C.E.T.R.I

CABINET D'ETUDE TECHNIQUE ET DE RECHERCHE EN INGENIERIE

12 BP 145 OUAGADOUGOU 12 BF E-mail : cetri@fasonet.bf TEL/FAX : 25 36 02 01 / 25 47 10 45

Étude technique de réhabilitation et d'extension du Système d'Adduction d'Eau Potable Simplifié (AEPS) de la commune de FOUNZAN, Province du TUY, Région du GUIRIKO, 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-AGRICOLES (GEAAH)

Présenté et soutenu le 19/01/2026 par

SANDWIDI Alphonse Adolphe Kiswendsida N°20220748

Travaux dirigés par :

Directeur de mémoire : Pr Harinaivo Anderson ANDRIANISA, Professeur Titulaire (CAMES) ;

Encadreur interne 2iE : Dr Moussa Diagne FAYE, Maitre-Assistant (CAMES) ;

Maître de stage : Ghislain C. Albert ZOMBRE, Ingénieur du Génie Civil, CETRI.

Jury d'évaluation du stage

Dr Lawani Adjadi MOUNIROU ; Président de jury

M. Younoussa GAMSORE ; Examinateur

M. Isidore DABIRE ; Examinateur

Promotion : 2025-2026

DEDICACE

Nous dédions ce document à nos très chers parents qui ont tant voulu nous voir grandir. Puissent-ils y trouver totale satisfactions.

REMERCIEMENT

Permettez-nous de remercier à travers ce document, tous ceux qui d'une manière ou d'une autre nous ont apporté leur soutien multiforme durant notre parcours scolaire et académique.

- Au Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement (MEEA) pour nous avoir offert cette opportunité de nous former ;
- Au Professeur Harinaivo Anderson ANDRIANISA, Professeur Titulaire (CAMES) à l'institut 2iE, notre Directeur de mémoire, pour son accompagnement inconditionnel, sa disponibilité, ses conseils de tout genre ;
- Au Docteur Moussa Diagne FAYE, Maitre-Assistant (CAMES) à l'institut 2iE, notre tuteur pédagogique, pour son accompagnement indéfectible, sa disponibilité, ses conseils de tout genre ;
- A Monsieur Francis Zacharie DAMIBA, Directeur Général du Cabinet d'Etude Technique et de Recherche en Ingénierie (CETRI), pour nous avoir accordé le stage, pour sa disponibilité et pour ses soutiens de toute forme ;
- A Madame TRAORE Bandiba Balkissa, responsable du département Infrastructures Hydrauliques, Eau et Assainissement (IHEA) à CETRI, pour son accueille, sa disponibilité, ses soutiens de toute forme et ses vaillants conseils qui ont contribué à l'aboutissement de ce document ;
- A Monsieur ZOMBRE Ghislain C. Albert, agent du département Infrastructures Hydrauliques, Eau et Assainissement (IHEA) à CETRI, notre maître de stage pour sa disponibilité totale et ses vaillants conseils qui ont contribué à l'aboutissement de ce document ;
- A tous les agents du Cabinet d'Etude Technique et de Recherche en Ingénierie (CETRI);
- A l'administration et l'ensemble du corps professoral de l'institut 2IE ;
- Enfin, à tous nos amis et connaissances pour les encouragements, et leur soutien tant matériel que moral et intellectuel.

Nous vous disons à tous, ce mémoire est le vôtre !

RESUME

Founzan est le chef-lieu de la commune du même nom dans la province du TUY, Région du GUIRIKO au Burkina Faso. Cette étude à été initiée dans le but d'effectuer la réhabilitation et l'extension de l'AEPS de la commune dans le cadre du Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA). Le présent rapport, porte sur le diagnostic, la proposition de solutions en vue de la remise à neuf et de l'extension de l'AEPS. Son objectif est de répondre aux problèmes liés à l'accès équitable en eau potable de la population à l'horizon 2040. Le diagnostic a montré que la commune connaît des difficultés pour satisfaire les besoins en eau de qualité de la population dû à la vétusté et défaut d'entretien des infrastructures d'approvisionnement en eau. Les résultats de la conception révèlent que le système pour bien fonctionner à besoin d'un **château d'eau d'une capacité de 100 m^3**, qui sera alimenté par **un forage d'un débit de 25 m^3/h** (existant) équipé d'une électropompe immergée avec une **Hauteur Manométrique Totale (HMT) de 70 mètres** et un autre de **10 m^3/h** (à réaliser). L'énergie **solaire photovoltaïque, suppléée par le réseau électrique de la SONABEL** est privilégiée pour l'alimentation de l'électropompe. Les points de dissertes comprennent **dix-sept (17) Bornes Fontaines** et **des branchements particuliers**. Les conduites d'adduction et de distribution retenues sont respectivement en **PEHD (PN16, DN140) longue de 2 523,05 mètres** et en **PVC (PN10)** avec des diamètres allant de **63 à 160 mm** et d'une longueur totale de **10 585,48 mètres**. Le coût total de l'investissement pour les travaux de réhabilitation et d'extension du réseau est estimé à **411 883 234 FCFA**, toutes taxes comprises (TTC). Le prix de vente du mètre cube d'eau est évalué à **380 FCFA** au moins et **500 FCFA** au plus.

Mots Clés

1. Diagnostic
2. Dimensionnement
3. Energie
4. Extension
5. Réhabilitation

ABSTRACT

Founzan is the capital of the commune bearing the same name, located in Tuy Province, Guiriko Region, Burkina Faso. This study was initiated with the aim of rehabilitating and extending the commune's Simplified Water Supply System (AEPS) under the Water Supply and Sanitation Program (PAEA).

The diagnostic assessment revealed that the commune faces significant difficulties in meeting the population's demand for safe drinking water, mainly due to the aging and poor maintenance of the water supply infrastructure. This report focuses on the diagnostic assessment and the proposal of solutions for the rehabilitation and extension of the AEPS. Its objective is to address issues related to equitable access to drinking **water for the population up to the year 2040**.

The design results indicate that, for proper operation, the system requires a **100 m³ elevated water tank,** supplied by an existing borehole with a **discharge of 25 m³/h**, equipped with a submersible electric pump with a **Total Dynamic Head (TDH) of 70 meters**, as well as an additional borehole with a discharge of **10 m³/h** to be constructed. **Photovoltaic solar energy, supplemented by the SONABEL** electricity grid, is selected to power the pumping system.

The water distribution points include **seventeen (17) public standpipes** and private household connections. The selected transmission and distribution pipelines are respectively made of **HDPE (PN16, DN140)** with a length of **2 523,05 meters**, and **PVC (PN10)** with diameters ranging from **63 to 160 mm** and a total length of **10 585,48 meters**.

The total investment cost for the rehabilitation and extension works of the network is estimated at **FCFA 411 883 234** all taxes included (ATI). The selling price of one cubic meter of water is estimated to range between **FCFA 380** (minimum) and **FCFA 500** (maximum).

Keywords

1. Assessment
2. Design
3. Energy
4. Extension
5. Rehabilitation

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

2IE	:	Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
AEPS	:	Adduction d'Eau Potable Simplifiée
AUE	:	Associations des Usagers de l'Eau
BF	:	Borne Fontaine
BP	:	Branchement Privé
C.E.T.R.I.	:	Cabinet d'Etudes Techniques et de Recherche en Ingénierie
Cp	:	Coefficient de perte
Cps (j, h)	:	Coefficient de pointe saisonnière (journalière, horaire)
CS	:	Consommation Spécifique
CVD	:	Comité Villageois de Développement
DAO	:	Dossier d'Appel d'Offre
DGEP	:	Direction Générale de l'eau potable
DGRE	:	Direction Générale des Ressources en Eau
DREAE-GRK	:	Direction Régionale de l'Eau, de l'Assainissement de l'Environnement de la région du Guiriko
EIES	:	Etudes D'impact Environnemental et Social
GE	:	Groupe Electrogène
GEAAH	:	Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-Agricoles
GPS	:	Global Positioning System
HMT	:	Hauteur Manométrique Totale
HT	:	Hors Taxes
INOH	:	Inventaire National des Ouvrages Hydrauliques
l/j/pers	:	Litres par jour et par personne
m^3/j	:	Mètre cube par jour
LAHSA	:	Laboratoire Eau Hydro-Système et Agriculture
MST	:	Maladies Sexuellement Transmissibles
ODD	:	Objectif du Développement Durable
OMS		Organisation Mondiale de la Santé
ONEA	:	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
PAEA	:	Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement
PEHD	:	Polyéthylène à Haute Densité
PGEA	:	Programme Gouvernance du secteur Eau et Assainissement
PGES	:	Plan de Gestion Environnementale et Sociale
PHA	:	Promotion à l'Hygiène et à l'Assainissement
PMH	:	Pompe à Motricité Humaine
PN10 (16)	:	Pression Nominale 10 bars (16 bars)
PN-AEPA	:	Programme National de l'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement
PN-AH	:	Programme National d'Aménagements Hydrauliques
PN-AUE	:	Programme National d'Assainissement des Eaux Usées et Excréta
PN-GIRE	:	Programme National Pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau
PVC	:	Polychlorure de Vinyle
Q_{exp}	:	Débit d'exploitation
Q_{jP}	:	Besoin de production de pointe Saisonnière
RGPH	:	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RN	:	Route Nationale
SIG		Système d'Information Géographique
SONABEL	:	Société Nationale Burkinabé d'Electricité
TN	:	Terrain Naturel
TTC	:	Toutes Taxes Comprises

TABLE DES MATIERES

DEDICACE ..... **I**

REMERCIEMENT ..... **II**

RESUME ..... **III**

MOTS CLES ..... **III**

ABSTRACT ..... **V**

KEYWORDS ..... **V**

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS ..... **V**

TABLE DES MATIERES ..... **VI**

LISTE DES TABLEAUX ..... **VIII**

LISTE DES FIGURES ..... **IX**

FICHE SIGNALETIQUE DU PROJET ..... **X**

I. INPRODUCTION **1**

II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE **2**

1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL 2
2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 4
   - *2.1. Situation géographique et localisation du site* *4*
   - *2.2. Milieu physique* *5*
   - *2.3. Situation socio démographique* *6*
   - *2.4. Situation socioéconomique* *7*

III. PRESENTATION DU PROJET **8**

1. CONTEXTE 8
2. JUSTIFICATION 9
3. OBJECTIFS DE L'ETUDE ET RESULTATS ATTENDUS 9
   - *3.1. Objectif général* *9*
   - *3.2. Objectifs spécifiques* *9*
   - *3.3. Résultats attendus* *10*

IV. MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION **11**

1. MATERIELS UTILISES 11
2. APPROCHE METHODOLOGIQUE 11
   - *2.1. Diagnostic technique et fonctionnel du système existant* *11*
   - *2.2. Hypothèses et formules de dimensionnement* *12*
3. METHODOLOGIE RELATIVE A L'ANALYSE ECONOMIQUE ET FINANCIERE 29

V. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE **30**

1. DIAGNOSTIC TECHNIQUE ET SPATIAL DE LA SITUATION EXISTANTE 30
   - *1.1. Historique de l'AEPS de FOUNZAN* *30*
   - *1.2. Inspection et évaluation de l'état de l'ensemble des infrastructures existantes* *30*

1.3. Cartographie du réseau actuel 33
1.4. Analyse des données d'exploitation antérieur 34
1.5. Récapitulatif du diagnostic et recommandations pour la réhabilitation et l'extension 36
2. EVALUATION BESOINS FUTURS ET DE LA RESSOURCE EN EAU MOBILISABLE 38
2.1. Estimation l'évolution de la population de Founzan à un horizon de 15 ans 38
2.2. Besoins en eau futurs de la commune 38
2.3. Capacité de production des forages 39
3. CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES INFRASTRUCTURES DU RESEAU ETENDU 42
3.1. Tracé optimisé du réseau étendu 42
3.2. Dimensionnement technique des composants clés du système 43

VII. ETUDE DE FAISABILITE FINANCIERE 62

1. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DE REHABILITATION ET D'EXTENSION 62
2. PLAN DE PHASAGE DES TRAVAUX 62
3. DETERMINATION DU PRIX DE L'EAU 63
3.1. Evaluation de l'amortissement annuel des équipements 63
3.2. Coût d'exploitation et d'entretien futur du système étendu 63
4. MODE DE GESTION 65

VIII. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX DU PROJET 66

1. IMPACTS POSITIFS 66
1.1. Impact sur la création d'Emploi 66
1.2. Conditions de vie et santé de la population 66
1.3. Impact sur les activités économiques 66
2. IMPACTS NEGATIFS 66
3. MESURES D'ATTENUATION 67
3.1. Mesures Environnementales, Sociales et Économiques 67

IX. RECOMMANDATIONS 68

X. CONCLUSIONS 69

BIBLIOGRAPHIE 70

ANNEXES 71

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Consommations spécifiques 12
Tableau 2: Caractéristiques du compteur SONABEL 30
Tableau 3: Eléments électromécaniques installés et leurs états 31
Tableau 4: Récapitulatif des dégradations des BF 32
Tableau 5 : Situation mensuel des ventes 34
Tableau 6: Récapitulatif du compte d'exploitation du premier semestre 2025 35
Tableau 7: Rendement financier 35
Tableau 8: Indice linéaire brute de perte 36
Tableau 9: Récapitulatif du diagnostic et propositions de réhabilitation 36
Tableau 10: Evolution de la population à l'horizon du projet 38
Tableau 11: Evaluation des Besoins 38
Tableau 12: Analyse des données de l'essai de puit 40
Tableau 13: Evaluation du débit d'adduction 43
Tableau 14: dimensionnement de la conduite d'adduction 43
Tableau 15: Détermination de la HMT 44
Tableau 16: Vérification de coup de bélier 45
Tableau 17: Caractéristiques de la pompe choisie 46
Tableau 18: Caractéristiques de la pompe et du réseau 46
Tableau 19: Résultats du dimensionnement du champ solaire 47
Tableau 20: Résultat du dimensionnement du groupe électrogène 48
Tableau 21: Caractéristiques de l'onduleur 49
Tableau 22: Estimation de la capacité du réservoir 51
Tableau 23: Caractéristiques du réservoir 52
Tableau 24: Evaluation du débit de dimensionnement 53
Tableau 25: Résultats du dimensionnement du réseau de distribution 54
Tableau 26: Caractéristiques des conduites de distribution 55
Tableau 27: Comparaison des résultats de dimensionnement et de simulations 56
Tableau 28: Dimensions des fouilles 59
Tableau 29: Besoins en pastille de chlore 61
Tableau 30: Récapitulatif des coûts des travaux 62
Tableau 31: Amortissements des équipements 63
Tableau 32: Evaluation du coût de production de l'eau 64

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de CETRI 3
Figure 2: Localisation du site de l'AEPS de Founzan 4
Figure 3: Réseau hydrographique et PEM de Founzan 6
Figure 4: Cartographie du réseau actuel 33
Figure 5: Courbe caractéristique du forage 40
Figure 6: Courbe théorique des rabattements et remontées 41
Figure 7: Réseau étendu et son impact 42
Figure 8: Point de fonctionnement et rendement de la pompe 47
Figure 9: Résultat de simulation Epanet 56
Figure 10: Comparaison des débits de dimensionnement et de simulations 58
Figure 11: Comparaison des vitesses de dimensionnement et de simulation 58
Figure 12: Comparaison des pressions de dimensionnement et de simulations 59

FICHE SIGNALETIQUE DU PROJET

1. LOCALISATION	
Région / Province / Commune/Village	Guiriko / Tuy / Founzan / Founzan
2. DONNEES SOCIO ECONOMIQUES	
Population du projet (nombre d'habitants)	12 887 (en 2040)
Taux d'accroissement de la population	2,33%
Type d'habitat	Groupé
Besoin de pointe en eau (2040) (m^3/j)	390,87 m^3/j
Taux de desserte projeté (2040) (%)	85%
Consommation spécifique (l/j/pers)	BF: 20l/j/pers; BP: 25l/j/pers
3. FORAGE	
Côte TN	271,71 m
Niveau dynamique	18,10 m
Débit du forage	25 m^3/h
4-ELECTROPOMPE SP 32-8	
Débit de pompage	25 m^3/h
Hauteur Manométrique Totale (HMT)	70 m
Puissance de l'électropompe	7,5 kW
5- SOURCES D'ENERGIES	
Solaire photovoltaïque	24 000 Wc
SANABEL	30 A
Groupe électrogène	30 kVA
6- CHATEAU D'EAU	
Cordonnées	X :476664,02 ; Y :1264711,88
Nature / forme	Métallique / cylindrique
Cote TN	293,25 m
Hauteur sous cuve	12 m
Volume	100 m^3
7-CONDUITES DE REFOULEMENT	
Nature	PEHD / PN 16
Diamètre	140 (mm)
Longueur	2523,05 m
8- CONDUITES DE DISTRIBUTION	
Nature	PVC / PN 10 - PEHD / PN 10
Longueur totale distribution	10585,48 m
Diamètre	160 ; 110 ; 90 ; 75 ; 63 ; 32 (mm)
9- POINTS DE DESSERTE	
Bornes fontaines (nombre)	17 (IMS), 04 (Evaluation théorique)
Branchements particuliers (nombre)	902 (Evaluation théorique)
10- ASPECTS FINANCIERS ET GESTION	
Coût global du projet	285 443 161 Fcfa
Prix de revient du m^3 sans investissement initial	287 Fcfa / m3
Prix de vente du m^3 d'eau	350 – 500 Fcfa / m^3
Mode de gestion suggéré	Affermage

I. INPRODUCTION

L'accès à l'eau potable constitue l'un des défis majeurs du XXIe siècle, [1]particulièrement en Afrique subsaharienne où la croissance démographique exerce une pression constante sur les ressources hydrauliques. Au Burkina Faso, malgré les efforts consentis par l'État et ses partenaires, la desserte en eau potable en milieu rural reste une préoccupation centrale. Les infrastructures existantes, souvent soumises à l'usure du temps et à un défaut d'entretien, peinent à répondre à la demande croissante des populations, impactant directement leur santé et leur développement socio-économique.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la situation de la commune de Founzan, situé dans la province du Tuy, région du Guiriko. Comme de nombreuses localités rurales du pays, Founzan fait face à difficultés liées à la vétusté et la gestion de ses infrastructures d'approvisionnement en eau. Pour pallier ces problèmes, la localité a été retenue dans le cadre du Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA) pour bénéficier d'une mise à niveau de ses installations.

