

Impact évalué	**Indicateurs de surveillance**	**Fréquence d'évaluation**	**Acteurs responsables**	**Paramètres mesurés**	**Sources de vérification**
Gestion du système d'approvisionnement en eau	Effectifs formés à la gestion du système	Tous les deux mois	Entreprise chargée du suivi et de l'exécution des travaux	Volume d'eau commercialisée, niveau des recettes	Rapports de formation
Qualité de l'eau distribuée	Résultats des analyses (turbidité, bactéries identifiées	Mensuel	Laboratoires, gestionnaire, ministère en charge de la santé	Résultats des tests physico-chimiques et bactériens	Fiches et rapports d'analyses
Santé des populations	Cas signalés de maladies liées à l'eau	Trimestriel	Ministère de la santé, ministère de l'eau et de l'assainissement, bureau de suivi	Nombre de cas répertoriés dans les structures de santé	Rapports des CSPS, CS, CHU

Annexe 10: Devis estimatif

DEVIS ESTIMATIF DES TRAVAUX DE REALISATION DE L'AEPS					
N°	**Désignation**	**Unité**	**Quantité**	**Prix unitaire (FCFA)**	**Prix total (FCFA)**
I	**TRAVAUX PREPARATOIRE**				
1.1	Installation et Repli de chantier	forfait	1	2 000 000	2 000 000
1.2	Etude et plan d'exécution	forfait	1	500 000	500 000
1.3	Dossier de récolement des travaux	forfait	1	400 000	400 000
1.4	Essai de fonctionnement général	forfait	1	500 000	500 000
	TOTAL I : TRAVAUX PREPARATOIRE				**3 400 000**
II	**OUVRAGE DE CAPTAGE**				
2.1	Développement du forage	u	1	300 000	300 000
2.2	Pompage d'essai par palier	u	1	400 000	400 000
2.3	Pompage d'essai longue durée	u	1	1 000 000	1 000 000
2.4	Analyse physico-chimique et bactériologique		1	135 000	135 000
2.5	Construction du Génie civil de la tête du forage		1	500 000	500 000
2.6	Fourniture, installation et mise en route d'une électropompe immergée au moins 9m3/h, HMT d'au moins 90 et d'une puissance de 4kW	u	1	5 000 000	5 000 000
2.7	Fourniture, pose et raccordement d'équipements hydromécaniques (ventouse, coude M/F, bride ronde filetée, compteur, clapet anti-retour, manomètre, pressostat, vanne..etc)	Ens	1	1 500 000	1 500 000
2.8	Fourniture, pose et raccordement d'une colonne montante en PEHD DN 80	ml	90	10 500	945 000
2.9	Fourniture et installation d'électrode de niveau	u	1	100 000	100 000
	TOTAL ii : OUVRAGE DE CAPTAGE				**9 880 000**
III	**REFOULEMENT-TUYAUTERIES ET DIVERS**				
3.1	Excavation, fourniture et pose de conduite PEHD,DE 90, PN 16,y compris toutes sujètions (lit de sable, grillage avertisseur et pose de pièces spéciales…)	ml	1475	6 000	8 850 000
3.2	Fourniture et pose de canalisation d'appareils hydrauliques à brides (robinets, vannes,clapet,ventouse etc.)DN 80 dans le regard tête de forage y compris tous suggestion	ml	1	300 000	300 000
3.3	Réalisation de massifs de butée en béton dosé à 250kg/m3	forfait	1	200 000	200 000
3.4	Essai de pression, lavage, désinfection et rinçage des canalisations	ml	1475	700	1 032 500
3.5	Fourniture et pose de bornes de repérage pour canalisation sur tous les 150ml et changement de direction	u	15	2 000	30 000
	TOTAL III: REFOULEMENT-TUYAUTERIES ET DIVERS				**10 412 500**
IV	**RESEAU DE DISTRIBUTION**				

4.1	Excavation, fourniture et pose de conduite PEHD,DE 160, PN 10,y compris toutes sujètions (lit de sable, grillage avertisseur , pièces spéciales de raccordement robi…)	ml	1142	13 500	15 412 275
	Excavation, fourniture et pose de conduite PEHD,DE 140, PN 10,y compris toutes sujètions (lit de sable, grillage avertisseur , pièces spéciales de raccordement robi…)		317	12 000	3 803 160
4.2	Excavation, fourniture et pose de conduite PEHD,DE 125, PN 10,y compris toutes sujètions (lit de sable, grillage avertisseur, pièces spéciales de raccordement robi…)	ml	767	10 000	7 672 000
4.3	Excavation, fourniture et pose de conduite PEHD,DE 110, PN 10,y compris toutes sujètions (lit de sable, grillage avertisseur, pièces spéciales de raccordement robi…)	ml	604	7 300	4 409 200
4.4	Excavation, fourniture et pose de conduite PEHD,DE 90, PN 10,y compris toutes sujètions (lit de sable, grillage avertisseur …)	ml	317	5 500	1 743 115
4.5	Excavation, fourniture et pose de conduite PEHD,DE 63, PN 10,y compris toutes sujètions (lit de sable, grillage avertisseur, pièces spéciales de raccordement robi…)	ml	1702	4 500	7 659 000
4.6	Excavation, fourniture et pose de conduite PEHD,DE 32, PN 10,y compris toutes sujètions (lit de sable, grillage avertisseur, pièces spéciales de raccordement robi…)	ml	215	1 900	408 500
4.7	Fourniture et pose des pièces spéciales (coudes, té ,pièces de raccordements…) pour canalisation	Ens	1	2 000 000	2 000 000
4.8	Fourniture, pose d'équipement hydraulique vanne et construction du regard pour vidange sur DE 63y compris toute sujétion	u	2	300 000	600 000
4.9	Fourniture, pose d'équipement hydraulique de ventouse et construction du regard pour vidange sur DE 63 à 160 y compris toute sujétion	u	3	400 000	1 200 000
4.10	Fourniture, pose vannes ou vannes à opercules DN 150 sous bouche clé	u	1	260 000	260 000
4.11	Fourniture, pose vannes ou vannes à opercules DN 50 sous bouche clé	u	7	45 000	315 000
4.12	Fourniture, pose vannes ou vannes à opercules DN 32 sous bouche clé	u	4	21 000	84 000
4.13	Construction de massif de butée et/ou d'ancrage dosé à 350 kg/m^3	ens	1	300 000	300 000
4.14	Essai de pression, lavage, désinfection et rinçage des canalisations	u	5053	700	3 537 100
4.15	Fourniture et pose de bornes d'indication des conduites sur réseau de distribution	ens	1	400 000	400 000
4.16	Fourniture boulons acier 16/80	u	280	750	210 000
4.17	Réalisation de branchements particuliers	u	241	150 000	36 150 000
4.18	Réalisation génie civil pour une borne fontaine à 3 robinets et installations des équipements hydraulique selon le plan, y compris puits perdus	u	7	800 000	5 600 000
4.19	Fourniture et pose de plaque d'immatriculation pour bornes fontaines de format A3	u	7	3 000	21 000

