



**ETUDE D'AVANT-PROJET DETAILLE POUR LA REALISATION D'UN
SYSTEME D'AEPS DANS LA LOCALITE DE NAHI, COMMUNE DE FOUNZAN,
PROVINCE DU TUY, REGION DES HAUTS-BASSINS AU 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 HYDRO-AGRICLES**

Présenté et soutenu publiquement le 20 juillet 2024 par

Yienpogui Carène Astride YARGA (N° 20180023)

Directeur de mémoire : Prof. Mahamadou KOITA, Professeur Titulaire (CAMES), Enseignant-chercheur en Hydrogéologie

Encadrant 2iE : Dr. Lawani Adjadi MOUNIROU, Maitre-Assistant (CAMES), Enseignant-chercheur en Hydraulique et Hydrologie appliquée

Maître de stage : M. Lamine DIMZOURE, Ingénieur et Chef du département Aménagements Hydro-agricoles à (CACI-C Sa)

Structure d'accueil du stage : Centrale d'Assistance et de Contrôle/ Ingénieur-Conseil (CACI-C Sa)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Angelbert Chabi BIAOU

Membres et correcteurs : M. Hamed ALI SAHAD

M. Inoussa BELEMBAOGO

Promotion [2023/2024]

DEDICACES

A mes chers Parents,

Votre soutien indéfectible et vos encouragements constants ont été les piliers sur lesquels j'ai pu construire ce travail. A travers chaque page de ce mémoire, je vous dédie non seulement le fruit de mes efforts, mais aussi la reconnaissance profonde de votre amour et de vos sacrifices. Votre confiance en moi m'a donné la force d'aller de l'avant, et aujourd'hui, je vous rends hommage. Merci pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi.

REMERCIEMENTS

Je voudrais témoigner toute ma gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire à travers leur soutien et leur encouragement. Je tiens à remercier particulièrement :

L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement pour avoir été le cadre idéal dans lequel j'ai pu accomplir mon parcours académique ;

Mon Directeur de mémoire Pr. Mahamadou KOITA, Enseignant-Chercheur en Hydrogéologie,

Mon encadreur interne Dr. Lawani Adjadi MOUNIROU, Enseignant-chercheur en Hydraulique et Hydrologie appliquée, pour son partage de connaissances, sa patience et sa rigueur, qui ont grandement contribué à l'aboutissement de ce travail ;

Mr Alain Hyacinthe BOUGOUMA, Administrateur Général de la Centrale d'Assistance et de Contrôle/ Ingénieur-Conseil (CACI-C Sa) qui a bien voulu m'accueillir au sein de la structure pour ce stage ;

Mon maitre de stage M. Lamine DIMZOURE, Ingénieur et Chef du département Aménagements Hydro-agricoles à la Centrale d'Assistance et de Contrôle/ Ingénieur-Conseil (CACI-C Sa) de m'avoir suivi tout au long de ce stage et d'avoir contribué à la conception de ce document ;

M. Bruno GANGO, Directeur Technique à la Centrale d'Assistance et de Contrôle/ Ingénieur-Conseil (CACI-C Sa), pour son accompagnement et ses conseils qui ont grandement contribué à mon apprentissage ;

L'ensemble du personnel de la Centrale d'Assistance et de Contrôle/ Ingénieur-Conseil (CACI-C Sa), dont l'accueil sympathique et authentique m'a été d'une grande aide pendant ce stage ;

A toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à l'achèvement de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude.

RESUME

La localité de Nahi est située dans la commune de Founzan, province du Tuy, région des Hauts-Bassins au Burkina Faso. A l'instar de nombreuses localités du pays, Nahi rencontre des difficultés liées à l'accès à l'eau potable. Cette localité est présentement dotée de **neuf (09) forages** équipés de PMH et **deux (02) puits** à grand diamètre pour une population estimée en 2023 à **2 039** habitants. Cette situation n'assure pas un approvisionnement en termes de qualité et de quantité pour une population prévue de **3 267** habitants d'ici à **2040**.

C'est dans ce contexte que, le gouvernement, à travers le Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement a initié des études en vue de réaliser un système d'approvisionnement en eau potable simplifié. C'est ainsi donc que la présente étude intitulée « **Etude d'Avant-Projet Détaillé pour la réalisation d'un système d'Approvisionnement en Eau Potable Simplifié dans la localité de NAHI, commune de Founzan, région des Hauts-Bassins au Burkina Faso** » apporte des propositions visant à la réalisation de ce système d'AEPS.

Avec une demande du jour de pointe estimée à **148,23 m³/j** à l'horizon du projet, cette étude recommande l'installation d'un forage équipé d'une pompe immergée d'un débit minimal de **5 m³/h**, qui alimentera un château métallique de **80 m³** par le biais d'une conduite de refoulement **PEHD PN16**, d'une longueur de **3807 m**. Un forage additionnel de débit minimal 5m³/h devra être réalisé afin de répondre à la demande en eau à partir de 2030. Du réservoir, l'eau sera distribuée par des conduites **PEHD PN10** à travers le réseau de distribution de type ramifié d'une longueur de **6594 m**. Ce réseau ramifié desservira gravitairement **5 BF** et il est conçu pour supporter **246 BP** avec la possibilité pour **24 d'entre eux de fonctionner simultanément**.

Le système fonctionnera grâce à un **système photovoltaïque de 4800Wc** combiné à un **groupe électrogène de 8 kVA**. En raison de ses propriétés et sa facilité d'utilisation, le chlore sera utilisé pour le traitement de l'eau.

Le coût global du projet est estimé à **223 164 364 FCFA/TTC**, pour un prix de vente du mètre cube d'eau fixé à **370 FCFA/m³**.

Mots clés :

- 1- Nahi
- 2- Founzan
- 3- Bornes fontaines
- 4- Branchements privés
- 5- AEPS

ABSTRACT

The locality of Nahi is located in the municipality of Founzan, Tuy province, in the Hauts-Bassins region of Burkina Faso. Like many localities in the country, Nahi is experiencing difficulties with access to drinking water. The village currently has **nine (09) boreholes** equipped with PMH and **two (02) large-diameter wells**, for an estimated population of **2,039**. This situation does not ensure a supply in terms of quality and quantity for a population expected to reach **3,267** by **2040**. It is in this context that the government, through the Ministry of the Environment, Water and Sanitation, has initiated studies with a view to creating a simplified drinking water supply system. This study, entitled "**Detailed preliminary design study for a simplified drinking water supply system in the locality of NAHI, Founzan commune, Hauts-Bassins region, Burkina Faso**", puts forward proposals for the implementation of this AEPS system.

With a peak day demand estimated at **148.23 m³/d** over the project horizon, this study proposes the installation of a borehole equipped with a submersible pump with a minimum flow rate of **5m³/h**, which will supply a **80 m³** metal storage tank via a **3807 m-long HDPE PN16** delivery pipe. An additional borehole with a minimum flow rate of 5m³/h will have to be drilled to meet water demand from 2030 onwards. From the water tower, water will be distributed by **HDPE PN10** pipes through the **6594m-long** branched distribution network. This branched network serves **5 LFs** and it is also designed to support **246 BP**, with **24** of them able to operate simultaneously.

The system will be powered by a solar installation consisting of a **4800Wp** photovoltaic system combined with an **8 kVA** generator. Due to its properties and ease of use, chlorine will be used for water treatment.

The overall cost of the project is estimated at **223,164,364 FCFA/TTC**, with a selling price per cubic metre of water set at **370 FCFA/m³**.

Key words:

- 1- Nahi
- 2- Founzan
- 3- Standpipes
- 4- Private connections
- 5- AEPS

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE	: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
AEPS	: Approvisionnement en Eau Potable Simplifié
BF	: Borne Fontaine
BP	: Branchement Particulier
CACI-C	: Centrale d'Assistance et de Contrôle/Ingénieur-Conseil
DGEP	: Direction Générale de l'Eau Potable
DN	: Diamètre Nominal
HMT	: Hauteur Manométrique Totale
INSD	: Institut National de la Statistique et de la Démographie
NIES	: Notice d'Impact Environnemental et social
ODD	: Objectifs de Développement Durable
ONEA	: Office Nationale de l'Eau et de l'Assainissement
PEHD	: Polyéthylène Haute Densité
PGES	: Plan de Gestion Environnemental et Social
PN	: Pression Nominale
PN-AEPA	: Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement
PN-AEP	: Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable
RGPH	: Recensement General de la Population et de l'Habitat
SONABEL	: Société Nationale d'Electricité Burkinabè
TN	: Terrain naturel

Table des matières

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABREVIATIONS.....	v
LISTE DES TABLEAUX	3
LISTE DES FIGURES	4
FICHE SIGNALÉTIQUE	5
I. INTRODUCTION	6
II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE ...	7
2.1. Présentation de la structure d'accueil	7
2.2. Présentation de la zone d'étude.....	8
III. PRESENTATION DU PROJET	14
3.1. Contexte et justification	14
3.2. Objectifs de l'étude et résultats attendus	15
IV. METHODOLOGIE DE L'ETUDE	16
4.1. Documentation et collecte de données	16
4.2. Matériel et logiciels utilisés.....	16
4.3. Méthodes de conception du système : hypothèses de calculs.....	16
4.4. METHODES DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES.....	23
4.5. ANALYSE ECONOMIQUE ET FINANCIERE.....	34
V. RESULTATS DU DIMENSIONNEMENT.....	37
5.1. Etat des lieux de l'alimentation en eau potable à Nahi.....	37
5.2. Conception du réseau de distribution.....	37
5.3. Réseau d'adduction par refoulement.....	39
5.4. Station de pompage	41
5.5. Energie d'alimentation.....	42
5.6. Dimensionnement du réservoir	43
5.7. Traitement de l'eau	44

5.8. Réseau de distribution gravitaire.....	44
5.9. Simulation sous Epanet 2.0.....	48
VI. ANALYSE FINANCIERE.....	50
6.1. Coût de réalisation du projet.....	50
6.2. Les amortissements et les charges d'exploitation.....	50
6.3. Estimation du prix de vente de l'eau.....	52
6.4. Mode de gestion du système d'alimentation en eau potable.....	52
VII. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL.....	54
7.1. Description du projet.....	54
7.2. Risques environnementaux et sociaux.....	54
7.3. Identification des impacts environnementaux et sociaux.....	54
7.4. Mesures d'atténuation et de bonification.....	55
7.5. Plan de gestion environnemental et social.....	55
VIII. CONCLUSION.....	57
IX. RECOMMANDATIONS.....	58
BIBLIOGRAPHIE.....	59
ANNEXES.....	60

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Taux de desserte	18
Tableau 2: Valeurs du coefficient de pointe horaire en fonction de la population	19
Tableau 3: Valeurs forfaitaires de la capacité du réservoir	29
Tableau 4: Temps d'amortissement de certains équipements	35
Tableau 5: Evaluation de la population à l'horizon 2040	37
Tableau 6: Evaluation des besoins en eau de la population	38
Tableau 7: Mobilisation de la ressource en eau	39
Tableau 8: Diamètre des conduites d'adduction à partir des formules empiriques	39
Tableau 9: Vérification du coup de bélier	40
Tableau 10: Dimensionnement des colonnes d'exhaure et montante	41
Tableau 11: Caractéristiques de la pompe	41
Tableau 12: Caractéristiques du champ solaire	42
Tableau 13: Choix de l'onduleur	43
Tableau 14: Puissance apparente du groupe électrogène	43
Tableau 15: Caractéristiques du réservoir	44
Tableau 16: Caractéristique de l'unité de potabilisation.....	44
Tableau 17: Débit de dimensionnement du réseau de distribution	45
Tableau 18: Récapitulatif du dimensionnement hydraulique.....	46
Tableau 19: Caractéristiques des conduites de distribution	47
Tableau 20: Dimensions des fouilles	47
Tableau 21: Cout estimatif de réalisation du projet	50
Tableau 22: Amortissement et charges d'exploitation.....	51
Tableau 23: Prix de vente du m ³ d'eau	52

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de l'entreprise.....	8
Figure 2: Carte de la situation géographique	9
Figure 3: Schéma simplifié d'un réseau AEPS (OUEDRAOGO M., 2021).....	23
Figure 4: Equipements de protection	34
Figure 5: Point de fonctionnement de la pompe	42
Figure 6: Tracé illustratif du réseau	45
Figure 7: Schéma de pose de conduites	48
Figure 8: Simulation Epanet des pressions et vitesse	48
Figure 9: Analyse comparative des pressions simulées et calculées.....	49
Figure 10: Analyse comparative des vitesses simulées et calculées	49

FICHE SIGNALÉTIQUE

LOCALISATION AU BURKINA FASO	
Région/ Province/ Commune /Village	Hauts-Bassins/ Tuy/ Founzan/ Nahi
DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES	
Taux d'accroissement de la population	2,81% (RGPH 2019)
Population référence en 2019	1825 habitants
Population à l'horizon du projet (2040)	3267 habitants
Taux de desserte de l'AEPS	90%
Consommations spécifiques (l/j/hbts) :	BF = 25 et BP = 40
Demande du jour de pointe (m ³ /j)	148,23
Débit en tête du réseau (l/s)	9,75
RESSOURCE	
Cote du forage	273,4
Débit d'exploitation (m ³ /h)	5
Niveau dynamique (m)	45
Forage supplémentaire à partir de l'année 2030 (m ³ /h)	5
ELECTROPOMPE GRUNDFOS DE TYPE SP 7-17	
Débit de pompage (m ³ /h)	5
Hauteur Manométrique Totale (m)	88,24
SOURCE D'ENERGIE	
Puissance du champs solaire	4800 Wc
Puissance du groupe électrogène	8 kVA
CHATEAU D'EAU	
Nature/forme	Métallique/forme cylindrique
Hauteur sous radier (m)	12
Volume (m ³)	80
CONDUITE D'ADDUCTION	
Nature	PEHD/PN16
Longueur (ml)	3807
Diamètre nominal (mm)	DN 75
CONDUITE DE DISTRIBUTION	
Nature	PEHD/PN10
Longueur totale de distribution (ml)	6594
Diamètre nominal (mm)	DN63 à DN140
POINTS DE DESSERTE	
Nombre de bornes fontaines (BF)	05
Nombre de branchements particuliers (BP)	246
ASPECTS FINANCIERS ET GESTION	
Coût global du projet	223 164 364 FCFA/TTC
Prix de revient de 1m ³ d'eau	370 FCA
Mode de gestion proposé	Affermage

I. INTRODUCTION

« L'eau est une ressource précieuse, et son accès est essentiel pour assurer la survie et la prospérité de toutes les nations » a déclaré Kofi Annan, ancien Secrétaire Général des Nations Unies et lauréat du prix Nobel de la paix. Cette citation souligne l'importance critique de l'eau en tant que ressource essentielle pour la survie et le bien être de l'humanité. Cependant, force est de constater que l'accès à cette ressource demeure un défi de taille pour la plupart des nations africaines.

Le Burkina Faso, tout à l'instar des autres pays du Sahel, rencontre d'importantes difficultés en matière d'approvisionnement en eau potable. En effet, le taux d'accès atteint 78,30% à l'échelle nationale, avec des disparités entre les zones rurales et urbaines. A titre d'illustration, tandis que 28,70% de la population rurale se trouve privée d'un accès adéquat à l'eau potable, ce pourcentage s'élève seulement à 7,60% pour la population urbaine (DGEP, INO 2023 1).

Pour faire face à la problématique d'approvisionnement en eau potable, le gouvernement a initié le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP 2016-2030), en adoptant l'Approche Fondée sur les Droits Humains (AFDH). Ce programme vise à améliorer l'accessibilité, la pérennité, l'efficacité et la responsabilité de la fourniture de services d'approvisionnement en eau potable en impliquant activement les acteurs dans la gestion des infrastructures et des équipements.

A Nahi, un village de la région des Hauts-Bassins, la population éprouve encore des difficultés à accéder à l'eau potable en raison de facteurs tels que la croissance démographique, la dispersion des habitations et la récurrence des cycles de sécheresse. Afin de résoudre le problème de manière durable, le MEEA par le biais de la CACI-C envisage la mise en place d'un AEPS. C'est dans ce sens qu'une étude d'Avant-Projet Détaillé pour la réalisation de l'AEPS est essentielle, et c'est l'objectif de ce mémoire.

Afin de mener à bien l'étude, il est essentiel d'effectuer l'état des lieux de l'approvisionnement du village, de concevoir et dimensionner le réseau AEPS, de faire une analyse financière du projet et une évaluation de l'impact du projet sur l'environnement et la vie socio-économique.

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

2.1. Présentation de la structure d'accueil

2.1.1. Généralités

La Centrale d'Assistance et de Contrôle-Ingénieurs Conseils (CACI-C) Sa est une société anonyme qui opère en conformité avec la législation du Burkina Faso. En tant que bureau d'études, de conseils et d'expertise, elle vise à favoriser le développement en offrant des services intellectuels à un large éventail d'organisations publiques, privées, professionnelles et individuelles. Depuis sa création, elle a acquis une expertise lui permettant de conduire des études, des recherches, des évaluations et des contrôles dans divers secteurs liés au développement. En outre, CACI-Conseils Sa offre un soutien technique, crée des solutions informatiques et organise des programmes de formation. Son siège social est établi dans le quartier de Somgandé, à Ouagadougou au Burkina Faso.

2.1.2. Domaines de compétences

Les missions de CACI-C Sa sont diverses. On note la supervision et la réalisation d'études, de recherches, d'évaluations, de surveillance et de contrôles dans le secteur du développement de projets. Les domaines d'expertise de CACI-C englobent les disciplines suivantes :

- Aménagements hydro-agricoles ;
- Aménagements ruraux ;
- Développement des filières agro-sylvo-pastorales ;
- Systèmes d'approvisionnement en eau : forages, AEPS, AEP-MV ;
- Mobilisation des ressources en eau ;
- Assainissement et environnement ;
- Bâtiments ;
- Infrastructures de transport ;
- Développement local ;

La figure 1 présente l'organigramme de l'entreprise :

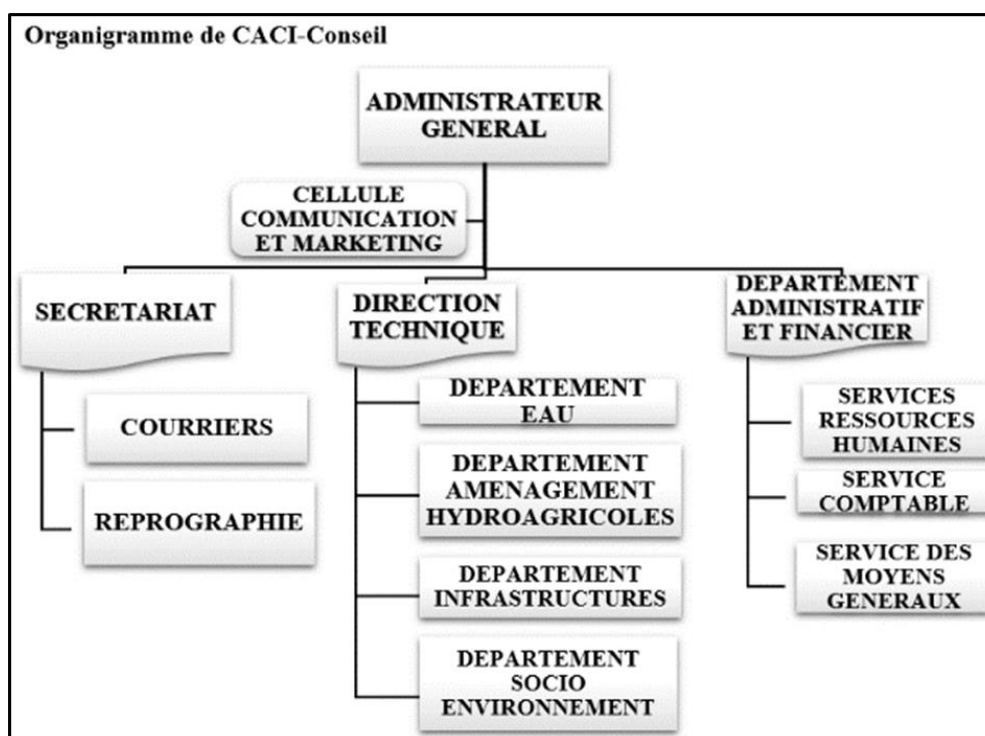


Figure 1: Organigramme de l'entreprise

2.2. Présentation de la zone d'étude

2.2.1. Situation géographique

Founzan est une commune rurale de la province de Tuy, située dans la région des Hauts-Bassins au Burkina Faso. Le village de Nahi, qui constitue notre zone de projet, est inclus dans la municipalité de Founzan, et il se situe à 18 km au Sud-ouest de Founzan et à 172 km du chef-lieu de région Bobo-Dioulasso

Nahi est délimité :

A l'Est par le village Zintow

A l'Ouest par le village Yerfing

Au Nord par le village Batiéné

Au Sud par le village Bissergui

La figure 2 présente la situation géographique de la zone d'étude :

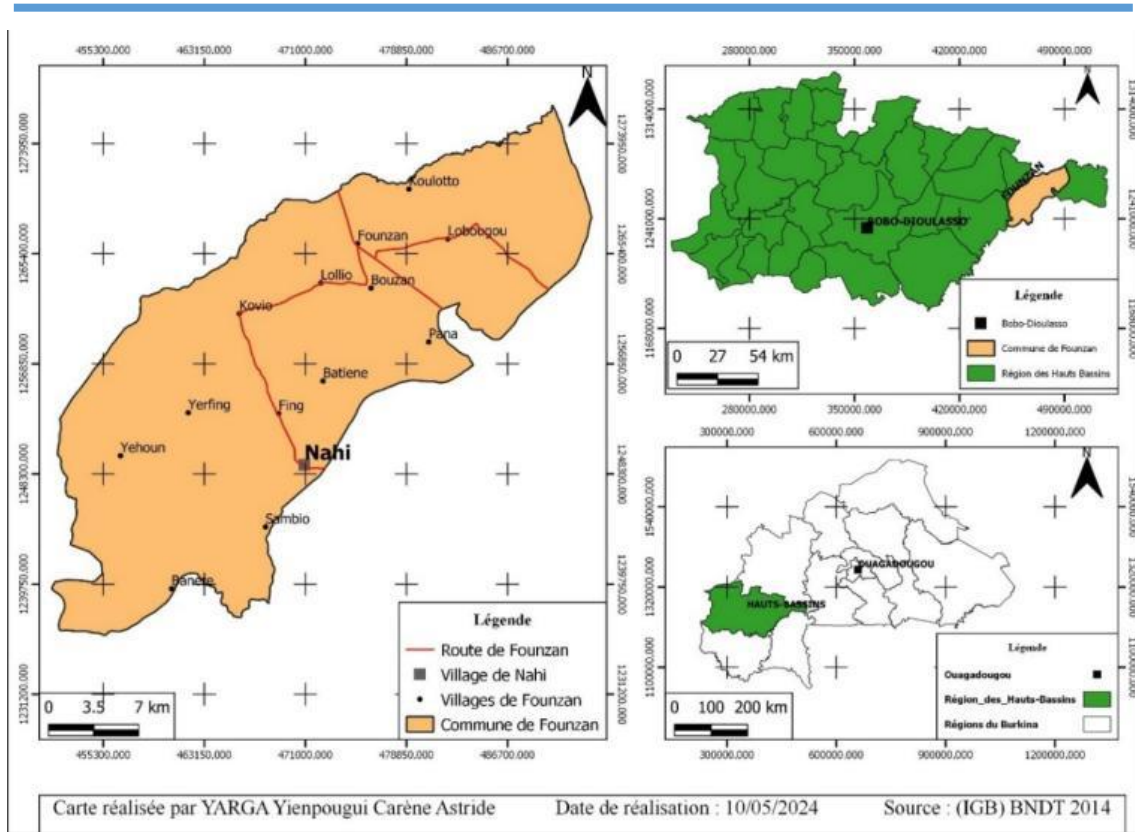


Figure 2: Carte de la situation géographique

2.2.2. Caractéristiques du milieu physique

➤ Climat et végétation

La région des Hauts-Bassins présente un climat tropical de type nord soudanien avec des précipitations annuelles variant entre 800 mm et 1100 mm, marqué par deux (02) saisons distinctes : une saison sèche et une saison des pluies. Cependant, les effets du changement climatique sont de plus en plus perceptibles dans la région, se traduisant par des précipitations irrégulières et une répartition inégale tant d'une campagne agricole à l'autre, que durant la même campagne. Malgré ces défis, la région dispose d'une grande richesse en ressources végétales, avec seize (16) forêts classées réparties entre les provinces du Tuy (07) et du Houet (09), offrant des opportunités d'exploitation du bois et de services forestiers. En outre, il existe des forêts communales, villageoises et des bosquets qui contribuent également à cette richesse environnementale (CACI-C, 2023).

➤ Relief du sol

Le relief de la région est caractérisé par une succession de pénéplaines, de plateaux, ainsi que de collines, avec des altitudes variant généralement entre 250 et 700 mètres. Au Nord-ouest, dans la commune de Bama, on observe une plaine alluviale qui s'étend en plus des plaines de Banzon, Niéna et Dionkélé. Ces plaines sont vastes et traversées par de nombreux marigots, ce qui peut créer des zones marécageuses pendant la saison des pluies.

En ce qui concerne les sols, plusieurs types sont présents, mais les plus importants sont les sols sesquioxides riches en matières organiques, résultant de la décomposition des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés ou lessivés.