La problématique centrale réside dans l'inadéquation actuelle entre la qualité de l'offre en eau du système existant et les besoins réels de la population. Le réseau actuel souffre de défaillances techniques et d'un manque de capacité qui compromettent la distribution équitable de la ressource.

L'objectif général de ce travail est de contribuer à l'amélioration de la condition d'accès à l'eau potable de la population de Founzan en menant une étude technique complète pour la réhabilitation et l'extension de son AEPS. Les objectifs spécifiques consistent à établir un diagnostic technique de l'existant, à dimensionner les ouvrages de réhabilitation et d'extension et à évaluer la viabilité financière et environnementale du projet. La méthodologie adoptée combine la recherche documentaire, la collecte de données terrain, l'analyse et le traitement des données.

Notre travail s'articule autour des grandes parties suivantes : la présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude, la présentation du projet, le diagnostic technique du système existant et la proposition de solutions de réhabilitation, l'évaluation des besoins futurs et de la ressource en eau mobilisable, l'étude technique de l'extension (dimensionnement du génie civil et hydraulique) ainsi que l'estimation financière et l'analyse environnementale du projet.

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

1. Présentation de la structure d'accueil

Le **Cabinet d'Études Techniques et de Recherche en Ingénierie (CETRI)** est une société à responsabilité limitée (SARL), fondée en juillet 1999 au Burkina Faso[2]. Son cœur de métier réside dans le conseil en études techniques, le suivi contrôle, l'ingénierie sociale et le management de la qualité.

Mission et Domaines d'Intervention :

CETRI se positionne comme un acteur clé dans la conception et la mise en œuvre de projets de développement innovant. Depuis novembre 2011, ses services couvrent une large palette de domaines :

- **Infrastructures :** Bâtiments, routes, hydraulique, énergie ;
- **Environnement :** Assainissement, Etudes d'Impact Environnemental et social (EIES) ;
- **Socioéconomique :** Développement socioéconomique et ingénierie sociale.

Services offerts :

La structure CETRI s'organise autour de trois piliers majeurs pour répondre aux besoins complexes de ses clients à savoir le management de projets, l'ingénierie technique et opérationnelle et le renforcement des capacités.

Engagements et reconnaissances :

CETRI est engagé dans une démarche d'excellence, attestée par sa certification **ISO 9001 : 2015**. Le cabinet a également été distingué par le World Quality Commitment (paris 2021) et le prix Burkinabé de la qualité. Il met un point d'honneur à promouvoir le bien-être de son personnel et à conquérir de nouveaux marchés.

Personnel et équipements :

Avec plus de 200 employés qualifiés répartis sur ses projets au Burkina Faso et en Afrique, CETRI s'appuie sur un personnel multidisciplinaire, compétent et expérimenté. Il dispose également d'une gamme complète d'équipements techniques et logiciels de pointe pour mener à bien ses missions.

CETRI, fort de son expertise et de ses références diversifiées à travers les régions du Burkina Faso, incarne "La qualité, notre choix" et s'efforce de garantir la satisfaction de ses partenaires et le succès des projets de développement.

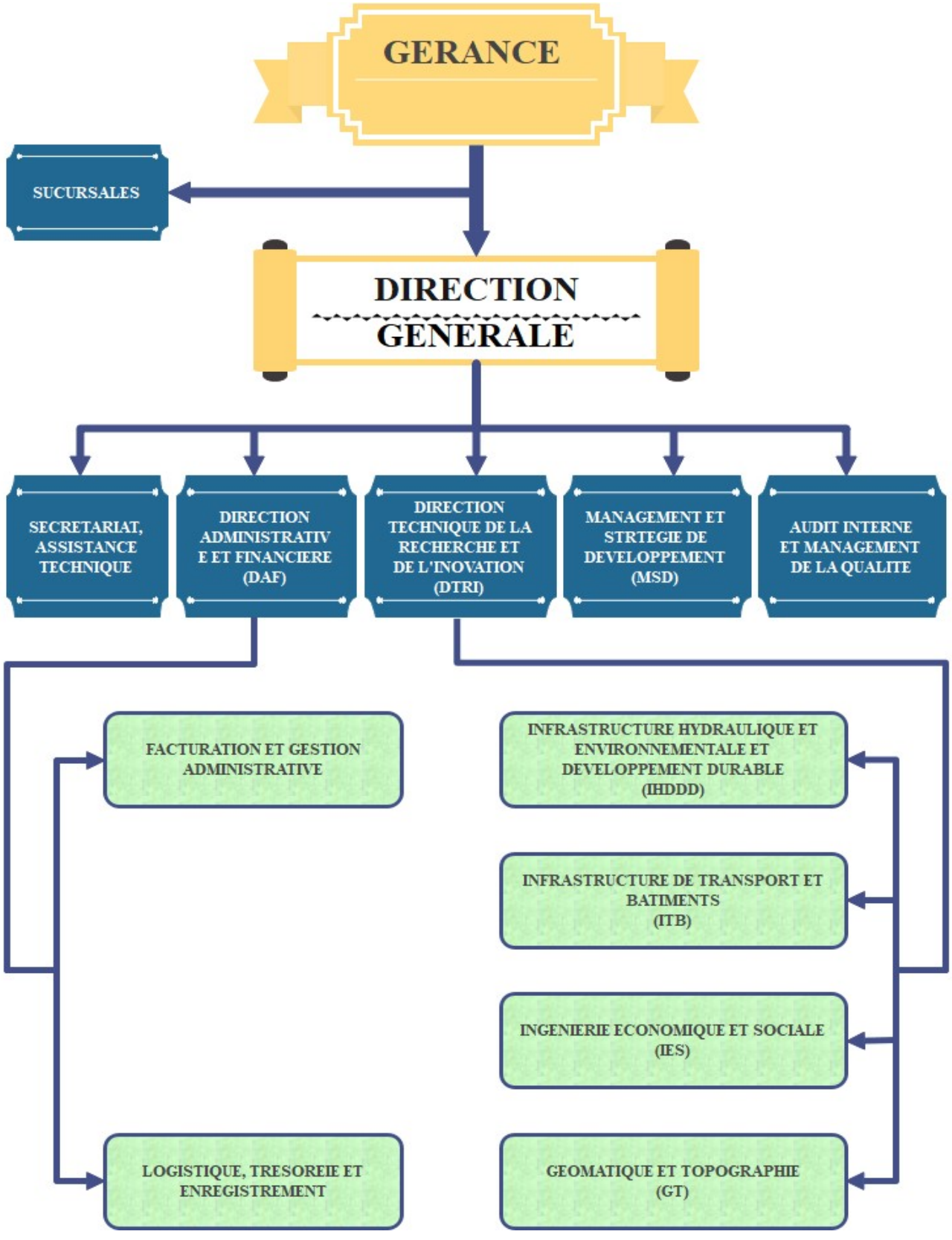


Figure 1: Organigramme de CETRI

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. Situation géographique et localisation du site

Founzan, un des vingt-cinq villages de la commune du même nom, est localisé dans la province du Tuy, au sein de la région du Guiriko. La commune de Founzan est l'une des sept communes que compte cette Province.

- **Géographie et limites :**

Le village de Founzan est délimité :

- Au Nord par les Communes rurales de Pâ et de Boni ;
- À l'Est par les Communes rurales de Koti et d'Oronkua ;
- Au Sud par la commune rurale de Guéguéré ;
- À l'Ouest par la commune de Koumbia ;
- Au Nord-Ouest par la commune rurale de Boni.

- **Accès :**

Pour atteindre Founzan à partir de Bobo-Dioulasso, le chef-lieu de la région, il faut parcourir 135 km sur la RN1 jusqu'à Pâ. De là, on prend à droite sur la RN12 et Founzan se trouve à 12 km. A partir de Ouagadougou, la capitale du Burkina Faso, Founzan est distant d'environ 232 km en empruntant la RN1 puis la RN12 à partir de Pâ. L'accès au site de Founzan est aisé en toutes saisons grâce à la RN12, une route bitumée qui le traverse.

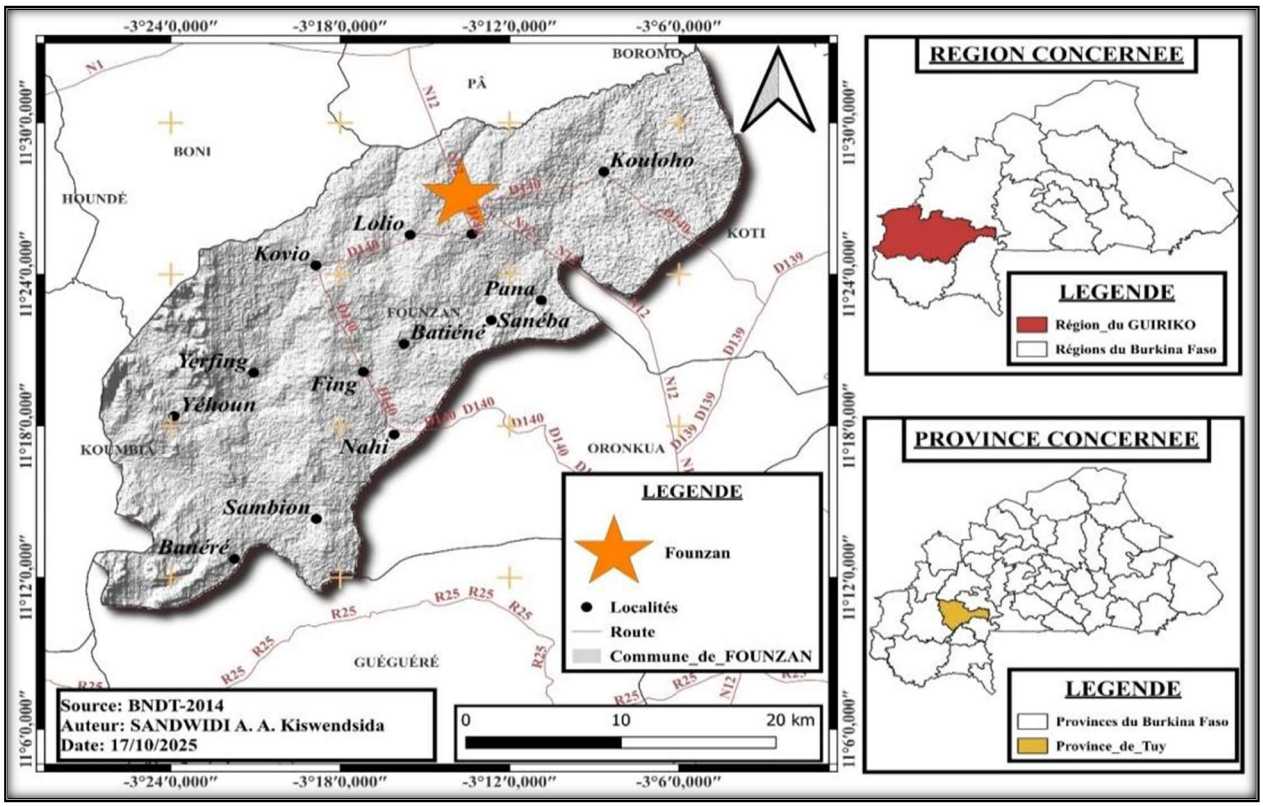


Figure 2: Localisation du site de l'AEPS de Founzan

2.2. Milieu physique

2.2.1. Le sol

Les sols de la région sont principalement ferrugineux (riches en dioxyde de fer et de couleur rouille), couvrant plus des trois quarts du territoire. On trouve également des sols sur cuirasse ferrugineuse (environ un dixième), des sols hydromorphes dans les vallées, et 5% de sols bruns eutrophes

2.2.2. Relief

La zone de Founzan se caractérise par une topographie de pénéplaine légèrement ondulée, parsemée de quelques élévations et entaillée par des cours d'eau peu profonds[3]. L'altitude moyenne y est de 300 mètres.

2.2.3. Climat

Founzan bénéficie d'un climat sud soudanien, marqué par deux saisons principales : une saison humide de juin à septembre et une saison sèche d'octobre à mai. Au sein de ces saisons, on observe des variations avec une période froide de décembre à février et une période chaude de mars à mai. La température moyenne annuelle est de 34°C, et les précipitations annuelles varient entre 800 et 1000 mm.

2.2.4. Végétation

La commune de Founzan, dominée par une savane arbustive, conserve un couvert végétal acceptable malgré de fortes pressions anthropiques (agriculture, coupe de bois). Le patrimoine forestier est diversifié, comprenant la forêt classée de Dibon, des forêts villageoises et des bois sacrés à l'accès réglementé. Toutefois, l'exploitation des ressources (bois et produits non ligneux) génère des conflits, notamment liés à l'exploitation illégale et à l'empiétement agricole.

2.2.5. Hydrographie et ressource en eau

Le réseau hydrographique de Founzan comprend des eaux de surface et des eaux souterraines.

Les eaux de surface de la commune sont réparties entre deux bassins versants régionaux : celui du Grand Balé, qui couvre la moitié nord, et celui de la Bougouriba, qui couvre la moitié sud. Ces bassins sont traversés par de petites rivières et des marigots qui s'assèchent à la fin de la saison des pluies.

En revanche, la commune dispose de ressources souterraines importantes, matérialisées par de nombreux forages, puits busés, points d'eau modernes (PEA) et pompes à motricité humaine (PMH) répartis sur l'ensemble du territoire communal et villageois.