4.20	Raccordement de borne fontaine au réseau	u	7	200 000	1 400 000
4.21	**TOTAL RESEAU DE DISTRIBUTION**				**93 184 350**
V	**CHÂTEAU D'EAU**				
5.1	Etude géotechniques	ff	1	800 000	800 000
5.2	Fourniture et pose de Château d'eau métallique (80 m³ , hauteur radier 11m) + tour, toutes sujétions comprises(équipement de robinetterie intérieure: robinet flotteur ,crépine et extérieur: compteur au pied de l'ouvrage ,clapet anti retour, robinet vanne ,échelle de lecture, peint)	ens	1	50 000 000	50 000 000
5.3	Construction d'un regard au pied du château (by pass)	ff	1	500 000	500 000
5.4	Fourniture et pose de clôture (15m*15m) en grillage confectionnée avec du fil de fer galvanisé de diamètre 2,5 mm avec mailles 5 cm de hauteur 1,5 m hors sol et 0,5 m ancré dans le sol avec 1 portail à 2 battants de 1,5 m de hauteur et 3 m de largeur…	ff	1	900 000	900 000
5.5	Système de protection paratonnerre du château	ff	1	50 000	50 000
	TOTAL IV : CHÂTEAU D'EAU				**52 250 000**
VI	**TRAITEMENT**				
6.1	Fourniture pose Pompe doseuse d'au moins 5l/s	u	1	700 000	700 000
6.2	Bac de 200l	u	1	60 000	60 000
6.4	Fourniture de désinfectant alimentaire chlore en poudre (fût de 45kg)	ens	1	5 000 000	5 000 000
6.5	Fourniture et pose de support et hangar de protection				
6.6	Fouille et remblais pour installation				
6.7	Formation des techniciens pour l'exploitation				
	TOTAL V : TRAITEMENT				**5 760 000**
VII	**ENERGIE**				
7.1	Structure pour générateur solaire PV et toutes sujétions	ens	1	500 000	500 000
7.2	Fourniture, pose et essai des panneaux solaires mono cristallin de 400Wc 24 V y compris toutes suggestions de pose et de raccordements	u	24	175 000	4 200 000
7.3	Fourniture, pose, raccordement et essai d'un onduleur VACON 100X, Tension MPP mini recommandé 400 VDC , Tension MPP maxi recommandé 800 VCD, y compris toutes sujétions	u	1	3 000 000	3 000 000
7.4	Fourniture, pose et raccordement d'un parafoudre DC 800V, y compris toute sujétion	u	1	245 000	245 000
7.5	kit de raccordement, câbles de liaison Générateur PV-Boite de connexion et toutes sujétions	ens	1	1 500 000	1 500 000
7.6	Fourniture, installation et mise en service d'un groupe électrogène Diesel insonorisé de puissance d'au moins 15kVA-380/220-50 Hz	ens	1	7 000 000	7 000 000
7.7	Raccordement divers matériels de sécurités, essais et mise en route et toutes sujétions	ens	1	2 000 000	2 000 000
7.8	Liaison Groupe Electrogène -Coffret de commande par un câble U1000 R02V de 5x10mm² (sur chemin de câble) y comprise toute sujétion	ml	40	4 500	180 000

7.9	Fourniture, pose et raccordement d'un Coffret de commande et de protection conforme au descriptif et toutes sujétions	ens	1	2 000 000	2 000 000
7.10	Fourniture, pose et raccordement d'un coffret étanche équipé de bornes de jonction pour le raccordement des câbles dans l'abri de la tête de forage, y compris toute sujétion	u	1	350 000	350 000
7.11	Liaison Coffret de commande - Boite de Raccordement posée dans l'abri tête de forage par câble électrique U1000 R02V de 4x6mm² enterré sous PVC et signalé par grillage avertisse	ml	50	4 000	200 000
7.12	Liaison Coffret de Protection et boite de raccordement dans l'abri tête de forage par câble U1000 R02V de 5x2, 5mm² y compris toutes sujétions pour l'asservissement de l'électropompe	ml	50	3 000	150 000
7.13	Liaison Pressostat-Boite de raccordement dans l'abri tête de forage par câble U1000 R02V de 3x1, 5mm² pour l'asservissement surpression de l'électropompe y comprise toute sujétion	ml	30	1 500	45 000
7.14	Câble électrique à immersion permanente de 4x4mm² pour l'alimentation de l'électropompe à partir de la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage, y compris toute sujétion	ml	60	4 500	270 000
7.15	Câbles d'électrodes de niveau à immersion permanente de 1x1, 5mm² pour raccordement des électrodes dans le forage à la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage y comprise toute sujétion	ml	200	2 500	500 000
7.16	Installation électrique d'éclairage, câbles et canalisations, prises, réglettes, y compris toutes sujétions	ens	1	200 000	200 000
	TOTAL ENERGIE				**22 340 000**
VIII	**FORMATIONS DES BENEFICIAIRES**				
8.1	Formation des acteurs communaux sur les questions d'eau et d'assainissement	ens	1	2 000 000	2 000 000
8.2	Formation des bénéficiaires sur le fonctionnement des équipements du réseau	ens	1	1 000 000	1 000 000
	TOTAL FORMATIONS DES BENEFICIAIRES				**3 000 000**
IX	**EQUIPEMENTS D'EXPLOITATIONS**				
9.1	Aménagement de terrain sur une plate-forme de (30m*30m) remblai de hauteur 20cm pour implantation des locaux et mûr de clôture	ens	1	800 000	800 000
9.2	Construction du local groupe électrogène pouvant contenir le groupe électrogène, l'extincteur et l'armoire électrique y compris les installations électriques intérieures et toutes sujétions.	ens	1	2 000 000	2 000 000
9.3	Construction d'un ensemble Latrine VIP-douche, avec un regard et un puisard, fourniture et pose des accessoires, appareillages électriques (fileries, lampes, interrupteurs, prises, etc.) pour électrification, y compris toutes sujétions	ens	1	1 500 000	1 500 000
9.4	Réalisation d'un local gardien selon	ens	1	2 500 000	2 500 000

9.5	Construction du local de Bureau/magasin, y compris toutes	ens	1	4 000 000	4 000 000
9.6	Fourniture et pose de lampadaire solaire crépusculaire au niveau des locaux	u	4	400 000	1 600 000
9.7	Fourniture et pose de lampadaire solaire à côté des bornes fontaines	u	7	400 000	2 800 000
9.8	Construction d'une clôture grillagée (3*3m) équipé d'un portail planches d'acier (largeur 1,1m et hauteur 1,5m) pour protection de forage	ens	1	120 000	120 000
9.9	Aménagement d'une station photo - voltaïque (charpente métallique, clôture grillagée et accessoires), y compris toutes sujétions.	ens	1	1 700 000	1 700 000
9.10	Mise en place d'une clôture grillagée de 25m *25 m, en maçonnerie d'agglo de 15 cm et de 2 m de hauteur selon le plan y compris l'éclairage du portail	ens	1	1 700 000	1 700 000
	TOTAL IX : EQUIPEMENTS D'EXPLOITATIONS				**18 720 000**
	MONTANT TOTAL HTVA DE L'AEPS				**218 946 850**
	MONTANT DE LA TVA (18%)				**39 410 433**
	TOTAL TTC				**258 357 283**
	IMPREVU 2%				5 167 146 CFA
	MONTANT TOTAL TTC DE L'AEPS				**263 524 429 CFA**

Annexe 11: Besoins en chlore

Années	Besoin (m^3/jr)	Chlore (g/jr)	Chlore (Kg/jr)	Chlore (Kg/an)	Prix au Kg	**Total général**
2026	67,89	135,78	0,14	49,56	6000	**297 359 CFA**
2027	76,04	152,07	0,15	55,51	6000	**333 041 CFA**
2028	85,16	170,32	0,17	62,17	6000	**373 006 CFA**
2029	95,38	190,76	0,19	69,63	6000	**417 767 CFA**
2030	111,45	222,91	0,22	81,36	6000	**488 164 CFA**
2031	117,03	234,05	0,23	85,43	6000	**512 572 CFA**
2032	122,88	245,75	0,25	89,70	6000	**538 201 CFA**
2033	129,02	258,04	0,26	94,19	6000	**565 111 CFA**
2034	135,47	270,94	0,27	98,89	6000	**593 366 CFA**
2035	153,68	307,35	0,31	112,18	6000	**673 100 CFA**
2036	167,51	335,01	0,34	122,28	6000	**733 679 CFA**
2037	182,58	365,16	0,37	133,28	6000	**799 710 CFA**
2038	199,01	398,03	0,40	145,28	6000	**871 684 CFA**
2039	216,93	433,85	0,43	158,36	6000	**950 135 CFA**
2040	217,63	435,27	0,44	158,87	6000	**953 234 CFA**