Dans le Kéné Dougou, les sols sont principalement profonds, ils ont une capacité de drainage moyenne, sont riches en minéraux mais pauvres en matière organique. Ils conviennent particulièrement aux cultures de rentes telles que le coton, les arachides et le sésame. Quant à la province de Tuy, environ 20% de son territoire est occupé par des cuirasses ferrugineuses et des affleurements rocheux, rendant ces zones impropres à l'agriculture. Cependant, 50% de la superficie provinciale est utilisable pour l'agriculture. Dans le Houet, les sols sont majoritairement hydromorphes et reposent sur cuirasse ancienne, offrant des conditions favorables à l'agriculture (CACI-C, 2023).

➤ **Faune et flore**

La région des Hauts-Bassins abrite une grande diversité faunique comprenant trois grandes classes d'animaux : les oiseaux, les mammifères et les reptiles. Cette diversité constitue une base importante du développement de la chasse et du tourisme qui prospèrent dans la région. Les ressources halieutiques sont également significatives, bien que la pêche soit principalement artisanale. Cette activité est particulièrement développée dans les départements de Banzon, Samorogouan et Sindo. Cependant, cet environnement est en pleine mutation. Les principaux facteurs de cette mutation incluent l'insécurité liée à la crise sécuritaire, la pression démographique croissante, les pratiques agricoles inadaptées et les feux de brousse (CACI-C, 2023).

➤ **Hydrogéologie**

Sur le plan géologique, la région des Hauts-Bassins est formée d'éléments du socle précambrien supérieur, qui repose principalement sur le bassin de Taoudéni. En ce qui concerne l'hydrogéologie, les aquifères de la région présentent une grande productivité. Elles présentent une porosité élevée et une perméabilité importante, ce qui les rend particulièrement productives (SAURET E., 2008). Les forages ont des débits significatifs de l'ordre de 10 à 100 m³/heure avec des pics pouvant atteindre 800 m³/heure lors des réalisations par l'ONEA.

➤ **Hydrographie**

La topographie et le climat particuliers de la région des Hauts-Bassins en font un véritable réservoir d'eau. C'est l'une des régions les plus drainées du Burkina Faso, avec un réseau hydrographique comprenant le Mouhoun et ses affluents principaux tels que la Dienkoa, le Guenako, le Kou et le Plandi.

2.2.3. Généralités sociodémographiques du site

➤ **Organisation sociale et politique**

Dans les communes d'intervention, les chefferies traditionnelles sont impliquées dans la recherche de l'équilibre social. Elles participent au règlement des conflits de divers types. En général, les décisions des chefs sont respectées. Pour les aspects coutumiers, elles font appel à des collèges de sages ou notables.

Dans les différents centres, la gouvernance est coordonnée de manière concertée entre la chefferie traditionnelle et les CVD. Il existe une complicité entre les administrations (Président de la Délégation Spécial) des communes et les chefferies traditionnelles, lorsqu'il s'agit de mobiliser la population ou d'intercéder dans la résolution de certains conflits de grande envergure impliquant l'autorité compétente.

➤ **Ethnies/ langues du village**

A l'image de la Commune de Founzan, le village, est peuplé en majorité de pougli, de dagari et de mossi. Le village aurait été créé depuis l'administration coloniale dans les années 1950. Selon les informations collectées lors des rencontres d'information, il compte cinq (5) quartiers dont : Bavènè, Koukouroubo, Nahi centre, Taonsien, Zergaon et Zoussolé. Ces quartiers sont situés l'un après l'autre autour du quartier central qui est Nahi centre.

Les données qui seront présentées concerneront le village de Nahi.

➤ **Religion**

La population de Nahi est constituée majoritairement d'autochtones Pougli, Dagara des émigrés mossis et Bwaba selon un récit du focus group. Selon les données des enquêtes, la religion majoritairement pratiquée dans le village est l'animisme.

Suivant la figure, les enquêtés, les animistes sont théoriquement majoritaires 53% (n=66), les musulmans 42% (n=53) et catholique et protestante 5% (n=6). Le village de Nahi compte 2 mosquées, 1 église catholique et 3 églises protestantes. Le village dispose également d'espaces sacré ou lieux de culte. L'accès à ces espaces est régi par une règle sociale dont seuls les initiés possèdent le code (CACI-C, 2023).

➤ **Economie**

La région des Hauts Bassins abrite la capitale économique du Burkina Faso, il est un carrefour de plusieurs axes internationaux reliant la Cote D'Ivoire, le Mali et le Ghana. La région bénéficie d'une position géographique très avantageuse pour les échanges commerciaux. Bobo-Dioulasso, son chef-lieu, joue un rôle central en tant que carrefour commercial. Les pays voisins tels que la Cote d'Ivoire et le Mali représentent un vaste potentiel de marchés pour les produits agricoles. De par sa position

géographique, la région des Hauts Bassins en occurrence Bobo-Dioulasso a toujours constitué une véritable plaque tournante en matière de transports nationaux et internationaux pour les marchandises et les personnes.

2.2.4. Activités socio-économiques

➤ Production agricole

La région des Hauts Bassin dispose d'un important réseau hydrographique et des cours d'eaux intarissables. Un important potentiel en nappe d'eau souterraine. Elle fait partie des trois (3) régions du Burkina Faso qui accumule le plus d'avantage de bons sols, disponibilité de l'eau.

La région dispose également de grands périmètres aménagés tels que Banzon et Samendeni avec des investissements et des équipements assez importants.

L'agriculture est la principale activité pratiquée par la population en zone rurale. Elle se mène dans la partie périurbaine, rurale, aux abords de plans d'eau et dans les périmètres irrigués. L'agriculture pratiquée est de subsistance et extensive, utilisant des moyens de production semi-mécanisés et traditionnels. Les activités agricoles sont principalement familiales et visent à répondre aux besoins de subsistance, dépendant largement des précipitations et très vulnérable aux changements climatiques. Les cultures observées se répartissent en trois principales catégories : les céréales (comme le maïs, le sorgho, le mil, le riz etc.), les cultures de rente (le coton, le sésame, l'arachide, le niébé, le soja etc.) et d'autres cultures telles que le maraichage et autres productions diverses.

Aussi, les pratiques agricoles préjudiciables telles que le défrichage excessif, la pratique du brulis, l'usage inapproprié des pesticides, ainsi que la pression démographique contribuent à augmenter la vulnérabilité des agriculteurs face aux effets néfastes des changements climatiques (CACI-C, 2023).

➤ Elevage

L'élevage constitue la seconde activité économique. Il joue un rôle crucial dans la réduction de la pauvreté en assurant les moyens de subsistance à des milliers de personnes impliquées dans différentes activités de la filière (la production, la transformation, la commercialisation).

Avec un cheptel abondant et diversifié, l'élevage occupe plus de 80% des ménages, assurant tout ou une partie de leurs revenus. Il contribue significativement à hauteur de 18% à la formation du PIB et représente près de 26% des exportations en valeur.

Le secteur de l'élevage contribue également à augmenter la production agricole en fournissant de la fumure organique et en utilisant la traction animale. Il est structuré autour de deux systèmes principaux : le système traditionnel, de type extensif et le système semi-moderne qui inclut l'embouche bovine et ovine.

En général, dans les zones d'étude, l'élevage se pratique selon un modèle traditionnel extensif, où l'alimentation dépend largement du pâturage naturel. En fonction de la manière dont le troupeau est géré et de l'ethnie du producteur, on distingue deux modes de production :

Le type agropastoral à dominance pastorale, où les pasteurs peulhs, s'étant sédentarisés dans certaines localités de la région, jouent un rôle central dans la production. Leurs troupeaux sont généralement mixtes et appartiennent aux familles. En saison sèche, les résidus de récoltes servent à l'alimentation du bétail ;

Et le type agropastoral à dominance agricole, répandu dans le centre et impliquant toutes les ethnies. La base alimentaire est principalement constituée de pâturage naturel et de résidus de récolte (CACI-C, 2023).

➤ **Commerce**

Le chef-lieu de la région Bobo-Dioulasso est considéré comme un carrefour économique. Toute chose qui favorise le commerce dans cette ville mais la plupart de cette activité reste dans l'informel. Le secteur informel est en passe de devenir la clé de voute de l'économie par l'importance de la population active qu'il mobilise (plus de 70% de la population active en milieu urbain) par les revenus qu'il génère et par les nombreux emplois qu'il crée.

➤ **Exploitation minière**

La région des Hauts Bassins fait l'objet d'intérêt des sociétés minières.

Dans la commune de Houndé, Province de Tuy, c'est la société Houndé Gold Coporation S.A qui a obtenu le permis d'exploitation industriel d'une grande mine d'or d'une superficie de 23,19km².

Toutefois, selon l'étude de caractérisation de la Région des Hauts Bassins, la Province de Tuy est marquée par l'existence de sites aurifères de type artisanal dans la Commune de Founzan, moderne et semi-mécanisé dans la commune de Houndé. Ces sites d'or artisanaux, attirent aussi bien les populations locales que celles d'ailleurs, génèrent des revenus pour les exploitants et permet le développement d'un commerce au niveau local.

Cependant, il comporte des effets pervers dans la mesure où se développe une certaine forme de délinquance : l'abandon scolaire, la prostitution, le banditisme, la consommation des stupéfiants etc (CACI-C, 2023).

III. PRESENTATION DU PROJET

3.1. Contexte et justification

Garantir un accès universel à l'eau potable et à l'assainissement est une priorité cruciale identifiée par la communauté internationale pour la réduction de la pauvreté. Cela est désormais reconnu comme un droit fondamental pour préserver la vie et la dignité humaine, nécessitant que chaque nation développe des politiques et des programmes substantiels à cet égard.

Au Burkina Faso, l'accès à l'eau potable est une question qui demeure au cœur de la problématique de développement en milieu urbain et rural. Incontournable pour la survie des populations, l'eau demeure un enjeu économique, politique et social majeur. L'accès à l'eau potable se définit comme un droit qui s'offre à toutes les populations et reste un devoir pour l'autorité politique et administrative. Reconnu par la constitution du Burkina Faso.

Après la clôture du Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement (PN-AEPA) en 2015, les autorités nationales en collaboration avec des partenaires techniques et financiers ont mis en place le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP 2016-2030) et le Programme National d'Assainissement, des Eaux Usées et Excréta (PN-AEUE). Le PN-AEP constitue désormais le cadre de référence et d'orientation par lequel les autorités nationales, alignées sur les nouveaux standards mondiaux d'accès à l'eau potable, visent à atteindre les Objectifs de Développement Durable (ODD) dans le secteur de l'eau d'ici 2030. Les systèmes traditionnels d'approvisionnement en eau potable à savoir les Puits modernes et les Forages équipés de Pompes à Motricité Humaine (PMH) ayant montré leurs limites en termes de satisfaction des besoins en eau des populations, il est envisagé, dans le cadre du Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP) de réaliser, là où la ressource en eau est abondante, des Centres de Production d'Eau (CPE) qui devront desservir les populations cibles, de façon progressive, en eau potable à travers des Bornes Fontaines (BF) et des Branchements Particuliers (BP) et une optimisation des coûts d'exploitation de l'eau potable.

Ce programme PN-AEP a retenu l'approche service qui consiste essentiellement à rapprocher les points d'eau potable des consommateurs. Ceci se traduit par la densité des réseaux de distribution d'eau potable, avec plus de bornes fontaines et la promotion des branchements privés.

Dans ce contexte, des initiatives sont entreprises à travers tout le pays par l'Etat et ses partenaires au développement pour la réalisation d'ouvrages d'Approvisionnement en Eau Potable (AEP). C'est ainsi que le gouvernement à travers le MEEA a bénéficié d'un financement pour la mise en œuvre du Projet de réalisation de 5 systèmes d'Adduction d'Eau Potable dans les communes de Founzan et de Houndé dans la Province de Tuy, Région des Hauts Bassins Burkina Faso.

Le bureau d'études la Centrale d'Assistance et de Contrôle Ingénieurs / Conseils SA (CACI-C) a été adjudicataire des études APD pour la réalisation de 05 systèmes AEP dans la Province de Tuy (lot 4),

commanditées par la Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP) et exécutées par l'Agence d'Exécution des Travaux Eau et Equipement Rural (AGETEER).

L'objet de notre stage a donc été de proposer une étude d'Avant -Projet Détaillé pour la réalisation d'un système d'Approvisionnement en Eau Potable Simplifié dans la localité de NAHI, commune de Founzan, région des Hauts-Bassins au Burkina Faso.

3.2. Objectifs de l'étude et résultats attendus

3.2.1. Objectif général

L'objectif général est d'effectuer l'étude d'avant-projet détaillé du système d'approvisionnement en eau potable simplifié (AEPS) du village de Nahi afin de contribuer à l'amélioration des conditions d'accès à l'eau potable dans la localité à l'horizon 2040.

3.2.2. Objectifs spécifiques

Il s'agit spécifiquement de :

- Effectuer un état des lieux actuel de l'approvisionnement en eau du village ;
- Concevoir et dimensionner le réseau AEPS
- Faire une analyse financière du projet ;
- Evaluer l'impact du projet sur l'environnement et la vie socio-économique.

3.2.3. Résultats attendus

A l'issu de la présente étude,

- Les besoins en eau de la population seront évalués à l'horizon du projet ;
- La conception et le dimensionnement du système d'AEPS seront proposés ;
- Le coût de réalisation du projet sera évalué ;
- La notice d'impact environnemental et social sera élaborée.

IV. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

4.1. Documentation et collecte de données

La recherche documentaire a été centrée sur la collecte et l'analyse de cours, de mémoires, de rapports relatifs à l'approvisionnement en eau potable (AEP) et du rapport socio. Ces documents consultés aussi bien à 2iE qu'à la structure d'accueil CACI-C, ont été répertoriés dans la bibliographie du projet.

4.2. Matériel et logiciels utilisés

- **Le matériel topographique** : utilisé pour réaliser les mesures et recueillir les données topographiques de la zone d'étude ;
- **Le logiciel QGIS** : employé pour générer la carte de localisation de la zone d'étude ;
- **Les logiciels EPANET et EPACAD** : utilisés pour exécuter la modélisation hydraulique, permettant de simuler le fonctionnement du réseau ;
- **Le pack Microsoft Office** : employé pour le traitement de texte et les calculs requis pour l'étude ;
- **Covadis** : utilisé pour réaliser les profils en long ;
- **Google Earth Pro** : exploité comme outil supplémentaire pour la cartographie et la visualisation de la zone d'étude ;
- **AutoCAD** : utilisé pour élaborer les dessins techniques et graphiques indispensables à la mise en œuvre du projet ;
- **Zotero** : pour la gestion bibliographique

4.3. Méthodes de conception du système : hypothèses de calculs

4.3.1. La Planification

L'approche adoptée dans cette étude est de type stratégique, également connue sous le nom d'approche par la demande. Cette méthode implique la conception du système d'AEP de manière à répondre efficacement à la demande en eau des populations à court et moyen terme. Cette approche présente plusieurs avantages :

- ✓ Eviter le surdimensionnement des installations, ce qui réduirait les coûts de réalisation du projet
- ✓ Mieux gérer les fluctuations de la demande en eau résultant de l'augmentation du nombre d'utilisateurs et de l'amélioration du niveau de vie et du confort
- ✓ Garantir une durée de vie optimale du système

4.3.2. Horizon du projet et estimation de la population

Conformément aux termes de référence (TdR), le projet est dimensionné pour l'année 2040, ce qui signifie que sa durée de fonctionnement sera de 16 ans à compter de 2023.

Selon les données du RGPH (INSD, 2019), la population du village de Nahi était de 1825 habitants.

Pour estimer la population à desservir par l'AEPS en cours de réalisation, le taux d'accroissement annuel provincial du Tuy a été appliqué au village de Nahi.

Pour calculer ce taux de croissance, nous avons utilisé la formule recommandée par l'INSD :

$$\tau = \frac{1}{2019 - 2006} \times \ln \left(\frac{P_{\text{RGPH}_{2019}}}{P_{\text{RGPH}_{2006}}} \right) \quad \left| \begin{array}{l} P = \text{Population} \\ \tau = \text{Taux de croissance} \end{array} \right.$$

Afin d'estimer la population à l'horizon du projet, nous avons utilisé le modèle de croissance géométrique de Malthus :

$$P_n = P_0(1 + \tau)^n$$

Avec :

P_n : population à l'horizon du projet ;

P₀ : population de l'année de référence ;

τ : taux d'accroissement ;

n : nombre d'années entre l'année de référence et l'année de projection

4.3.3. Consommation spécifique

La consommation spécifique quotidienne moyenne désigne la quantité minimale d'eau nécessaire pour répondre aux besoins vitaux d'un individu, et si possible ses besoins de confort. Cette consommation varie selon plusieurs facteurs tels que le niveau de vie, les habitudes, la disponibilité de l'eau, le climat, le coût de l'eau et la manière dont elle est fournie (par BF ou BP). De plus, elle peut fluctuer d'une année à une autre en fonction de l'évolution du niveau de vie. Exprimée en (l/j/hab), elle joue un rôle essentiel dans l'estimation de la demande eau et pour un dimensionnement optimal des infrastructures des systèmes d'approvisionnement en eau potable (MOUNIROU, 2019).

En se basant sur l'étude socio-économique, la consommation spécifique théorique à l'échelle du site de Nahi est de 18 (l/j/hbt) (CACI-C, 2023). Cependant, nous notons que cette valeur se limite aux forages et reste nettement inférieure aux consommations spécifiques requises par le décret N°2019-

0204/PRES/PM/MEA/MINEFID/MATDC/MS du 13 mars 2019 portant définition des normes, critères et indicateurs d'accès à l'eau potable. Pour ces raisons, nous nous référerons aux consommations spécifiques données par le décret. Ces valeurs sont de **25 l/j/hbt** aux **Bornes Fontaines (BF)** et **40 l/j/hbt** pour les **Branchements Particuliers (BP)** (DECRET, 2019).

4.3.4. Taux de desserte

Nous alignerons notre hypothèse de desserte sur les valeurs définies par le PN-AEP, élaboré conformément à la vision des Objectifs de Développement Durable (ODD). Ces valeurs visent à atteindre une desserte de 100%, avec une part de 80% pour l'AEP et 20% pour les Points d'Eau Modernes d'ici à 2030 (PN-AEP, 2016).

Cependant, étant donné que notre projet s'étend jusqu'en 2040, nous avons procédé par interpolation linéaire afin d'anticiper l'évolution de la couverture par l'AEP au-delà des taux déjà donnés par le PN-AEP. Ainsi, nous avons réalisé une projection en nous basant sur les taux de desserte du PN-AEP pour aboutir à un taux de desserte par l'AEPS de 90% en 2040. Le tableau 1 présente les taux de desserte utilisés pour ce projet :

Tableau 1: Taux de desserte

Horizons	Taux de desserte par BF	Taux de desserte par BP	Taux de desserte total
2020	9.8	22.9	32.7
2025	28.2	28.2	56.4
2030	24	56	80
2035	20	65	85
2040	15	75	90

4.3.5. Variation cyclique de la demande

Les besoins en eau de la population varient selon les heures de la journée, les jours de la semaine, et les saisons. Pour tenir compte de ces fluctuations de la consommation, il est conseillé d'appliquer des coefficients d'ajustement lors de la conception du réseau afin qu'il puisse répondre aux pics de demande. Il s'agit de :

➤ Coefficient de pointe journalier (Cpj)

Il permet d'estimer la production lors des pics de demande journalière. Dans les zones sahéliennes, ces pics de demande surviennent généralement pendant les périodes chaudes de l'année. En milieu

rural, les pointes de consommation sont observées pendant les jours de festivité ou de repos général. Les valeurs extrêmes du Cpj se situent entre 1,05 et 1,15.

Pour ce projet il sera retenu la valeur moyenne, soit un coefficient de pointe journalière égale à 1,10.

➤ Coefficient de pointe horaire (Cph)

Il reflète les habitudes de consommation tout au long de la journée et permet de déterminer le débit de pointe à transporter. Il est proche de 1,5 pour les villes comptant moins de 200 000 habitants et de 3 pour celles de moins de 10 000 habitants .

Il est estimé à l'aide de la formule empirique du "génie rural" :

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

Avec : Q= débit moyen horaire en m³/h

Tableau 2: Valeurs du coefficient de pointe horaire en fonction de la population

Nombre d'habitants	< 10 000	10 000 à 50 000	50 000 à 200 000	> 200 000
Coefficient	2.5 à 3	2 à 2.5	1.5 à 2	1.5

Source : YONABA, 2015

➤ Le coefficient de pointe saisonnier (Cps)

Il représente le rapport sur l'année de la consommation journalière de pointe sur la consommation journalière moyenne. Il est influencé par les périodes de chaleur et les flux saisonniers de personnes.

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

Avec :

D_{jmp} : demande journalière du mois de pointe en m³/j

D_{jm} : demande journalière moyenne en m³/j

4.3.6. Rendement du réseau

Il rend compte des pertes en eau dans le processus de mobilisation des eaux de la source jusqu'aux points de distribution. Les données statistiques révèlent que les pertes sont généralement restreintes au durant les premières années, mais augmentent progressivement avec le vieillissement du réseau, atteignant un taux variant entre 10% et 20%.

Pour cette étude, nous supposons que les pertes augmentent de 5% lors de la première année d'exploitation du réseau pour atteindre 10% à terme.

4.3.7. Vitesses et pressions

Pour garantir un fonctionnement optimal du réseau de distribution, il est nécessaire que le débit d'eau circule à une vitesse située entre V_{min} et V_{max} , représentant respectivement les vitesses minimales et maximales requises. La vitesse minimale garantit un auto curage afin d'éviter des dépôts solides dans la conduite. Les vitesses admises doivent être comprises entre $0,3 \text{ m/s} < V < 1 \text{ m/s}$ pour les conduites de distribution (ZOUNGRANA, 2003).

Quant à la pression de service, doit être déterminée de manière à permettre un prélèvement d'eau sans difficulté particulière et sur une durée acceptable. Une valeur minimale de 10 (mCE) est recommandée au niveau des AEP classiques. (YONABA, 2015). Par conséquent, les données considérées pour les pressions de service seront $P_{ser} = 10 \text{ [mCE]}$ pour les branchements privés et $P_{ser} = 5 \text{ [mCE]}$ pour les bornes fontaines.

4.3.8. Pertes de charge

Les pertes de charge représentent la dissipation d'énergie mécanique d'un fluide en mouvement, en raison de sa viscosité et des frottements contre les parois lorsqu'il circule à travers une conduite. On distingue les pertes de charge linéaires, dues aux frottements le long de la conduite et les pertes de charge singulières, causées par les singularités présentes dans le réseau et sur les conduites.

Dans le cadre de notre projet, nous utiliserons la formule de Hazen Williams car elle tend à surestimer les pertes, offrant ainsi une marge de sécurité prévisionnelle.

$$\Delta H_t = 1.05 \times 10.666 \times \frac{Q^{1.852}}{C_{HW}^{1.852} \times D_{int}^{4.871}} \times L$$

Avec :

ΔH_t : pertes de charge totales en (m) ;

L et D : longueur et diamètre intérieur de la conduite en (m) ;

5 % : coefficient de pertes de charge singulières

Q : débit transporté par le tronçon en (m^3/s) ;

C_{HW} : coefficient de Hazen Williams (150 pour le PEHD)

4.3.9. Evaluation des besoins en eau de Nahi

Les besoins en eau représentent la quantité d'eau que l'exploitant doit fournir pour satisfaire la demande des utilisateurs. Ces besoins sont évalués à chaque phase du système en prenant en considération la demande en eau des utilisateurs, leurs habitudes et l'efficacité des installations. Les équations suivantes nous permettent les besoins en eau de la population :

➤ Besoins domestiques

Les besoins domestiques se calculent comme suit :

$$B_{dom} = \frac{Pop(C_{sBF} \times T_{dBF} + C_{sBP} \times T_{dBP})}{1000}$$

Avec :

B_{dom} : besoin domestique journalier en (m³/j) ;

C_{sBF} : Consommations spécifiques aux bornes fontaines en (l/j/pers) ;

T_{dBF} : Taux de desserte des bornes fontaines (%) ;

C_{sBP} : Consommations spécifiques aux branchements particuliers en (l/j/pers) ;

T_{dBP} : Taux de desserte des branchements particuliers (%) ;

Pop : Population à desservir (hbts) ;

➤ Besoins annexes

Ce sont les consommations des édifices publics tels que les marchés, les écoles, les mosquées... Pour ce projet, les besoins annexes ont été estimés à 10% des besoins domestiques.

$$B_{an} = 10\% \times B_{dom}$$

Avec :

B_{an} : besoins annexes en (m³/j) ;

B_{dom} : besoins domestiques en (m³/j) ;

➤ Besoins moyens journaliers

Ils sont la somme des besoins annexes et des besoins domestiques.

$$B_{mj} = B_{dom} + B_{an}$$

Avec :

B_{mj} : besoins moyens journalier en (m³/j) ;

B_{dom} : besoins domestiques en (m³/j) ;

B_{an} : besoins annexes en (m³/j) ;

➤ Besoin du jour de pointe

Il représente le produit du besoin journalier moyen et du coefficient de pointe journalière.

$$B_{jp} = B_{mj} \times C_{pj}$$

Avec :

B_{jp} : Besoin du jour de pointe en m³/j ;

B_{mj} : Besoins moyen journalier en m³/j ;

C_{pj} : Coefficient de pointe journalière

➤ Demande du jour de pointe

L'offre que l'AEPS doit fournir pour répondre aux besoins de la population, malgré les pertes enregistrées pendant le transport, est déterminée par la demande du jour de pointe. Cette dernière est calculée comme suit :

$$D_{jp} = \frac{B_{jp}}{\eta_r}$$

Avec :

D_{jp} : demande du jour de pointe en (m³/j) ;

η_r : rendement du réseau

➤ Débit moyen horaire de l'adduction

Il représente le débit moyen de production, il a pour équation :

$$Q_{mh} = \frac{D_{jp}}{T_p}$$

Avec :

Q_{mh} : débit moyen horaire en (m³/h) ;

T_p : temps de pompage journalier en (h) ;

4.3.10. Ressource en eau et choix du système de captage

Dans la localité de Nahi, les points d'eau moderne (puits et PMH) constituent les sources principales d'approvisionnement en eau des populations. L'approvisionnement en eau dépend donc des ressources souterraines. Dans le cadre de notre projet, nous prévoyons d'exploiter ces ressources souterraines, qui de plus, sont moins sensibles aux pollutions. De ce fait, une chloration sera suffisante pour garantir la potabilité de l'eau.