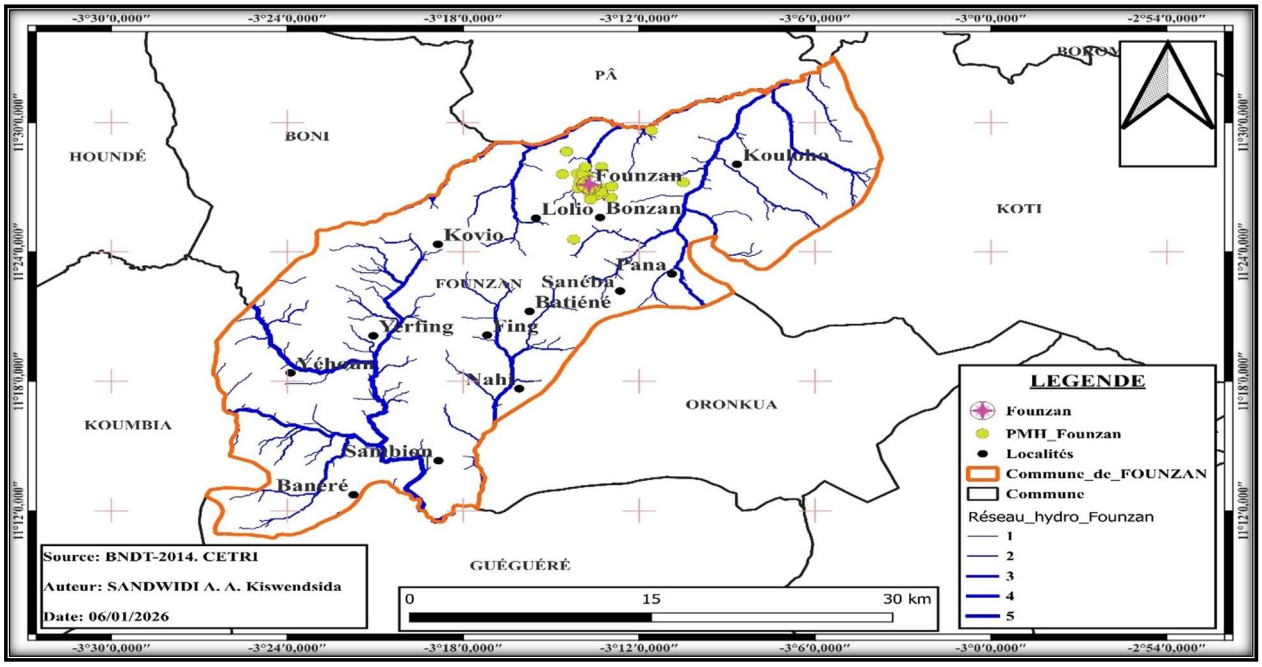


Figure 3: Réseau hydrographique et PEM de Founzan

2.3. Situation socio démographique

2.3.1. Habitat social

La commune de Founzan se divise en deux zones distinctes : une zone aménagée (loti) et une zone d'habitation temporaire (non loti). La zone aménagée bénéficie d'une alimentation électrique publique fournie par la SONABEL. On y observe un type d'habitat semi-groupé, organisé en quartiers, avec un réseau routier bien tracé offrant une bonne accessibilité entre eux.

2.3.2. Diversité ethnique et cohésion sociale à Founzan

Le village de Founzan se caractérise par une grande diversité ethnique où règne une parfaite cohésion sociale.

Les points clés de cette démographie sont :

Composition : Le groupe autochtone majoritaire est constitué des Bwaba (environ 29 % des ménages), qui cohabitent avec plusieurs populations allochtones (Mossi, Peulh, Dagara, etc.). Cette répartition a été confirmée par une enquête locale.

Intégration et communication : Malgré cette diversité, les communautés vivent en harmonie. Les échanges sont facilités par l'usage généralisé du dioula, principale langue de communication et de commerce, suivie par le bwamu.

La cohésion et la concorde sont des réalités ancrées dans le tissu social de Founzan, comme en témoignent les nombreux mariages inter-ethniques observés également avec les villages voisins.

2.3.3. Pratiques religieuses

D'après une enquête menée auprès des ménages, l'islam est la religion majoritaire (environ 40 %), suivie par le catholicisme (27,45 %), le protestantisme (17,64 %) et l'animisme (14,70 %).

Pratique réelle et syncrétisme

Bien que l'animisme semble minoritaire dans les chiffres, il conserve une influence majeure sur la vie quotidienne. Le texte souligne une forte prévalence du syncrétisme : les habitants, même convertis aux religions révélées, continuent d'intégrer des rites et traditions animistes à leurs pratiques religieuses.

2.3.4. Mouvements migratoires

Les mouvements migratoires à Founzan sont dynamiques et se caractérisent par deux flux opposés, influencés par le contexte socio-économique et sécuritaire :

Une terre d'immigration attractive : Le village attire de nombreux jeunes et groupes ethniques (Peulhs, Mossis) grâce à ses opportunités économiques (commerce, mines artisanales) et ses ressources naturelles (terres fertiles). Le contexte sécuritaire régional a également entraîné l'arrivée de personnes déplacées internes, dont le nombre reste indéterminé.

Une émigration en mutation : Si l'exode rural traditionnel vers les villes nationales diminue au profit de séjours d'études, l'émigration internationale (vers la Côte d'Ivoire et le Ghana) persiste. Elle concerne principalement les jeunes à la recherche d'emplois, pour des durées saisonnières ou définitives selon les opportunités.

2.4. Situation socioéconomique

2.4.1. L'agriculture

L'agriculture constitue le pilier économique de Founzan, occupant 90 % des chefs de ménage. Il s'agit essentiellement d'une agriculture de subsistance extensive, caractérisée par une faible mécanisation.

Les productions se divisent en deux catégories : les cultures vivrières notamment le sorgho, le maïs, le mil et le riz et les cultures de rente comme le coton, le sésame, l'arachide, etc.

2.4.2. L'élevage

À Founzan, l'élevage est une activité secondaire majeure pratiquée par la majorité des chefs de ménage. Qu'il soit extensif (transhumant) ou sédentaire, il joue un double rôle stratégique : il fournit la force de traction nécessaire à l'agriculture et constitue un capital financier ("épargne sur pied") permettant aux familles de faire face aux dépenses sociales.

2.4.3. Le commerce

Grâce à sa situation géographique avantageuse, conférant à Founzan un statut de zone semi-urbaine très fréquentée, la commune connaît une activité commerciale florissante.

III. PRESENTATION DU PROJET

1. Contexte

En réponse aux enjeux cruciaux de la gestion de ses ressources en eau et de l'accès pour tous à des services d'eau et d'assainissement de qualité, le Burkina Faso a mis en place une stratégie ambitieuse pour 2016-2030. Ancrée dans les Objectifs du Développement Durable (ODD), cette stratégie se décline en cinq programmes nationaux spécifiques que sont :

- le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable 2016-2030 (PN-AEP) visant à garantir l'eau Potable pour tous ;
- le Programme National d'Assainissement des Eaux Usées et Excréta 2016-2030, (PN-AEUE) dont l'objectif est d'assurer l'assainissement des eaux usées et les excréta en milieu rural, périurbain et urbain au Burkina Faso ;
- le Programme National pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau 2016-2030 (PN-GIRE) Pour assurer la gestion durable des ressources en eau;
- le Programme Gouvernance du secteur Eau et Assainissement 2016-2030, (PGEA) visant à améliorer la gouvernance du secteur;
- le Programme National d'Aménagements Hydrauliques 2016-2030, (PN-AH) dont le but est de développer les infrastructures hydrauliques.

Le Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA), approuvé le 29 juin 2018, financé par l'Etat Burkinabè avec l'appui de la Banque mondiale, a pour objectif de concrétiser cette vision. Il vise à améliorer l'accès, la durabilité, l'efficacité et la responsabilité de la prestation de services d'approvisionnement en eau et d'assainissement en milieu urbain et rural, à renforcer la base de connaissance des ressources en eau pour la GIRE et à renforcer le capital humain pour garantir la pérennité de la prestation de services. Des actions concrètes, telles que la rénovation et l'agrandissement des systèmes d'adduction d'eau dans les régions des Bankui et du Guiriko, illustrent cette démarche.

Depuis plusieurs années le Burkina Faso éprouve d'énorme difficultés à satisfaire les besoins en eau potable de la population rurale et urbaine du fait d'une part de la rareté de la ressource et d'autre part de la mauvaise gestion des infrastructures d'approvisionnement en eau existantes ; à cela s'ajoute le flux migratoire de la population lié à la crise sécuritaire et/ou à la recherche des minerais vers certaines localités du pays. Ce flux constitue une source de pression supplémentaire sur les ressources naturelles des localités d'accueil dont l'eau de consommation, et contribue davantage à la vulnérabilisassions des populations hôtes comme déplacées du Point de vue économique, sanitaire, alimentaire, etc.

Dans la recherche de solutions à cette problématiques, le Ministère en charge de l'eau à travers le PAEA a commandité des études de réhabilitation et de mise à niveau des systèmes d'Adduction d'Eau Potable Simplifiés dans la région du Guiriko dont celui de le Commune de FOUNZAN dans la Province du TUY.

Ainsi, le Cabinet d'Etude Technique et de Recherche en Ingénierie (CETRI), notre structure d'accueil s'est vue confier la noble tâche de mener à bien cette étude.

Notre stage à CETRI porte sur l'Étude technique et dimensionnement du Projet de réhabilitation et d'extension du Système d'Adduction d'Eau Potable Simplifié (AEPS) de la commune de FOUNZAN, Province du TUY, Région du GUIRIKO. Cette étude constituera le sujet de notre mémoire de fin de cycle Master 2 en Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-Agricoles (GEAAH).

2. Justification

[4]Les résultats de l'Inventaire National des Ouvrages Hydrauliques (INOH) de 2024, donne un taux d'accès à l'eau potable de 75,5 % pour la commune de FOUNZAN soit 19,13% par AEPS, contre un taux d'accès provincial et régional respectivement estimé à 79,9% et 64,7 %. Ces chiffre montrent une limite de la qualité de desserte en eau potable dans la commune, ce qui est loin de répondre aux attentes du PN-AEP qui vise l'attente de l'accès universel en eau tout en maximisant sur la qualité du service .

Par conséquent, le présent projet vise à pallier à cette situation en mettant à la disposition de la population de la commune de FOUNZAN d'un réseau d'approvisionnement en eau potable rénové et étendu, capable de répondre à leurs besoins actuels et futures en eau tant en qualité qu'en quantité.

3. Objectifs de l'étude et résultats attendus

3.1. Objectif général

L'objectif général de ce travail est de contribuer à l'amélioration de la condition d'accès à l'eau potable de la population de Founzan en menant une étude technique complète pour la réhabilitation et l'extension de son AEPS.

3.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques poursuivis par la présente étude sont entre autres :

- Réaliser un diagnostic technique de la situation existante tout en proposant des solutions de réhabilitation et de l'extension de système d'AEPS ;
- Concevoir et dimensionner les infrastructures du réseau étendu ;
- Evaluer la viabilité économique, environnementale et sociale du projet.

3.3.Résultats attendus

A l'issu de cette étude les résultats escomptés sont les suivants :

- Le diagnostic technique de la situation existante est réalisé et des solutions de réhabilitation et de l'extension de système d'AEPS ont été proposées ;
- Les infrastructures du réseau étendu sont conçues et dimensionnées ;
- La viabilité économique, environnementale et sociale du projet est évaluée.

IV. MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION

1. Matériels utilisés

Afin de bien mener les différentes tâches de l'étude et proposer un réseau performant et robuste dans la durée, il est indispensable de disposer d'un certain nombre de matériels dont les suivants :

- **Matériel de topographie et de géolocalisation (Station Topo et GPS**) : ces matériels sont nécessaires pour les différents levés et géolocalisation des ouvrages sur le site du projet ;
- **Logiciels de SIG (ArcGIS, QGIS)** : ils sont utilisés pour le traitement des données et pour la réalisation des cartes nécessaires pour la localisation de la zone d'étude et pour aider à la prise de décision ;
- **Google Earth pro** : il est utilisé aussi comme outil de visualisation et de cartographie de la zone du projet ;
- **Logiciels AutoCAD et COVADIS** : Logiciels utilisées pour les traitements altimétriques et planimétriques des tracés des réseaux de distribution et d'adduction sur un fond de plan et des profils ;
- **Logiciels EPANET, EPACAD et WATERCAD** : ce sont des logiciels de modélisation hydraulique qui sont utilisé pour simuler le fonctionnement du réseau ;
- **Logiciel OUAIP** : c'est un logiciel utilisé pour le traitement et l'interprétation des données des essaies de pompage (Essaie de puit et essaie de nappe) ;
- **Microsoft Office (Excel, Word)** : ils sont utilisés pour le traitement des textes, les différents calculs et les dimensionnements nécessaires à l'étude.

Ce sont là les différents matériels et logiciels qui ont servi pour les tâches suivantes :

- La recherche documentaire et la collecte des données ;
- le diagnostic technique ;
- Le traitement et l'analyse des données.

2. Approche méthodologique

2.1. Diagnostic technique et fonctionnel du système existant

2.1.1. La recherche documentaire

Nous avons procédé une recherche des documents techniques existants. Cette recherche est faite auprès de la Direction Régionale de l'Eau et de l'Assainissement de l'Environnement du Guiriko, de la Direction provinciale de l'Eau et de l'Assainissement de l'Environnement des services décentralisés locaux ainsi que des différents partenaires intervenants dans le domaine de l'eau dans les villages et de l'exploitation des données de la base INOH-2024.

2.1.2. Le diagnostic technique

Il s'agit là d'inspecter et évaluer l'état de l'ensemble des infrastructures existantes[5] (forage(s), château d'eau, réseau d'adduction et de distribution, bornes-fontaines). Pour ce qui concerne les conduites, il se fera sur la base du plan masse du réseau existant (s'il y en a) ou dans le cas contraire par fouille pour détecter les sections des conduites, leurs natures et leurs états.

2.1.3. Proposition de solutions

A l'issu du diagnostic, des propositions des solutions sont faites pour la remise à neuf du réseau existant et pour l'extension du réseau dans la mesure du possible afin de répondre efficacement et de façon durable aux besoins de services d'eau potable dans la commune.

2.2. Hypothèses et formules de dimensionnement

2.2.1. Evaluation des besoins en eau

a) Population cible et horizon du projet

L'évaluation de la population à desservir à l'horizon du projet en 2040 est faite par projection sur la base du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) de 2019[6] estimait la population de FOUNZAN à 7945 habitants avec un taux de croissance démographique annuel (Communal) estimé à 2,3 %[7]. Ce taux est retenu pour le dimensionnement du système d'AEPS.

La projection de la population pour la zone d'étude est calculée à l'aide du modèle de croissance géométrique suivant :

$$P_N = P_0 \times (1 + T_x)^N$$

- P_N : Population estimée à l'année N
- P_0: Population de l'année de référence
- T_x: Taux de croissance annuel de la Population

b) Consommation spécifique

La consommation spécifique (Cs) correspond à la quantité moyenne d'eau potable consommée par habitant et par jour, généralement exprimée en litres par habitant et par jour (l/hab/j). Les valeurs de Cs varient selon le milieu de vie (rural, semi-urbain, urbain), le niveau de vie et d'équipement (accès à l'eau au puits, à la borne fontaine, au robinet privé, etc.) et Les normes nationales ou internationales.

Le tableau ci-dessous contient les différentes recommandations en vigueurs :

Tableau 1: Consommations spécifiques

Recommandations / Directives	Consommations spécifiques

OMS	20 l/j/habitant (Chef-lieu de commune rurale ou village d'au moins 3500 habitants)
PN-AEP 2016-2030	- Bornes Fontaines : 15 l/j/pers (2030) - Branchements Particuliers : 20 l/j/pers (2030)
Décret N°2019-0204/PRES/PM/MEA/MINEFID/MATDC/MS du 13 Mars 2019	- Bornes Fontaines : 25 l/j/hbt - Branchements Particuliers : 40 l/j/hbt

Pour notre étude nous optons les consommations spécifiques suivants :

- **Bornes Fontaines :** 20 l/j/pers
- Branchements Particuliers : 25 l/j/pers

c) Taux de couverture (taux de desserte)

Tenant compte de l'horizon de dimensionnement du projet qui est de 2040 et de la dynamique démographique de la commune de FOUNZAN, le taux de desserte s'aligne sur les normes du Programme National d'Adduction d'Eau Potable[8] (PN-AEP 2016-2030) et les Objectifs de Développement Durable (ODD) pour les zones rurales qui ambitionnent, à l'horizon 2030 de faire évoluer le taux d'accès à 100%, d'atteindre les proportions de 24% et de 56% de la population rurale desservie respectivement par BF et par BP en 2030. Puisque l'horizon de notre projet est fixé à 2040, ces proportions seront revues par extrapolation.

d) Estimation du besoin moyen journalier

L'estimation du besoin moyen journalier en eau d'une agglomération consiste à évaluer la quantité d'eau nécessaire pour satisfaire la demande de la population. Cette estimation est complexe et sujette à diverses variables. Dans le cadre de notre étude, Il se compose de la consommations domestiques et annexes :

- **Evaluation de la consommation domestique** : Il s'agit du besoin en eau quotidien des ménages pour le bien-être de la famille (boisson, cuisine, hygiène, lessive). Il est obtenu en faisant le cumule des produits de la population de chaque catégorie de consommateurs à l'horizon du projet et leur consommation spécifique. Pour le cas de notre étude, les besoins domestiques sont évalués de manière suivante :

$$\boldsymbol{Consommation\ domestique} = \frac{\boldsymbol{C_s(BF) \times Pop(BF) + C_s(BP) \times Pop(BP)}}{\boldsymbol{1000}}$$

- $\boldsymbol{C_s(BF)}$: $Consommation\ spécifique\ aux\ Bornes\ Fontaines[l/jour/hab]$;
- $\boldsymbol{C_s(BP)}$: $Consommation\ spécifique\ aux\ Branchements\ Particuliers\ [l/jour/hab]$;
- $\boldsymbol{Pop(BF)}$: $Population\ desservie\ par\ Borne\ Fontaine\ [hab]$;
- $\boldsymbol{Pop(BP)}$: $Population\ desservie\ par\ Branchement\ Particulier\ [hab]$.