Annexe 12: Charges salariales

	chef de centre	Fontainier	gardien	Maintenancier	Total	**Total général FCFA**
Nombre	1	7	1	1	10	
salaires mensuel	120 000	45 000	55 000	90 000	310 000	
2026	120 000	315 000	55 000	90 000	580 000	**6 960 000 CFA**
2027	120 000	315 000	55 000	90 000	580 000	**6 960 000 CFA**
2028	120 000	315 000	55 000	90 000	580 000	**6 960 000 CFA**
2029	120 000	315 000	55 000	90 000	580 000	**6 960 000 CFA**
2030	120 000	315 000	55 000	90 000	580 000	**6 960 000 CFA**
2031	123 600	324 450	56 650	92 700	597 400	**7 168 800 CFA**
2032	124 836	327 695	57 217	93 627	603 374	**7 240 488 CFA**
2033	126 084	330 971	57 789	94 563	609 408	**7 312 893 CFA**
2034	127 345	334 281	58 367	95 509	615 502	**7 386 022 CFA**
2035	128 619	337 624	58 950	96 464	621 657	**7 459 882 CFA**
2036	129 905	341 000	59 540	97 429	627 873	**7 534 481 CFA**
2037	131 204	344 410	60 135	98 403	634 152	**7 609 826 CFA**
2038	132 516	347 854	60 736	99 387	640 494	**7 685 924 CFA**
2039	133 841	351 333	61 344	100 381	646 899	**7 762 783 CFA**
2040	135 179	354 846	61 957	101 385	653 368	**7 840 411 CFA**

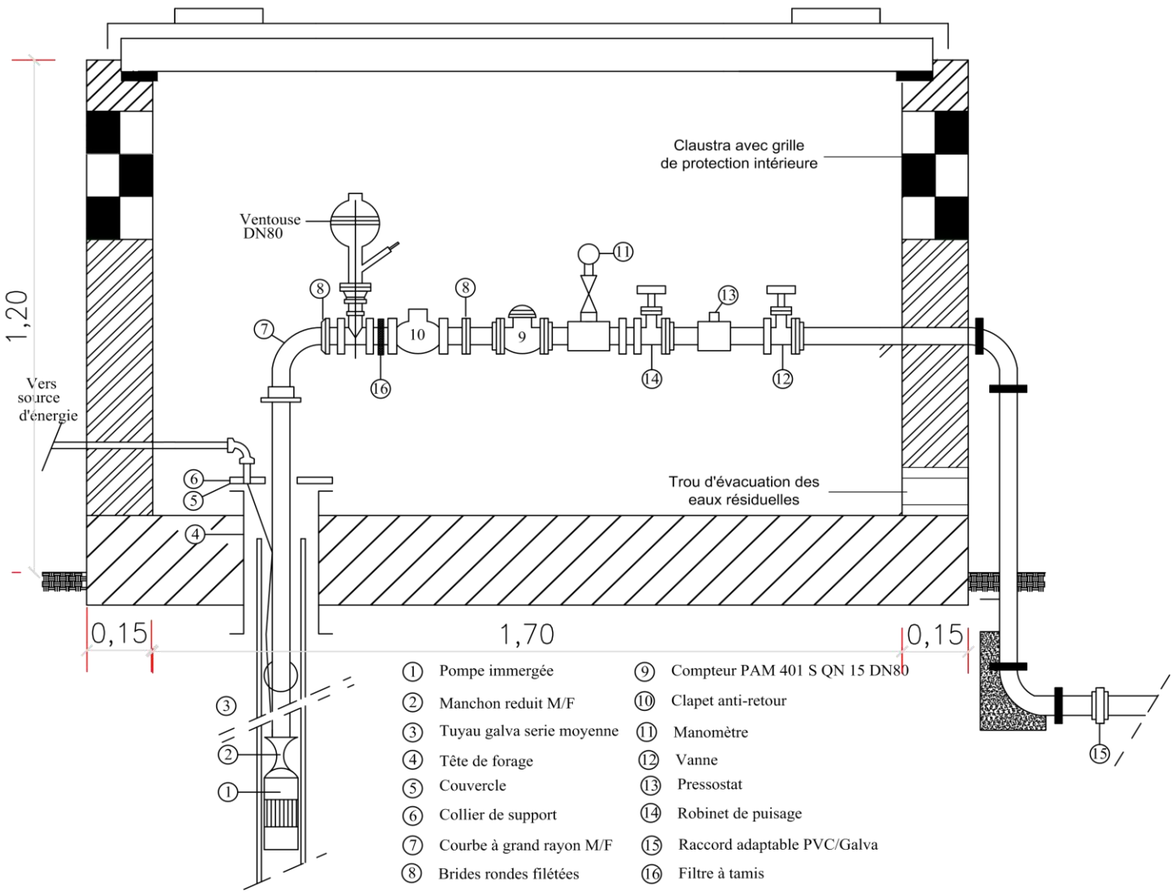
Annexe 13: Prix de l'eau

Année		Volume d'eau [m^3/an]	Dépense de Gasoil en FCFA /an	Dépense en chlore en FCFA/an	Dépense personnel en FCFA/an	Maintenance en FCFA/an	Amortissement	Total	Prix du m^3
1	2 026	24 780	0	297 359	6 960 000	250 000	6 976 667	14 484 026	585
2	2 027	40 681	0	333 041	6 960 000	250 000	6 976 667	14 519 708	357
3	2 028	40 681	0	373 006	6 960 000	250 000	6 976 667	14 559 673	358
4	2 029	40 681	0	417 767	6 960 000	250 000	6 976 667	14 604 434	359
5	2 030	40 681	800 000	488 164	6 960 000	400 000	6 976 667	15 624 831	384
6	2 031	56 092	1 600 000	512 572	7 168 800	400 000	6 976 667	16 658 039	297
7	2 032	56 092	2 400 000	538 201	7 240 488	450 000	6 976 667	17 605 356	314
8	2 033	56 092	3 200 000	565 111	7 312 893	500 000	6 976 667	18 554 671	331
9	2 034	56 092	4 000 000	593 366	7 386 022	500 000	6 976 667	19 456 054	347
10	2 035	56 092	5 600 000	673 100	7 459 882	500 000	6 976 667	21 209 649	378
11	2 036	79 437	5 600 000	733 679	7 534 481	500 000	6 976 667	21 344 827	269
12	2 037	79 437	5 600 000	799 710	7 609 826	550 000	6 976 667	21 536 202	271
13	2 038	79 437	5 600 000	871 684	7 685 924	550 000	6 976 667	21 684 275	273
14	2 039	79 437	5 600 000	950 135	7 762 783	550 000	6 976 667	21 839 585	275
15	2 040	79 437	5 600 000	953 234	7 840 411	550 000	6 976 667	21 920 312	276
Total 15 ans FCFA		865 149	45 600 000	9 100 129	109 801 509	6 450 000	104 650 000	275 601 638	319

Annexe 14: PLAN DE TETE DE FORAGE

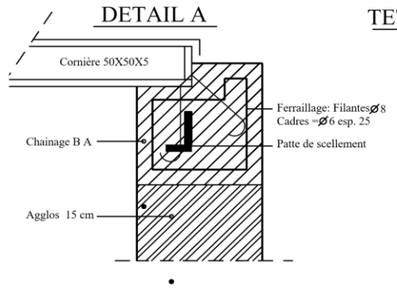
TETE DE FORAGE

COUPE AA

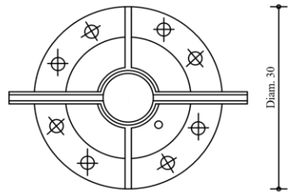


1. Pompe immergée
2. Manchon reduit M/F
3. Tuyau galva serie moyenne
4. Tête de forage
5. Couvercle
6. Collier de support
7. Courbe à grand rayon M/F
8. Brides rondes filétées
9. Compteur PAM 401 S QN 15 DN80
10. Clapet anti-retour
11. Manomètre
12. Vanne
13. Pressostat
14. Robinet de puisage
15. Raccord adaptable PVC/Galva
16. Filtre à tamis