L'implantation géophysique a déjà été réalisée au point de coordonnées (X= 468970,90 et Y= 1247004,00). En attendant la foration et les essais de pompage, nous considérerons le débit minimal requis qui est de 5m³/h pour nos calculs.

Notre système d'AEPS est élaboré dans le but de rehausser la qualité du service lié à l'eau et il se positionne en renfort aux points d'eau modernes déjà existants. Il est sensé être plus attrayant en raison de l'amélioration du niveau de service qu'il offre à la population, notamment en réduisant les

corvées et le temps nécessaire pour accéder à l'eau potable. La figure 3 représente illustrativement un réseau d'AEPS :

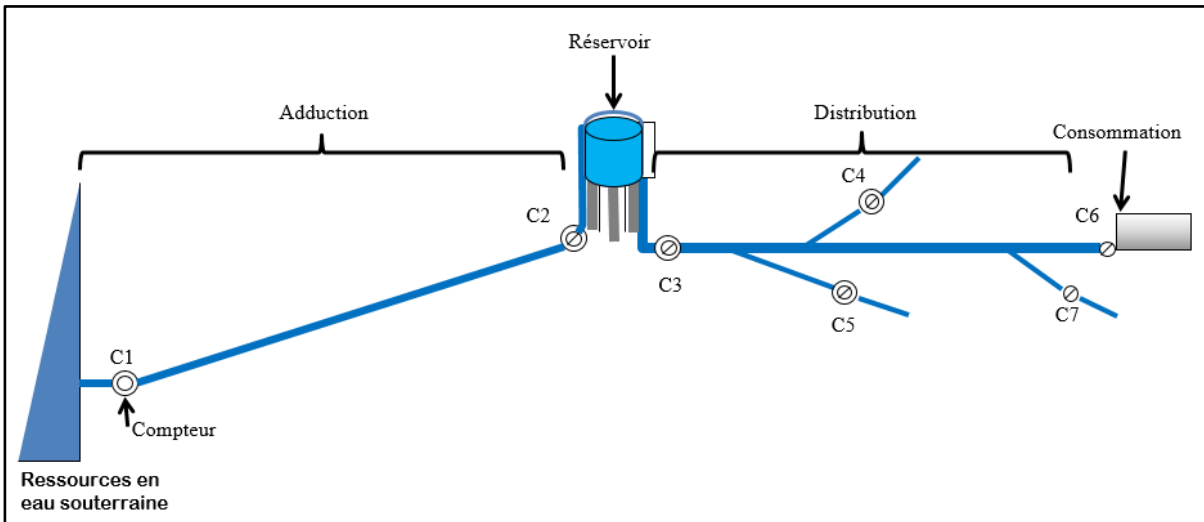


Figure 3: Schéma simplifié d'un réseau AEPS (OUEDRAOGO M., 2021)

4.4. METHODES DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES

4.4.1. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ADDITION

➤ Conduite de refoulement

La fonction de la conduite de refoulement est de permettre le transport de l'eau du forage vers le réservoir. Les matériaux les plus fréquemment utilisés pour ces conduites au Burkina Faso sont le PVC, le PEHD, la fonte ou l'acier. Pour les conduites d'adduction soumises aux pressions induites par le système de pompage, nous avons opté pour des conduites en PEHD de pression 16 bars. Ce choix s'appuie sur la disponibilité de ce matériau sur le marché et sur des avantages tels que la facilité d'installation et sa fiabilité. L'aspect économique est pris en compte dans le dimensionnement de cette conduite. Le diamètre de la conduite de refoulement est déterminé selon les formules suivantes :

- **Bresse :**

$$D_{th(m)} = 1,5 \times \sqrt{Q_{(m^3/s)}}$$

- **Bresse modifié :**

$$D_{th(m)} = 0,8 \times Q_{(m^3/s)}^{1/3}$$

- **Bonnin :**

$$D_{th(m)} = \sqrt{Q_{(m^3/s)}}$$

- **Munier :**

$$D_{th(m)} = (1 + 0,02n) \times \sqrt{Q_{(m^3/s)}}$$

○ **Bedjaoui :**

$$D_{th(m)} = 1,27 \times \sqrt{Q_{(m^3/s)}}$$

Avec :

D_{th} : diamètre théorique (m) ;

Q : débit d'adduction (m^3/s) ;

n : nombre d'heures de pompage journalier

La vitesse dans la conduite de refoulement sera calculée de la manière suivante :

$$V_{(m/s)} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

La conduite à sélectionner doit respecter à la fois les conditions de Flamant et celles de GLS. Ces deux critères sont exprimés par les équations suivantes :

○ **Condition de Flamant**

$$V_{(m/s)} \leq 0,6 + D_{(m)}$$

➤ **Dimensionnement des colonnes montante et d'exhaure**

- **Colonne d'exhaure** : c'est la conduite qui relie la pompe immergée à la tête du forage nommé "exhaure". Son rôle est de transporter l'eau vers la conduite de refoulement.

Les principales catégories de tuyaux utilisés dans ce cas sont l'acier galvanisé, le Wellmaster et le Foraduc. Notons que l'acier galvanisé est sensible à la corrosion et le Wellmaster a un problème d'étanchéité sur le long terme. Le Foraduc quant à lui est plus coûteux mais mieux adapté.

- **Colonne montante au niveau du réservoir** : cette conduite est connectée à la conduite de refoulement et elle approvisionne le réservoir en eau. Elle est généralement en acier galva PN 16 bars.

De même, cela s'applique aux conduites de vidange, de distribution et de trop plein qui descendent du réservoir vers le sol.

Les diamètres de la colonne d'exhaure et de la colonne montante sont calculés à l'aide de la formule suivante :

$$D_{int} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Avec :

D_{int} : diamètre intérieur (m) ;

Q : débit de pompage en (m³/s) ;

V : vitesse ascensionnelle de l'eau en (m/s).

La vitesse d'ascension de l'eau est prise égale à 2 m/s dans le forage et de 1 m/s au niveau de colonne montante.

➤ Détermination de la hauteur manométrique totale (HMT)

La HMT représente la pression en mCE (mètre Colonne d'Eau) que la pompe doit générer pour déplacer un volume d'eau d'un point à un autre géométriquement différent. C'est un paramètre crucial dans le choix d'une pompe. Elle est déterminée en fonction de la hauteur géométrique et des pertes de charges enregistrées dans la conduite de refoulement.

$$H_{géo} = Z_r - N_D$$

Avec :

$H_{géo}$: hauteur géométrique en (m) ;

Z_r : altitude du déversement au réservoir en (m) ;

N_D : niveau dynamique du forage en (m)

La Hauteur Manométrique Totale est déterminée par la relation suivante :

$$HMT = H_{géo} + \Delta H$$

Avec : ΔH : pertes de charges

➤ Coup de bélier

Le coup de bélier est un phénomène hydraulique qui provoque des oscillations de pression (surpression ou dépression) au niveau de la conduite de refoulement. Il peut être déclenché par une ouverture ou fermeture brusque d'une vanne, l'arrêt ou le démarrage brutal d'une pompe. La formule de Joukowski-Allievi est utilisée pour évaluer l'amplitude du phénomène de coup de bélier en fonction de la célérité des ondes C , de la durée t et de la variation de la vitesse initiale V_0 .

Calcul de la célérité C en m/s :

$$C(m/s) = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{D}{e} \times \frac{\varepsilon}{E}}}$$

Calcul de la variation instantanée de pression ΔP (m)

$$\Delta P(m) = C \times \frac{V_0}{g}$$

Avec :

ΔP : variation de pression (m)

C : célérité des ondes (m/s)

V_o : vitesse de l'écoulement (m/s)

g : accélération de la pesanteur (m/s^2)

D : diamètre intérieur (mm)

E : épaisseur de la conduite (mm)

E : module d'élasticité du matériau (N/m^2)

ε : module d'élasticité de l'eau (N/m^2)

ρ : masse volumique de l'eau (Kg/m^3)

Le coup de bélier est considéré comme préjudiciable et requiert des dispositifs de protection dans les situations suivantes :

$H_{max} \geq PMA \text{ avec } H_{max} = HMT + \Delta P$ $H_{min} \leq Patm \text{ avec } H_{min} = HMT - \Delta P$
--

Avec :

H_{max} : Pression maximale (m)

PMA : Pression maximale admissible (m)

H_{min} : Pression minimale (m)

Patm : Pression atmosphérique (m)

PMA \approx 1,2 x PN (pression nominale)

4.4.2. SYSTEME DE POMPAGE

➤ Choix de la pompe hydraulique

Le choix de la pompe hydraulique immergée est réalisé en sélectionnant parmi la gamme de pompes Grundfos se trouvant sur le site officiel du fabricant (www.grundfos.com), tout en se basant sur le débit d'exploitation du forage et la HMT.

➤ Energie d'alimentation

Nahi ne bénéficiant pas de la couverture électrique de la SONABEL, nous proposons un système d'énergie hybride qui alterne un système solaire photovoltaïque et l'énergie thermique d'un groupe électrogène. L'énergie solaire sera la principale source d'énergie et le groupe électrogène assurera le relais automatique grâce à un inverseur de source d'énergie qui sera mis en place.

➤ Système photovoltaïque

Le soleil est la principale source d'énergie pour alimenter l'électropompe. Initialement sous forme de courant continu, l'énergie solaire peut être convertie en courant alternatif utilisable par l'électropompe. Pour optimiser le rendement, assurer un bon écoulement des eaux pluviales et

faciliter le nettoyage, on privilégiera une orientation des panneaux plein Sud et un angle d'inclinaison de 15°.

Pour calculer la puissance de crête du générateur photovoltaïque, on applique la formule suivante :

○ **Puissance de crête**

$$P_c [Wc] = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT \times T}{3600 \times \eta_p \times \eta_m \times \eta_c \times \gamma_i}$$

Avec :

P_c : puissance de crête du générateur PV en Wc ;

T : temps de pompage solaire ;

η_c : rendement du convertisseur ;

η_m : rendement du moteur ;

η_p : rendement de la pompe ;

γ_i : intensité d'insolation journalière ;

g : gravité de la terre.

Nombre et disposition des modules

Pour estimer le nombre de modules photovoltaïques requis pour constituer le champ solaire, on utilise la formule suivante :

$$N_{mod} = \frac{P_c}{P_{mod}}$$

Avec :

N_{mod} : nombre de modules

P_{mod} : puissance du module

P_c : puissance de crête

Sur la base de la tension de court-circuit de l'onduleur, les modules seront disposés en série et en parallèle. On utilisera les formules suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{mod,S} \leq \frac{U_{nom,ond}}{U_{cc,mod}} \\ N_{mod,P} \leq \frac{P_c}{N_{mod,S} \times P_{mod}} \end{array} \right.$$

Avec :

$N_{mod,S}$: nombre de modules en série ;

$N_{mod,P}$: nombre de modules en parallèle ;

$U_{nom,ond}$: tension nominale de l'onduleur ;

$U_{cc,mod}$: tension de court-circuit du module

○ **Puissance et tension de l'onduleur**

Afin de transformer le courant produit par le champ solaire en un courant alternatif, un convertisseur de courant continu en courant alternatif sera installé. La capacité de l'onduleur est déterminée de manière à garantir une alimentation sans surcharge de l'électropompe. La puissance peut être évaluée en utilisant la formule suivante :

$$P_{ond} = \frac{P_{Pmp} \times K}{\eta_{Pmp} \times \cos \varphi}$$

Avec :

P_{ond} : puissance de l'onduleur en (kVA) ;

P_{Pmp} : puissance de l'électropompe en (kW) ;

K : coefficient de correction = 1.05 ;

η_{Pmp} : rendement de l'électropompe ;

$\cos \varphi$: facteur de puissance = 0,85

La tension continue produite par les panneaux solaires doit être compatible de manière proportionnelle à la tension d'entrée de l'onduleur.

➤ **Groupe électrogène**

Le groupe électrogène sert de source alternative de production d'électricité, il est dimensionné pour supporter l'intensité du courant de démarrage de l'électropompe. Concernant les pompes dont la puissance est en dessous de 20 kW, on évalue la puissance apparente du groupe électrogène en se basant sur l'expression suivante (Schiller, Royer, Djiako, & Sy, 1998) :

$$P_{app} = \max \left\{ \begin{array}{l} 2 \times \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{3600 \times \eta_p \times \eta_M \times \cos \varphi} ; \\ 2 \times \frac{\sqrt{3} \times U \times I_n \times \cos \varphi}{1000} \times 1.25 \end{array} \right.$$

Avec :

P_{app} : puissance apparente du groupe en (kVA) ;

U : tension du moteur en (V) ;

$\cos \varphi$: facteur de puissance

I_n : intensité nominale du moteur

4.4.3. DIMENSIONNEMENT DU RESERVOIR DE STOCKAGE

➤ Choix de l'implantation

Les réservoirs d'eau sont essentiels pour assurer un approvisionnement adéquat en eau potable dans une agglomération. Leur nécessité découle principalement de la différence entre le débit de captage ou de refoulement d'eau et le débit d'eau consommé par l'agglomération, lequel varie en fonction de l'heure de la journée (MOUNIROU, 2019).

➤ Capacité utile du réservoir

Une réserve tampon est indispensable pour combler le décalage entre la production quotidienne d'eau et la consommation des usagers. Le réservoir sélectionné est de type métallique étanche et de forme cylindrique, généralement utilisés pour les faibles volumes. Son coût est relativement plus bas que celui des réservoirs en béton armé.

Pour déterminer la capacité utile du réservoir, nous avons utilisé la méthode simplifiée ou forfaitaire. Dans ce cas, le volume de stockage du réservoir est estimé à une fraction de la demande du jour de pointe. Le tableau 3 présente les différentes valeurs forfaitaires utilisées pour le calcul de la capacité utile du réservoir :

Tableau 3: Valeurs forfaitaires de la capacité du réservoir

Condition d'exploitation	Capacité utile
Adduction nocturne	90% B _{jp}
Adduction avec pompage solaire	50% B _{jp}
Distribution continu (24h/24)	30% B _{jp}
Adduction de jour durant les périodes de consommation	10 à 30% B _{jp}

Source : Statistiques des centres d'AEP, Burkina Faso

➤ Hauteur sous radier

La hauteur sous radier est déterminée pour garantir la pression minimale requise au point le plus désavantagé du réseau.

En tenant compte de la cote d'implantation du réservoir et de la cote minimale requise par le nœud aval, la hauteur sous radier peut être déterminée à l'aide de la relation suivante :

$$\text{Cote minimale exploitable} = \text{pression de service} + \text{cote TN} + \sum p_{dc}$$

$$H_{rad} = \max Z_{min} - Z_{TN Rés}$$

Avec :

H_{rad} : hauteur sous radier

Z_{min} : cote minimale requise

$Z_{TN Rés}$: cote du terrain naturel du réservoir

4.4.4. TRAITEMENT DE L'EAU

En général, l'eau des forages présente une qualité physico-chimique satisfaisante par rapport aux eaux de surface. Pour renforcer la qualité de l'eau distribuée via le réseau, il sera proposé la désinfection à l'aide d'une pompe doseuse. Le volume ainsi que débit d'injection de cette pompe sont calculés selon les formules suivantes :

$$\begin{cases} q = \frac{d \times Q}{c} \\ V = q \times T \end{cases}$$

Avec :

q : le débit d'injection de la pompe doseuse en (l/h)

d : la dose de traitement en (mg/l)

Q : le débit d'eau à traiter en (m³/h)

c : la concentration de la solution du chlore en (g/l)

V : le volume du bac en (l)

T : le temps de fonctionnement journalier en (h)

➤ Vérification du temps de contact du chlore

Pour que le chlore puisse déployer son effet désinfectant 'et garantir la sécurité sanitaire de l'eau, un temps de contact minimal de 2 heures est nécessaire. Afin de s'assurer que ce temps de contact soit effectivement respecté, il est calculé et vérifié supérieur au temps de contact minimal, comme suit :

$$T_c = \frac{C_u}{Q_{dist}} \geq 2 \text{ heures}$$

Avec :

T_c : temps de contact du chlore en (h)

C_u : capacité utile du réservoir en (m³)

Q_{dist} : débit de pointe de distribution (m³/h)

➤ Vérification du temps de la durée de l'efficacité du traitement

Après la désinfection, une certaine concentration du chlore demeure dans l'eau, ce qui lui confère un pouvoir dit rémanent. Ce pouvoir assure la protection de l'eau contre d'éventuelles contaminations ultérieures. L'eau traitée doit être utilisée avant que le chlore ne s'évapore entièrement en 48 heures. Ainsi le réservoir est dimensionné de manière à ce que le temps pendant lequel l'eau y séjourne ne dépasse pas 2 jours. Cette condition est exprimée par la relation suivante :

$$T_s = \frac{C_u}{Q_{moy_hor}} \leq 2 \text{ jours}$$

Avec :

T_s : temps de séjour en (j)

Q_{moy_hor} : débit moyen horaire (m³/h)

4.4.5. RESEAU DE DISTRIBUTION

En tant que dernier maillon de la chaîne du système d'approvisionnement en eau potable, le réseau de distribution joue le rôle de transporter l'eau depuis le réservoir de stockage jusqu'aux points de prélèvement des usagers. Pour ce faire, plusieurs critères doivent être recherchés : accessibilité des points de distribution, qualité de l'eau conforme aux normes de potabilité, pression et vitesse de service suffisantes, continuité du service, accessibilité financière pour les usagers.

➤ Réseau et mode distribution

L'implantation des bornes fontaines a été réalisée en collaboration avec la population, tout en tenant compte de la densité populationnelle et de la disposition spatiale des habitations. Le tracé du réseau de distribution est établi après avoir réalisé un levé topographique basé sur l'emplacement des points de desserte. Ce réseau est de type ramifié en raison de l'absence de plan de masse d'urbanisation, et de la dispersion des habitations.

Le réservoir quant à lui, est positionné stratégiquement au point le plus élevé, afin de permettre une distribution gravitaire et d'assurer une pression de service minimale même aux points les plus hauts ou éloignés.

➤ Répartition des débits aux bornes fontaines

A l'horizon du projet, la localité de Nahi comptera une population de 3267 habitants. En considérant les taux de desserte obtenus par projection à l'horizon du projet, 90% de la population sera desservie par l'AEPS, tandis que les 10% restant utiliseront les points d'eau modernes. De cette proportion de 90%, on estime que 75% seront connectés au réseau de distribution grâce aux branchements privés et 15% obtiendront leur eau potable via les bornes fontaines.

Ce qui signifie qu'à terme, seulement 15 % de la population qui représentent à peine 500 habitants utiliseront les bornes fontaines. Mais puisque notre réseau comportera 5 bornes fontaines, nous avons choisi une hypothèse de répartition qui évitera d'avoir des débits trop faibles par borne fontaine, et permettra de garantir un accès facile aux points d'eau partout dans la localité. Selon cette répartition, chaque borne fontaines sera équipée de trois robinets, chacun fournissant un débit de 0,25 l/s. Nous obtenons un débit total de 3,75 l/s pour les BF, ce qui représente le débit maximal de pointe horaire.

➤ Calcul des débits des tronçons

Les branchements particuliers étant directement connectés aux conduites de distribution, permettent un service continu en route. Pour simplifier le calcul des conduites, un débit équivalent de calcul est défini.

- **Débit spécifique** : N'ayant pas de précision sur la localisation exacte des futurs BP, nous adopterons le concept de débit spécifique pour calculer les débits des tronçons. En supposant une répartition homogène des habitants le long du réseau, le débit spécifique s'obtient par la relation suivante :

$$Q_{sp} = \frac{Q_{t-BP}}{\sum Li}$$

Avec :

Q_{sp} : débit spécifique (l/s/ml)

Q_{t-BP} : débit total des branchements privés

$\sum Li$: somme des longueurs des tronçons du réseau secondaire

- **Débit en route** : c'est le débit consommé le long de la conduite par les usagers. Il est uniformément réparti le long d'un tronçon :

$$Q_{rte} = Q_{sp} * L_i$$

Avec :

Q_{rte} : débit prélevé sur le tronçon (l/s)

Q_{sp} : débit spécifique (l/s/ml)

L_i : longueur du tronçon (m)

- **Débit dans les tronçons** : le débit équivalent est une valeur fictive calculée selon la formule suivante :

$$Q_{eq} = Q_{aval} * 0,55 Q_{rte}$$

➤ Détermination des diamètres des conduites de distribution

En premier lieu, nous utilisons l'équation de continuité pour calculer les diamètres théoriques des conduites.

$$D_{int} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$$

Avec :

D_{int} : diamètre intérieur en m

V : vitesse de l'eau dans la conduite en m/s

Q : débit traversant la conduite en m³/s

De façon pratique, des ajustements sont effectués pour sélectionner les diamètres commerciaux tout en maintenant les conditions de vitesse et de pression minimale, sans oublier de minimiser les pertes de charge.

➤ **Dimensions des fouilles**

Ces dimensions sont déterminées en tenant compte des diamètres des conduites. Dans certains cas, les conduites peuvent être posées au sol, mais cela est à éviter lorsqu'il s'agit de PVC ou de PEHD (FAYE M, 2019). Les relations suivantes sont souvent utilisées :

$$H_{min} \geq DN (m) + 0,8 \quad \text{et} \quad L_{min} \geq DN (m) + 0,4$$

Avec : **H_{min}** : la profondeur minimale ; **L_{min}** : la largeur minimale

4.4.6. Equipements hydrauliques et annexes

Ce sont des dispositifs hydrauliques intégrés au réseau pour assurer la sécurité et le bon fonctionnement des installations. Pour cela, le réseau sera équipé de regards abritant les pièces hydrauliques suivantes :

- **Vidangeurs** : ils sont installés aux points bas et aux extrémités du réseau. Ils permettent de drainer les eaux d'une section afin de faciliter les interventions ou le nettoyage des conduites.
- **Vannes** : elles serviront à isoler des tronçons pour faciliter les travaux de maintenance. Pour des questions de facilité et de praticité, ils seront placés sous des bouches à clé, de diamètres correspondant aux diamètres des conduites sur lesquelles ils seront installés.
- **Ventouses** : ces équipements de protection sont placés aux points les plus élevés du réseau ainsi que sur la tête du forage. Elles permettent d'évacuer l'air emprisonné dans les conduites.

- **Clapet anti-retour** : son importance réside dans sa capacité à assurer un écoulement unidirectionnel de l'eau
- **By-pass** : c'est un regard positionné au pied du réservoir pour permettre une dérivation temporaire et assurer ainsi la continuité de l'approvisionnement en eau pendant les opérations de maintenance.
- **Butées** : elles permettent d'éviter les déboitements des conduites, elles sont placées aux angles et changements de direction.



Figure 4: Equipements de protection

Il est également prévu de construire des locaux permanents en matériaux durables pour une gestion efficace du système d'exploitation.

Clôtures de protection : le château d'eau sera entouré d'une clôture grillagée tandis que la station de pompage sera délimitée par des murs en briques. Ces espaces seront gravillonnés et régulièrement entretenus pour assurer leur propreté ;

Magasin : espace de stockage dédié à l'entreposage des équipements, des matériaux et des outils essentiels à l'entretien du système ;

Bureau : un espace dédié à l'exploitant pour la gestion administrative et la planification des activités ;

Maisonnette : un local spécifique sera aménagé pour abriter le coffret électrique ainsi que les équipements et les commandes électriques ;

Latrines et douches : installations sanitaires comprenant des douches avec puisards pour l'évacuation des eaux usées, ainsi que des latrines de type VIP (Ventilated Improved Pit), assurant des conditions d'hygiène optimales.

4.5. ANALYSE ECONOMIQUE ET FINANCIERE

L'objectif ici, est d'évaluer la rentabilité et de trouver un équilibre financier pour les entités responsables du projet. Etant donné que ce projet est d'intérêt public, le tarif du mètre cube d'eau doit

non seulement garantir la pérennité du système en matière de gestion et de fonctionnement mais également rester abordable pour la population.