- **Evaluation des consommations non domestiques (ou annexes) :** il s'agit là de la consommation de l'eau qui n'est pas lié directement aux ménages (demande en eau des services et édifices publics, des industries, de l'artisanat, des commerces etc.). Pour cette étude, les consommations non domestiques sont estimées à 10 % de la consommation domestique.

Ainsi, le besoin journalier moyen est donné par la formule suivante :

$$\boldsymbol{Bjm = 1,1 \times Consommation\ domestique}$$

e) **Fluctuations de la demande**

Pour concevoir un système d'AEP fiable, capable de fournir de l'eau en quantité et en pression suffisantes à tous les usagers, à tout moment il est indispensable de tenir compte des variations de consommation dues aux habitudes, des jours et/ou des événements spécifiques d'où la nécessité d'appliquer des coefficients de pointes.
Les coefficients utilisés sont :

- **Coefficient de pointe journalière (CPj)** :

Le coefficient de pointe journalier reflète les variations de consommation sur une période de 24 heures (ou plus).
Il est nécessaire pour le dimensionnement des ressources, des réservoirs et des conduites d'adduction
Sa valeur est généralement comprise entre 1,1 et 1,2. Pour cette étude, nous retenons un CPj de 1,15.

$$C_{pj} = \frac{C_{jp}}{C_{jmp}} = \frac{Consommation\ du\ jour\ de\ ponte}{Consommation\ journalière\ moyenne\ du\ mois\ de\ pointe}$$

- **Coefficient de pointe horaire (CPh)**

Le coefficient de pointe horaire reflète les variations de consommation au sein d'une seule journée, heure par heure[9].
Le coefficient de pointe horaire peut également être calculé par la formule dite du Génie rural :

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

$\boldsymbol{C_{ph}}$: $Coefficient\ de\ pointe\ horaire$

$\boldsymbol{Q}$: $Débit\ moyen\ hauraire[m^3/h]$

f) Evaluation des Pertes en eau

Les pertes en eau dans un réseau d'Approvisionnement en Eau Potable (AEP) désignent la différence entre le volume d'eau introduit dans le réseau et le volume d'eau facturé aux consommateurs. Elles se classent en deux catégories principales :

- **Pertes d'adduction**, estimées à environ 5 % du besoin journalier total ;
- **Pertes de distribution,** estimées à 10 % du besoin journalier total.

L'ensemble des pertes est donc estimé à 15 %, soit 5 % pour l'adduction et 10 % pour la distribution.

g) Calcul du besoin et de la demande du jour de pointe

La demande du jour de pointe représente l'approvisionnement que l'AEPS doit garantir pour répondre aux exigences de la population, après la prise en compte des pertes. Il est calculé par la relation suivante :

$$D_{jp} = \frac{B_{jp}}{\eta_r} = \frac{B_{jm} \times C_{pj}}{\eta_r}$$

- $\boldsymbol{D_{jp}}$: $Demande\ du\ jour\ de\ pointe$
- $\boldsymbol{B_{jp}}$: $Besoin\ du\ jour\ de\ pointe$
- $\boldsymbol{B_{jm}}$: $Besoin\ journalier\ moyen$
- $\boldsymbol{C_{pj}}$: $Coefficient\ de\ pointe\ journalière$
- $\boldsymbol{\eta_r}$: $Rendement\ du\ réseau$

h) Débit de refoulement

Compte tenu de l'absence de station de traitement dans le système (captage eau souterraine), le débit de refoulement est équivalent au débit de production et est donné par la formule :

$$Q_{ref} = \frac{D_{jp}}{T_p} = \frac{B_{jm} \times C_{pj}}{\eta_r \times T_p}$$

- $\boldsymbol{Q_{ref}}$: $Débit\ de\ refoulement$
- $\boldsymbol{D_{jp}}$: $Demande\ du\ jour\ de\ pointe$
- $\boldsymbol{T_p}$: Temps de Pompage journalier
- $\boldsymbol{B_{jm}}$: $Besoin\ journalier\ moyen$
- $\boldsymbol{C_{pj}}$: $Coefficient\ de\ pointe\ journalière$
- $\boldsymbol{\eta_r}$: $Rendement\ du\ réseau$

2.2.2. Paramètres et données de base de dimensionnement

a) Nature de la source et stratégie de captage

L'alimentation du réseau d'AEPS actuel de la commune de FOUNZAN est assure par un forage dont le débit d'exploitation est estimé à 10m^3/h. Pour espérer satisfaire convenablement la demande en eau de la population à l'horizon du projet, un second forage a été réaliser non loin du premier (117 m environs). Lors des essais de pompage du nouveau forage, il a été donné de constater que les deux (02) forages ont un lien. Ainsi nous avons opter d'abandonner l'existant au profit du nouveau.

b) Réseau d'adduction

Le réseau d'adduction dans un système d'Alimentation en Eau Potable (AEP) est l'ensemble des infrastructures qui permettent de transporter l'eau depuis la ressource (une source, un lac, une rivière après traitement, ou un forage) jusqu'aux réservoirs de stockage situés à proximité des zones de consommation. Pour le cas du projet de FOUNZAN, il sera assuré par refoulement dans un réservoir de stockage. Les éléments du réseau de d'adduction à dimensionner et à vérifier sont :

- **Les conduites d'adduction** :

Ce sont les tuyaux principaux, souvent de grand diamètre, qui transportent l'eau sur de longues distances. Elles peuvent être en fonte, acier, PVC, PEHD, etc. Le choix du matériau dépend de la pression, du terrain et des caractéristiques de l'eau.
Plusieurs formules sont proposées pour le dimensionnement de la conduite de refoulement (Diamètre théorique) :

- $Formule\ de\ Bresse : D_{th}\ [mm] = 1{,}5 \times \sqrt{Q[m^3/s]} \times 1000$
- $Formule\ de\ Bresse\ modifiée : D_{th}\ [mm] = 0.8 \times \sqrt[3]{Q[m^3/s]} \times 1000$
- $Formule\ de\ Bonnin : D_{th}\ [mm] = \sqrt{Q[m^3/s]} \times 1000$
- $Formule\ de\ Meunier : D_{th}\ [mm] = (1 + 0.02 \times T_p) \times \sqrt{Q[m^3/s]} \times 1000$
- $Formule\ de\ Bedjaoui : D_{th}\ [mm] = 1{,}27 \times \sqrt{Q[m^3/s]} \times 1000$

La condition suivante doit être respectée en fin de compte :

- $Flamant : V[m/s] \leq 0{,}6 + D[m]$

- **Hauteur Manométrique Totale (HMT)** :

La HMT, ou Hauteur Manométrique Totale, est un concept fondamental en hydraulique et en pompage[10]. C'est une mesure de l'énergie totale qu'une pompe doit fournir à un fluide (généralement de l'eau) pour le déplacer d'un point à un autre, en tenant compte de tous les facteurs qui s'opposent à son mouvement. Elle s'exprime généralement en mètres de colonne d'eau (mCE) ou en Pascal (Pa).

Elle est déterminée à base de 03 composantes que sont :

- **Hauteur Géométrique (Hg) ou Hauteur Statique**
- **Pertes de charge**
- **Différence de pression**

La formule générale de la HMT est :

$$HMT = H_g + \Delta H + \frac{\Delta P}{\rho g}$$

- $\boldsymbol{HMT}$: $Hauteur\ Manométrique\ Totale\ [mCE]$
- $\boldsymbol{H_g}$: $Hauteur\ géométrique\ [m]$
- $\boldsymbol{\Delta H}$: $Pertes\ de\ charge\ dans\ la\ conduite\ d'adduction\ [m]$
- $\boldsymbol{\Delta P}$: $Variation\ de\ pression\ [bar]$
- $\boldsymbol{\rho}$: $Masse\ volumique\ de\ l'eau$
- $\boldsymbol{g}$: $Accélération\ de\ la\ pesanteur$

Pertes de charge

- **Pertes de charge linéaires**

Les pertes de charge linéaires sont dues au frottement de l'eau avec les parois des conduites, pour les estimer il existe une grande variété de formules.

Pour ce projet, les pertes de charge linéaires seront calculées avec la formule de Darcy-Weisbach,

$$\Delta H = \frac{8 \times \lambda \times Q^2}{\pi^2 \times g \times D^5} \times L$$

- ΔH : $Perte\ de\ charge\ linéaire$
- λ : $Coefficient\ de\ résistance$
- Q : $Débit\ dans\ la\ conduite$
- L : $Longueur\ de\ la\ conduite$
- g : $Accélération\ de\ la\ pesanteur$
- D : $Diamètre\ de\ la\ conduite$

Et te coefficient de résistance λ est déterminé par la formule de Colebrook-White, qui prend en compte le régime d'écoulement, le nombre de Reynolds et la rugosité relative.

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

- λ : $Coefficient\ de\ résistance$
- D : $Diamètre\ de\ la\ conduite$
- k : $Rugosité\ de\ la\ conduite$
- R_e : $Nombre\ de\ Reynolds$

- **Pertes de charges singulières**

En général les pertes de charge singulières représentent 5 à 10 % des pertes de charge linéaires. Pour le cas de ce projet qui comporte peu de singularité nous optons pour des pertes de charge singulière égales à 5% des pertes de charge linéaires.

Ainsi les pertes de charge totales sont égales aux pertes de charges linéaires majorées de 5 %.

Vérification du coup de bélier

Le coup de bélier hydraulique, également appelé choc hydraulique ou surpression transitoire, est un phénomène dangereux et potentiellement destructeur dans un réseau d'adduction d'eau potable[11]. Il se produit lorsqu'une variation brusque de la vitesse du fluide (eau) à l'intérieur d'une conduite génère une onde de pression qui se propage à grande vitesse dans le réseau.

L'expression suivante permet de d'évaluer variation de pression et la célérité de l'onde :

$$\Delta P = \pm C\frac{U_0}{g} \quad et\ C = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}} \times \frac{1}{\sqrt{1+\frac{D}{e}\times\frac{\varepsilon}{E}}}$$

- ΔP : $Variation\ de\ la\ pression\ [m]$
- C : $Célérité\ de\ l'onde\ de\ pression\ [m/s]$
- U_0 : $Vitesse\ de\ l'écoulement\ [m/s]$
- g : $Accélération\ de\ la\ pesanteur\ [m/s^2]$
- e : $Épaisseur\ de\ la\ canalisation\ [m]$
- D : $Diamètre\ intérieur\ [m]$
- E : $Module\ d'élasticité\ du\ matériau\ [N/m^2]$
- ε : $Module\ d'élasticité\ de\ l'eau\ [N/m^2]$
- ρ : $Masse\ volumique\ de\ l'eau\ [Kg/m^3]$

Ainsi, la protection contre le coup de bélier est indispensable dans les conditions suivantes :

- si la Pression résultante (régime permanent + coup de bélier) excède la Pression Maximale Admissible (PMA) de la conduite

$$HMT + \Delta P \geq PMA \approx 1{,}2\ PN$$

- HMT : $Hauteur\ Manométrique\ Totale\ [m]$
- ΔP : $Variation\ de\ pression\ [m]$
- PMA : $Pression\ maximale\ admissible\ de\ la\ conduite\ [m]$
- PN : $Pression\ Nominale\ de\ la\ conduite\ [m]$

- Ou si la pression réelle moins la dépression induite par le coup de bélier devient inférieure à la pression atmosphérique.

$$P_{réelle} - \Delta P \leq P_{atm}$$

- $P_{réelle}$: $Pression\ réelle\ en\ régime\ permanent$
- P_{atm} : $Pression\ atmosphérique$

c) Station de pompage

La station de pompage est une installation vitale qui fournit l'énergie nécessaire pour transporter l'eau, surmonter le relief et atteindre des réservoirs, tout en garantissant la pression adéquate. Puisque la source d'eau est un forage, la station revêt une importance particulière. Il nous sera donc nécessaire de dimensionner les équipements (choix des pompes hydrauliques) et de définir la source d'énergie requise pour assurer le bon fonctionnement du système.

Dimensionnement hydraulique de la pompe

Le dimensionnement d'une pompe hydraulique est un processus crucial qui vise à choisir la pompe la plus appropriée pour une application donnée, garantissant ainsi son efficacité, sa fiabilité et sa durabilité.

A travers le débit de refoulement et la HMT, nous allons procéder à la sélection de la pompe en se basant sur la consultation des courbes de performance du constructeur et en déterminant le point de fonctionnement optimal.

Une fois la pompe sélectionnée, il faut dimensionner le moteur qui l'entraînera à travers les expressions suivantes :

$$P_h\,[kW] = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{1000}$$

$$P_p\,[kW] = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{1000 \times \eta_P}$$

$$P_e\,[kW] = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{1000 \times \eta_P \times \eta_M}$$

- P_h : *Puissance hydraulique nécessaire*
- P_p : *Puissance mécanique absorbée par la pompe*
- P_e: *Puissance électrique absorbée par le moteur*
- HMT : *Hauteur Manométrique Totale* $[m]$
- Q : *Débit dans la conduite* $[m^3/s]$
- ρ : *Masse volumique de l'eau* $[kg/m^3]$
- g : *Accélération de la pesanteur* $[m/s^2]$
- η_P : *Rendement de la pompe*
- η_M : *Rendement du moteur*

d) Source d'énergie

Le choix de la source d'énergie dépend de la localisation de la station, des coûts, de la fiabilité souhaitée et des considérations environnementales.

La commune de FOUNZAN dispose d'un réseau électrique public (SONABEL) mais nous allons proposer un champ photovoltaïque pour alimenter la station de pompage et les équipements électriques des différents locaux afin de minimiser le coût d'exploitation de l'AEPS. L'énergie de la SONABEL viendra en complément pour le pompage hors des heures d'ensoleillement. Le dimensionnement d'un groupe électrogène sera proposé pour que l'exploitant puisse s'en procurer si nécessaire.

- **Dimensionnement groupe électrogène**

Le groupe électrogène doit être dimensionné pour gérer le courant de démarrage élevé de l'électropompe (courant d'appel), avec une capacité et une puissance suffisante pour la demande maximale au démarrage. D'autres facteurs comme la puissance nominale de la pompe, l'efficacité du groupe, les conditions environnementales (température, altitude) et d'éventuelles charges additionnelles doivent être pris en compte. Ce dimensionnement se résume dans cette étude à la détermination de puissance apparente électrique du groupe électrogène à travers les formules suivantes[12] :

$$Max\left\{P\,[kVA] = 2 \times \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{1000 \times cos\varphi \times \eta_P \times \eta_M}\,;P\,[kVA] = 2 \times \frac{U \times In \times cos\varphi \times \sqrt{3}}{1000} \times 1{,}25\right\}$$

- $\boldsymbol{P}$: *Puissance active électrique en sortie du groupe électrogène* $[kVA]$
- $\boldsymbol{U}$: *Tension du courant* $[V]$
- $\boldsymbol{Id}$: *Intensité de démarrage* $[A]$
- $\boldsymbol{cos\varphi}$: *Facteur de puissance*
- η_P : *rendement de la pompe*
- η_M : *rendement du moteur*

- **Dimensionnement du champ solaire photovoltaïque**

Le dimensionnement de l'installation photovoltaïque s'effectue selon les étapes méthodologiques suivantes :

- **Évaluation du besoin énergétique journalier (Ej)**

L'énergie nécessaire pour assurer le pompage journalier est déterminée par la formule suivante :

$$E_j = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{3600 \times \eta_P \times \eta_M}$$

- $\boldsymbol{E_j}$ = *Énergie consommée par jour* (Wh/j)
- $\boldsymbol{Q}$ = *Quantité d'eau à pomper quotidiennement* (m^3/j)
- $\boldsymbol{HMT}$ = *Hauteur Manométrique Totale* (m)
- $\boldsymbol{\rho}$ = *Masse volumique de l'eau* (kg/m^3)
- $\boldsymbol{g}$ = *Accélération de la pesanteur* (m/s)
- $\boldsymbol{\eta_P\ et\ \eta_M}$ = *Rendements respectifs de la pompe et du moteur (hydraulique et électrique).*

- **Calcul de la Puissance crête du champ (Pc)**

La puissance crête du générateur photovoltaïque est calculée en fonction de l'énergie journalière requise et de l'ensoleillement disponible, pondérée par les différents coefficients de perte du système.