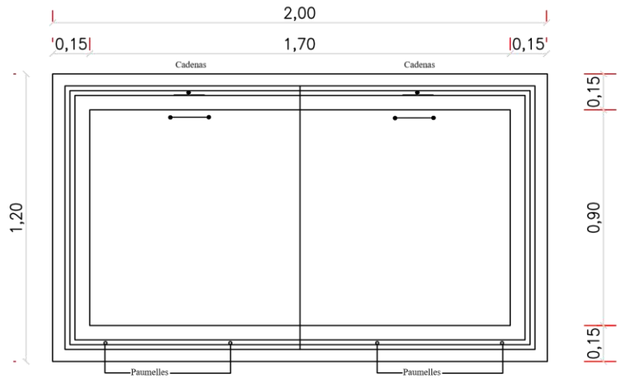
DETAIL A



TETE DE FORAGE



VUE DE DESSUS

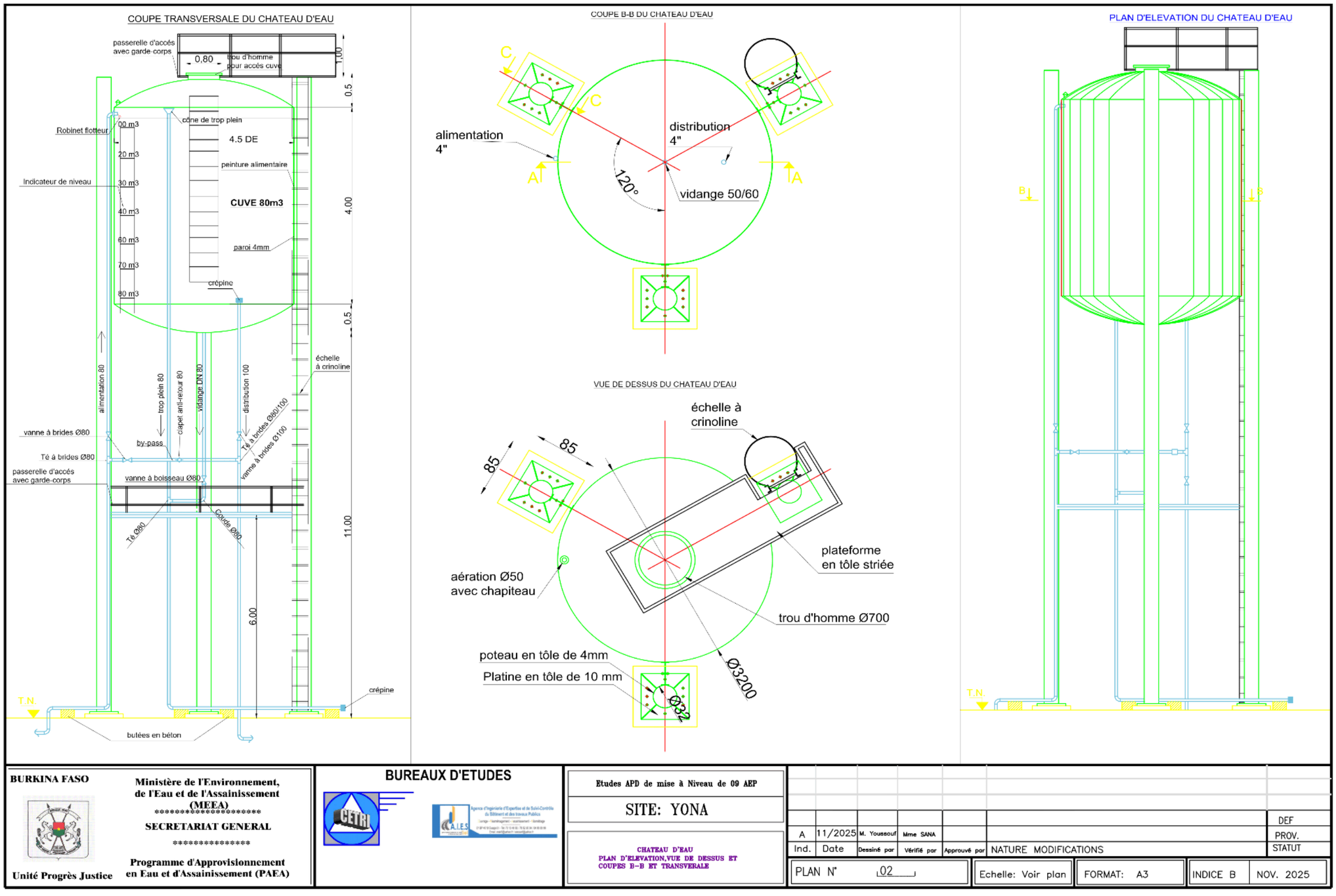


BURKINA FASO Unité Progrès Justice	Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement (MEEA) SECRETARIAT GENERAL Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA)	BUREAUX D'ETUDES CETRI C.A.I.E.S
SITE: YONA TETE DE FORAGE PLAN D'ELEVATION,VUE DE DESSUS ET COUPES B-B ET TRANSVERALE		

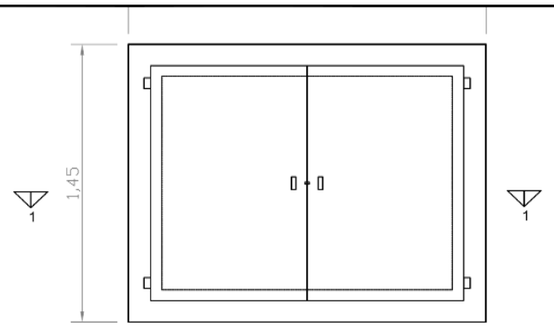
Ind.	Date	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	NATURE MODIFICATIONS	STATUT
B	12/2025	M. Youssouf	Mme.B.SANA			DEF
A	11/2025	M. Youssouf	Mme.B.SANA			PROV.

PLAN N°	Echelle: Voir plan	FORMAT: A3	INDICE B	Déc. 2025
1				

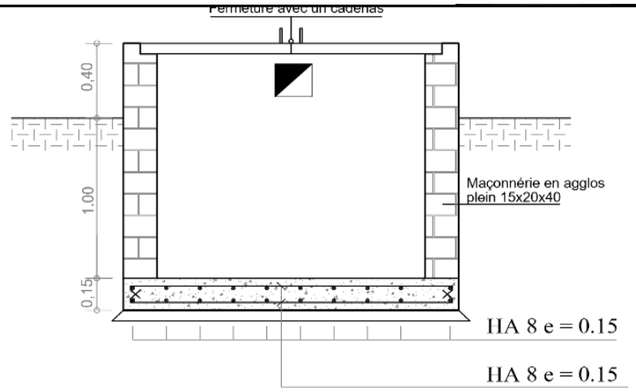
Annexe 15: Plan du Château d'eau



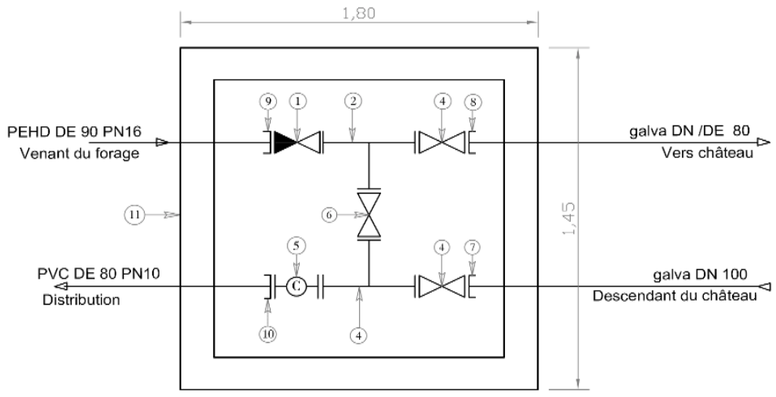
Annexe 16: Regard By-pass



VUE EN PLAN



COUPE 1 - 1



SCHEMA DES PIECES DU BY-PASS

Pièce n°	Désignation	Matériaux	Quantité
1	Clapet anti-retour DN 80	FONTE	01
2	Té fonte égal à brides DN 80/80/80	FONTE	02
4	vanne à brides DN 80	FONTE	03
5	Compteur à bride DN 80	FONTE	01
6	Robinet vanne à brides DN 80	FONTE	01
7	Bride à Souder DN110	GALVA	01
8	Bride à Souder DN80	GALVA	01
9	Adaptateur à bride DN50/80	FONTE	01
10	Adaptateur à bride DN100	FONTE	01
11	Regard maçonné 1,80x1,45	Parpaing	01