4.5.1. Prix de vente de l'eau

Dans le cadre d'une gestion par affermage, le tarif de l'eau est déterminé en fonction des charges d'exploitation, notamment le cout de production et les salaires, ainsi que les dotations aux amortissements dont la durée de vie est de 15 ans ou moins. Les équipements ayant une durée de vie supérieure à 15 ans ne sont pas pris en compte dans le calcul du prix de vente de l'eau. Une rétention de 20% est appliquée au prix de revient comme bénéfice pour le prestataire de service.

$$\mathbf{Prix_{rev} = \frac{Ch_{exp} + Amortissement}{V}}$$

Avec :

Prix_{rev} : prix de revient en FCFA du m³ d'eau

Ch_{exp} : charge d'exploitation en (FCFA)

V : volume total d'eau vendu en (m³)

4.5.2. Charges d'exploitation

Les charges d'exploitation se divisent en 2 catégories : les charges fixes du personnel et les charges de production. Les charges fixes du personnel englobent les rémunérations versées au personnel impliqué dans la gestion de l'AEPS. Les dépenses liées à la production d'eau sont fonction du volume annuel produit et incluent les couts d'énergie, de traitement et les frais d'entretien des équipements.

4.5.3. Amortissement des équipements

En accord avec le Document cadre de Gestion du Service Public de l'Eau Potable en milieu rural, seuls les équipements dont la durée de vie est inférieure ou égale à 15 ans sont sujettes à la dotation aux amortissements (MEEA/DGEP, 2019). Ces installations sont répertoriées dans le tableau 4 :

Tableau 4: Temps d'amortissement de certains équipements

Désignation	Temps d'amortissement (ans)
Equipements amortis par le fermier	
Electropompe	5
Groupe électrogène	5
Convertisseur	5
Accessoires	5

Equipements non amortis par le fermier

Forage	35
Panneaux solaire	28
Réseau d'adduction	18
Château d'eau	30
Réseau de distribution	18

Le prix d'achat de chaque équipement est réparti sur sa durée de vie, et la fraction attribuée à une année d'utilisation est considérée comme consommée. Ainsi, le calcul de l'amortissement annuel est déterminé par l'équation suivante :

$$A_{an} = \frac{P_{acq}}{N}$$

A_{an} : amortissement annuel en FCFA

P_{acq} : prix d'acquisition de l'équipement

N : temps d'amortissement de l'équipement

V. RESULTATS DU DIMENSIONNEMENT

5.1. Etat des lieux de l'alimentation en eau potable à Nahi

Nahi dispose de neuf (9) forages équipés de PMH dont cinq (5) communautaires fonctionnels et un (1) communautaire non fonctionnel pour une population estimée à 2039 habitants en 2023. Le village dispose également de deux (2) puits à grand diamètre.

Lorsque le nombre de PMH communautaires est rapporté à la population, on note un ratio d'environ 340 habitants par forage. Au regard de la norme nationale dont la tendance actuelle est d'un forage pour 300 personnes au plus, on peut soutenir que les populations de ce village n'ont pas un accès adéquat à l'eau.

Les difficultés majeures évoquées dans le cadre de l'approvisionnement en eau potable dans le village de Nahi sont le temps d'attente au niveau des PMH et l'éloignement des points d'eau. En effet, 53% des ménages enquêtés consacrent plus de 30 minutes la recherche de l'eau potable, et ce temps d'attente va parfois à plus de 2 heures dans certains quartiers. Il ressort également que 89 % des ménages enquêtés parcourent une distance de plus de 500 mètres pour accéder à un point d'eau potable. Cela est contraire aux données sur les critères et normes d'accès à l'eau qui préconise une distance moyenne de 500 mètres et 30 mn en moyenne comme temps mis y compris le temps de prélèvement (CACI-C, 2023). Cette situation pourrait être la conséquence de l'insuffisance et de la mauvaise répartition des ouvrages hydrauliques.

5.2. Conception du réseau de distribution

5.2.1. Projection de la population

La mise en place du système d'AEPS de Nahi vise à améliorer à la fois la couverture et la disponibilité de l'eau potable au sein de la communauté locale. D'après les données du RGPH 2019, la population de Nahi était estimée à 1825 habitants. En tenant compte du taux d'accroissement de la province du Tuy, estimé à 2.81%, les projections de l'évolution de la population à l'horizon du projet sont détaillées dans le tableau 5 :

Tableau 5: Evaluation de la population à l'horizon 2040

Désignation	Unité	2019	2023	2025	2030	2035	2040
Population totale	Hbt	1825	2039	2155	2476	2844	3267
Taux total de desserte	%		25%	56,4%	80%	85%	90%
Population desservie	Hbt		510	1216	1981	2417	2940

5.2.2. Estimation des besoins en eau

Le tableau 6 met en lumière l'évolution du besoin en eau de la population du village de Nahi, en corrélation avec la croissance démographique prévue à l'horizon 2040.

Tableau 6: Evaluation des besoins en eau de la population

Désignation	Unités	2023	2025	2030	2035	2040
Population totale	Hbts	2039	2155	2476	2844	3267
Taux de desserte par BF	%	25,0%	28,2%	24%	20%	15%
Taux de desserte par BP	%	0,0%	28,2%	56%	65%	75%
Consommation spécifique BF	[l/jr/hbt]	25				
Consommation spécifique BP	[l/jr/hbt]	40				
Consommation totale domestique au BF	[m3/j]	12,74	15,19	14,85	14,22	12,25
Consommation totale domestique au BP	[m3/j]	0,00	24,31	55,46	73,94	98,00
Total des besoins domestiques	[m3/j]	12,74	39,51	70,31	88,16	110,25
Besoins annexes	[m3/j]	1,27	3,95	7,03	8,82	11,03
Total des besoins journaliers moyens	[m3/j]	14,02	43,46	77,34	96,98	121,28
Coefficient de pointe journalière	1.1					
Besoin journalier de pointe Bjp	[m3/j]	15,42	47,80	85,08	106,68	133,41
Pertes dans le réseau	%	5%	5%	10%	10%	10%
Demande du jour de pointe	[m3/j]	16,23	50,32	94,53	118,53	148,23

En 2040, les besoins domestiques s'élèvent à 12.25 m³/j aux BF et 98.0m³/j aux BP. Après avoir pris en compte les besoins annexes (équivalant à 10% des besoins domestiques) et les pertes dans le réseau, le système d'approvisionnement en eau de Nahi devrait fournir 148.23 m³/j afin de couvrir les besoins de 90% de la population du village. Les 10% restants continueront à être approvisionnés en utilisant les PMH.

5.2.3. Disponibilité de la ressource en eau du village

Pour garantir une réponse adéquate à la demande en eau du système d'approvisionnement du village, nous envisageons d'initier le projet en mobilisant les ressources souterraines via l'utilisation d'un forage ayant un débit minimum de 5m³/h, avec la possibilité de prévoir un second forage si nécessaire. Le tableau 7 présente les ressources à mobiliser d'ici 2040 :

Tableau 7: Mobilisation de la ressource en eau

Designation	Unité	2023	2025	2030	2035	2040
Temps théorique maximal de pompage	H	15	15	15	15	15
Demande du jour de pointe	[m ³ /h]	16,23	50,32	94,53	118,53	148,23
Débit théorique de pompage	[m ³ /h]	1,08	3,35	6,30	7,90	9,88
Débit théorique du forage	[m ³ /h]	5	5	5	5	5
Nombre de forages de 5m³/h	U	1	1	2	2	2
Débit réel de pompage	[m ³ /h]	5	5	10	10	10
Temps réel de pompage	H	4	11	10	12	15

Au regard de ces résultats, si le débit du forage à réaliser n'est pas supérieur à 5m³/h, il sera impératif d'envisager un forage supplémentaire d'au moins 5m³/h pour répondre aux besoins en eau projeté dans le cadre du projet à partir de 2030.

5.3. Réseau d'adduction par refoulement

Les conduites d'adduction sont conçues pour transporter le débit d'eau du forage au réservoir. En prenant en compte un débit d'exploitation de 5 m³/h au refoulement du forage de Nahi, les diamètres des conduites calculées à l'aide des formules empiriques sont présentés dans le tableau 8 :

Tableau 8: Diamètre des conduites d'adduction

Formules	Dth(mm)	DN	Vitesse(m/s)	Condition de Flamant	Condition de vitesse GLS
Bress	55,90	75	0,47	Vérifié	Vérifié
Bonnin	37,27	63	0,67	NON	Vérifié
Bedjaoui	47,33	63	0,67	NON	Vérifié
Munier	48,45	63	0,67	NON	Vérifié
Bress modifié	89,26	110	0,22	Vérifié	Vérifié

Le choix du diamètre optimal (PEHD, DN 75, PN16) a été effectué parmi ceux qui satisfont aux conditions de Flamant et de GLS. Le diamètre de Bress a été sélectionné car il minimise l'investissement tout en garantissant le bon fonctionnement du système. La conduite de refoulement s'étend sur une longueur de 3807 m.

5.3.1. Nécessité du dispositif anti-bélier

Avant d'envisager la protection des conduites de refoulement, il est nécessaire de déterminer si d'éventuels coups de bélier peuvent leur causer préjudice. Cela implique de vérifier la surpression par comparaison de la pression maximale de l'eau ($H_{max} = HMT + \text{Variation de pression } \Delta P$) à la pression maximale admissible (PMA) dans la conduite. Également, il faut contrôler la dépression par une comparaison entre la pression minimale de l'eau et la pression atmosphérique ($H_{min} = HMT - \text{variation de pression } \Delta P$). Les données du tableau 9 sont utiles pour cette évaluation :

Tableau 9: Vérification du coup de bélier

Paramètres	Unités	Valeur
Débit de refoulement	(m ³ /h)	5
Diamètre intérieur retenu	(m)	61,4
Longueur de la conduite de refoulement	(m)	3807
Epaisseur de la conduite	(mm)	6,80
Pertes de charge ΔH	(m)	16,24
Hauteur Manométrique Totale HMT	(m)	88,24
Célérité de l'onde	(m/s)	359,83
Variation de pression ΔP	(m)	17,21
Surpression H_{max}	(m)	105,45
Dépression H_{min}	(m)	71,03
Pression atmosphérique Pa	(m)	10,33
Pression Nominale de la conduite PN	(m)	160
Pression Maximale Admissible : $PMA=1,2*PN$	(m)	192

On note que la valeur de H_{max} est inférieure à celle de la PMA et le rapport H_{max} sur PN est également inférieur à 1,2 ; ce qui signifie que les surpressions ne sont pas préjudiciables à la conduite. De même, la valeur de la Pa est inférieure à la H_{min} , indiquant que les dépressions ne sont pas non plus préjudiciables à la conduite. En conclusion, il n'y a pas de risque de coup de bélier préjudiciable justifiant l'installation d'une protection anti-bélier.

5.3.2. Colonne d'exhaure et colonne montante

Dans le tableau 10 sont consignés les résultats du dimensionnement des conduites pour la colonne d'exhaure, allant de la pompe immergée jusqu'à la tête du forage, ainsi que pour la colonne montante au réservoir :

Tableau 10: Dimensionnement des colonnes d'exhaure et montante

	Diamètre théorique (mm)	Diamètre nominal retenu (mm)	Type de conduite
Colonne d'exhaure de la pompe	29,73	32	Foraduc flexible
* Colonne montante du réservoir	42,05	50	Acier galva PN16

* Pour des raisons pratiques, notamment pour assurer la continuité du diamètre intérieur de la conduite de refoulement et prévenir la formation de jets au niveau du réservoir, le diamètre de la colonne montante sera uniformisé avec celui de la conduite de refoulement calculé antérieurement.

5.4. Station de pompage

5.4.1. Caractéristiques de la pompe

A partir des données relatives au débit d'exploitation et à la HMT, nous avons effectué le choix de la pompe en consultant le catalogue Grundfos. Nous avons finalement opté pour la pompe dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 11 :

Tableau 11: Caractéristiques de la pompe

Marque	GRUNDFOS
Type	SP 7-17
Qp(m ³ /h)	5,4
HMT (m)	88,24
N (tr/min)	2900
Moteur	T40
Tension nominale	3*380-400-415 V
Courant nominal (A)	5,50-5,50- 5,70
Intensité de démarrage (%)	440-460-470
Rendement de la pompe (%)	66,5
Rendement du moteur (%)	76,2

Puissance (kW)	2,2
Cos phi (facteur de puissance)	0,85

5.4.2. Point de fonctionnement

Le point de fonctionnement présente les conditions de refoulement les plus favorables. Il est déterminé par l'intersection entre la courbe caractéristique de la pompe ($HMT=f(Q)$) et du réseau ($H_{rés}=f(Q)$). Les résultats obtenus sont indiqués dans la figure 5 :

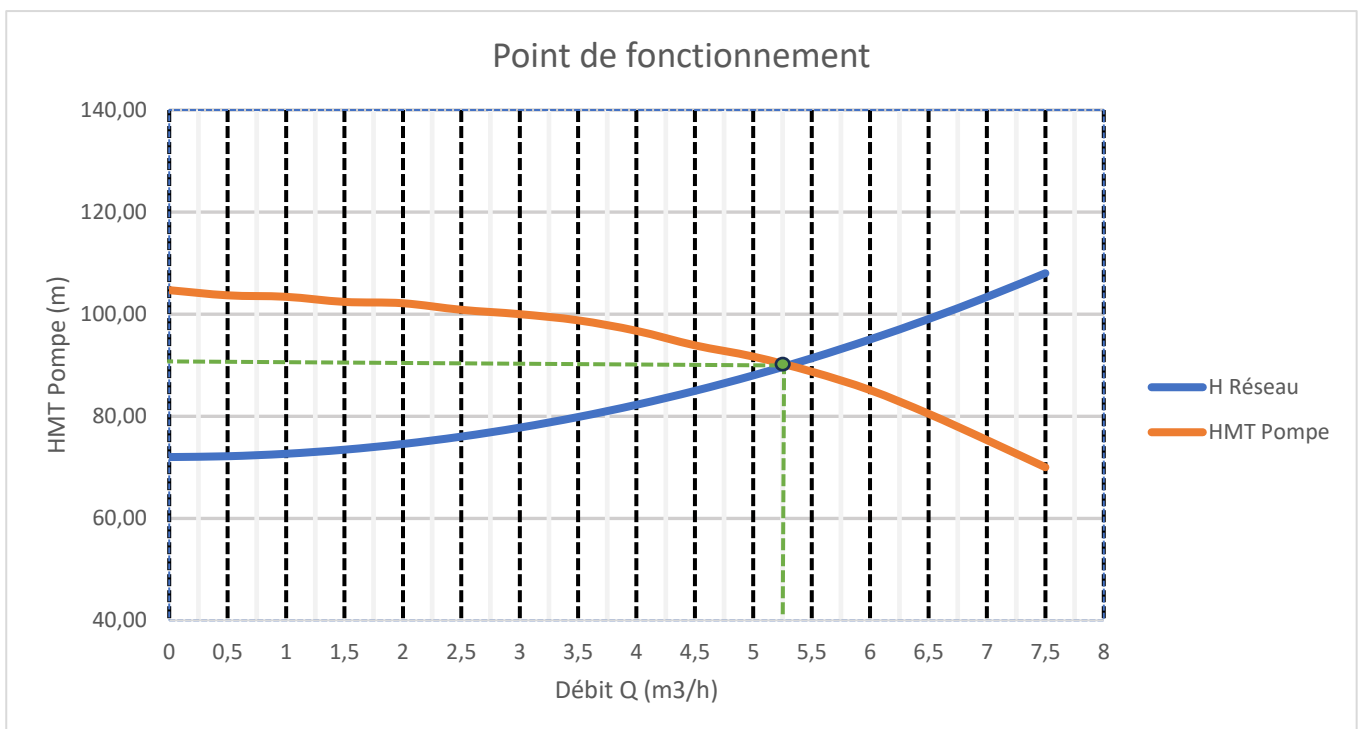


Figure 5: Point de fonctionnement de la pompe

5.5. Energie d'alimentation

5.5.1. Champ solaire et onduleur

La pompe est alimentée en alternance par deux sources d'énergie : l'électricité générée à partir d'un champ solaire et l'énergie thermique produite par un groupe électrogène. L'énergie solaire représente la principale source d'alimentation de l'AEPS de Nahi. Voici les résultats du dimensionnement pour garantir huit (8) heures de pompage, présentés dans le tableau 12 :

Tableau 12: Caractéristiques du champ solaire

T ens (h)	Rendement onduleur (%)	Puissance requise (Wc)	Puissance du module (Wc)	Nombre de modules
8	90	4095,34	300	16

Nombre de modules en série	Nombre de modules en parallèle	Tension du Champ (V)	Tension du module (V)	Puissance réelle (Wc)
2	8	48	24	4800

Choix de l'onduleur : Pour convertir le courant continu produit par le champ solaire en courant alternatif, nous proposons un onduleur de type Renewable Solar Inverter (RSI), conçu pour s'adapter aux pompes de la marque Grundfos.

Tableau 13: Choix de l'onduleur

Puissance de la pompe (KW)	Rendement de la pompe	Cosφ	Coef. De correction K	Pond. calculé (KVA)	Pond. retenu (KVA)
2,2	0,466	0,85	1,05	5,83	6

5.5.2. Source d'énergie thermique

Puisque la puissance électrique absorbée par le moteur ($P_{abs} = 2,2 \text{ kW}$) est inférieure à 20kW, alors la formule utilisée pour le dimensionnement du groupe électrogène est adaptée (Schiller, Royer, Djiako, & Sy, 1998).

Tableau 14: Puissance apparente du groupe électrogène

Cosφ	U (V)	In (A)	P_{app} (kVA)
0,85	380	5,7	8

Le groupe électrogène sera triphasé, d'une puissance apparente de 8 kVA.

5.6. Dimensionnement du réservoir

Afin de garantir un approvisionnement stable pendant les pics de consommation et stocker les surplus de production lors des périodes de faible demande, nous avons opté pour une approche forfaitaire pour déterminer la capacité du réservoir. Nous avons établi que la capacité du réservoir serait équivalente à 50% de la demande du jour de pointe.

Demande du jour de pointe (m3)	148,23
50% de la demande du jour de pointe (m3)	74,11
Volume retenu (m3)	80

Ainsi, nous proposons un réservoir en métal, de forme cylindrique et surélevé de 12 m par rapport au sol. Les caractéristiques du réservoir sont résumées dans le tableau 15 :

Tableau 15: Caractéristiques du réservoir

Caractéristiques du réservoir	
Capacité utile [m³]	74,11
Hauteur de la cuve [m]	6
Diamètre de la cuve [m]	4,1
Capacité retenue [m³]	80
Hauteur sous cuve [m]	12
Altitude TN du réservoir [m]	288,4

5.7. Traitement de l'eau

Pour renforcer la qualité microbiologique de l'eau distribuée, nous avons prévu une unité de désinfection au chlore. Cette unité sera composée d'une pompe doseuse avec un électro-chlorateur capable d'injecter de petites doses de la solution d'hypochlorite de sodium. L'équipement sera installé au pieds du réservoir. Les détails de dimensionnement sont répertoriés dans le tableau 16 :

Tableau 16: Caractéristique de l'unité de potabilisation

Paramètres	Unités	Valeurs	
Concentration de la solution mère	[g/l]	5	
Débit d'injection de la pompe doseuse	[l/h]	2	
Temps de contact du chlore	[h]	2,28	> 02h
Temps de séjour	[J]	0,24	< 02 j
Volume du bac	[l]	30	
Masse journalière de chlore	[g]	296,46	

Le temps de contact excède les 2 heures nécessaires et le temps de séjour quant à lui est inférieur à 2 jours. Ainsi, les conditions pour assurer l'efficacité de l'action du chlore et éviter sa volatilisation sont pleinement satisfaites.

5.8. Réseau de distribution gravitaire

Le réseau de distribution est conçu pour répondre à la demande journalière de pointe dans toute la localité. Sa conception repose sur les implantations sociales des BF, les préférences des bénéficiaires et les données topographiques. Il est constitué du réservoir, des conduites de distribution, des BF et des dispositifs de protection. Le réseau est de type ramifié, comme illustré dans la figure 6 :

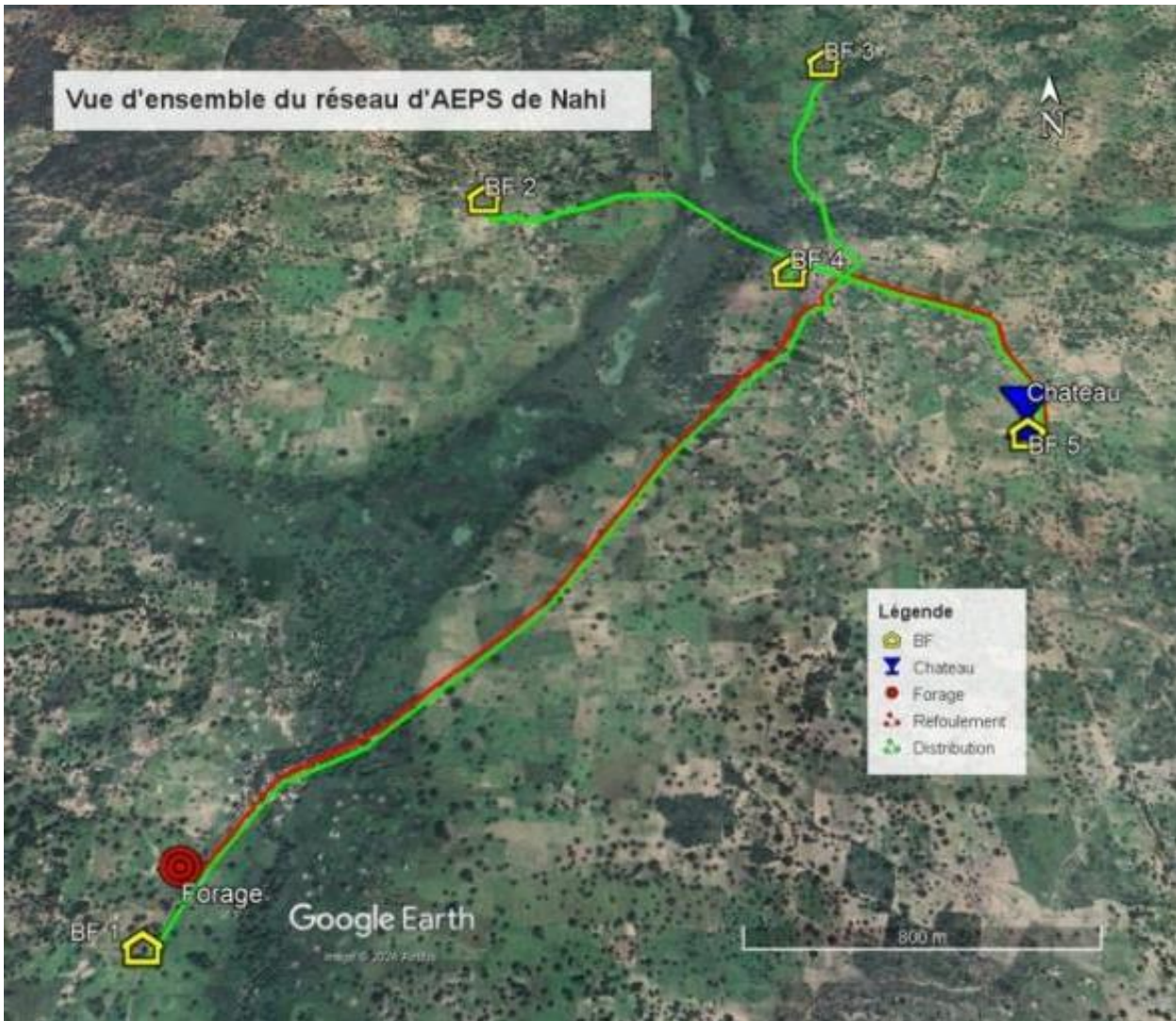


Figure 6: Tracé illustratif du réseau

Pour dimensionner le réseau de distribution, on prendra en considération le débit de pointe, afin de satisfaire aux besoins pendant les périodes de pointe. Pour cela, la durée distribution aux BF est évaluée à 12heures, et celle des BP est fixée à 16 heures. Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau n° 17.

Tableau 17: Débit de dimensionnement du réseau de distribution

DISTRIBUTION BF						
Désignation	Unité	2023	2025	2030	2035	2040
Nombre réel de bornes fontaines à réaliser	U	5	5	5	5	5
Nombre de robinet par borne fontaine	U	3				
Demande du jour de pointe des BF	[m ³ /h]	16,23	19,35	19,97	19,12	16,47
Temps de distribution	[h]	12	12	12	12	12
Débit moyen horaire	[l/s]	0,38	0,45	0,46	0,44	0,38
Débit maximal d'un robinet	[l/s]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Débit de chaque borne fontaine	[l/s]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Débit de pointe total des BF	[l/s]	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75

DISTRIBUTION BP						
Désignation	Unité	2023	2025	2030	2035	2040
Demande du jour de pointe des BP	[m ³ /h]	0	30,97	74,56	99,41	131,76
Temps de distribution	[h]	16	16	16	16	16
Débit moyen horaire	[m ³ /h]	0	1,94	4,66	6,21	8,24
Nombre de branchement particuliers à réaliser	U	0	60	138	184	246
Coefficient de simultanéité des BP		0	0,20	0,13	0,11	0,10
Débit du robinet d'un branchement	[l/s]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Nombre des BP ouvert simultanément	U	0	12	18	21	24
Débit total des BP ouvert simultanément	[l/s]	0	3	4,5	5,25	6,000
RESEAU DE DISTRIBUTION						
Désignation	Unité	2023	2025	2030	2035	2040
Débit de distribution	[l/s]	3,75	6,75	8,25	9	9,75
	[m ³ /h]	13,5	24,3	29,7	32,4	35,1

A l'horizon du projet, le débit de distribution sera égale à 9,75 l/s, il est réparti à 3,75 l/s pour les BF et 6 l/s pour les BP.