Formule :

$$P_c = \frac{Ej}{I_{r,moy} \times \eta_{Ond} \times \eta_{cables} \times \eta_{pous,\ viel} \times \eta_{STC,\ temp}}$$

- $\boldsymbol{P_C}$ = *Puissance crête du champ photovoltaïque* (W)
- $\boldsymbol{I_{r,moy}}$ = *Irradiation journalière moyenne* $(5\ kWh/m^2/j)$
- $\boldsymbol{E_j}$ = *Energie consommée par jour* (Wh/j)
- $\boldsymbol{\eta_{Cables}}$ = *Rendement des câbles* (97%)
- $\boldsymbol{\eta_{Ond}}$ = *Rendement de l'onduleur* (90%)
- $\boldsymbol{\eta_{pous,viel}}$ = *Rendement lié à la poussière et au vieillissement des modules* $(90\% * 85\% = 76{,}5\%)$
- $\boldsymbol{\eta_{STC,temp}}$ = *Rendement lié aux conditions atmosphériques non atteintes et à l'échauffement des modules* (80%)

Disposition des panneaux solaire

Pour un meilleur fonctionnement, un système de disposition des panneaux solaires est requis. C'est la disposition série-parallèle (SP). La tension d'entrée de l'onduleur, la puissance unitaire d'un module et de la puissance attendue sont les éléments déterminant de cette disposition. Les relations ci-dessous sont les plus souvent utilisées pour déterminer la disposition idéale.

$$N_{s,PV} \leq \frac{U_{max,ond}}{U_{oc,m}}$$

$$N_{p,PV} = \frac{P_c}{N_{s,PV} \times P_{C,panneau}}$$

- $\boldsymbol{N_{s,PV}} = Nombre\ de\ Panneaux\ du\ champ\ PV\ en\ série$
- $\boldsymbol{N_{p,PV}} = Nombre\ de\ Panneaux\ du\ champ\ PV\ en\ Tarallèle$
- $\boldsymbol{U_{max,ond}} = Tension\ maximale\ à\ l'entrée\ de\ l'onduleur\ (V)$
- $\boldsymbol{U_{oc,m}} = Tension\ de\ court-circuit\ du\ module\ (V)$

- **Dimensionnement de l'onduleur**

Le choix de l'onduleur repose sur la vérification de deux critères essentiels de compatibilité entre le champ solaire et les récepteurs :

- Compatibilité en puissance : La puissance nominale de l'onduleur doit être supérieure à la puissance cumulée des charges à alimenter en courant alternatif (AC). Il est préconisé de sélectionner un onduleur offrant une marge de puissance suffisante par rapport à la charge totale afin d'optimiser le fonctionnement et d'éviter tout risque de surcharge.

$$P_{nom,onduleur} > P_{total,charges}$$

- Compatibilité en tension : La tension continue (DC) générée par le champ photovoltaïque doit impérativement s'inscrire dans la plage de tension d'entrée admissible par l'onduleur (plage MPPT). L'architecture du champ (mise en série/parallèle) doit donc être adaptée pour respecter ces limites de tension.

$$U_{min,ond} \leq U_{champ,PV} \leq U_{max,ond}$$

e) Choix du réservoir

Les réservoirs jouent un rôle vital pour la résilience des réseaux d'eau potable. Ils permettent de réguler les débits face aux variations de consommation, de neutraliser les phénomènes hydrauliques et de garantir la continuité ainsi que le confort du service.

Pour les petites installations (AEPS), les réservoirs métalliques sont privilégiés. Ils sont plus économiques et plus rapides à installer que les ouvrages en béton armé pour des volumes modestes. Selon le « cours d'approvisionnement hydraulique en en eau potable EIER novembre 2003 D.

ZOUNGRANA[13] », la capacité du réservoir dépend de l'écart entre le débit d'alimentation (adduction) et la demande des usagers (distribution). Le volume est calculé pour :

- Compenser les moments où la consommation dépasse l'alimentation.
- Assurer l'équilibre journalier entre l'eau produite et l'eau distribuée.
- S'adapter aux plages horaires de pompage.

Le dimensionnement de cette réserve est fortement influencé par le nombre d'heures d'adduction et les plages horaires où elle est effectuée. Trois approches principales sont utilisées pour estimer son volume :

- **La Méthode analytique**

Cette méthode simule le fonctionnement du système sur une journée, permettant d'identifier à des intervalles de temps définis les manques ou les excédents d'eau. Les données de simulation incluent des paramètres comme le débit à l'horizon du projet, la capacité et les périodes de pompage, et le profil de distribution horaire.

- **La Méthode graphique**

La méthode graphique offre une visualisation des compensations entre les périodes de faible et forte consommation. Elle aide à ajuster les horaires de pompage afin de minimiser les risques de pénurie pendant les pics de demande.

- **La Méthode simplifiée**

Cette méthode est le fruit de l'expérience nationale et est validée par l'usage, particulièrement utile dans les zones où les données statistiques sont insuffisantes.
Selon cette approche :

- Une réserve équivalente à 25% de la consommation journalière de pointe est jugée suffisante pour les grandes agglomérations de plus de 200 000 habitants.
- Ce minimum est porté à un tiers (1/3) de la consommation journalière de pointe pour les petites adductions d'eau, où la disponibilité des équipements et la réactivité des interventions peuvent impacter la production.

Pour le cas de cette présente étude, nous optons pour la méthode analytique et celle simplifié pour estimer la capaciter du réservoir.

f) Vérification du temps de contact de l'agent désinfectant

L'efficacité des désinfectants comme le chlore dépend d'un temps de contact minimal avec l'eau, couramment fixé à 2 heures[14]. Ce temps est dimensionné en considérant le débit d'eau traitée, souvent équivalent au débit de consommation de pointe horaire. L'objectif est de s'assurer que le chlore dispose du temps nécessaire pour réagir et éliminer les microorganismes, garantissant ainsi une eau potable saine et sûre.

Pour le calcul, on utilise :

$$T_C = \frac{C_u}{Q_{ph}} \geq 02\ heures$$

- T_C : *le temps de contact du chlore* $[h]$
- C_u : *la capacité utile du réservoir* $[m^3]$
- Q_{ph} : *le débit de pointe horaire* $\left[{}^{m^3}/_{h}\right]$

g) Vérification de la durée de l'efficacité du traitement

Le pouvoir rémanent d'un désinfectant est essentiel pour prévenir toute recontamination après le traitement initial. Sachant que le chlore résiduel s'évapore généralement en 48 heures, il est crucial d'éviter que l'eau ne stagne trop longtemps dans le réservoir.

Pour cela, la capacité du réservoir doit permettre un temps de séjour de l'eau inférieur à deux jours[15]. Ce calcul se fait en rapportant la capacité utile du réservoir à la consommation journalière (moyenne ou de pointe).

Calcul du temps de séjour :

$$\boldsymbol{T_s = \frac{C_u}{Q} \leq 2\ jours}$$

- $T_s =$ *Temps de séjour* $[j]$
- $C_u =$ *Capacité utile du réservoir* $[m^3]$
- $Q =$ *Consommation du jour de pointe* $\left[{}^{m^3}/_{j}\right]$

h) Réseau de distribution

Le cheminement de l'eau potable se termine avec le système de distribution, dont la tâche est cruciale : transporter et livrer l'eau stockée directement aux usagers. Pour y parvenir, il doit satisfaire quatre impératifs que sont :

- Être techniquement et financièrement accessible.
- Délivrer une eau de qualité conforme aux standards de potabilité.
- Offrir une continuité de service irréprochable.
- Maintenir une pression de service optimale.

Type de réseau

Pour notre étude, à l'image du réseau existant l'option du réseau ramifié est faite.

Un réseau ramifié est organisé comme un arbre, avec un flux d'eau unidirectionnel, allant des conduites primaires aux conduites tertiaires.

Ce type de réseau est adapté aux zones peu denses et où la continuité du service est moins critique. Bien que son coût d'investissement initial soit relativement faible comparé à un réseau maillé, cet avantage est souvent compensé par plusieurs inconvénients : des pertes de charge importantes, l'apparition de "zones mortes" en cas de faible consommation ou d'arrêt, et la création de vastes zones d'interruption en cas de défaillance. La sécurité d'approvisionnement est donc moindre, bien que les frais de pompage soient souvent plus bas que pour un réseau maillé offrant un service équivalent.

Le tracé du réseau de distribution

L'élaboration du tracé d'un réseau de distribution vise à garantir l'accès des usagers à l'eau dans des conditions économiques optimales, tout en anticipant et en prévenant les problèmes d'exploitation. Les principes fondamentaux guidant ce tracé sont : Un fonctionnement hydraulique simple et efficient, la continuité du service, l'optimisation de la longueur du réseau, et un équipement minimal (vannes, vidanges, ventouses) pour faciliter la gestion et l'entretien du réseau.

Dimensionnement des Conduites de Distribution

Lors de la conception des conduites d'un réseau de distribution d'eau potable, plusieurs paramètres hydrauliques essentiels sont analysés :

- **Conditions de débit** : Le réseau est dimensionné en fonction des débits de pointe horaires. Cette approche garantit une capacité suffisante pour répondre à la demande maximale en eau, même dans les conditions les plus critiques.
- **Conditions de vitesse** : Les vitesses d'écoulement optimales dans les conduites se situent généralement entre 0,3 m/s et 1,5 m/s.
- **Conditions de pression** : Les Pressions de service doivent généralement se maintenir entre 5 m et 50 m (équivalent à 0,5 à 5 bars) au-dessus du sol.

Débit de distribution

Le débit de distribution critique correspond au débit de pointe horaire. Cela signifie que le réseau doit être capable de satisfaire la demande maximale en eau qui survient le jour le plus sollicité, à l'heure la plus demandeuse de cette journée.

Il est calculé par la formule générale suivante :

$$Q_{dist} = \frac{D_{jp} \times C_{ph}}{T_{dis}} = \frac{B_{jp} \times C}{T_{dis} \times \eta}$$

- D_{jp} ou B_{jp} : *Demande ou besoin du jour de pointe* $[m^3]$
- C_{ph}: *Coefficient de pointe horaire*
- T_{dis}: *Temps de distribution journalier* $[h]$
- η_{dis} : *Rendement du réseau de distribution*

Ce débit de pointe est fortement influencé par le temps de distribution quotidien. Dans le cadre de ce projet, un temps de distribution de 12 heures est alloué aux bornes-fontaines (BF) et de 16 heures aux branchements particuliers (BP). Ces durées spécifiques déterminent les débits de pointe horaires selon le mode de livraison :

Débit de Pointe des Bornes-fontaines (BF)

La part du débit allouée aux bornes-fontaines dépend de la demande du jour de pointe de la population desservie par BF, du temps de distribution dédié aux BF, et du coefficient de pointe horaire.

$$Q_{ph}(BF) = \frac{D_{jp}(BF)}{12\ (h)} \times C_{ph}$$

- $Q_{ph}(BF)$: *Débit de pointe horaire aux BF* $\left[m^3/_h\right]$
- $D_{jp}(BF)$: *Demande du jour de pointe aux BF* $[m^3]$
- C_{ph}: *Coefficient de pointe horaire*

Le débit de calcul par borne-fon

par le nombre de bornes-fontaines :

$$Q/_{BF} = \frac{Q_{ph}(BF)}{N_{BF}}$$

- $Q/_{BF}$: *Débit par BF* $\left[l/_s\right]$
- $Q_{ph}(BF)$: *Débit de pointe horaire aux BF* $\left[l/_s\right]$
- N_{BF} : *Nombre de bornes fontaines*

Débit de pointe des Branchements Particuliers (BP)

Le débit de pointe pour les branchements particuliers est calculé en fonction de la demande du jour de pointe de la population desservie par BP, du temps de distribution journalier aux BP, et du coefficient de pointe horaire.

$$Q_{ph}(BP) = \frac{D_{jp}(BP)}{16\ (h)} \times C_{ph}$$

- $Q_{ph}(BP)$: *Débit de pointe horaire aux BP* $\left[m^3/_h\right]$
- $D_{jp}(BP)$: *Demande du jour de pointe aux BP* $[m^3]$
- C_{ph} : *Coefficient de pointe horaire*

Le débit des branchements particuliers est considéré comme linéairement réparti sur les différentes sections de tuyauterie, proportionnellement à leur longueur :

$$Q_{ml} = \frac{Q_{ph}(BP)}{L}$$

- Q_{ml}: *Débit par mètre linéaire* $[l/s/ml]$
- $Q_{ph}(BP)$: *Débit de pointe horaire aux BP* $\left[l/_s\right]$
- L : *Longueur totale des conduites de distribution* $[m]$

Débit en tête du réseau

Le débit total en tête du réseau de distribution est la somme des débits de pointe horaires des bornes-fontaines et des branchements particuliers.

$$\boldsymbol{Q_{dis} = Q_{ph}(BF) + Q_{ph}(BP)}$$

Calcul des Diamètres des Conduites de Distribution

Pour le dimensionnement initial des canalisations du réseau, l'équation de la continuité est utilisée pour déterminer le diamètre théorique de chaque conduite. Cette équation stipule que le débit volumique d'un fluide traversant une section de conduite est le produit de sa vitesse par la surface de cette section transversale.
La formule est la suivante :

$$\boldsymbol{Q = V \times S = V \times \frac{\pi \times D^2}{4}}$$

En isolant le diamètre, on obtient :

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

- $\boldsymbol{D_{th}}$: *Diamètre théorique de la conduite* $[m]$
- $\boldsymbol{Q}$: *Débit de la conduite* $\left[m^3/s\right]$
- $\boldsymbol{V}$: *Vitesse de l'eau dans la conduite* $[m/s]$

Pertes de charge

À l'instar des conduites de refoulement, les pertes de charge linéaires seront évaluées à l'aide de la formule de Darcy-Weisbach. À ces pertes linéaires, une majoration de 5% sera appliquée Pour intégrer les pertes de charge singulières (dues aux coudes, vannes, etc.).

Réseau ramifié

La section ramifiée du réseau de distribution sera calculée en appliquant la méthode de l'amont vers l'aval. Cette approche consiste à déterminer la pression de service réelle à chaque nœud du réseau, en partant d'une cote piézométrique imposée en tête du réseau.
Pour chaque tronçon de conduite, la perte de charge déjà calculée pour ce tronçon est soustraite de la cote piézométrique définitive du nœud amont Pour obtenir la cote piézométrique définitive du nœud aval.
La charge piézométrique $\boldsymbol{H_{aval}}$ à un nœud aval i est donnée par :

$$H_{aval}^{i} = H_{TR} - \sum_{i}^{TR} pdc$$

- H_{aval}: $Charge\ au\ nœud\ aval\ [m]$
- H_{TR} : $Charge\ en\ tête\ du\ réseau\ [m]$
- pdc : $Pertes\ de\ charge\ [m]$

La Pression réelle de service $P_{réel_ser}$ à chaque nœud est ensuite calculée par :

$$P_{réel_ser}^{i} = H_{aval}^{i} - Z_{aval}^{i}$$

- $P_{réel_ser}^{i}$: $Pression\ réelle\ de\ service\ [m]$
- H_{aval}^{i} : $Charge\ au\ nœud\ aval\ [m]$
- Z_{aval}^{i} : $Cote\ altimétrique\ du\ terrain\ au\ nœud\ aval\ [m]$

Si ces calculs révèlent des pressions excessives ou insuffisantes (charge en tête imposée inférieure à la charge requise), il est nécessaire de revoir le dimensionnement des diamètres des conduites. À partir des diamètres théoriques calculés, le diamètre commercial immédiatement supérieur est choisi pour finaliser le dimensionnement du réseau.