BURKINA FASO
Unité Progrès Justice

Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement (MEEA)
SECRETARIAT GENERAL
Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA)

BUREAU D'ETUDE

Etude Technique de mise à niveau de 5 AEPS

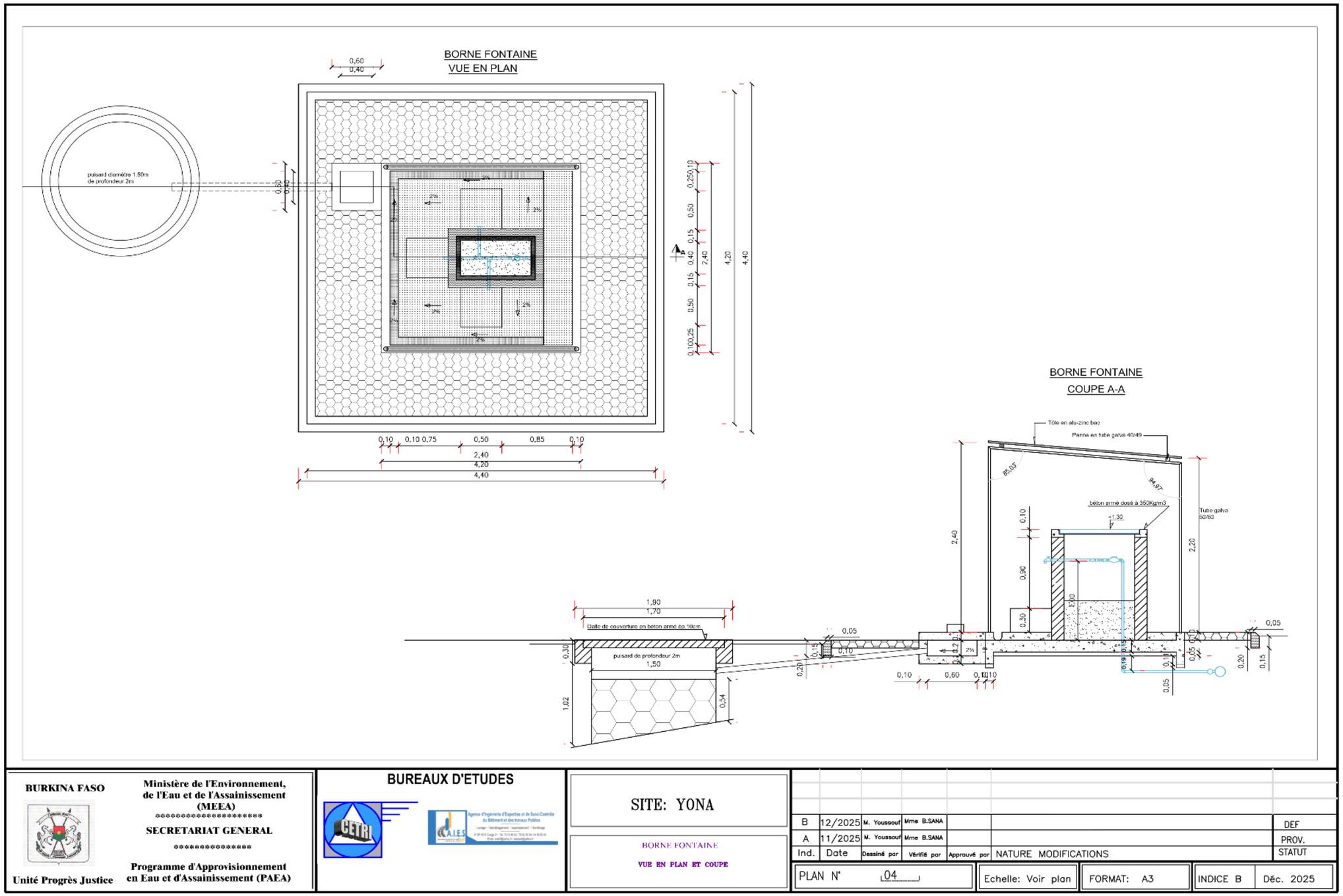
SITE: YONA

REGARD BY-PASS
VUE EN PLAN ET COUPE

Ind.	Date	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	NATURE MODIFICATIONS	
B	10/2025	M. Youssouf	Mme B.SANA			DEF
A	10/2025	M. Youssouf	Mme B.SANA			PROV.

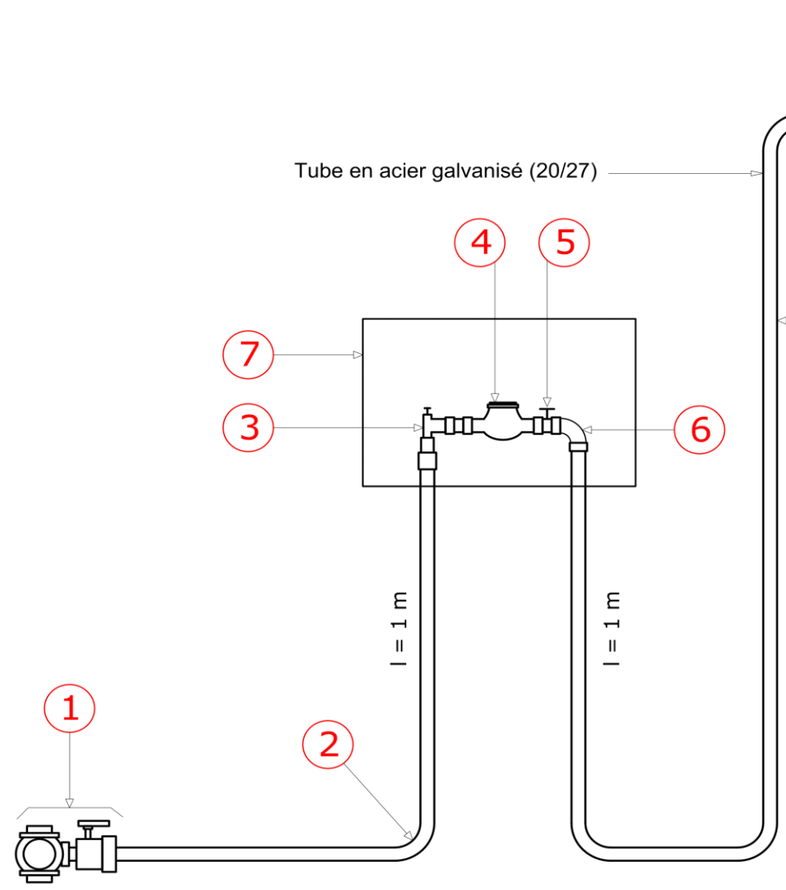
PLAN N° 3 | Echelle: Voir plan | FORMAT: A3 | INDICE B | Mars 2023 | STATUT