5.8.1. Dimensionnement hydraulique, vitesses et pressions

Dans le tableau suivant, les résultats du dimensionnement sont consignés. Les colonnes de pressions et de vitesses sont mises en surbrillance afin d'attester que leurs valeurs se situent dans les intervalles règlementaires. En effet, les valeurs minimales des vitesses et pressions constatées sont respectivement de 0,28 m/s et 10 mCE.

Tableau 18: Récapitulatif du dimensionnement hydraulique

Tronçons	Longueur(m)	Débit (l/s)	DN(mm)	Vitesse (m/s)	Nœud aval	Pression (m)
CE-N1	23,13	9,72	140	0,81	N1	11,42
N1-BF5	42,59	0,78	63	0,32	BF5	11,32
N1-N2	204,39	8,80	140	0,74	N2	11,73
N2-N3	331,4	8,47	140	0,71	N3	14,79
N3-N4	480,22	7,97	140	0,67	N4	16,65
N4-N5	89,16	1,76	90	0,36	N5	16,48
N5-N6	155,16	1,61	90	0,33	N6	18,23
N6-N7	272,68	1,50	90	0,30	N7	19,64
N7-N8	239,69	1,37	90	0,28	N8	15,95
N8-BF3	357,69	1,00	63	0,41	BF3	10,59
N4-N17	177,82	2,44	90	0,49	N17	18,43
N17-BF4	149,24	0,85	63	0,35	BF4	16,80
N17-N18	248,12	1,38	90	0,28	N18	21,33
N18-N19	234,22	1,38	90	0,28	N19	18,44
N19-N20	172,68	1,38	90	0,28	N20	14,63
N20-N21	316,74	1,20	63	0,50	N21	11,74
N21-BF2	180,8	0,88	63	0,36	BF2	10,00
N4-N9	105,72	3,23	90	0,66	N9	15,63

N9-N10	63,96	3,12	90	0,63	N10	14,67
N10-N11	88,28	3,03	90	0,62	N11	14,61
N11-N12	168,35	2,87	90	0,58	N12	13,81
N12-N13	880	2,26	90	0,46	N13	14,53
N13-N14	276,14	1,65	90	0,33	N14	13,07
N14-N15	620,23	1,65	90	0,33	N15	16,61
N15-N16	213,71	1,53	90	0,31	N16	17,30
N16-BF1	502	1,10	63	0,46	BF1	12,61

Les vitesses de **0,28 m/s** obtenues pourraient s'expliquer par la taille des conduites choisies. En effet, en prenant des conduites de diamètres plus petits, ces vitesses seraient plus élevées.

Cependant les diamètres plus petits ne seraient pas adaptés car les conduites concernées sont des conduites de transport et relient les différents quartiers de la localité.

5.8.2. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution

Dans le réseau de distribution, les conduites sont exclusivement en PEHD PN 10 et présentent différents diamètres, comme résumé dans le tableau 19 :

Tableau 19: Caractéristiques des conduites de distribution

Nature des conduites	PN	DN (mm)	Longueur (m)
PEHD	10	140	1 039
		90	4 006
		63	1 550
Total			6 595

5.8.3. Dimension des fouilles pour les conduites

Il est généralement conseillé d'enterrer les conduites le long des voies de circulation pour faciliter l'accès en cas de travaux de maintenance. Pour assurer la protection des tuyaux une fois qu'ils seront installés, il est essentiel de respecter certains critères lors de l'excavation des tranchées. Les dimensions des fouilles varient selon les diamètres des conduites et la stabilité du sol. Le tableau 20 présente les dimensions des fouilles en fonction des conduites :

Tableau 20: Dimensions des fouilles

Diamètre nominaux		63	90	140
Valeurs calculées	Profondeurs Hmin (m)	0,86	0,89	0,94
	Largeurs Lmin (m)	0,46	0,49	0,54
Valeurs retenues	Profondeurs Hmin (m)	0,9		1
	Largeurs Lmin (m)	0,5		0,6

Pour ce projet, nous avons opté pour une profondeur d'excavation de 0,9 m pour les canalisations DN 63 et DN 90, et une profondeur de 1 m en ce qui concerne les conduites DN 140.

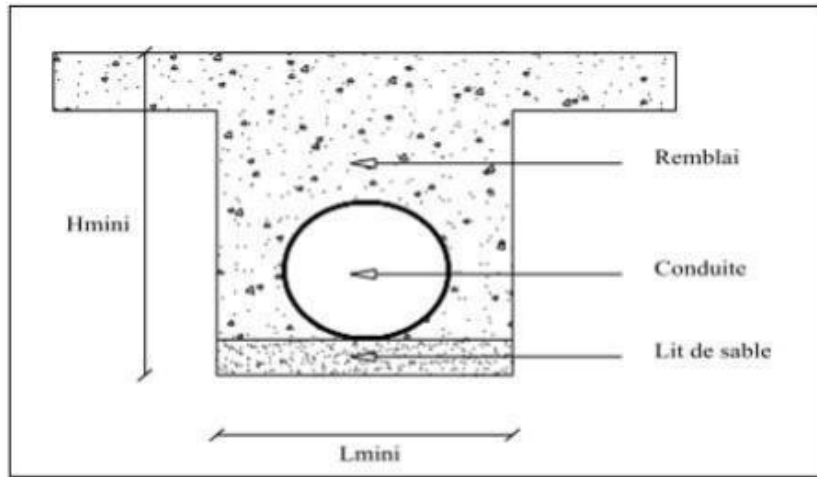


Figure 7: Schéma de pose de conduites

5.9. Simulation sous Epanet 2.0

Epanet est un outil de simulation qui permet de modéliser le fonctionnement hydraulique des réseaux, permettant ainsi de contrôler les débits aux nœuds et les vitesses dans les conduites. Les résultats obtenus par cette simulation, comme illustré dans la figure suivante, sont satisfaisants.

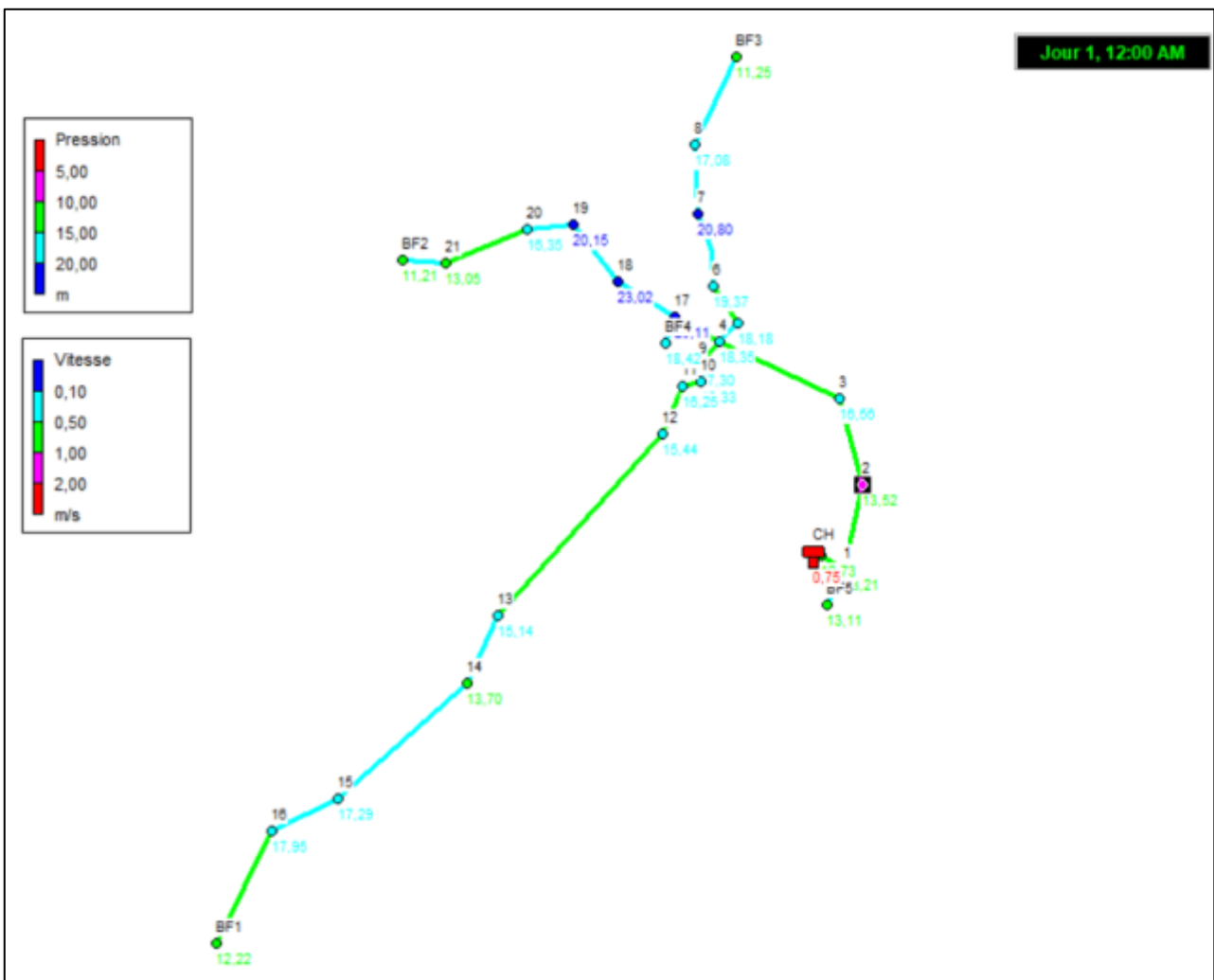


Figure 8: Simulation Epanet des pressions et vitesse

Les figures 9 et 10 présentent les analyses comparatives entre les valeurs calculées et simulées des pressions et vitesses :

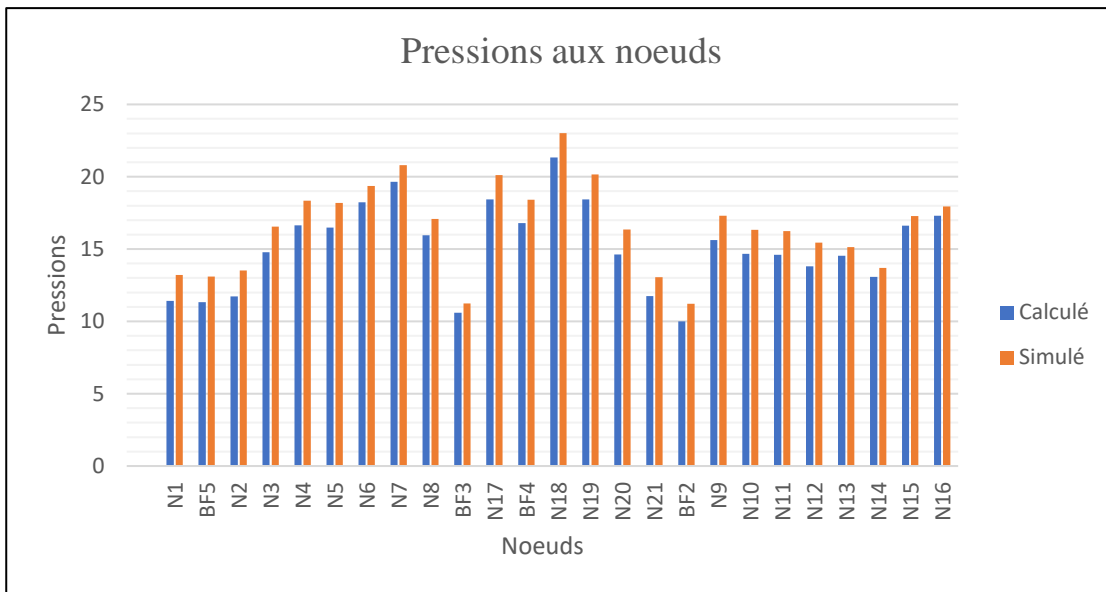


Figure 9: Analyse comparative des pressions simulées et calculées

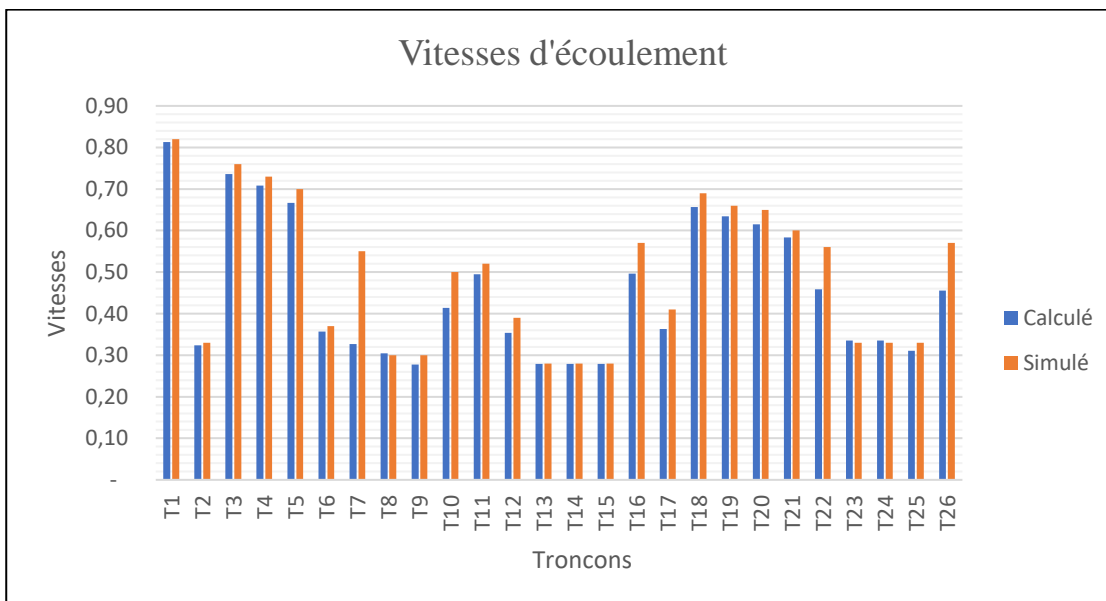


Figure 10: Analyse comparative des vitesses simulées et calculées

Les résultats des simulations indiquent que les vitesses et les pressions calculées avec Excel se situent dans des plages similaires à celles obtenues par la simulation Epanet. De plus, nous constatons que les pressions mesurées aux nœuds du réseau sont supérieures à la pression de service minimale recommandée 5 mCE tout en restant en dessous de la pression maximale de 100mCE. Ces résultats confirment que la distribution d'eau potable aux consommateurs sera assurée de manière fiable et efficace.

VI. ANALYSE FINANCIERE

6.1. Coût de réalisation du projet

En utilisant comme référence la mercuriale des prix des infrastructures hydrauliques des Hauts-Bassins (ARCOP, 2022) et des modèles antérieurs de devis pour des AEPS, un devis quantitatif et estimatif a été élaboré pour la réalisation de l'AEPS de Nahi. Le tableau ci-dessous résume les différents volets de ce devis :

Tableau 21: Cout estimatif de réalisation du projet

N°	DESIGNATION	MONTANT
1	TRAVAUX PREPARATOIRE / INSTALLATION DU CHANTIER	5 400 000
2	POMPE / EXAURE	12 750 000
3	ENERGIE ET RACCORDEMENT	15 360 000
4	RESEAU D'ADDUCTION	40 922 800
5	POMPES DOSEUSES ET ACCESSOIRES	5 101 000
6	CHÂTEAU D'EAU DE 80 m ³	27 400 000
7	RESEAU DE DISTRIBUTION	62 136 000
8	CONSTRUCTION DES LOCAUX DIVERS ET SYSTEME D'ECLAIRAGE	20 900 000
Montant total hors taxes		189 969 800
TVA (18%)		34 194 564
Total TTC		223 164 364

Le cout global de mise en œuvre, toutes taxes comprises est estimé à deux cent vingt-trois millions cent soixante-quatre milles trois cent soixante-quatre francs CFA (223 164 364 FCFA).

6.2. Les amortissements et les charges d'exploitation

L'amortissement d'un équipement désigne la diminution graduelle de sa valeur au fil du temps, aboutissant éventuellement à son obsolescence. Pour compenser cette perte de valeur, un fond de réserve appelé "dotation aux amortissements" est mis en place. Son rôle est de répartir cette dépréciation sur une période donnée afin de faciliter le renouvellement de l'équipement après son amortissement. D'après le document cadre de gestion du service public de l'eau potable en milieu rural (MEEA/DGEP, 2019), l'exploitant est tenu de prévoir ces dotations pour les installations dont la durée de vie est de 15 ans ou moins.

Les charges d'exploitation se composent principalement des frais de fonctionnement et des salaires du personnel. Les couts associés au fonctionnement du système incluent les frais de maintenance

d'entretien des équipements, ainsi que l'achat des matières indispensables pour le bon déroulement du système. Le tableau ci-dessous présente les valeurs des amortissements et des charges d'exploitations :

Tableau 22: Amortissement et charges d'exploitation

Dotation aux amortissements				
Désignation	Durée de vie [an]	Montant d'investissement [CFA]	Amortissement [FCFA/an]	
Electro pompe immergée	5	5 000 000	1 000 000	
Convertisseur	5	700 000	140 000	
Groupe électrogène	5	4 000 000	800 000	
Accessoire	5	9 000 000	1 800 000	
Total annuel des annuités par an			3 740 000	
Charge salariale				
Désignation	Durée [ans]	Salaire mensuel [FCFA]	Montant annuel [FCFA]	Montant total [FCFA]
Gérant	16	70 000	840 000	13 440 000
Fontainiers (5)		225 000	2 700 000	43 200 000
Maintenancier		50 000	600 000	9 600 000
Gardiens (2)		100 000	1 200 000	19 200 000
TOTAL CHARGE DU PERSONNEL				85 440 000
Récapitulatif des charges de fonctionnement				
Désignation	Durée (an)	Montant annuel [FCFA]	Montant total [FCFA]	
Entretien groupe électrogène	16	240 000	3 840 000	
Maintenance du champ photovoltaïque		175 000	2 800 000	
Entretien du réservoir		300 000	4 800 000	
Traitement de l'eau		330 000	5 280 000	
Carburant		6 000 000	96 000 000	
Entretien du réseau		150 000	2 400 000	
Entretien de la pompe		60 000	960 000	
Autres frais		150 000	2 400 000	

TOTAL CHARGES DE FONCTIONNEMENT	118 480 000
--	-------------

Les amortissements annuels du projet s'élèvent à trois millions sept cent quarante mille francs CFA (3 740 000 FCFA). Quant aux charges d'exploitation, sur la durée du projet (16 ans), elles se chiffrent à deux cent deux millions neuf cent vingt-mille francs CFA (203 920 000 FCFA) en considérant les charges salariales et les charges de fonctionnement.

6.3. Estimation du prix de vente de l'eau

Pour estimer le prix de revient de l'eau, il faut dans un premier temps calculer le volume d'eau qui sera produit et vendu jusqu'à l'horizon du projet. Ensuite, on détermine le prix du mètre cube en divisant la somme des amortissements et des charges d'exploitation par ce volume total d'eau produit et vendu. Pour finir, le tarif de vente du mètre cube d'eau est déterminé en ajoutant une marge bénéficiaire de 20% au prix de revient.

Tableau 23: Prix de vente du m³ d'eau

Designation	Unité	Total sur 16 ans
Dotation aux amortissements	FCFA	59 840 000
Charges d'exploitation	FCFA	203 920 000
Volume d'eau produit à l'échéance	m ³	961 858,45
Volume d'eau vendu à l'échéance	m ³	865 672,61
Prix de production du m ³ d'eau	FCFA	304,69
Prix de vente théorique du m ³	FCFA	365,62

Le prix de vente retenu dans ce projet est de **370 F CFA** par mètre cube. Ce prix est jugé raisonnable et permet d'assurer une bonne gestion financière pour l'exploitant du réseau. Le fut de **200 litres** sera vendu à **100 F CFA**, le bidon de **20 litres** à **10 F CFA** et le bidon de **10 litres** à **5 F CFA**.

6.4. Mode de gestion du système d'alimentation en eau potable

Pour garantir la pérennité des infrastructures hydrauliques en milieu rural, un guide pratique sur la gestion du service public de l'eau a été adopté par le **décret N°2019-1178/PRES/PM/MEA/MINEFID/MATDC/MCIA**. Ce document favorise la délégation de la gestion des AEPS pour réduire les disparités de prix, étendre l'accès à l'eau à toutes les localités, et

impliquer le secteur privé dans la gestion. Il reconnaît trois modes de gestion : la régie directe, la concession et l'affermage.

Par ailleurs, un « audit de la performance de la gestion du service public de l'eau (SPE) potable en milieu rural au Burkina Faso » a été lancé par la DGEP. L'étude est en cours, et elle vise à évaluer de manière exhaustive la performance de la gestion de tous les systèmes AEP en milieu rural, en identifiant les forces et les faiblesses, les opportunités et les menaces, et en proposant des alternatives de gestion adaptées.

En attendant la validation des conclusions de cet audit, la délégation de la gestion de l'AEPS de Nahi à un opérateur privé par le biais d'un contrat d'affermage semble être une solution appropriée.

VII. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

Dans le cadre de la mise en place de l'AEPS de Nahi, les infrastructures prévues sont notamment un forage, un réservoir métallique, cinq (5) bornes fontaines, un local technique, et des fouilles. La réalisation de ces infrastructures entraînera vraisemblablement des répercussions tant positives que négatives sur les plans social, économique et environnemental.

En se basant sur la réglementation en vigueur au Burkina Faso, les travaux prévus auront un impact environnemental de niveau moyen, plaçant ainsi le projet dans la catégorie B. Une notice d'impact environnementale et social donc requise, afin d'évaluer les répercussions potentielles et proposer des mesures pour atténuer les éventuels effets.

7.1. Description du projet

La présentation du projet a été faite dans le chapitre III. Il s'est agi de sa mise en contexte, sa justification et la problématique associée. L'objectif général et les objectifs spécifiques ont été définis, et les résultats attendus ont été énoncés.

7.2. Risques environnementaux et sociaux

Les potentiels enjeux environnementaux liés à la réalisation de l'AEPS de Nahi incluent notamment la préservation de la biodiversité végétale, la pollution et la dégradation des sols, la gestion adéquate des déchets.

Du point de vue social, on retrouve la maintenance et la gestion par les bénéficiaires des infrastructures à réaliser, le chômage des jeunes souvent confrontés à l'exode rurale, la génération d'emplois temporaires associés aux travaux de construction, la préservation du bien être et de la sécurité des travailleurs et de la population locale.

7.3. Identification des impacts environnementaux et sociaux

➤ Impacts positifs du projet

La mise en œuvre du projet d'AEPS de Nahi présentera plusieurs avantages socio-économiques, notamment :

- Une augmentation considérable de la disponibilité de l'eau potable ainsi que des améliorations significatives dans la distribution
- La génération d'emplois à court terme et la croissance des activités commerciales
- La réduction des maladies hydriques
- Une réduction significative du taux de pauvreté grâce aux effets économiques résultants.

Dans l'ensemble, le projet contribuera à améliorer le cadre de vie de la population de Nahi et à faciliter l'accès à l'eau potable, soutenant ainsi l'atteinte des ODD d'ici 2030.

➤ Impacts négatifs du projet

Les potentiels impacts négatifs engendrés par l'exécution du projet sont :

- Le risque d'accident de travail
- Les tensions entre le personnel du chantier et les riverains non impliqués
- L'émission de particules de poussière durant les travaux
- Des changements de la configuration du sol dû aux opérations de terrassement nécessaires à l'installation des conduites

7.4. Mesures d'atténuation et de bonification

Pour réduire, voire éliminer les impacts socio-environnementaux négatifs, plusieurs alternatives sont envisagées, comprenant une organisation différente du chantier et des mesures de bonification. Quelques-unes de ces mesures sont énumérées ci-dessous :

- Arroser les zones de travail pendant les heures de travail
- Limiter la vitesse des engins sur le chantier
- Couvrir avec des bâches les camions transportant des matériaux
- Equiper les ouvriers d'équipements de protection individuels (EPI)
- Elaborer, en collaboration avec municipalité, un plan de gestion des déchets
- Opter pour un abattage sélectif des arbres
- Mettre en place un programme de reboisement avec des arbres fruitiers et médicinaux pour compenser les potentielles coupes
- Privilégier le recrutement local pour la main d'œuvre non qualifiée
- Sensibiliser les travailleurs aux codes de conduite appropriés
- Refermer rapidement les fouilles afin de réduire les désagréments sur la circulation

7.5. Plan de gestion environnemental et social

Le PGES représente un outil crucial dans la mise en œuvre du processus d'évaluation environnementale. Son objectif est de garantir l'efficacité des mesures d'atténuation et d'amélioration proposées et de veiller à ce qu'elles produisent les résultats escomptés. Ainsi, il offre une évaluation de la conformité avec les politiques et les normes nationales. Ce plan est principalement composé de deux volets : le suivi environnemental et la surveillance environnementale.

➤ Surveillance environnementale

Son objectif est de garantir la mise en œuvre effective des mesures d'atténuation proposées pendant la phase de réalisation du projet. Cette démarche permet d'appréhender toute autre perturbation de l'environnement qui n'aurait pas été prise en compte lors de l'évaluation initiale. La responsabilité

de cette surveillance incombe au promoteur du projet, par le biais de la mission de contrôle, chargée de veiller au respect rigoureux des engagements pris en matière de protection de l'environnement tout au long du projet. Grâce à cette surveillance, on s'assure de l'exactitude des prévisions des impacts, de l'efficacité des mesures de prévention et d'atténuation, de la conformité aux règles et normes en vigueur, ainsi que du respect des critères d'exploitation de l'environnement.