En supposant une distribution uniforme du débit en route le long de la conduite, le débit équivalent de calcul[16] $Q_{éq}$ pour les conduites de la partie ramifiée du réseau est déterminé par :

$$Q_{éq} = 0.55 \times Q_r + Q_{aval}$$

- $Q_{éq}$: $Débit\ équivalent\ de\ calcul$
- Q_r: $Débit\ de\ prélèvement\ en\ route$
- Q_{aval} : $Débit\ sortant\ de\ la\ conduite$

Sélection des Conduites

La sélection des conduites pour le réseau de distribution s'oriente vers le polychlorure de vinyle (PVC) et les polyéthylène haute densité (PEHD) pour les raccordements des BF et des BP. Les diamètres nominaux de 63 mm et au-delà seront assemblés avec des joints en caoutchouc, tandis que les diamètres inférieurs à 63 mm utiliseront des joints collés. Ce choix est justifié par les nombreux avantages du PVC : une mise en œuvre aisée, un coût compétitif et une excellente durabilité. Une Pression Nominale de 10 bars (PN10) est choisie, convenant parfaitement aux réseaux de distribution où les pressions sont modérées, comme dans les systèmes gravitaires ou sur des terrains peu accidentés.

i) **Les robinetteries**

Les vannes

Les vannes sont des dispositifs essentiels dans un réseau de distribution d'eau, car elles permettent de contrôler le flux d'eau : elles peuvent l'interrompre, le moduler ou le réguler. Leur utilisation assure une gestion efficace du réseau.

Il existe plusieurs types de vannes à savoir les vannes de sectionnement (robinets-vannes à opercule, les vannes à papillon et les vannes murales etc.) et Les vannes de régulation (les vannes de régulation de Pression, de réduction de pression et débit et les clapets anti-retour).

- **Le Comptage : Un pilier de la gestion des réseaux**

La mesure précise des volumes d'eau est cruciale pour une gestion optimale des systèmes d'Alimentation en Eau Potable (AEP). Son importance est telle qu'elle donne lieu à des plans spécifiques (plan de comptage, gestion du parc de compteurs) et est fondamentale pour la gestion des abonnés. Le comptage permet d'atteindre plusieurs objectifs clés comme l'optimisation de la production, la gestion optimisée du réseau et la planification stratégique.

j) Equipements de protections

Pour maintenir les réseaux de distribution d'eau en parfait état de fonctionnement, il est impératif de les protéger contre plusieurs menaces : la présence d'air, les surpressions et dépressions, ainsi que la réduction de capacité due à l'accumulation d'impuretés. Les équipements utilisés dans le cadre de notre projet sont entre autres les ventouses et un soupape anti-bélier.

k) Infrastructures de gestion et d'exploitation de l'AEPS

Pour garantir une gestion efficace du système d'Alimentation en Eau Potable (AEP) et Permettre au personnel de s'acquitter pleinement de ses fonctions, la construction d'infrastructures techniques, de gestion et d'assainissement est essentielle.
À cette fin, les infrastructures suivantes seront réalisées : un Local de service comportant deux compartiments, un local groupe électrogène (local technique), un local compteur, un local gardien, et une Latrine-Douche VIP :

Pour garantir la sécurité et délimiter clairement l'enceinte, l'ensemble du site sera clôturé.

l) Points de desserte

Les points de distribution d'eau se composent principalement de bornes-fontaines et de branchements individuels.
Le type de bornes-fontaines retenu respecte les normes nationales et est couramment utilisé par l'ONEA. Chacune est dotée de trois robinets, offrant un débit de 0,25 l/s chacun, ce qui Permet à Plusieurs personnes d'accéder simultanément à l'eau potable. Ces bornes sont installées sous un abri en tôle et reposent sur une dalle. Un système de goulotte a été intégré pour collecter les eaux de ruissellement et les diriger vers un puisard, prévenant ainsi l'infiltration et la stagnation de l'eau.

3. Méthodologie relative à l'analyse économique et financière

L'analyse financière a pour objectif d'évaluer la rentabilité des capitaux investis dans le projet et d'assurer l'équilibre financier des entités (publiques ou privées) qui en auront la gestion.
Quant à l'évaluation économique, elle vise à identifier et sélectionner les projets qui généreront une valeur ajoutée significative pour le développement économique des acteurs locaux.
La méthodologie employée dans cette étude est conforme aux termes de référence et comprend les étapes suivantes :

- Calcul du coût total du système d'Alimentation en Eau Potable (AEP).
- Estimation des coûts de fonctionnement et de maintenance.
- Détermination des coûts d'amortissement et de renouvellement des ouvrages.
- Évaluation des recettes générées par la vente d'eau, en s'appuyant sur les tarifs proposés dans les études de faisabilité socioéconomique.

V. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

1. Diagnostic technique et spatial de la situation existante

1.1. Historique de l'AEPS de FOUNZAN

L'AEPS de Founzan a été réalisé en 1997 dans le cadre d'un projet financé par l'Agence Française de Développement. L'AEPS est composé d'un forage de type F2, d'un château d'eau, d'un Groupe électrogène, de 10 BF et d'un local technique. Le système était alimenté par le Groupe électrogène jusqu'à son arrêt en 2010. Suite à une réhabilitation réalisée en 2014, le système a été relié au réseau de la SONABEL.

1.2. Inspection et évaluation de l'état de l'ensemble des infrastructures existantes

1.2.1. Les locaux d'exploitation

L'AEPS de Founzan centre actuel ne dispose ni de locaux de service, ni de local gardien, ni d'infrastructures d'assainissement. Seulement un local groupe électrogène a été réalisé mais est utilisé pour abriter le compteur de la SONABEL.

Le local est muni d'un portail aéré de 2,20 m de hauteur et d'une largeur de 2,00 m. L'ouvrage dans son ensemble présente un bon état, mais nécessite quelques mises à niveau.

1.2.2. La source d'eau

La source d'eau qui alimente actuellement l'AEPS de Founzan est un forage de type F2. Il a été réalisé en 1997 dans le but d'alimenter l'AEPS. Il a une profondeur de 55,52 m et est en cours d'exploitation. Selon la documentation existante, le forage à un débit estimé à 14,24 m^3/h, mais le débit d'exploitation actuel est de 10 m^3/h. La tête de forage est protégée par un regard de dimension 2.30×1.30×1.15 m. Le regard de protection est muni d'un couvercle et il est toujours en bon état.

1.2.3. La source d'énergie

La commune de Founzan est reliée au réseau électrique public qu'est la SONABEL. A la mise en place de l'AEPS en 1997, le système était alimenté par un groupe électrogène jusqu'à sa panne survenue en 2010. Au cours des travaux de réhabilitation réalisés en 2014, l'AEPS a été relié au réseau de la SONABEL. L'énergie solaire n'a pas été installé sur le site de Founzan Centre.

Tableau 2: Caractéristiques du compteur SONABEL

CARACTERISTIQUE	VALEUR	UNITE
Type	Compteur Cash power	
Nature	Triphasé	
Puissance (P)	8000	W

Tension (U)	400	V
Intensité (I)	10	A

1.2.4. Le système de Pompage

Le système de pompage est assuré par une pompe immergée triphasée. Le débit d'exploitation actuel du forage est d'environ 10 m^3/h. Cette pompe immergée, d'une puissance de 3 KW est installée à une côte de 27 m. En résumé les éléments électromécaniques installés dans la tête du forage sont listés comme suit :

Tableau 3: Eléments électromécaniques installés et leurs états

ELEMENTS ELECTROMECANIQUES	ETAT
Compteur	Fonctionnel / Vétuste
Pressostat	Installé / Non fonctionnel
Clapet anti-retour	Visiblement en bon état
Robinet de puisage	Défectueux
Filtre à tamis	Installé / mal positionné
Pompe immergée	Fonctionnelle
Manomètre	Visiblement en bon état
Ventouse	Visiblement en bon état
Vanne d'arrêt	Visiblement en bon état
Câble électriques	Défectueux / Sans protection

1.2.5. Le château d'eau

Le stockage d'eau de l'AEPS de Founzan est assuré par un château d'eau métallique de forme cylindrique d'une capacité de 25 m^3. La hauteur sous radier est de 12 m. Les pieds du château ont été renforcés lors des travaux de réhabilitation en 2014. Le château n'est pas stabilisé par un triangle raidisseur. Le château est visiblement toujours en bon état. Il n'y a pas de regard bypass installé au pied du château d'eau. Le système de bypass est installé en hauteur sur les colonnes du château d'eau.

1.2.6. Le réseau de refoulement

Le réseau de refoulement relie directement le forage au château d'eau. Les fouilles réalisées sur le tracé ont montré qu'il s'agit d'une conduite de type PVC DN 90 PN 16. Cette conduite est directement reliée à la colonne de refoulement du château qui est de type galva de section DN50. La longueur totale des conduites de refoulement est de 1192 m

1.2.7. Le réseau de distribution

a) Conduite de distribution

Le réseau de distribution relie le château d'eau aux différents points de desserts que sont les 10 bornes fontaines et six (06) branchements privés. Les conduites de distribution sont en PVC PN 10 de sections différentes. Les travaux de fouilles réalisés sur les différents tracés de la distribution ont montré que les conduites en PVC ont des sections qui varient de DN50 à DN90. Toutes ces conduites sont visiblement en bon état. Le réseau de distribution n'est muni ni de regard ventouse, ni de regard vidange.

b) Les bornes fontaines :

Le nombre bornes fontaines existantes de l'AEPS de FOUNZAN est de dix (10). A la mise en Place de l'AEPS en 1997, elle comptait cinq (05) bornes fontaine. Lors de la réhabilitation de 2014, cinq (05) autres bornes fontaines ont été réalisées. L'ensemble de ces bornes fontaines présente un état plus ou moins dégradé probablement par défaut d'entretien.

Les états de dégradation de ces bornes fontaines sont résumés comme suit :

Tableau 4: Récapitulatif des dégradations des BF

Bornes fontaines	Etats de dégradation
BF1	- Dégradation de la maçonnerie ; - Les trois robinets sont défectueux ; - La peinture porte dégradée ; - La vanne d'arrêt et compteur défectueux - Fuite au niveau de la prise sur la conduite ; - Puit perdu non couvert par une dalle ; - Béton d'ancrage des supports poteaux dégradé
BF2	- BF à déplacer (située dans la cour de l'union des producteurs).
BF3	- Tête de robinet (03) défectueuses ; - Maçonnerie dégradée ; - Peinture alu des poteaux dégradés ; - Absence de dallettes du regard décanteur ; - Absence de chainette sur le couvercle ; - La vanne d'arrêt et compteur défectueux.
BF4	- Les 2 robinets sont défectueux ; - La vanne d'arrêt et compteur défectueux - Maçonnerie dégradée ; - Fuite d'eau au niveau de la prise ; - Absence de hangar d'abri.
BF5	- Les 2 robinets sont défectueux ; - La vanne d'arrêt et compteur défectueux - Maçonnerie dégradée ; - Absence de hangar d'abri.
BF6	- Les 2 robinets sont défectueux ; - La vanne d'arrêt et compteur défectueux - Maçonnerie dégradée ; - Absence de hangar d'abri.

BF7	- Les 2 robinets sont défectueux ; - La vanne d'arrêt et compteur défectueux - Maçonnerie dégradée ; - Absence de hangar d'abri.
BF8	- Tête de robinet (03) défectueuses ; - Maçonnerie dégradée ; - Peinture alu des poteaux dégradés ; - Absence de chainette sur le couvercle ; - La vanne d'arrêt et compteur défectueux.
BF9	- Tête de robinet (03) défectueuses ; - Maçonnerie dégradée ; - Peinture couvercle dégradée ; - Absence de chainette sur le couvercle ; - La vanne d'arrêt et compteur défectueux.
BF10	- Tête de robinet (03) défectueuses ; - Maçonnerie dégradée ; - Peinture alu des poteaux détériorés ; - Absence de chainette sur le couvercle ; - Vanne d'arrêt La et compteur défectueux ; - Abords de l'ancrage des poteaux érodés.

c) Les branchements privés

L'AEPS de Founzan dispose de six (06) branchements privés dont quatre (04) fonctionnels.

1.3. Cartographie du réseau actuel

La superposition du réseau actuel avec le fond Map et le plan de lotissement de la commune de FOUNZAN révèle Plusieurs zones non ou mal desservies. Alors une extension s'avère impératif pour assurer une desserte plus ou moins équitable des zones habitées du village.

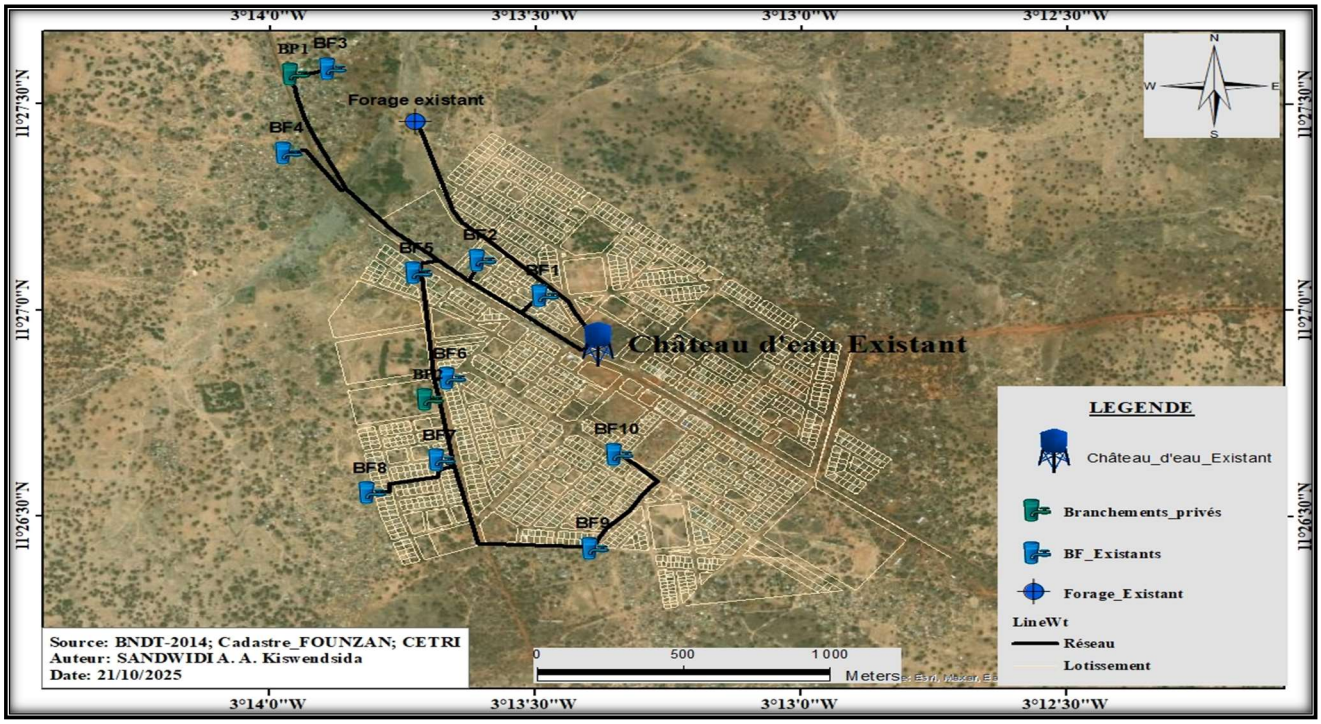


Figure 4: Cartographie du réseau actuel

1.4.Analyse des données d'exploitation antérieur

La gestion de l'AEPS de FOUNZAN est confiée à l'exploitant privé VERGNET BURKINA.

Dans son contrat, il a des obligations à respecter dont la fourniture d'un rapport semestriel de l'exploitation du système. Ainsi, un rapport a été fourni par VERGNET BURKINA pour le premier semestre de l'année 2025.