Annexe 17: Plan de Borne fontaines



Annexe 18:Plan de Branchement Particulier

SCHEMA DE BRANCHEMENT 25 A 32 POUR PRISE REALISEE EN CHARGE



LEGENDE DE CONSTITUTION DU BRANCHEMENT

1 = Collier de prise en charge en polypropylène
- Robinet vanne à boisseau sphérique en PVC
- Raccord en polypropylène à compression pour PE à enterrer

2 = Tube PE Ø 32 mm

3 =Robinet équerre avant compteur

4 = Compteur de 15 à 20cm du TN

5 = Vanne d'arret

6 = Coude galva

7 = Regard de comptage en béton préfabriqué

8 = Lyre en acier galvanisé avec robinet de puisage à potence
- Robinet situé à 80cm au dessus du sol (3 m)

9 = Robinet de puisage situé à 80cm au dessus du sol

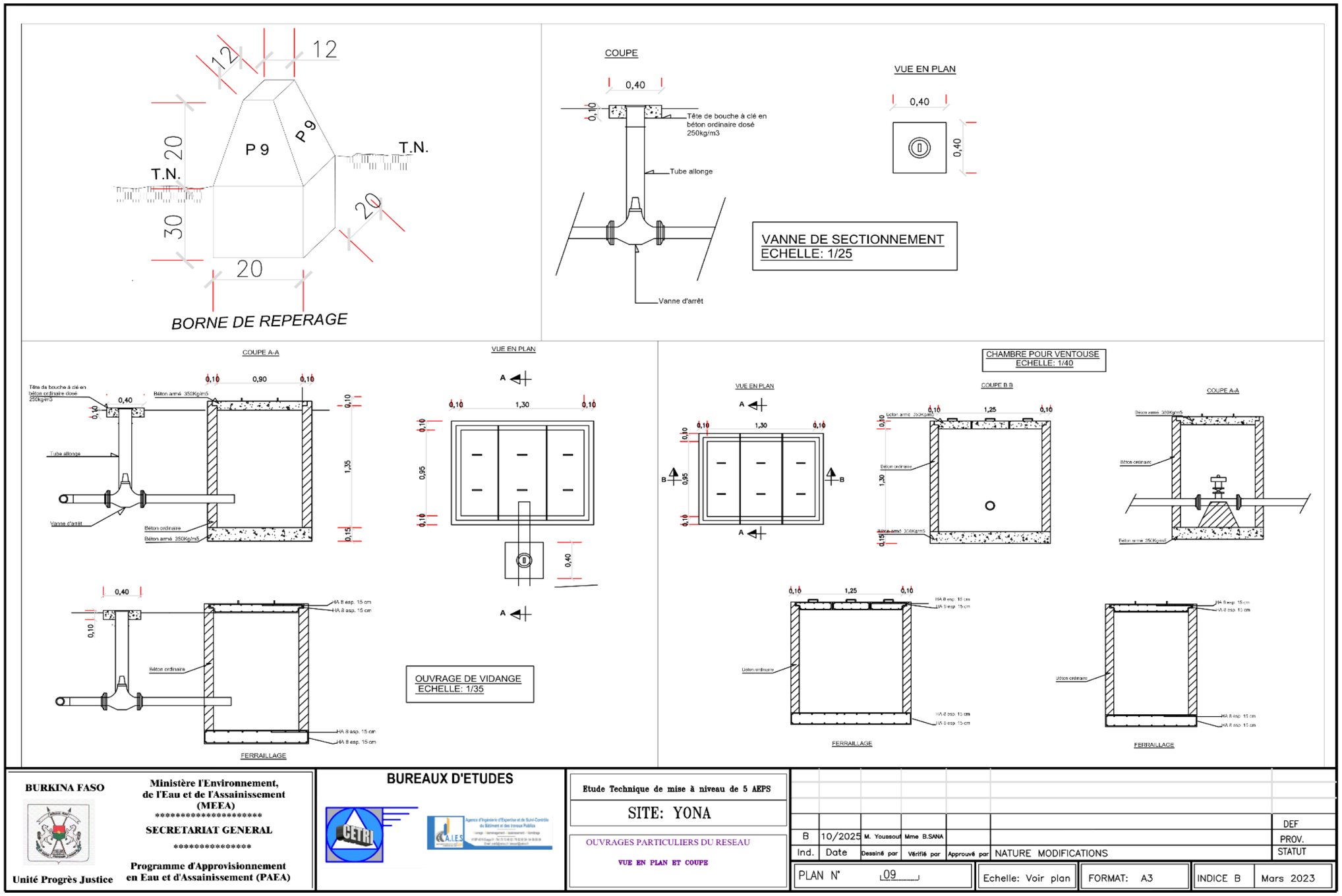
BURKINA FASO Unité Progrès Justice	Ministère de l'Environnement de l'Eau et de l'Assainissement (MEEA) ********** SECRETARIAT GENERAL ********** Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement	ETUDE TECHNIQUE POUR LA REALISATION D'AEPS	BUREAUX D'ETUDES CETRI A.I.E.S Agence d'Ingénierie d'Expertise et de Suivi-Contrôle du Bâtiment et des travaux Publics	SITE: YONA BRANCHEMENT PARTICULIER

Ind.	Date	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
A	11/2025	M. Youssouf	Mme SANA	