➤ **Suivi environnemental**

Le suivi s'effectue tout au long des phases d'exploitation et de réalisation du projet. Il s'agit de surveiller en continu les aspects environnementaux pertinents, en évaluant leurs impacts réels pour déterminer l'efficacité des propositions d'atténuation et leur adaptabilité en fonction des caractéristiques du milieu. En cas de besoin, le suivi environnemental permet au porteur du projet de réagir promptement en instaurant des mesures correctives adaptées.

VIII. CONCLUSION

En conclusion, ce mémoire a été consacré à l'étude d'avant-projet détaillé pour la réalisation d'un système d'AEPS dans la localité de Nahi, située dans la province du Tuy au Burkina Faso. A travers une analyse approfondie des besoins en eau de la population, des contraintes techniques et environnementales, ainsi que des solutions disponibles, nous avons pu proposer une infrastructure robuste et durable.

Les résultats de cette étude ont démontré que la mise en œuvre efficace d'un système d'AEPS nécessite non seulement des compétences techniques avancées, mais également une bonne compréhension des besoins communautaires et des impacts environnementaux.

En outre, cette étude a identifié plusieurs domaines clés pour des améliorations futures, notamment l'optimisation des réseaux de distribution, la gestion proactive de la ressource en eau et l'intégration de bonnes pratiques pour assurer la résilience à long terme du système.

En résumé, ce projet a non seulement abouti aux résultats nécessaires pour la réalisation de cette infrastructure vitale pour la localité, mais il a également contribué à renforcer notre compréhension des défis et des opportunités liés à l'accès à l'eau potable en milieu rural. Il est espéré que les résultats et les recommandations formulées serviront pleinement à améliorer la qualité de vie et à assurer un approvisionnement durable en eau pour les générations futures.

IX. RECOMMANDATIONS

A l'issue de cette étude, plusieurs recommandations sont émises en vue d'assurer la réussite du projet :

- ✓ Au maitre d'ouvrage :
- ✓ Réaliser une étude pour actualiser le cout de l'investissement, afin d'incorporer les éventuelles fluctuations du marché ;
- ✓ Elaborer des documents pour la sécurisation des investissements fonciers du projet ;
- ✓ Sélectionner rigoureusement le fermier en tenant compte de son expérience ;
- ✓ Sensibiliser la population par le biais de l'AUE, pour promouvoir l'entretien de l'ouvrage, une utilisation rationnelle de la ressource et des normes d'hygiène afin d'assurer la sécurité sanitaire de l'eau.
- ✓ Au maitre d'œuvre
- ✓ Impliquer les leaders communautaires à chaque étape du projet ;
- ✓ En cas de litige, privilégier les voies de recours endogènes existantes.
- ✓ Au gestionnaire
- ✓ Etablir un mécanisme local de prévention et de gestion des plaintes pour garantir la pérennité des ouvrages ;
- ✓ Encourager et soutenir les ménages à passer progressivement aux branchements privés.

BIBLIOGRAPHIE

1. DGEP (2023) Résultats INO.xlsb.
2. CACI-C, (2023). Rapport de l'étude socio-économique du site de Nahi .docx.
3. Projet Eaux Souterraines- SAURET Elie Serge Gaetan.pdf.
4. INSD (2019) Rapport résultats définitifs RGPH 2019.pdf.
5. DGEP (2019) DECRET.pdf.
6. PN-AEP 2016-2030_version_finale_sept_2017.docx.
7. Schiller, E., Royer, J., Djiako, T., et Sy, B. (1998) Pompage photovoltaïque : Manuel de cours.pdf.
8. MEEA/DGEP (2019). Document cadre de gestion du service public de l'eau potable en milieu rural au Burkina Faso.pdf.
9. ARCOP (2022). Mercuriale-BTP-2022_Hauts-Bassins.pdf.

Sites internet

Grundfos (Avril 2024) Récupéré sur <https://product-selection.grundfos.com/fr>.

ANNEXES

Annexe 1: Dimensionnement du réseau de distribution	lxi
Annexe 2: Devis estimatif et quantitatif	lxiii
Annexe 3: Programme des mesures d'atténuation, de compensation et de suppression des impacts	lxxi
Annexe 4: Caractéristiques de la pompe	lxxiv
Annexe 5: Pièces graphiques	lxxv

Annexe 1: Dimensionnement du réseau de distribution

Tronçons	Longueur(m)	Q_rte	Q_aval	Q_ponctuel	Q fictif	DN (mm)	Vr (m/s)	ΔH [m]	ΔH cum [m]	Z aval	Pression min (mCE)	Zmin (m)	Pression dispo (m)
CE-N1	23,13	0,00	9,72		9,72	140	0,81	0,121	0,12	287,8	10	297,92	11,42
N1-BF5	42,59	0,05	0,75	0,75	0,78	63	0,32	0,103	0,22	287,8	10	298,02	11,32
N1-N2	204,39	0,26	8,66		8,80	140	0,74	0,889	1,01	286,6	10	297,61	11,73
N2-N3	331,4	0,42	8,24		8,47	140	0,71	1,344	2,35	282,2	10	294,55	14,79
N3-N4	480,22	0,60	7,64		7,97	140	0,67	1,739	4,09	278,6	10	292,69	16,65
N4-N5	89,16	0,11	1,70		1,76	90	0,36	0,170	4,26	278,6	10	292,86	16,48
N5-N6	155,16	0,20	1,50		1,61	90	0,33	0,252	4,52	276,6	10	291,12	18,23
N6-N7	272,68	0,00	1,50		1,50	90	0,30	0,389	4,90	274,8	10	289,70	19,64
N7-N8	239,69	0,30	1,20		1,37	90	0,28	0,287	5,19	278,2	10	293,39	15,95
N8-BF3	357,69	0,45	0,75	0,75	1,00	63	0,41	1,364	6,56	282,2	10	298,76	10,59
N4-N17	177,82	0,22	2,31		2,44	90	0,49	0,622	4,72	276,2	10	290,92	18,43
N17-BF4	149,24	0,19	0,75	0,75	0,85	63	0,35	0,426	5,14	277,4	10	292,54	16,80
N17-N18	248,12	0,00	1,38		1,38	90	0,28	0,301	5,02	273	10	288,02	21,33
N18-N19	234,22	0,00	1,38		1,38	90	0,28	0,284	5,30	275,6	10	290,90	18,44
N19-N20	172,68	0,00	1,38		1,38	90	0,28	0,210	5,51	279,2	10	294,71	14,63
N20-N21	316,74	0,40	0,98		1,20	63	0,50	1,692	7,20	280,4	10	297,60	11,74
N21-BF2	180,8	0,23	0,75	0,75	0,88	63	0,36	0,541	7,74	281,6	10	299,34	10,00

N4-N9	105,72	0,13	3,16		3,23	90	0,66	0,624	4,72	279	10	293,72	15,63
N9-N10	63,96	0,08	3,08		3,12	90	0,63	0,354	5,07	279,6	10	294,67	14,67
N10-N11	88,28	0,11	2,97		3,03	90	0,62	0,462	5,53	279,2	10	294,73	14,61
N11-N12	168,35	0,21	2,76		2,87	90	0,58	0,799	6,33	279,2	10	295,53	13,81
N12-N13	880	1,11	1,65		2,26	90	0,46	2,675	9,01	275,8	10	294,81	14,53
N13-N14	276,14	0,00	1,65		1,65	90	0,33	0,469	9,48	276,8	10	296,28	13,07
N14-N15	620,23	0,00	1,65		1,65	90	0,33	1,054	10,53	272,2	10	292,73	16,61
N15-N16	213,71	0,27	1,38		1,53	90	0,31	0,315	10,85	271,2	10	292,05	17,30
N16-BF1	502	0,63	0,75	0,75	1,10	63	0,46	2,285	13,13	273,6	10	296,73	12,61

Annexe 2: Devis estimatif et quantitatif

	DESIGNATION DES TRAVAUX	Unité	Qté	P.U (FCFA)	P. T (FCFA)
I	TRAVAUX PREPARATOIRES-FRAIS GENERAUX				
1	Installation de chantier, Amenée et repli du matériel y compris montage et démontage	ens	1	3 000 000	3 000 000
2	Frais de fonctionnement des installations de base	Mois	4	350 000	1 400 000
3	Etablissement du dossier d'exécution et des plans de récolement des ouvrages exécutés	ens	1	1 000 000	1 000 000
	SOUS TOTAL I				5 400 000
II	POMPE/EXHAURE				
1	Fourniture, installation et raccordement de l'électropompe immergée (SP 7-17) de 5 [m ³ /h], HMT 88,24 [m] y compris un câble de sécurité en acier inoxydable et toutes sujétions	u	1	5 000 000	5 000 000
2	Exécution de forage diamètre minimal 6"1/2	u	1	6 000 000	6 000 000
3	Développement du forage	u	1	250 000	250 000
4	Pompage d'essai (par palier, longue durée)	u	1	900 000	900 000
5	Analyse chimique et bactériologique de l'eau	u	1	100 000	100 000
6	Génie civil tête de forage	u	1	500 000	500 000
	SOUS TOTAL II				12 750 000
III	ELECTRICITE				

1	Fourniture, installation, raccordement et activation d'un groupe électrogène diesel insonorisé de 8 kVA, 3PH+N 230/400V/50HZ avec démarrage électrique, y compris fourniture de pièces de rechange et outillages spécifiques et toutes sujétions.	u	1	4 000 000	4 000 000
2	Fourniture et installation d'un bac à sable de 50 litres accompagné d'une pelle, comprenant tous les travaux nécessaires.	ens.	1	100 000	100 000
3	Fourniture et installation d'un extincteur + support de fixation, incluant tous les travaux nécessaires.	u	1	225 000	225 000
4	Rallonge du tuyau d'échappement hors du local groupe électrogène et calorifugeage, toutes sujétions incluses	ens	1	80 000	80 000
5	Fourniture, installation et connexion d'un câble électrique de type U1000 R02V de 4x4mm ² enterré sous PVC et signalé par grillage avertisseur pour l'alimenter la boîte de raccordement située dans l'abri tête de forage à partir de l'armoire électrique, incluant toutes sujétions	ens	1	410 000	410 000
6	Fourniture, installation et connexion d'un câble électrique à immersion permanente de 4x4 mm ² pour alimenter l'électropompe à partir de la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage, incluant toutes sujétions	m	100	4 200	420 000
7	Fourniture, installation et connexion d'un câble électrique U1000 R02V de 3x1,5mm ² pour le contrôle de la surpression de l'électropompe du pressostat à la boîte de raccordement située dans l'abri tête de forage, incluant toutes sujétions	m	75	1 400	105 000
8	Fourniture, installation et connexion des câbles d'électrodes de niveau à immersion permanente de 1x1,5mm ² des électrodes dans le forage à la boîte de raccordement située dans l'abri tête de forage, incluant toutes sujétions	m	150	2 250	337 500
9	Fourniture et installation d'une boîte de raccordement pour le raccordement de l'électropompe au câble de puissance, incluant toutes sujétions	u	1	35 000	35 000

10	Fourniture, installation et raccordement d'un coffret étanche équipée de bornes de jonction pour le raccordement des câbles situés dans l'abri de la tête de forage câble de 4x2,5 mm ² , incluant toutes sujétions	u	1	345 000	345 000
11	Fourniture, installation de sonde de détection de niveau, incluant toutes sujétions	u	3	22 500	67 500
12	Fourniture, et installation d'une armoire électrique d'automatisation pour la commande, l'asservissement et l'alimentation d'une électropompe immergée, toutes sujétions comprises.	u	1	1 400 000	1 400 000
13	Fourniture et installation d'un avertisseur sonore, toutes sujétions comprises.	u	1	175 000	175 000
14	Puits de terre équipé et mise à la terre des masses des équipements électriques des locaux, toutes sujétions comprises.	u	1	225 000	225 000
15	Fourniture et installation d'un robinet flotteur sur le château d'eau afin de contrôler la surpression, toutes sujétions comprises.	u	1	985 000	985 000
16	Fourniture, et installation d'un pressostat double seuil pour l'asservissement de la surpression (de classe 0/16 bars), toutes sujétions comprises.	u	1	225 000	225 000
17	Convertisseur C/A triphasé de 6 kVA, 380V avec recherche de MPPT, toutes sujétions comprises.	u	1	700 000	700 000
18	Fourniture et installation d'une station solaire de 4,8 kWc, comprenant la plateforme, les panneaux photovoltaïques, le régulateur de charge solaire, ainsi que tous les accessoires nécessaires, etc), incluant les pièces de rechange et les outils spécifiques, toutes sujétions comprises.	ens.	1	5 000 000	5 000 000
19	Fourniture, installation et connexion de câble électrique U1000 R02V de 2x16mm ² enterré sous PVC r pour alimenter le convertisseur à partir de la boîte de raccordement des plaques solaires, toutes sujétions comprises.	ens	1	100 000	100 000

20	Installation d'un système électrique comprenant l'éclairage, les câbles, les prises, les réglettes, toutes sujétions comprises.	ens.	1	225 000	225 000
21	Fourniture et pose d'un inverseur de source solaire/G Electrogène, y compris toutes sujétions.	u	1	200 000	200 000
SOUS TOTAL III					15 360 000
IV	RESEAU D'ADDUCTION				
1	Approvisionnement et installation de pièces conformément aux spécifications pour l'équipement de la tête de forage, tuyau galva, Clapet anti retour, incluant raccordement à la pompe (foraduc) et au réseau de tuyaux PEHD	ens	1	1 000 000	1 000 000
2	Excavation et remblai pour pose de tuyau PEHD De 75 mm tout terrain confondu	m	3808	2 000	7 616 000
3	Fourniture et pose de tuyau PEHD De 75 PN 16, incluant toutes sujétions (grillage avertisseur, lit de sable...)	m	3808	8 000	30 464 000
4	Approvisionnement et pose de pièces spéciales de raccordement telles que les coudes...	ens	1	350 000	350 000
5	Essais de pression	m	3808	200	761 600
6	Mise en place de butées en béton	m ³	2	80 000	160 000
7	Rinçage et désinfection.	m	3808	150	571 200
SOUS TOTAL IV					40 922 800
V	POMPE DOSEUSE ET ACCESSOIRES				

1	Fourniture et installation d'un bac mélangeur comprenant un bac en polyéthylène équipé d'une trappe de remplissage, d'un bouchon de vidange et d'un fond spécialement conçu pour limiter la perte de produit. Le bac est équipé d'un agitateur en acier inox 316 L (ou en PVC) et d'un moto-réducteur surélevé à rotation lente (48 tours/min), d'un tuyau de raccordement avec le bac surmonté de la pompe doseuse ainsi que tous les accessoires nécessaires à l'installation complète.	u	1,00	800 000	800 000
2	Fourniture du Filtre doseur	ff	1,00	940 000	940 000
3	Fournitures des pièces et travaux de plomberie	ff	1,00	596 000	596 000
4	Fourniture de désinfectant alimentaire chlore en pastille		1,00	420 000	420 000
5	Fourniture et installation d'un hangar de protection		1,00	725 000	725 000
6	Fouille et remblais pour installation	ff	1,00	220 000	220 000
7	Main d'œuvre (plomberie et mise en service)		1,00	950 000	950 000
8	Formation des techniciens pour l'exploitation	ff	1,00	450 000	450 000
	SOUS TOTAL V				5 101 000
VI	CHÂTEAU D'EAU DE 80 m³				
1	Études géotechniques pour la fondation	ff	1	500 000	500 000
2	Fabrication et installation complète d'une cuve métallique avec tour, incluant toutes sujétions (équipements de robinetterie intérieur crépines ; et extérieurs : robinet vanne, échelle de lecture, clapet anti retour, désinfection, peinture anti rouille et peinture alimentaire intérieure, peinture extérieure, divers...).	ens	1	26 000 000	26 000 000
3	Construction d'un regard By-pass).	u	1	200 000	200 000
4	Équipement complet regard By-pass Adduction/Distribution (Clapet anti retour, pièces et raccords en fonte ductile, vanne, compteur)	u	1	700 000	700 000

	SOUS TOTAL VI				27 400 000
VII	RESEAU DE DISTRIBUTION				
1	Excavation et remblai pour pose de tuyau PEHD DN <= 140 mm en terrain de toute nature	m	6 600	2 000	13 200 000
2	Approvisionnement et installation de tuyau PEHD De 140 PN 10, incluant toutes sujétions (grillage avertisseur, lit de sable...)	m	1 039	10 000	10 390 000
3	Approvisionnement et installation de tuyau PEHD De 90 PN 10, incluant toutes sujétions (grillage avertisseur, lit de sable...)	m	4 006	6 000	24 036 000
4	Approvisionnement et installation de tuyau PEHD De 63 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	m	1550	4 000	6 200 000
5	Essais de pression, incluant toutes sujétion	m	6 600	200	1 320 000
6	Rinçage et Désinfection, incluant toutes sujétions	m	6 600	150	990 000
7	Génie Civil de BF, incluant toutes sujétions	u	5	1 000 000	5 000 000
8	Fourniture et installation de pièces de robinetterie et de raccordement de BF comprenant des colliers de prise, des réductions, des robinets d'arrêt bouche à clé, des adaptateurs galva/PVC, des tuyauteries galvanisées, des robinets-vannes, des compteurs, des robinets de puisage, etc...).	u	5	200 000	1 000 000
	SOUS TOTAL VII				62 136 000
VIII	CONSTRUCTION DES LOCAUX DIVERS ET SYSTEME D'ECLAIRAGE				
1	Construction du local dédié au groupe électrogène, conçu pour abriter le groupe électrogène lui-même, un extincteur et une armoire électrique, incluant les installations électriques intérieures et toutes les sujétions.	u	1	1 500 000	1 500 000

2	Construction du local pour bureau/magasin, ainsi que la fourniture et l'installation des accessoires, équipements électriques tels que la filerie, les lampes, les interrupteurs, les prises, etc. pour électrifier le local, incluant toutes sujétions.	u	1	3 500 000	3 500 000
3	Construction d'un ensemble Latrine VIP-douche, comprenant la réalisation d'un regard et d'un puisard, fourniture et installation des accessoires nécessaires ainsi que des équipements électriques tels que la filerie, les lampes, les interrupteurs, les prises, etc. incluant toutes sujétions.	ens	1	2 000 000	2 000 000
4	Construction d'une clôture en maçonnerie (15mx20m) pour l'ensemble des locaux (tête de forage, local groupe électrogène, station solaire, local bureau/magasin et latrine VIP et douche), et installation d'un portail à deux battants et d'un portillon, incluant longrine et toutes sujétions.	ens	1	3 500 000	3 500 000
5	Installation d'une structure métallique pour une station photovoltaïque (composée de : portiques en tube carré galvanisés (70x70x5) et des pannes en Z galvanisés (H:60; B _a :30; B _g :32; C:15; épaisseur : 3mn) et accessoires), la hauteur minimale sera de 2,50 mètres, incluant toutes sujétions.	ens	1	4 000 000	4 000 000
6	Construction d'un local de dosage en chlore, comprenant la fourniture et l'installation des accessoires, équipements électriques (filerie, lampes, interrupteurs, prises, etc.), la fourniture et l'installation d'un dispositif de mise en hauteur du bac mélangeur et du bac supportant la pompe doseuse (conformément aux plans), incluant toutes sujétions.	u	1	3 000 000	3 000 000
7	Installation complète d'un système d'éclairage (filerie, appareillage d'éclairage, 2 panneaux solaires de 50 W _c , incluant deux batteries de 12 volts et un système de convertisseur) de l'ensemble des locaux, incluant la cour et toutes sujétions	ens.	1	1 400 000	1 400 000
8	Installation complète d'un système d'éclairage (filerie, appareillage d'éclairage, 4 panneaux solaires de 250 W _c chacun, incluant un système de convertisseur) pour le local de dosage en chlore.	ens.	1	2 000 000	2 000 000

SOUS TOTAL VIII	20 900 000
TOTAL HORS TVA	189 969 800
TVA	34 194 564
TOTAL TTC	223 164 364


Annexe 3: Programme des mesures d'atténuation, de compensation et de suppression des impacts

Composantes du milieu affectée	Caractérisation de l'impact	Mesures atténuation/bonification	Indicateurs de suivi	Sources de vérification
Air	Dégradation de la qualité de l'air par les poussières et les gaz (monoxyde de carbone, l'oxyde d'azote, le gaz carbonique, etc.) dus à la circulation des engins, libération des emprises	Arroser régulièrement la zone de circulation autour du chantier ; Effectuer l'entretien régulier et le contrôle des véhicules ; Installer des bâches de protection sur les camions transportant des matériaux de construction (sable, gravier, etc.) ; Proscrire le stockage des déblais et autres déchets le long des voies ; Imposer une limite de vitesse de 80 km/h en rase campagne, 40 km/h en agglomération et 30 km/h sur les sites de chantier ;	Fiches d'entretien Nombre d'arrosages par jour ; Nombre de camions bâchés ; Nombre de plaintes enregistrées ; Présence des panneaux de signalisation ;	Rapport de surveillance Enquête auprès des riverains Visite terrain du chantier
Ambiance sonore	Nuisances sonores et vibrations par le fonctionnement de la machinerie et circulation des engins du chantier	Élaboration d'un planning de travail conforme aux heures standards (de 6h00 à 18h00) pour respecter la quiétude des riverains ; Dotation d'équipements de protection individuelle (EPI) au personnel du chantier et obligation de les porter ;	Nombre de plaintes enregistrées ; Disponibilité des EPI et obligation de leur port sur le chantier	Rapport de surveillance Enquête auprès des riverains
Sols	Pollution des sols à cause du déversement des produits pétroliers	Stocker les produits pétroliers sur une surface abritée et imperméable ; Développer et appliquer un plan de gestion des déchets du chantier ;	Aire de stockage imperméabilisée Plan de gestion des déchets opérationnel	Rapport de surveillance
	Risque d'érosion et affection de la texture du sol	Compacter et protéger le sol pour prévenir l'érosion Rétablir la végétation et restaurer rapidement les zones décapés	Bordereau des travaux	Rapport de surveillance
Ressource en eau	Dégradation de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines par les déversements des huiles de vidanges, de peinture et fuite de carburant Diminution des ressources en eau due au prélèvement	Utiliser des équipements en bon état et effectuer les vidanges à l'atelier mécanique ; Développer et appliquer un plan de gestion des déchets du chantier ; Effectuer des forages pour répondre aux besoins en eau du projet ;	Rapport de constat de pollution Plan de gestion des déchets opérationnel Nombre de forage réalisé et leurs débits	Rapport de surveillance

Composantes du milieu affectée	Caractérisation de l'impact	Mesures atténuation/bonification	Indicateurs de suivi	Sources de vérification
	pour les travaux et pour le fonctionnement			
Végétation	Destruction de la végétation sur les emprises et sites des infrastructures	Effectuer une sélection ciblée des espèces à abattre sur les sites ; Privilégier la préservation des arbres situés en dehors des zones d'emprise des infrastructures ; Envisager le remplacement des arbres perdus par de nouvelles plantations dans la commune de Founzan ; Former le personnel sur l'importance de la préservation des arbres et sur les techniques appropriées à utiliser ;	Nombre de plants mis en terre Taux de survie Superficie d'aménagement paysager	Rapport de surveillance
Faune	Destruction de l'habitat faunique	Instaurer l'interdiction formelle de pratiquer la chasse pour les employés du chantier ;	Nombre d'espèces fauniques ayant fui zone du projet	Rapport d'inventaire faunique
	Perturbation de la quiétude de la faune/migration d'espèces à cause des travaux	Préserver les formations végétales existantes près des sites du projet pour en faire des zones de refuge pour la faune ;		
Activités économiques	Développement des activités économiques dans la localité	Stimuler l'entrepreneuriat local en offrant des opportunités de sous-traitance aux entrepreneurs locaux ; Sensibiliser les habitants des villages riverains sur les opportunités offertes par la mise en œuvre du projet ;	Nombre d'opportunités créent autour du chantier	Rapport de surveillance
Espaces agropastoraux	Réduction des espaces cultivables et des aires de pâture à cause des espaces utilisés pour la construction des infrastructures	Instruire les agriculteurs sur les méthodes de production de compost organique ; Sensibiliser les agriculteurs sur l'importance des semences améliorées ; Former les éleveurs sur les techniques de fauchage et de conservation des fourrages ; Promouvoir l'utilisation des résidus de maraichage dans l'alimentation du bétail ;	Nombre de fosses fumières Nombre de magasins de SPAI fonctionnels	Rapport de surveillance
Santé-Sécurité des	Atteintes à la santé et à la sécurité des travailleurs et des riverains	Sensibiliser les populations et les travailleurs sur les risques de transmission du VIH et des IST ;	Taux de prévalence des IST, des GND, du paludisme, du COVID	Rapport de surveillance