1.4.1. Bilan technique

a. Fonctionnalités des ouvrages

Au mois de juin de l'année 2025, seulement trois (03) bornes fontaines sur les dix (10) que compte l'AEPS fonctionnent soit 30% et quatre (04) branchement privé sur six (06) soit 66.67%.

La station de pompage fonctionne avec l'énergie du réseau électrique publique (SANABEL).

b. Situation des incidents et interventions

Au cours du premier semestre de l'année 2025, l'exploitant a enregistré quatorze (14) plaintes dont huit (08) concernent le fonctionnement et six (06) les consommables.

En juin, à la rédaction du rapport, treize (13) des quatorze (14) plaintes avaient déjà été traité.

1.4.2. Bilan financier

a. Situation mensuelle des ventes

La situation de vente de l'eau pour la période de janvier à juin 2025 est faite dans le tableau ci-après

Tableau 5 : Situation mensuel des ventes

		Javier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Total
BF	Volume consommé (m^3)	180	213	261	297	253	230	1 434
	Coût théorique en FCFA	87 300	103 305	126 585	144 045	122 705	111 550	695 490
	Recette réelle en FCFA	98 455	103 305	126 585	144 045	122 705	111 550	**706 645**
	Taux de recouvrement	113%	100%	100%	100%	100%	100%	102%
	Pertes en FCFA	11 155	0	0	0	0	0	11155
BP	Recette réelle en FCFA	17 055	15 580	18 005	20 915	19 460	17 520	**108 515**

b. Compte d'exploitation

Le compte d'exploitation fourni par l'exploitant pour sa gestion du premier semestre de 2025 est consigné dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6: Récapitulatif du compte d'exploitation du premier semestre 2025

	Javier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Total
TOTAL RECETTE en FCFA	104 335	118 885	144 590	164 960	142 165	129 070	804 005
TOTAL DEPENSE en FCFA	189 223	170 098	158 632	196 815	159 647	139 892	1 014 307
SOLDE en FCFA	84 888	51 213	14 042	31 855	17 842	10 822	210 302
TOTAL PROVISION en FCFA	5 117	5 844	7 130	7 811	6 733	6 109	38 744
RESULTAT NET en FCFA	-90 005	-57 057	-21 172	-39 666	-24 215	-16 931	-249 046

c. Calcul de quelques indicateurs de performance du réseau

Avec quelques données fournies dans le rapport d'exploitation de VERGNET BURKINA à savoir les consommations dans les bornes fontaines et les branchements, et longueur totale des conduites (adduction et distribution) nous avons procédé au calcule de deux (02) indicateurs de performances que sont : le rendement financier et l'indice linéaire brut de perte[17].

- **Rendement financier**

Avec les informations obtenues sur la production et la consommation de l'eau, une évaluation du rendement financier de l'AEPS pour les quatre (04) premier mois de l'année 2025.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous

Tableau 7: Rendement financier

	Consommation BF/BP (m^3)	Production (m^3)	Rendement financier
Janvier	211	2 197	9,60%
Février	241	1 391	17,33%
Mars	294	563	52,22%
Avril	336	667	50,37%
Total	1 082	4 818	22,46%

- **Indice linéaire brut de perte**

Le tableau ci-après contient les résultats de l'évaluation des indices linéaire brute de pertes du réseau d'AEPS de FOUNZAN pour ce qui concerne les quatre (04) premiers mois de l'années 2025.

Tableau 8: Indice linéaire brute de perte

	Consommation (m^3)	Production (m^3)	Longueur totale du réseau (Km)	Indice linéaire brut de perte (m^3/Km/j)
Janvier	211	2 197	6,29	10,19
Février	241	1 391	6,29	6,53
Mars	294	563	6,29	1,38
Avril	336	667	6,29	1,75
Total	1 082	4 818	6,29	4,95

d. Analyse Global du rapport d'exploitation

La situation de l'AEPS de FOUNZAN pour les premiers six (06) mois de l'année 2025 fait état d'un taux de fonctionnement faible des ouvrages de dessert soit 30% pour les BF et 66.67% pour les BP. Les raisons de la non fonctionnalité de bon nombre des ouvrages est le non-paiement du service.

Avec cela un nombre non assez important de plaintes (quatorze (14) au total) a été enregistré à cette période.

Le bilan financier donne un résultat-net négatif qui est naturellement justifié au regard des deux (02) indicateurs de performance du réseau calculés. Le rendement financier est jugé très mauvais (largement inférieure à 50%) et de l'indice linéaire brut de perte est jugé lui aussi mauvais (> 4). Cela signifie que le réseau enregistre d'énorme perte d'eau (moins de 25% d'eau pomper atteint les consommateurs).

Ainsi, nous pouvons conclure que l'AEPS de FOUNZAN souffre probablement d'un problème de gestion et de vétusté de certains ouvrages et équipements.

1.5. Récapitulatif du diagnostic et recommandations pour la réhabilitation et l'extension

A l'issu du diagnostic, des recommandations ont été émises pour la réhabilitation du système. Ces recommandations sont consignées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 9: Récapitulatif du diagnostic et propositions de réhabilitation

Ouvrages	Etat Physique	Etat de fonctionnalité	Recommandations pour la réhabilitation / Extension
Forage	Le débit du forage est acceptable	Exploitation en cours	- Vérifier le débit du forage ; - Mener des essaies d'analyses d'eau ; - Réhabiliter le regard tête de forage (maçonnerie, peinture tyrolienne, claustras d'aération, grillage de

			protection de la conduite d'aération, peinture couvercle…).
Equipements tête de forage	Les équipements de la tête du forage sont vétustes	Fonctionnel	Remplacer tous les éléments électro-mécaniques de la tête du forage.
Château d'eau	Château d'eau Métallique de forme cylindrique Capacité : 25 m³ ; Hauteur sous radier : 12m	Exploitation en cours	Changement de château
Regard bypass	Pas de regard	Pas de regard	Réaliser un regard bypass au pied du château.
Source d'énergie	Pas de champ solaire	Pas de champ solaire	Mettre un champ solaire
	Groupe électrogène	Pas de groupe de relais	Installer un groupe de relai.
	Réseau SONABEL	Fonctionnel	RAS
Pompe d'exhaure	Fonctionnelle	Fonctionnelle	Détermination et choix d'une nouvelle électropompe
Réseau de distribution et refoulement	Aucune fuite apparente n'a été constatée sur le réseau de refoulement : Ø90 mm, et de distribution : Ø75 mm	Fonctionnel	Nettoyage et désinfection du réseau
BF	Dégradations plus ou moins avancées dans l'ensemble	Fonctionnelle	- Déplacer la BF2 ; - Réhabilité la maçonnerie des BF ; - Réaliser des hangars sur les anciennes BF ; - Refaire la peinture et mettre les chainettes sur les couvercles des nouvelles BF ; - Changer la robinetterie, vanne d'arrêt et compteur ; - Curer les décanteurs et puits perdus ;
Equipements hydraulique	Une (01) Ventouse DN 80	Vétuste	Changer la ventouse
Regards ventouse	Regard en bon état	RAS	RAS
Regard vidange	Pas de regard vidange	Non réalisé	Réaliser un regard de vidange et mettre une vanne de vidange DN80
Local bureau / magasin	Aucun bâtiments existants	Non réalisé	Réaliser un local bureau / magasin
Local Groupe	Existant	Fonctionnel	- Réhabiliter la maçonnerie du local ; - Réhabiliter l'électricité du bâtiment ; - Revoir l'étanchéité du bâtiment.
Latrine	Non n'existant	Pas de latrine	A réaliser à long terme

Clôture grillagée Château d'eau	Non n'existant	Non n'existant	A réaliser autour du château
Clôture grillagée locaux	Non existant	Non existant	A réaliser autour des nouveaux locaux

Aux vues de l'importance de la perte en eau (77.54%) donnée dans le rapport d'exploitation et de l'absence de fuites d'eau apparentes, nous recommandons fortement de procéder aux actions suivantes afin de déceler la cause réelle de cet énorme manque à gagner de l'eau pomper :

- Procéder à la recherche des fuites par des moyens techniques plus poussés (Télédétection) ;
- Procéder à l'étalonnage les compteurs de toutes les bornes fontaines pour s'assurer de leur bonne fonctionnalité ;
- Installer un système de comptage à la tête du forage et au pieds du château pour s'assurer que toute la quantité d'eau pompée arrive au château.

2. Evaluation besoins futurs et de la ressource en eau mobilisable

2.1. Estimation l'évolution de la population de Founzan à un horizon de 15 ans

Pour un taux d'accroissement communal de 2,33% et une population de 7 945 habitants selon le RGPH de 2019, la population de FOUNZAN est estimée à 12 887 habitants à l'horizon du projet en 2040.

Tableau 10: Evolution de la population à l'horizon du projet

Année	2019	2025	2030	2035	2040
Population	**7945**	**9122**	**10236**	**11485**	**12887**

2.2. Besoins en eau futurs de la commune

A partir des différentes données comme les consommations spécifiques, les taux de desserte, les variations cycliques et les rendements des installations, une évaluation des besoins de productions d'eau nécessaire pour honorer la demande jusqu' à l'horizon du projet a été faite et consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11: Evaluation des Besoins

Année	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**
Données de calculs sur la base des recommandations				
Taux d'accès global	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**
Taux d'accès par AEP	**56,40%**	**80%**	**82%**	**85%**
Taux d'accès au BF	**28,20%**	**24%**	**19%**	**15%**
Taux d'accès au BP	**28,20%**	**56%**	**63%**	**70%**
Taux d'accès par PEM	**43,60%**	**20%**	**18%**	**15%**

hab./BF	**500**	**500**	**500**	**500**
hab./BP	**10**	**10**	**10**	**10**
Coefficients essentiels pour l'évaluation des productions				
Coefficient de pointe saisonnier (CPs)	**1,1**	**1,1**	**1,1**	**1,1**
Coefficient de pointe journalier (CPj)	**1,15**	**1,15**	**1,15**	**1,15**
Temps de distribution(h/j)	**24**	**24**	**24**	**24**
Coefficient de pointe horaire	**2,35**	**2,39**	**2,23**	**2,1**
Rendement des installations à la distribution	**100%**	**98%**	**93%**	**95%**
Rendement des installations d'adduction	**95%**	**94%**	**92%**	**90%**
Consommations spécifiques retenues				
Conso. Spécifique (l/hab./j) BF	**20**	**20**	**20**	**20**
Conso. Spécifique (l/hab./j) BP	**25**	**25**	**25**	**25**
Besoins annexes(m3/j) (10% des besoins domestiques)	**10%**	**10%**	**10%**	**10%**
Evolution des besoins en production				
Population desservie AEP (hab.)	**9122**	**10236**	**11485**	**12887**
Population desservie par BF	**2573**	**2457**	**2182**	**1933**
Population desservie par BP	**2573**	**5732**	**7236**	**9021**
Consommation BF (m3)	**51**	**49**	**44**	**39**
Consommation BP (m3)	**64**	**143**	**181**	**226**
Total Consommation domestique (m3)	**116**	**192**	**225**	**264**
Besoin édifices administrative et secteur privé (m3/j)	**12**	**19**	**22**	**26**
Consommation Total de FOUNZAN (m3/j)	**127**	**212**	**247**	**291**
Besoin journalier Moyen total (m3/j)	**127,34**	**216,00**	**265,58**	**305,90**
Demande journalier Moyen	**134,04**	**229,79**	**288,68**	**339,89**
Demande de jour de pointe	**154,15**	**264,25**	**331,98**	**390,87**

Ainsi, afin de pouvoir desservir 85% de la population à l'horizon 2040 soit une population de 12887 habitants, le système d'AEPS doit être en mesure d'assurer une demande journalière (en jour de pointe) estimée à 390,87m3 d'eau.

2.3. Capacité de production des forages

Apres réalisation du nouveau forage, des essaies ont été réalisés après son développement en vue de vérifier sa capacité de production.

2.3.1. Essaie de puit

L'essai de puit a été réalisé en quatre (04) paliers d'une heure chacun, de manière enchainée avec une variation de débit à chaque palier (1/4Qd, ½ Qd, 3/4Qd et Qd).

L'analyse des données de l'essai de puit a donné les résultats suivants :

Tableau 12: Analyse des données de l'essai de puit

	Q1	Q2	Q3	Q4
Qdev	24,16			
Qpalier théorique	6,04	12,08	18,12	24,16
Débit palier réel	6,79	13,79	21,42	24,16
Rabattement	3,40	7,92	12,55	14,45
Rabattement spécifique (s/Q)	0,50	0,57	0,59	0,60
	$S=B*Q+C*Q^2$			
Smax (Rabattement Jusqu'à la 1ère Venue d'eau)	S	Q	B	C
21,67	21,67	**33,24**	0,4791	0,0052
		$Q_{critique}$		

L'interprétation de ces données a permis de déterminer le débit critique de l'ouvrage qui est de 33,24 m^3/h et d'évaluer le débit d'exploitation qui est estimé à 29,92 m^3/h soit moins 10% du débit critique. L'image suivante nous donne la courbe caractéristique du forage.

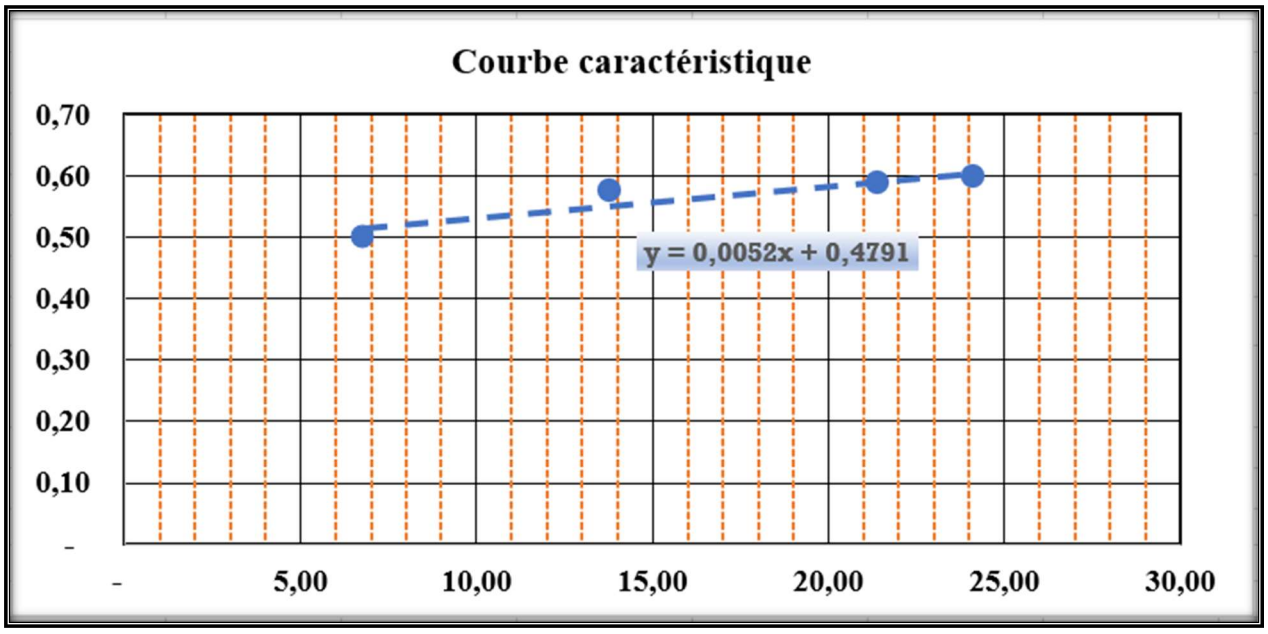


Figure 5: Courbe caractéristique du forage

2.3.2. Essai de nappe

L'essai de nappe du forage a été réalisé avec un débit de 25 m^3/h. L'analyse des résultats obtenu a été effectuée via le logiciel OUAIP (v2.3) selon la méthode de Theis (1935) [18], adaptée aux aquifères captifs.