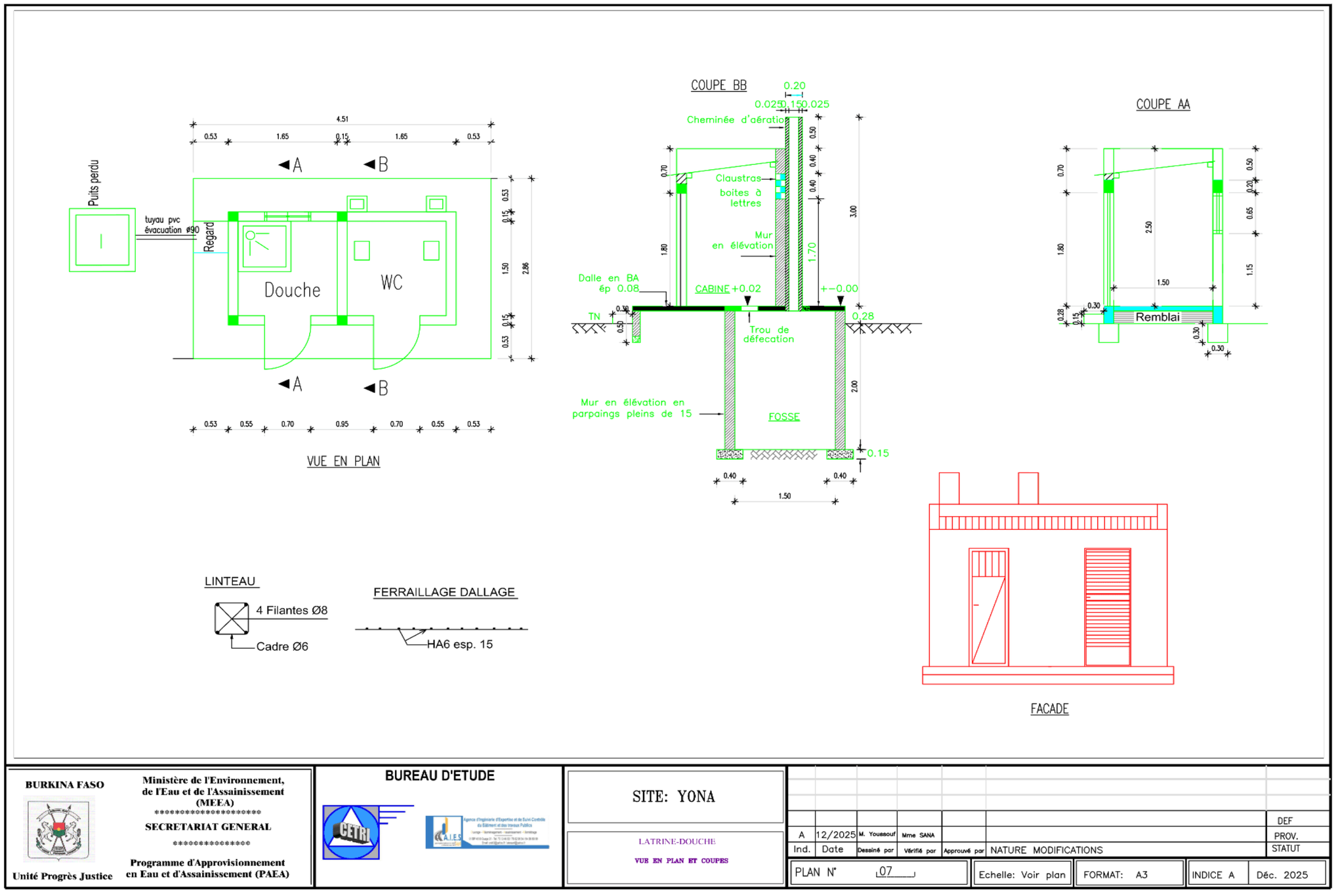
FORMAT:A3 | Nov.2025 | Vers.Définitive

PLAN N° 07 | Echelle: ADAPT

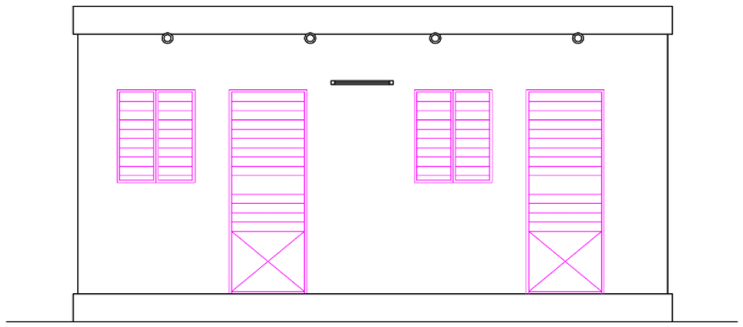
Annexe 19: Plan des ouvrages particuliers



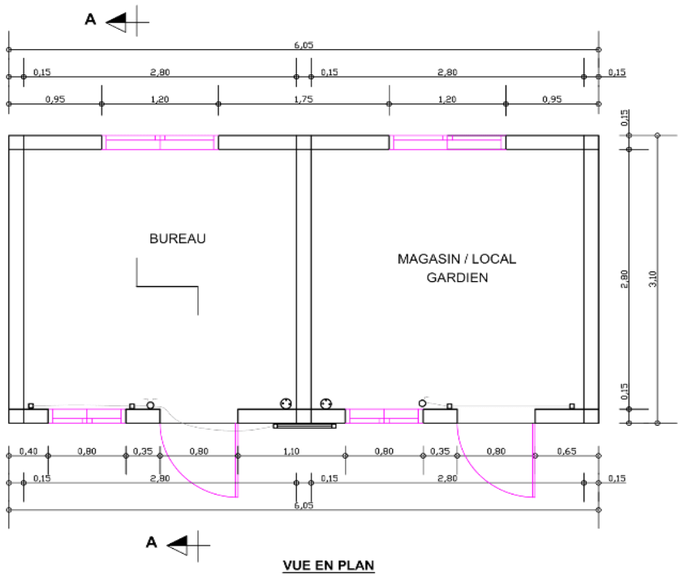
Annexe 20: Plan de la Latrine



Annexe 21: Plan des locaux(Bureau / gardien)



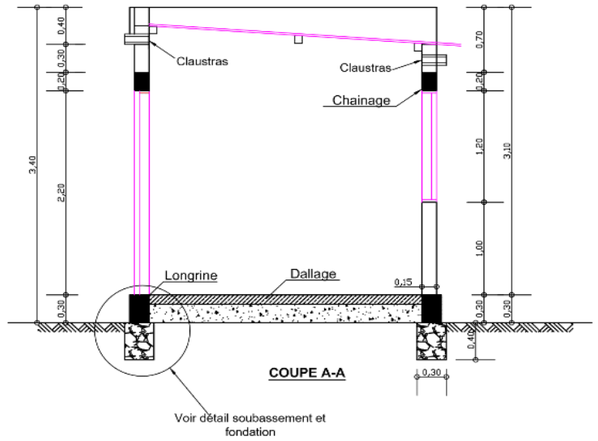
FACADE PRINCIPALE



VUE EN PLAN

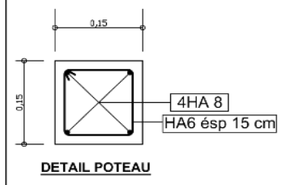
LEGENDE ELECTRICITE

- Reglette fluo 120
- Reglette fluo 120 étanche
- Interupteur S.A.
- Interupteur D.A.
- Prise de courant

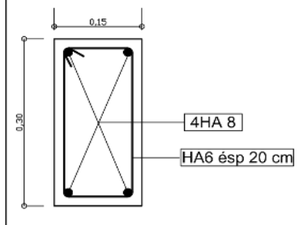


COUPE A-A

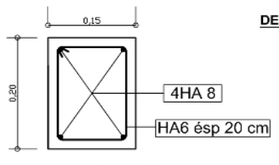
DETAILS FERRAILLAGE



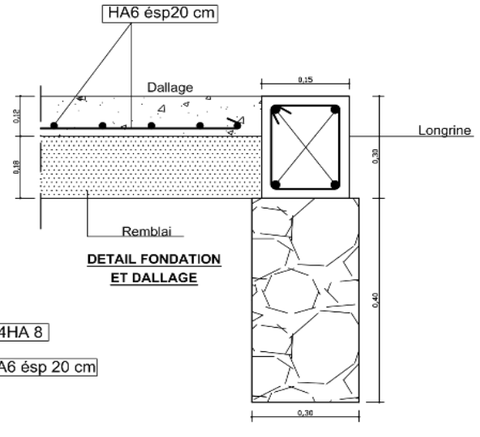
DETAIL POTEAU



DETAIL LONGRINE



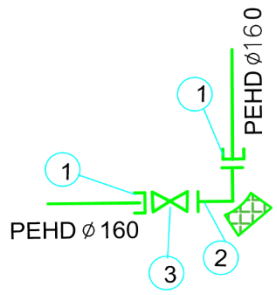
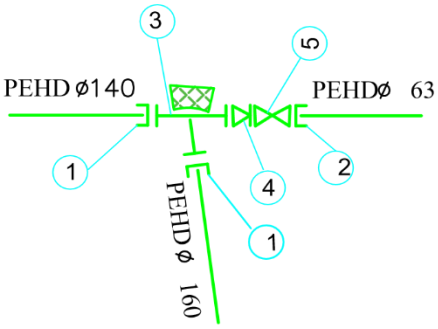
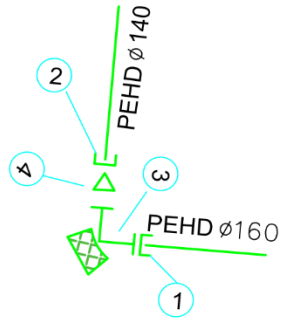
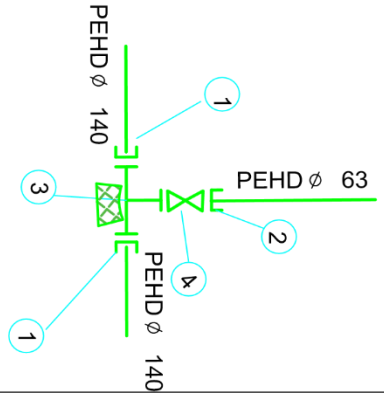
DETAIL CHAINAGE