Composantes du milieu affectée	Caractérisation de l'impact	Mesures atténuation/bonification	Indicateurs de suivi	Sources de vérification
travailleurs et des riverains		Sensibiliser les jeunes filles des villages voisins par rapport aux grossesses non désirées ; Mettre à disposition des préservatifs à la base-vie. Sensibiliser les travailleurs sur l'importance du port effectif des EPI ;	19 sur les bases et dans les populations riveraines Nombres de cas d'accidents/incidents Nombres d'heures de travail sans accidents/incidents	
Circulation/trafic routier	Perturbation du trafic dans le village voire dans la commune	Contrôler la circulation des véhicules en installant des panneaux de signalisation et des dispositifs de ralentissement ; Signaler les travaux en cours aux usagers de la route ;	Présence d'un plan opérationnel de gestion du trafic autour du chantier	Rapport de surveillance Recueil des plaintes des usagers et des riverains
Ambiance sonore/vibration	Nuisances sonores et vibrations	Assurer la maintenance régulière des groupes électrogènes ; Opter pour des appareils qui génèrent un niveau sonore modéré ;	Nombre de plaintes des riverains	Rapport de surveillance
Végétation/faune	Destruction de la végétation aux alentours du château, du forage, des BF et des bâtisses à construire Perturbation de la quiétude de la faune	Réaliser une coupe sélective des arbres ; Prendre en compte la faune lors de la réalisation des travaux ;	Délimitation physique des ouvrages à réaliser	Rapport de surveillance
Hygiène, assainissement et santé	Amélioration de l'offre locale en matière d'eau potable, de santé et d'assainissement	Examiner les tarifs de vente de l'eau pour les BF et les branchements privés ; Sensibiliser les populations à l'utilisation des BF et à l'adhésion aux branchements privés dans les prochaines années ;	Recueil des opinions des usagers Statistiques	Rapports mensuels

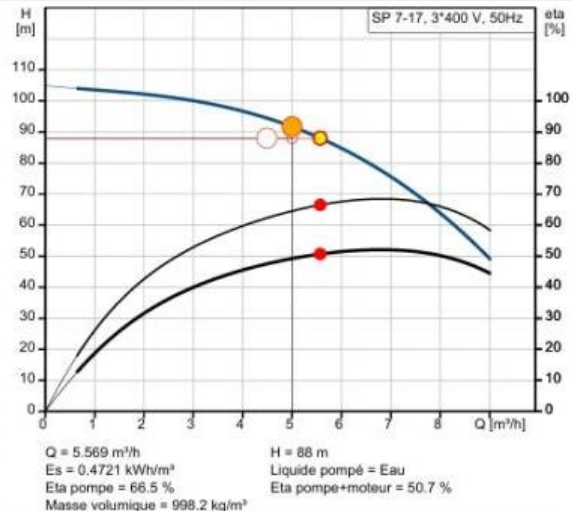
Annexe 4: Caractéristiques de la pompe



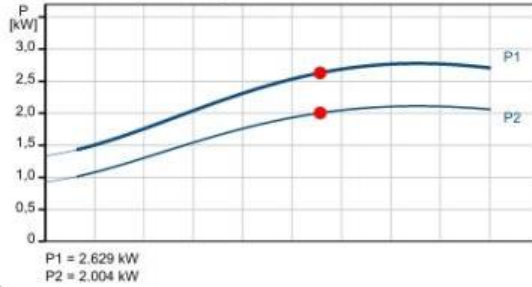
Nom Société:
Créé par:
Téléphone:

Date: 11/06/2024

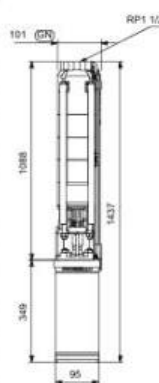
Description	Valeur
Information générale:	
Nom produit:	SP 7-17
Code article:	98699189
Numéro EAN:::	5712600108615
Technique:	
Vitesse de la pompe sur laquelle sont basées les données de la pompe:	2900 mn-1
Débit calculé réel:	5.569 m³/h
Débit nominal:	7 m³/h
Point de fonctionnement réel de la pompe:	88 m
Hauteur nominale:	77.8 m
Etages:	17
Nombre de roues à diamètre réduit:	NONE
Garniture mécanique pour moteur:	LIPSEAL
Certifications:	CE,EAC,UKCA,SEPRO,MOR OCCO
Certifications pour l'eau potable:	ACS,DM174
Tolérance courbe:	ISO9906:2012 3B
Modèle:	A
Version moteur:	T40
Clapet anti-retour:	OUI
Matériaux:	
Pompe:	Stainless steel
Pompe:	EN 1.4301
Pompe:	AISI 304
Roue:	Acier inox.
Roue:	EN 1.4301
Roue:	AISI 304
Moteur:	Acier inoxydable
Moteur:	DIN W.-Nr. 1.4301
Moteur:	AISI 304
Installation:	
Pression ambiante maximum:	15 bar
Pression maximale de service:	15 bar
Pression de sortie maximale autorisée:	10.7 bar
Type raccordement:	Rp
Taille du raccordement:	1 1/2 inch
Motor diameter:	4 inch
Diamètre de forage minimum:	105 mm
Liquide:	
Liquide pompé:	Eau
Plage température liquide:	-15 .. 40 °C
Donnée électrique:	
Type moteur:	MS402
Conception de la bride moteur:	NEMA
Puissance nominale - P2:	2.2 kW
Puissance (P2) requise par pompe:	2.2 kW
Fréquence d'alimentation:	50 Hz
Tension nominale:	3 x 380-400-415 V
Courant nominal:	5.50-5.50-5.70 A
Intensité démarrage:	440-460-470 %
Cos phi - facteur de puissance:	0.85-0.82-0.77
Vitesse nominale:	2850-2860-2870 mn-1
Méthode de démarrage:	DOL
Indice de protection (IEC 34-5):	IP68
Classe d'isolement (IEC 85):	B

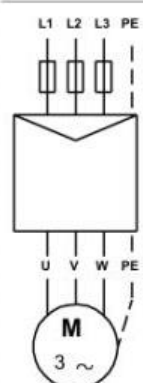


Q = 5.569 m³/h H = 88 m
 Es = 0.4721 kWh/m³ Liquide pompé = Eau
 Eta pompe = 66.5 % Eta pompe+moteur = 50.7 %
 Masse volumique = 998.2 kg/m³



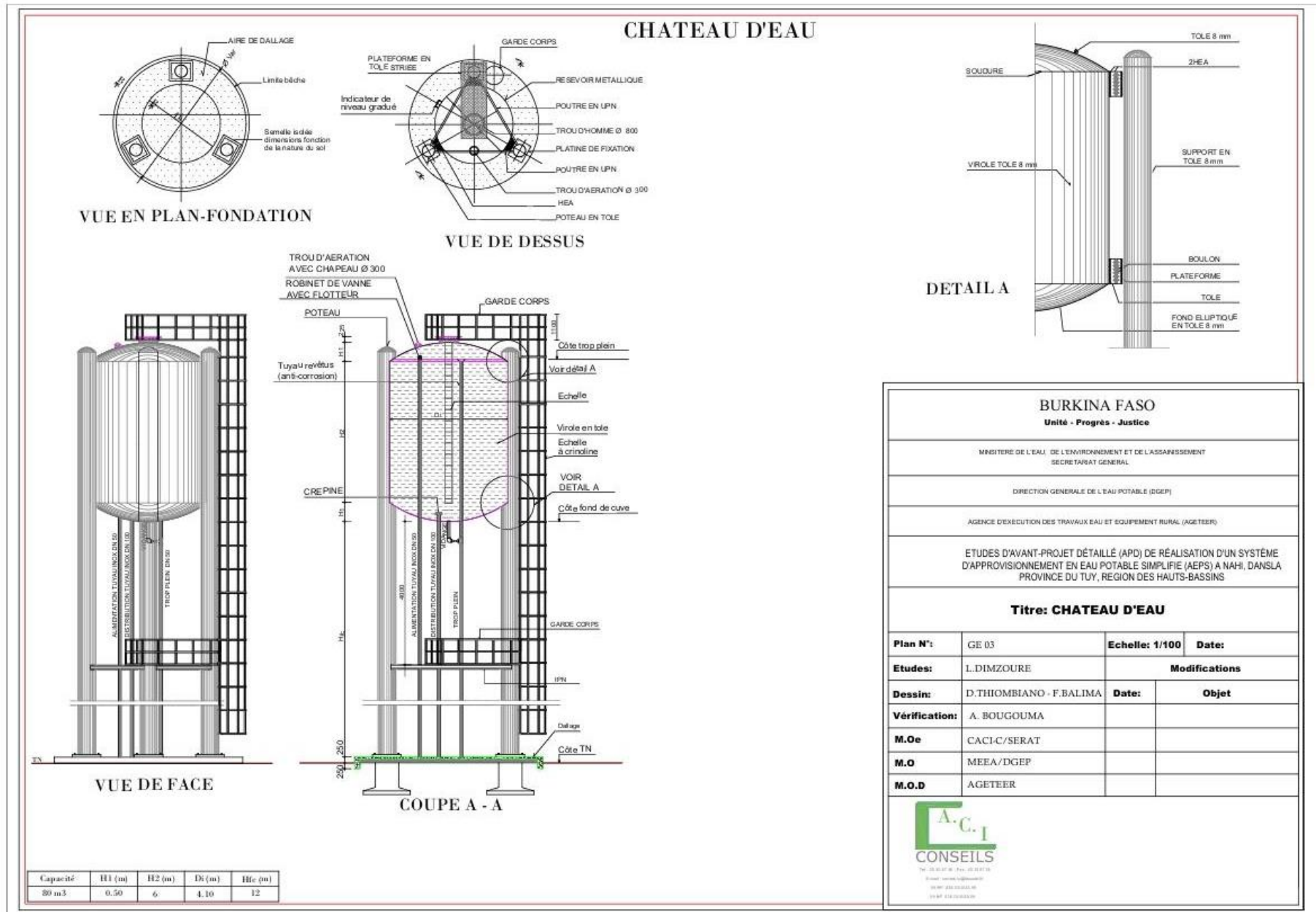
P1 = 2.629 kW
P2 = 2.004 kW



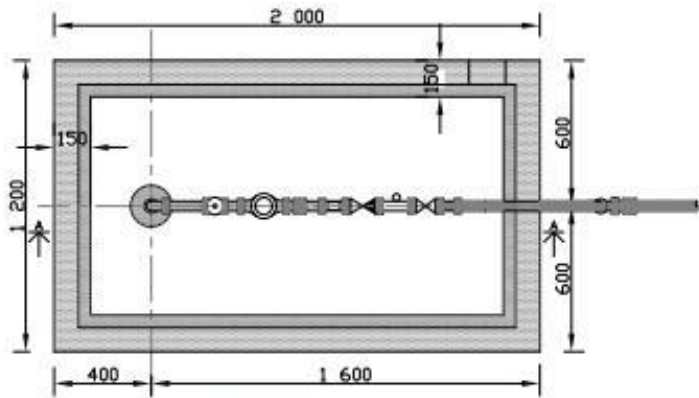


Annexe 5: Pièces graphiques

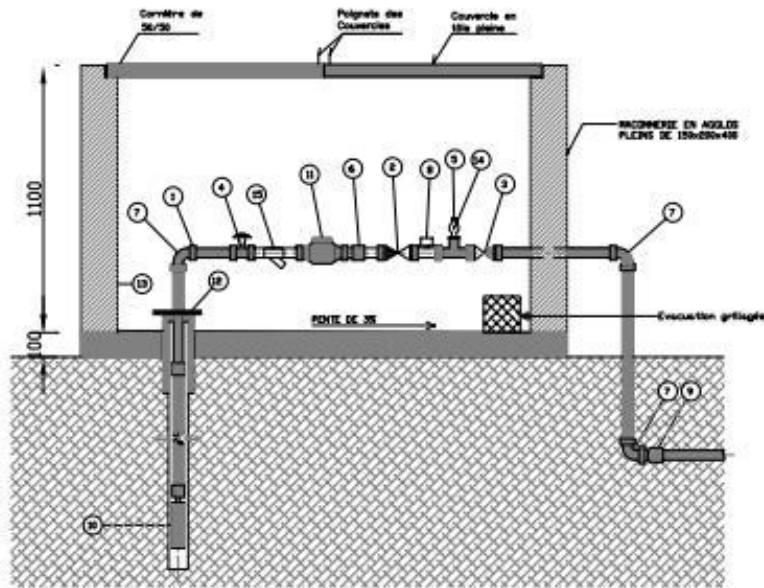
- 1- Château d'eau
- 2- Regard de tête de forage
- 3- Regard by-pass
- 4- Bornes fontaines
- 5- Branchement particulier
- 6- Vannes et vidanges
- 7- Regard ventouses
- 8- Local groupe électrogène
- 9- Local pour pompe doseuse
- 10- Schéma du système de chloration
- 11- Latrines vip
- 12- Plan de masse
- 13- Carnet des noeuds
- 14- Profils en long



TETE DE FORAGE



VUE EN PLAN



COUPE A-A

Poste no	Liste des pièces
1	Maneton acier galvanisé DN 50
2	Clapet anti-retour DN 50
3	Robinet vanne fileté DN 50
4	Vertèbres
5	Manchons (9-10 bars) à bain d'huile, DN 50
6	Manchon DN 50
7	Coude en acier galvanisé DN 50
8	Pressostat
9	Raccord union (acier/peu) DN 50/63
10	Pompe immergée, Qnifex, type selon forage
11	Compteur d'eau DN 50, classe B
12	Collier de support
13	Regard pour tête de forage (voir plan)
14	Robinet de Passage
15	FILTRE

BURKINA FASO
Unité - Progrès - Justice

MINISTRE DE L'EAU, DE L'ÉNERGIE ET DE L'ASSAINISSEMENT
SECRETARIAT GÉNÉRAL


DIRECTION GÉNÉRALE DE L'EAU POTABLE (DGEP)

AGENCE D'ÉVALUATION DES TRAVAUX EAU ET ÉQUIPEMENT (AGETEER)

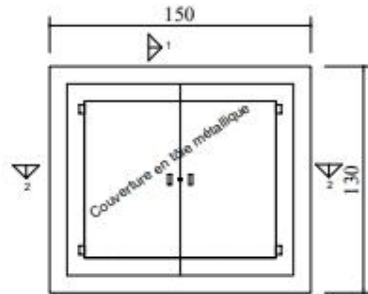
ÉTUDES D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DE RÉALISATION D'UN SYSTÈME D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE SIMPLIFIÉ (AEP) À NAHI, DANS LA PROVINCE DU TUY, RÉGION DES HAUTS-BASSINS

Titre: Tête de forage

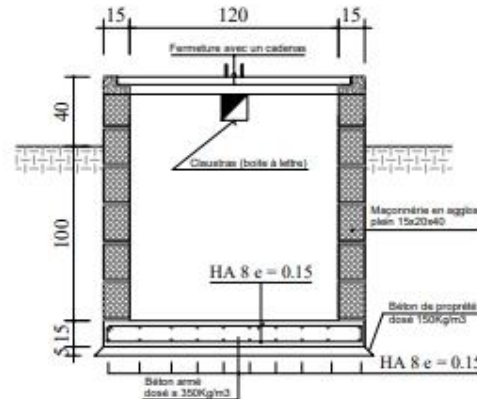
Plan N°:	GE 01	Echelle: 1/20	Date:
Études:	L. DEMZOURE	Modifications	
Dessins:	D. THOMBIANO - F. BALIMA	Date:	Objet
Vérification:	A. BOUGOUNMA		
M. Oe	CACI-C/SERAT		
M. O	SEEA/DGEP		
M. O. D	AGETEER		


A.C.I.
 CONSEILS
 101 AVENUE DE LA PAIX
 01000 NIAMÉNOU
 BURKINA FASO
 TEL: +226 27 31 11 11
 FAX: +226 27 31 11 12
 EMAIL: aci@aci-bf.net

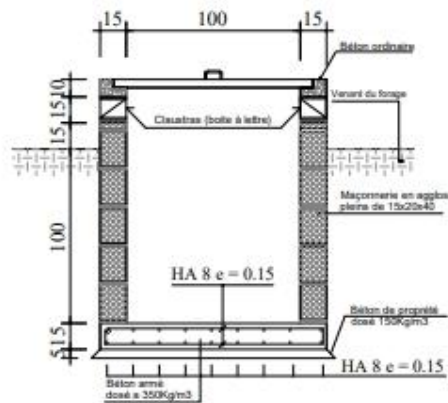
REGARD AU PIED DU CHATEAU



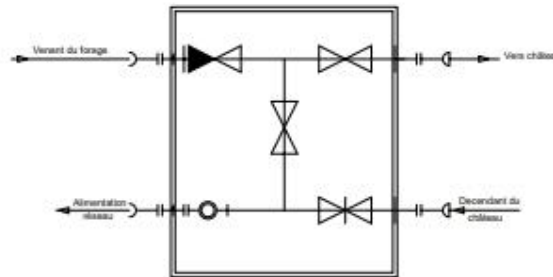
VUE EN PLAN



COUPE 2 - 2



COUPE 1 - 1



SCHEMA DES PIÈCES DU BY-PASS

Nota: Toutes les pièces dans le regard sont en fonte de diamètres équivalents aux conduites de distribution/refoulement en PEHD.

BURKINA FASO
Unité - Progrès - Justice

MINISTRE DE L'EAU, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'AMÉNAGEMENT
SECRETARIAT GÉNÉRAL

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'EAU POTABLE (DGEP)

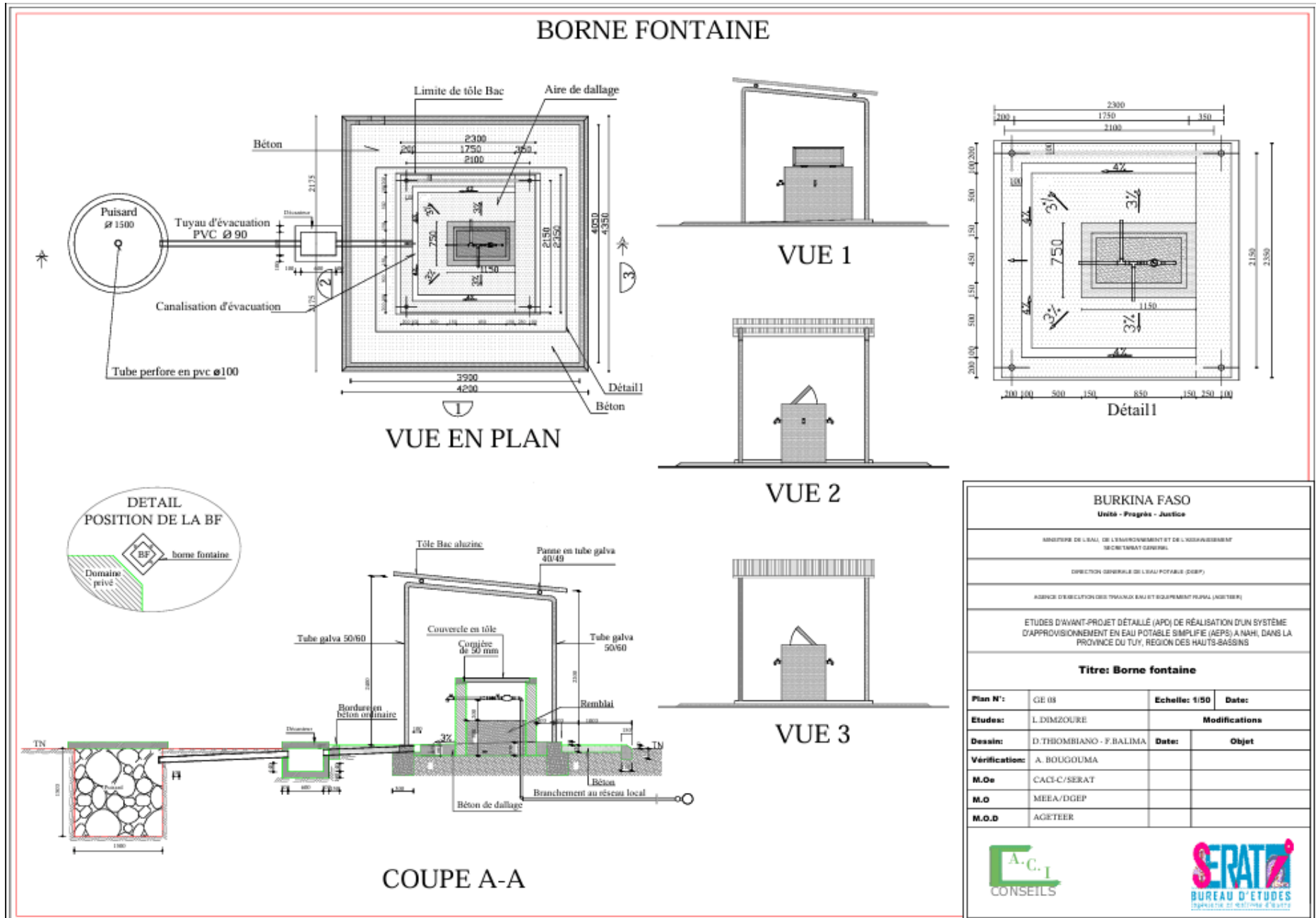
AGENCE D'ÉCOUTE DES TRAVAUX RURAUX ET ÉQUIPEMENT RURAL (AGETEUR)

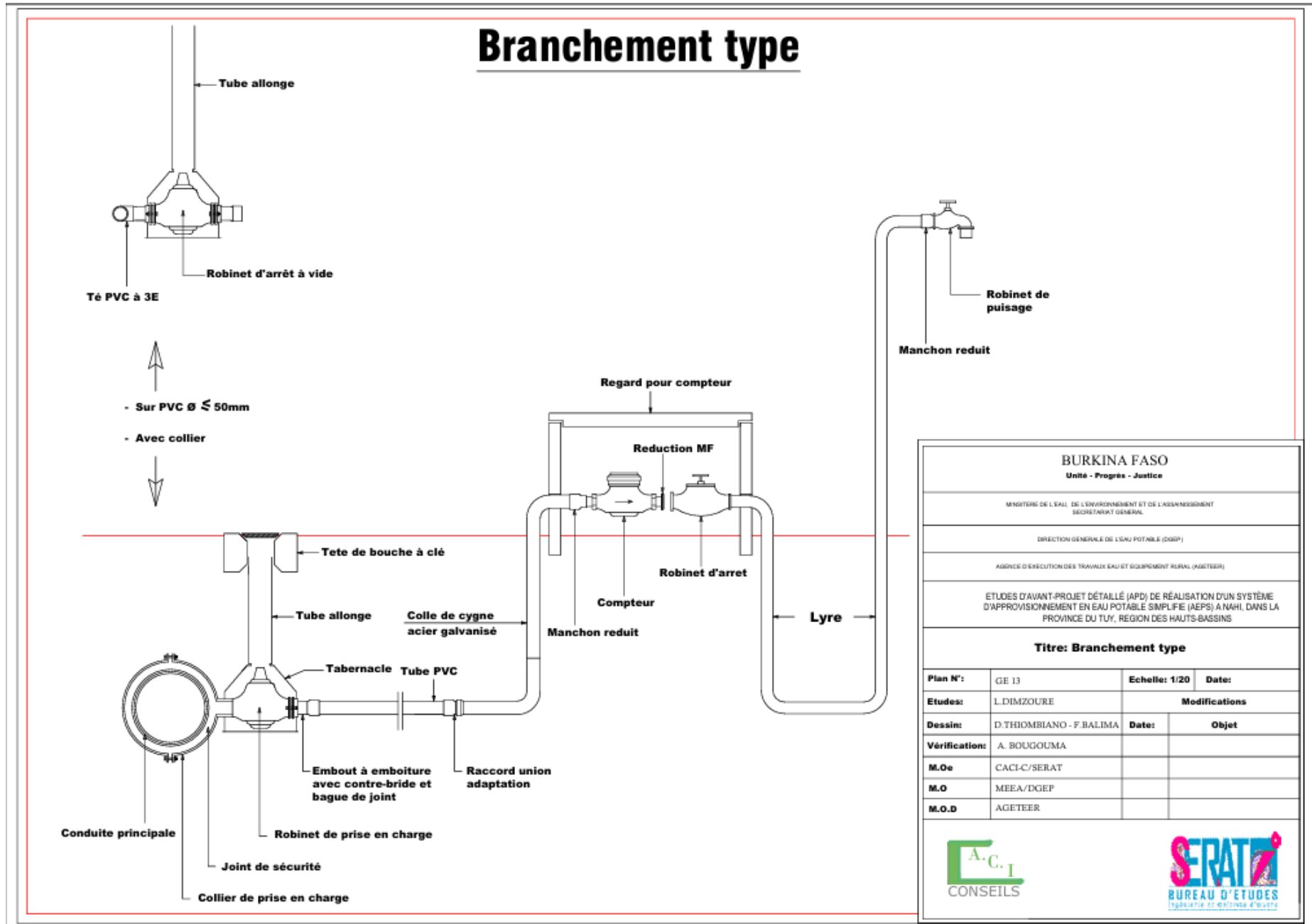
ÉTUDES D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DE RÉALISATION D'UN SYSTÈME
D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE SIMPLIFIÉ (AEP/S) À NAHI, DANS LA
PROVINCE DU TUY, RÉGION DES HAUTS-BASSINS