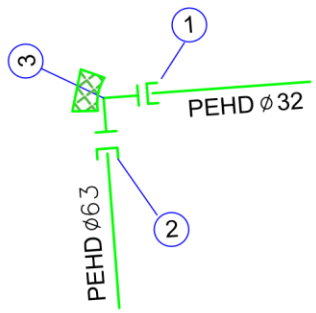
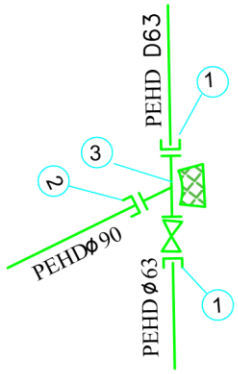
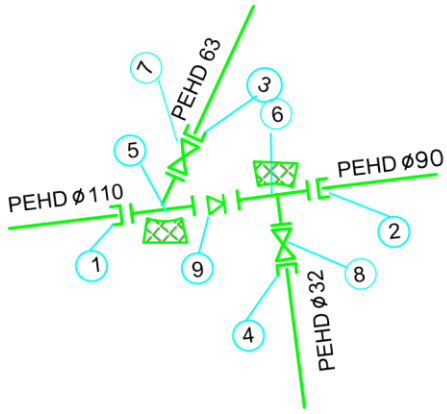
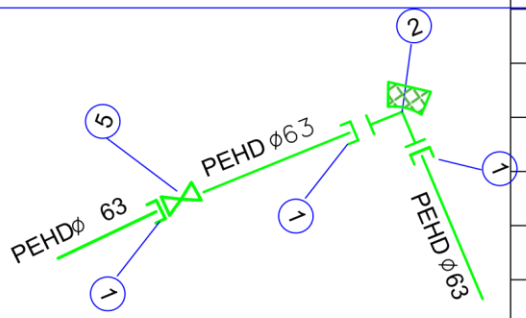


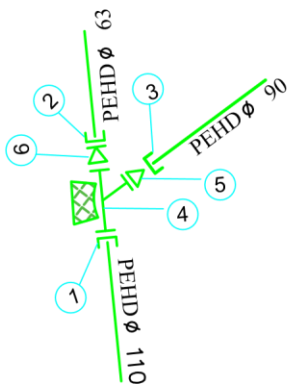
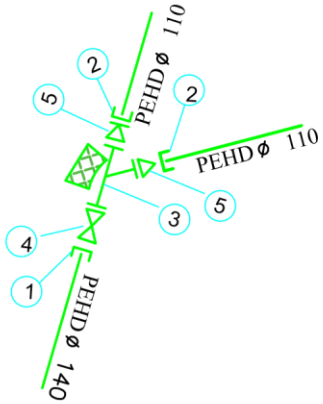
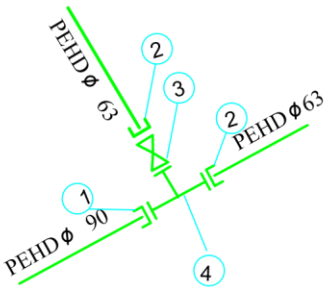
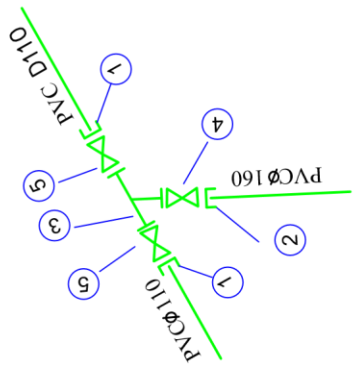
DETAIL FONDATION ET DALLAGE

BURKINA FASO Unité Progrès Justice	Ministère de l'Environnement, l'Eau et de l'Assainissement (MEEA) SECRETARIAT GENERAL Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA)	BUREAUX D'ETUDES CETRI A.I.E.S	SITE: YONA LOCAL BUREAU-MAGASIN/GARDIEN VUE EN PLAN ET COUPES			DEF
				A 12/2025 M. Youssouf Mme B.SANA	NATURE MODIFICATIONS	PROV.
				Ind. Date Dessiné par Vérifié par Approuvé par		STATUT
				PLAN N° 06	Echelle: Voir plan FORMAT: A3	INDICE A Déc. 2025

Annexe 22: Carnet des nœuds

N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
1'		1	adaptateur à bride DN 160	02
		2	Coude fonte 2 Brides DN 160	01
		3	Robinet Vanne à 2 Brides DN 150	01
			Boulon 16/80	12
			bloc de butée	01
1		1	adaptateur à bride DN 160	02
		1	adaptateur à bride DN 63	03
		1	Té fonte reduit à 3 Brides DN 130	01
		1	Cône Fte reduit 2B DN 150/60	01
		1	Robinet Vanne à 2 Brides DN 60	01
			Boulon 16/80	30
			bloc de butée	01
2		1	adaptateur à bride DN 160	01
		2	adaptateur à bride DN 140	01
		3	Coude 1/4 fonte 2 Brides DN 150	01
		4	Cône Fte reduit 2B DN 150/130	01
			Boulon 16/80	20
			bloc de butée	01
3		1	adaptateur à bride DN 140	02
		2	adaptateur à bride DN 63	01
		3	Té fte réduit à 3 Brides DN130/60	01
		4	Robinet Vanne à 2 Brides DN 60	01
		5	Boulon 16/80	08
			bloc de butée	01
			Boulon 20/90	24

N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
6 7 15		1	adaptateur à bride DN 32	02
		2	adaptateur à bride DN 110	01
		3	Coude 1/4 fonte 2 Brides DN 110	01
			bloc de butée	16
			Boulon 16/80	
14				
		1	adaptateur à bride DN 63	02
		2	adaptateur à bride DN 90	01
		3	Té fte réduit à 3 Brides DN80/60	01
		4	Robinet Vanne à 2 Brides DN 60	01
			Boulon 16/80	24
			bloc de butée	01
8 et 9		1	adaptateur à bride DN 110	01
		2	adaptateur à bride DN 90	01
		3	adaptateur à bride DN 63	01
		4	adaptateur à bride DN 32	01
		5	Té fte réduit à 3 Brides DN100/60	01
		6	Té fte réduit à 3 Brides DN80/60	01
		7	Robinet Vanne à 2 Brides DN 60	01
		8	Robinet Vanne à 2 Brides DN 30	01
		9	Cône Fte reduit 2B DN 100/80	01
			Boulon 16/80	36
			bloc de butée	02
11 et 12		1	adaptateur à bride DN 63	03
		2	Coude 1/4 fonte 2 Brides DN 63	01
			Robinet Vanne à 2 Brides DN 60	01
			Boulon 16/80	24
			bloc de butée	01

N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
05		1	adaptateur à bride DN 110	01
		2	adaptateur à bride DN 90	01
		3	adaptateur à bride DN 63	01
		4	Té fonte à 3 Brides DN 100	01
		5	Cône Fte reduit 2B DN 100/80	01
			Cône Fte reduit 2B DN 100/60	01
			Boulon 16/80	20
			bloc de butée	01
04		1	adaptateur à bride DN 140	01
		2	adaptateur à bride DN 110	02
		3	Té fonte à 3 Brides DN 130	01
		4	Robinet Vanne à 2 Brides DN 130	01
		5	Cône Fte reduit 2B DN 130/100	02
			Boulon 16/80	40
10 13		1	adaptateur à bride DN 90	01
		2	adaptateur à bride DN 63	02
		3	Té fte réduit à 3 Brides DN80/60	01
		4	Robinet Vanne à 2 Brides DN 60	01
		5	Boulon 16/80	24
06		1	adaptateur à bride DN 110	02
		2	adaptateur à bride DN 160	01
		3	Té fte réduit à 3 Brides DN150/100	01
		4	Robinet Vanne à 2 Brides DN 150	01
		5	Robinet Vanne à 2 Brides DN 100	02
			Boulon 16/80	24