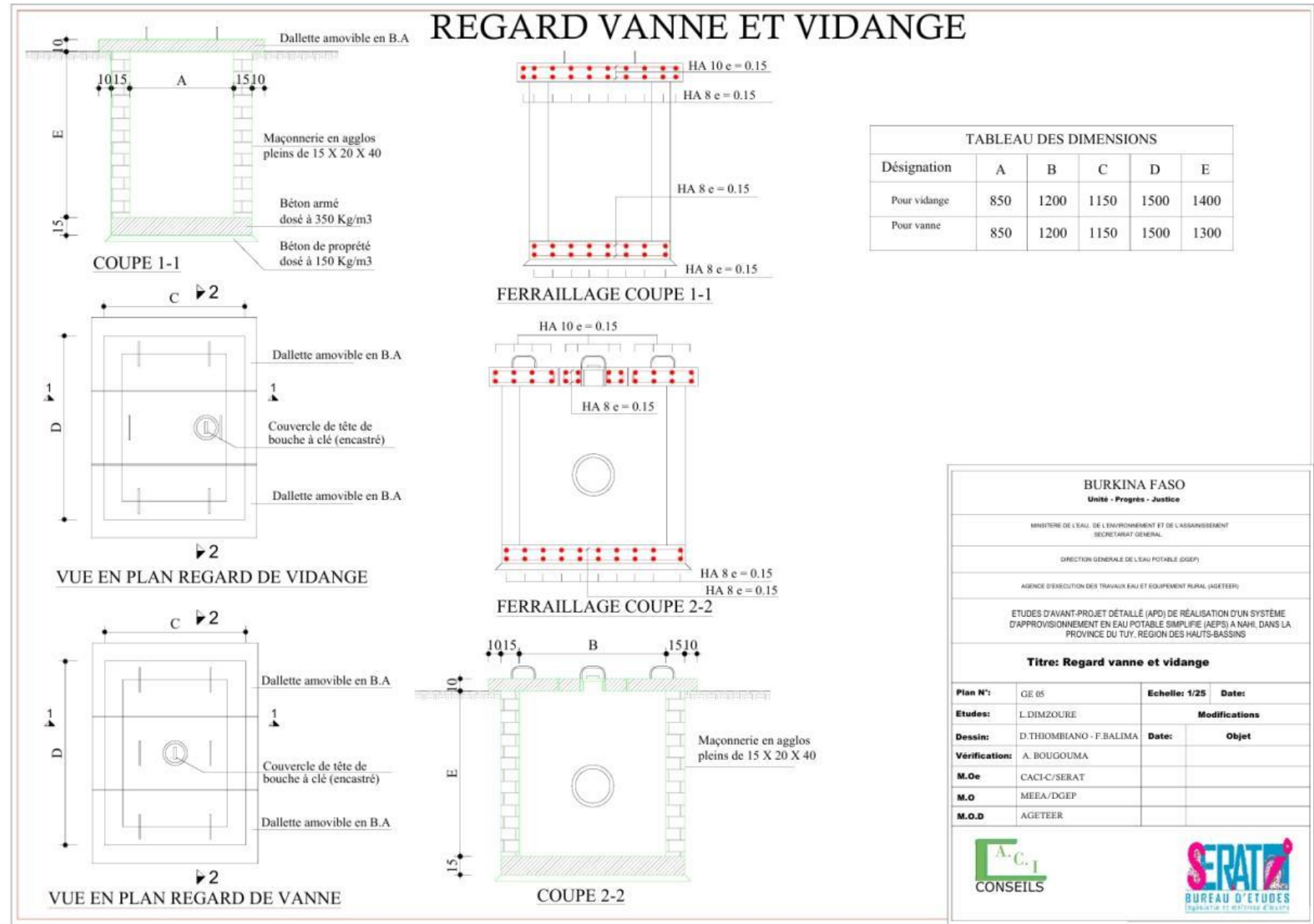
Titre: Regard au pied du château

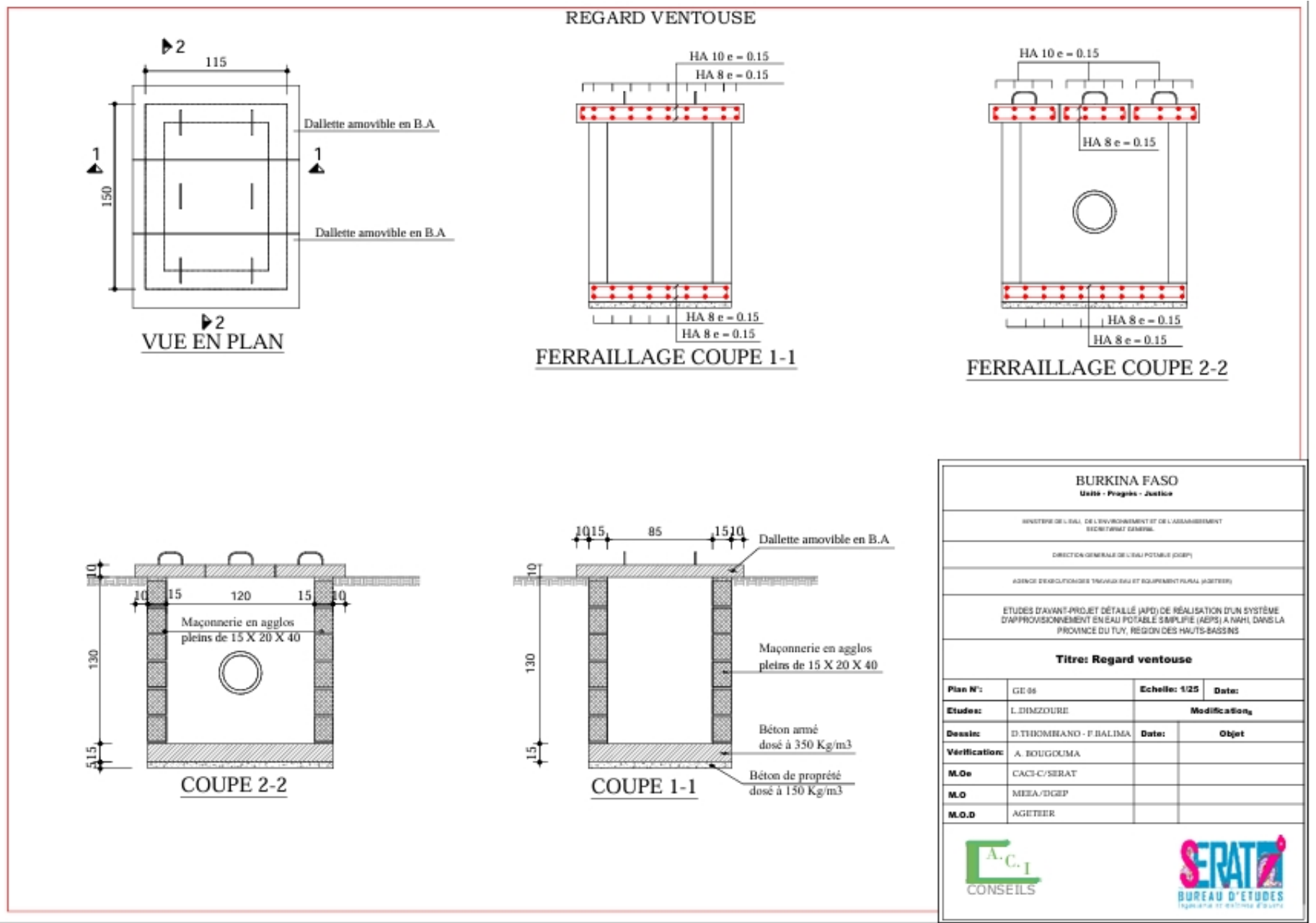
Plan N°:	GE 04	Echelle: 1/25	Date:
Études:	L. DOMZOURE	Modifications	
Dessin:	D. THOMBIANO - F. BALIMA	Date:	Objet
Vérification:	A. BOUGOUMA		
M.O.e	CACI-C/SERAT		
M.O	MEEA/DGEP		
M.O.D	AGETEUR		





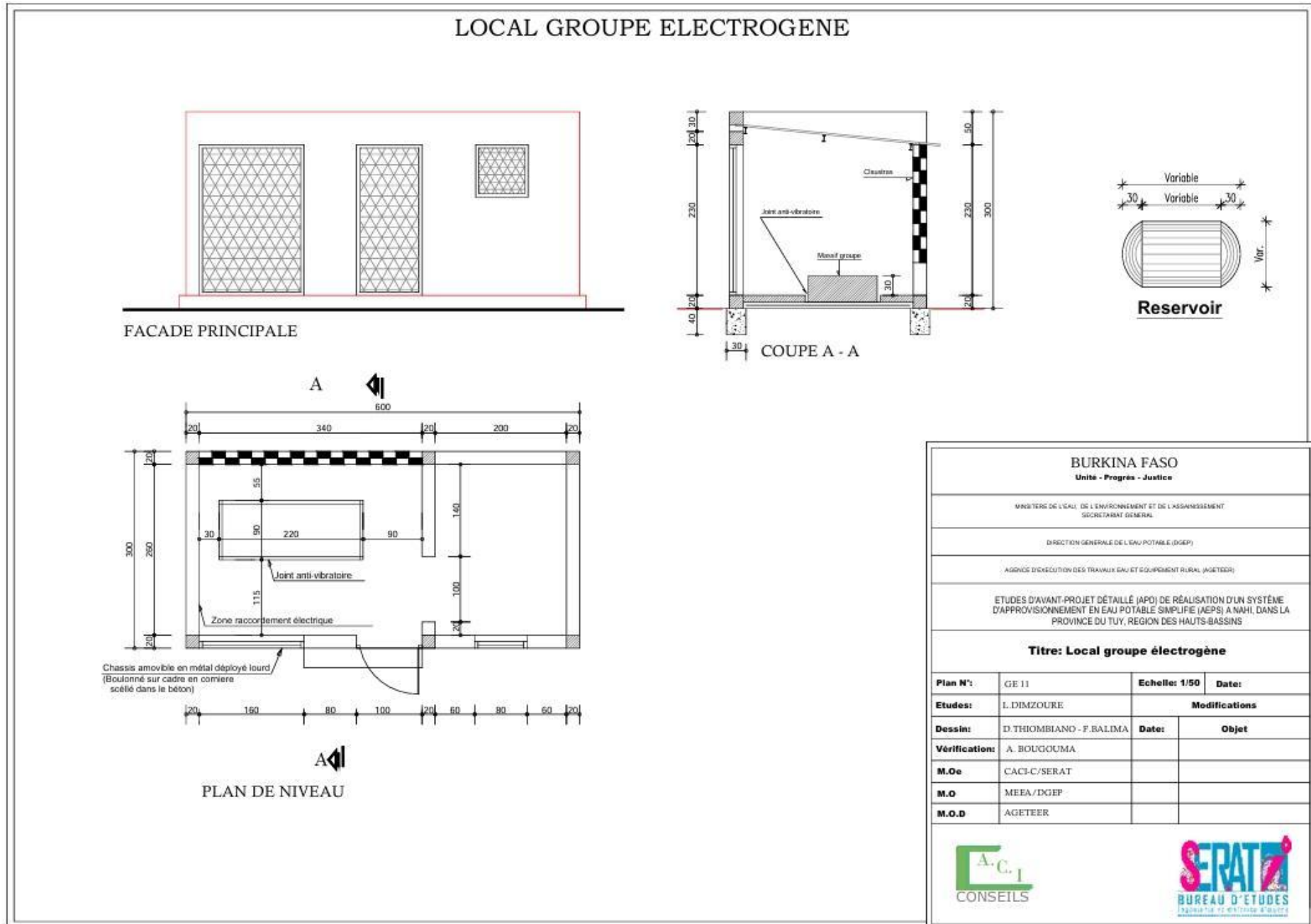




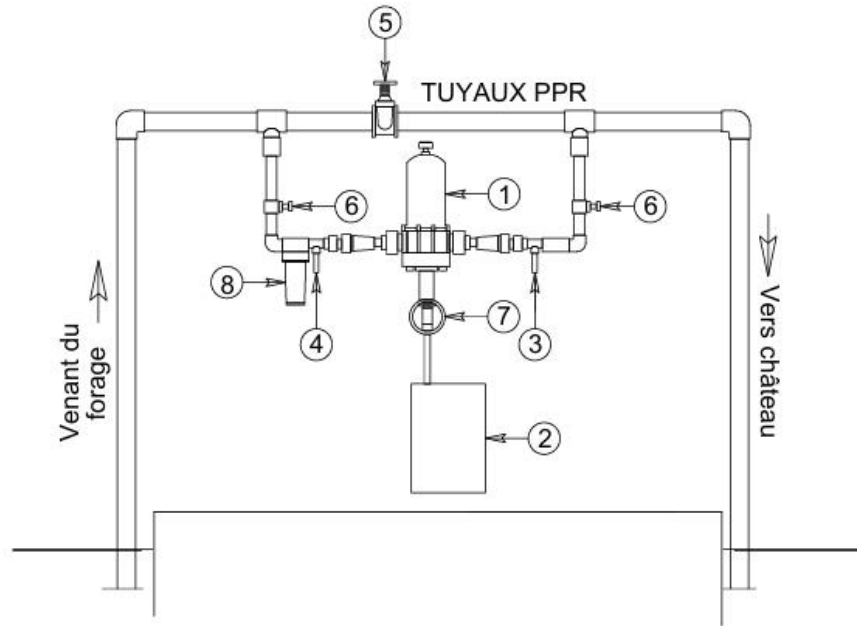


BURKINA FASO Unité - Progrès - Justice			
MINISTRE DE L'EAU, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'AMÉNAGEMENT SECRETARIAT GÉNÉRAL			
DIRECTION GÉNÉRALE DE L'EAU POTABLE (DGEP)			
AGENCE D'ÉVALUATION TRAVAIL EAU ET EQUIPEMENT PLURAL (AGETEE)			
ETUDES D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DE RÉALISATION D'UN SYSTÈME D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE SIMPLIFIÉ (AEP) A NAHI, DANS LA PROVINCE DU TUY, RÉGION DES HAUTS-BASSINS			
Titre: Regard ventouse			
Plan N°:	GE 06	Echelle: 1/25	Date:
Etude:	L. DIMZOURE	Modification_s	
Devis:	D. THOMBIANO - F. BALIMA	Date:	Objet:
Vérification:	A. BOUGOUMA		
M.O:	CACI-C/SERAT		
M.O	MEEA/DGEP		
M.O.D	AGETEE		






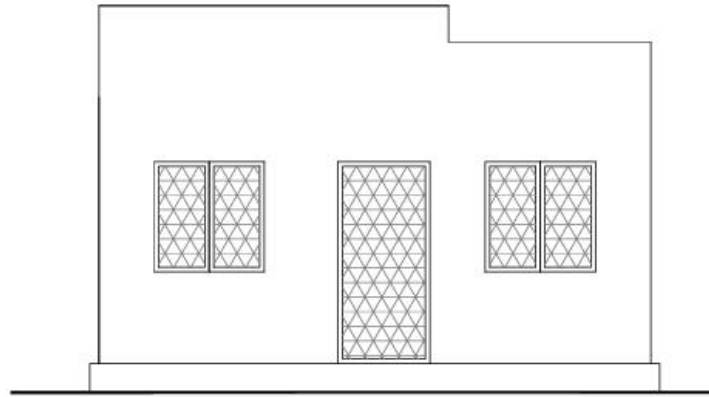
SCHEMA TYPE DU SYSTEME DE CHLORATION



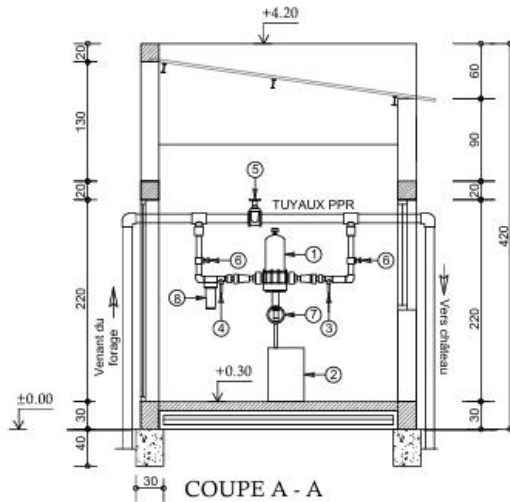
Poste no	Liste des pièces
1	DOSEUR DE CHLORE TYPE VENTURI
2	BAC CONTENANT LA SOLUTION CHLOREE
3	POINT DE PRELEVEMENT POUR TEST CHLORE
4	POINT DE PRELEVEMENT POUR TEST D'IMPURETE
5	VANNE SUR CONDUITE DE REFOULEMENT
6	VANNES DE CONTROLE DU DEBIT DE LA POMPE DOSEUSE
7	LIEUX DE REGLAGE DE LA POMPE DOSEUSE
8	FILTRE

BURKINA FASO Unité - Progrès - Justice			
MINISTRE DE L'EAU, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'ASSAINISSEMENT SECRETARIAT GENERAL			
DIRECTION GENERALE DE L'EAU POTABLE (DGEP)			
AGENCE D'EXECUTION DES TRAVAUX EAU ET EQUIPEMENT RURAL (AGETEER)			
ETUDES D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DE RÉALISATION D'UN SYSTÈME D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE SIMPLIFIÉ (AEPS) A NAHI, DANS LA PROVINCE DU TUY, REGION DES HAUTS-BASSINS			
Titre: Système de chloration			
Plan N°:	GE 12B	Echelle: 1/50	Date:
Etudes:	L. DIMZOURE	Modifications	
Dessin:	D. THIOMBIANO - F. BALIMA	Date:	Objet
Vérification:	A. BOUGOUMA		
M. Oe	CACI-C/SERAT		
M. O	MEEA/DGEP		
M. O. D	AGETEER		
			

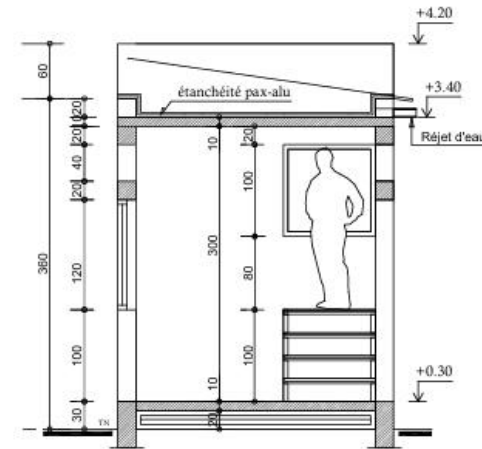
LOCAL POUR POMPE DOSEUSE



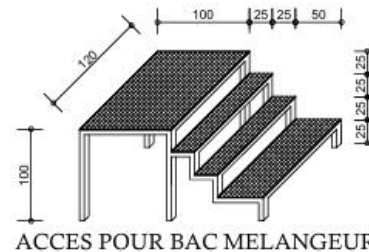
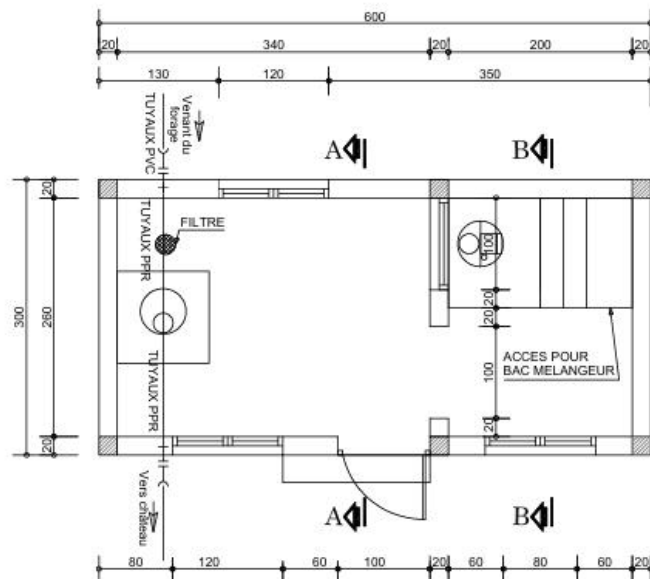
FACADE PRINCIPALE



COUPE A - A



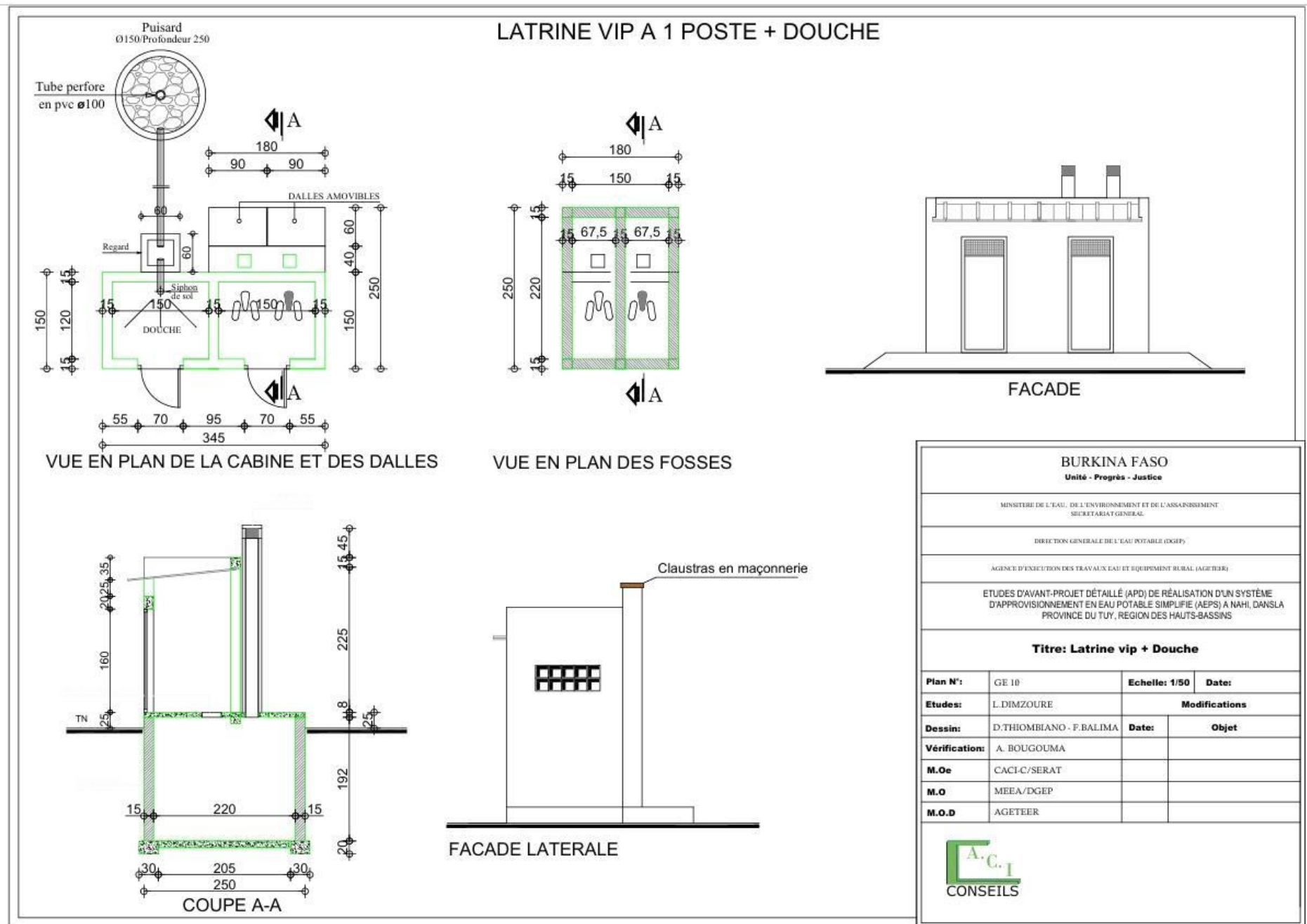
COUPE B - B




ACCES POUR BAC MELANGEUR

BURKINA FASO			
Unité - Progrès - Justice			
MINISTRE DE L'EAU, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'ASSAINISSEMENT SECRETARIAT GENERAL			
DIRECTION GENERALE DE L'EAU POTABLE (DGE)			
AGENCE D'EXECUTION DES TRAVAUX EAU ET EQUIPEMENT RURAL (AGETEER)			
ETUDES D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DE RÉALISATION D'UN SYSTÈME D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE SIMPLIFIÉ (AEPS) A NAHI, DANS LA PROVINCE DU TUY, REGION DES HAUTS-BASSINS			
Titre: Local pour pompe doseuse			
Plan N°:	GE 12A	Echelle: 1/50	Date:
Etudes:	L.DIMZOURE	Modifications	
Dessin:	D.THIOMBIANO - F.BALIMA	Date:	Objet
Vérification:	A. BOUGOUMA		
M.Oe	CACI-C/SERAT		
M.O	MEEA/DGEP		
M.O.D	AGETEER		





BURKINA FASO Unité - Progrès - Justice			
MINISTRE DE L'EAU, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'ASSAINISSEMENT SECRETARIAT GENERAL			
DIRECTION GENERALE DE L'EAU POTABLE (DGEP)			
AGENCE D'EXECUTION DES TRAVAUX EAU ET EQUIPEMENT RURAL (AGETER)			
ETUDES D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ (APD) DE RÉALISATION D'UN SYSTÈME D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE SIMPLIFIÉ (AEPS) A NAHI, DANS LA PROVINCE DU TUY, REGION DES HAUTS-BASSINS			
Titre: Latrine vip + Douche			
Plan N°:	GE 10	Echelle: 1/50	Date:
Etudes:	L.DIMZOURE	Modifications	
Dessin:	D.THIOBIANO - F.BALIMA	Date:	Objet
Vérification:	A. BOUGOUMA		
M.Oe	CACI-C/SERAT		
M.O	MEEA/DGEP		
M.O.D	AGETER		
			

SCHEMA DE NOEUDS DU RESEAU DE DISTRIBUTION DE NAHI