Voici les points clés à retenir pour l'analyse :

a. Paramètres hydrodynamiques

L'analyse fournit un indicateur fondamental sur la productivité de l'ouvrage qu'est la transmissivité (T). La valeur obtenue est de $3{,}90\times10^{-4}$ m^2/s. La conversion donne environ 1,4 m^2/h ou 3,7 m^2/j. Cette transmissivité est considérée comme moyenne à forte dans le contexte hydrogéologique du socle cristallin (fréquent au Burkina Faso). Elle indique que l'aquifère a une bonne capacité à laisser circuler l'eau vers le forage, ce qui permet d'envisager des débits d'exploitation importants.

b. Fiabilité du modèle

Le coefficient de Nash-Sutcliffe est de 0,937. Ce coefficient, proche de 1, indique une très bonne adéquation entre les données mesurées sur le terrain et la courbe théorique de Theis[19]. Les résultats sont donc fiables et peuvent être utilisés pour le dimensionnement.

2.3.3. Analyse visuelle des courbes (Rabattement et Remontée)

- Phase de pompage : On observe une descente rapide du niveau d'eau (rabattement) dans les premières minutes, qui tend ensuite à se stabiliser autour de 6 à 7 mètres de profondeur (sur l'axe vertical de gauche). Cette stabilisation (pseudo-équilibre) confirme que le forage supporte bien le débit de pompage appliqué sans assèchement rapide.
- Phase de remontée : Dès l'arrêt du pompage, le niveau d'eau remonte très rapidement pour retrouver son niveau initial (statique). C'est un excellent indicateur de la capacité de recharge de l'aquifère et de la durabilité de l'ouvrage.

En conclusion, les caractéristiques hydrodynamiques révélées par cet essai (notamment la bonne transmissivité et la récupération rapide du niveau d'eau) confirment que ce nouveau forage est apte à être exploité pour l'AEPS de Founzan.

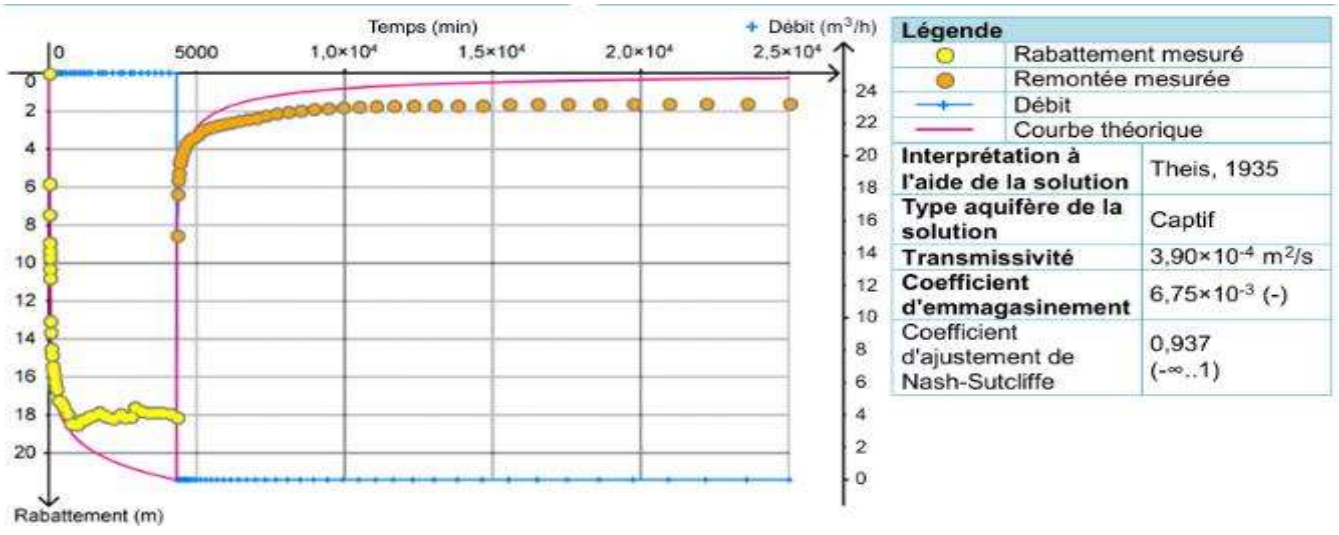


Figure 6: Courbe théorique des rabattements et remontées

Lors des essais de pompage du nouveau forage, un suivie de niveau sur le premier forage a donné de constater une baisse du niveau d'eau de l'ordre de 1, 50 m en quarante (40) heures de pompage. Les deux forages ont donc un lien. Alors, il a été opté d'abandonner le premier au profit du nouveau et de l'utiliser comme un piézomètre pour le suivi de la nappe.

Les différents documents relatifs au forage (fiche technique, fiche d'équipement, de développement et de pompages) ainsi que les rapports d'analyse des essais de puit et de nappe sont à retrouver à l'annexe N°3.

3. Conception et dimensionnement des infrastructures du réseau étendu

3.1. Tracé optimisé du réseau étendu

La figure ci-après donne un aperçu du réseau étendu avec sa zone d'impact.

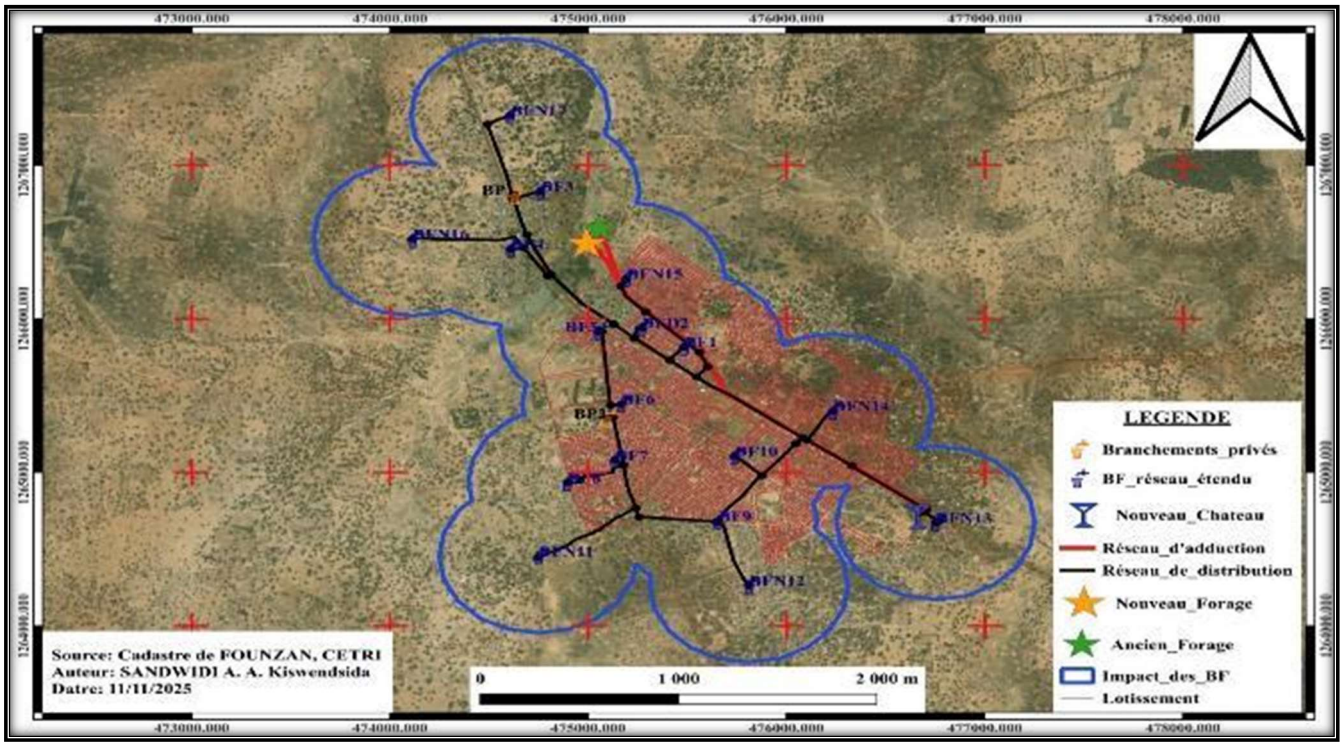


Figure 7: Réseau étendu et son impact

3.1.1. Le réseau de distribution

Le réseau de distribution existant ne dessert qu'une petite partie du village. Avec l'extension du village, l'extension du réseau vers les populations s'est avérée nécessaire. Les implantations sociales ont relevé dix-sept (17) bornes fontaines y compris les dix (10) bornes fontaines existantes. Pour les bornes fontaines existantes, le déplacement de la BF2 a été recommandé par ce qu'elle se retrouve dans une parcelle appartenant à l'union des producteurs et est inexploitée.

Le nouveau tracé du réseau a donc été proposé afin de desservir de manière optimale le village de Founzan.

3.1.2. Le réseau de refoulement

L'ancien forage étant abandonné pour l'instant, le réseau de refoulement relie le nouveau forage au château d'eau qui changera lui aussi d'emplacement. Avec le nouvel emplacement du château d'eau, la longueur de la conduite de refoulement sera de 2523,05 m.

3.2. Dimensionnement technique des composants clés du système

3.2.1. Réseau d'adduction

a. Evaluation du débit d'adduction

Le système actuel est alimenté par un forage dont le débit est estimé à 10 m^3/h et pour satisfaire les besoins de la population à l'horizon du projet, un deuxième a été réalisé. Le nouveau forage a été réalisé non loin du premier et a un débit d'exploitation de 25 m^3/h. vue la proximité des deux (02) forages, un suivi du niveau du premier a été faite lors de l'essai de nappe du second et une variation du niveau a été constaté à raison de 1,55 m en quarante (40) heures.

Ceci nous permet de conclure que les deux (02) forages ont un lien.

En considérant le débit de 25 m^3/h disponible l'évaluation du débit d'adduction est faite et consigné dans le tableau ci-après :

Tableau 13: Evaluation du débit d'adduction

Désignations	2025	2030	2035	2040
Temps théorique maximal de pompage (Heure)	12,00	12,00	12,00	12,00
Demande du jour de pointe (m3)	154,15	264,25	331,98	390,87
Débit théorique de pompage (m3/h)	12,85	22,02	27,66	32,57
Débit disponible forages (m3/h)	25,00	25,00	25,00	25,00
Besoin de forage (au moins 10m3/h)	10,00	10,00	10,00	10,00
Débit réel de pompage (m3/h)	25,00	25,00	35,00	35,00
Nombre de forage	1,00	1,00	2,00	2,00
Tems réels de pompage (Heure)	6,17	10,57	9,49	11,17

Pour un temps de pompage maximale de douze (12) heures par jour, le débit total à mobiliser va de 12,85 m^3/h en 2025 à 32,57 m^3/h à l'horizon du projet en 2040. Pour ce faire un nouveau forage d'un débit d'environ 10 m^3/h est nécessaire à partir de 2035.

b. Diamètre de la conduite d'adduction.

Avec un débit de refoulement de 25 m^3/h opté, des diamètres de conduite ont été évalués à travers plusieurs formules.

Tableau 14: dimensionnement de la conduite d'adduction

	D_{th} (mm)	DN (mm)	D_{int} (mm)	V (m/s)	Condition de Flamant
Bresse	125	160	130,8	0,52	OK

Bresse Modifié	152,63	200	163,6	0,33	OK
Meunier	103,33	140	114,6	0,67	OK
Bonnin	83,33	110	90	1,09	NON
Benjaoui	105,83	140	114,6	0,67	OK

De toutes les formules de dimensionnement du diamètre de refoulement utilisées, seule la formule de Bonnin ne vérifie pas la condition de vitesse de Flamant. Cependant, la conduite issue de la formule de Meunier sera retenue soit un PEHD DN 140 PN16, car sa vitesse est plus proche des vitesses économiques en refoulement.

c. Calcul de la HMT

Avec les données disponible, la Hauteur Manométrique Totale a été évalué et présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15: Détermination de la HMT

	Paramètres	Valeur	Unités
Château	Côte TN château	293,2	m
	Hauteur fond de cuve	12	m
	Côte fond de cuve	305,2	m
Hauteur géométrique	Côte TP château	310,7	m
	Côte TN Forage	271,71	m
	Niveau dynamique de la nappe	18,6	m
	Hauteur géométrique	57,59	m
Pertes de charge dans la conduite de refoulement	Longueur du refoulement	2523,05	m
	Pertes de charge total ΔH (m)	11,91	m
Différence de pression		0	bar
Hauteur Manométrique Totale (HMT)		69,50	m
Hauteur Manométrique retenue (HMT)		70	m
Puissance hydraulique		4,861111	Kw

d. Vérification coup de bélier

Le tableau ci-dessous contient les éléments de vérification d'éventuel coup de bélier sur le réseau de refoulement.

Tableau 16: Vérification de coup de bélier

Débit de refoulement (m3/h)	**25,00**
Diamètre retenu (m)	**0,1146**
Vitesse initiale (m/s)	**0,67**
Longueur des conduites de refoulement (m)	**2523,05**
Ɛ= k/D	**0,00087260**
Nombre de Reynolds Re	**67091,14**
Lambda λ	**0,02273882**
Pertes de charge ΔH (m)	**11,91**
Hauteur Manométrique Totale (m)	**70,00**
Epaisseur de la conduite (mm)	**12,70**
Module d'élasticité E (N/m2)	**3,00E+09**
Coefficient de compressibilité ɛ (Pa)	**2,00E+09**
Célérité de l'onde (m/s)	**533,92**
Variation de pression ΔP (m)	**35,95**
Surpression Hmax (m)	**105,95**
Dépression Hmin (m)	**34,05**
Pression Nominale de la conduite (m)	**160,00**
Pression Maximale Admissible : PMA=1,2*PN (m)	**192,00**

La conduite DN 140, avec une HMT de 70 m induit une variation de pression estimée 35,95m donnant donc lieu à une surpression de 105,95 m. cette valeur est en deçà de la pression Maximale Admissible (H_{max} < PMA). Aussi, nous obtenons une dépression (34,05 m) supérieure à la pression atmosphérique.

Alors, l'installation d'un dispositif particulier antibélier n'est pas nécessaire.

Nous pouvons donc conclure que le choix de la conduite de Pression Nominale de 16 bars est donc bien justifié. Néanmoins, l'installation d'une soupape de décharge antibélier est préconisée pour parer à toute éventualité.

3.2.2. Station de pompage

a. Choix de la pompe

Puisque nous avons opté pour une utilisation de l'énergie solaire et le réseau électrique de la SONABEL, notre choix est porté pour une électropompe de type hybride. Les paramètres comme le débit de pompage et le HMT nous a permis de faire un choix judicieux d'une pompe dans la gamme de pompes GRUNDFOS dont les caractéristiques sont les suivantes :

Tableau 17: Caractéristiques de la pompe choisie

Type	QT (m3/h)	HMT (m)	N (tr/min)	Moteur	Tension Nom	η_P	η_m	Pt (kW)	U (V)	In (A)	Cosφ	Id
SP 32-8	24,96	69,99	2900	MS6000	3 x 400	77%	81%	7,5	400	17,8	0,82	500%

La pompe immergée SP 32-8 convient au pompage d'eau propre. Il est possible de l'installer verticalement ou horizontalement selon la convenance. Pour assurer une grande résistance à la corrosion tous les composants de cette pompe ont été conçu en acier inoxydable, EN 1.4301 (AISI 304). Elle est équipée d'un moteur 7.5 kW MS6000, muni d'une étanchéité par protection anti sable, garnitures mécaniques, lubrification à l'eau des paliers et une membrane de compensation du volume. Le moteur est à rotor noyé et offre une bonne stabilité mécanique et un haut rendement.

b. Le point de fonctionnement

Le point de fonctionnement d'une pompe correspond au point d'intersection de la caractéristique hydraulique de la pompe (données du constructeur) et celle du réseau. Le tableau ci-dessous contient les différentes valeurs de ces caractéristiques.

Tableau 18: Caractéristiques de la pompe et du réseau

Q [m³/h]	HMT [m]	ΔH	H réseau	Rendement [%]
0	91,67	0	57,59	0
3,236	92,39	0,29	57,88	18,76
5,569	90,99	0,76	58,35	30,50
11,14	85,17	2,67	60,26	52,55
16,71	78,98	5,63	63,22	66,65
22,27	72,87	9,60	67,19	74,68
27,84	65,02	14,58	72,17	77,69
33,41	53,55	20,57	78,16	74,30
38,98	38,79	27,55	85,14	62,03

A partir des différentes données à notre disposition, nous avons procéder à l'élaboration des différentes courbes et à la détermination du point de fonctionnement et du rendement de notre pompe.

Le résultat est représenté dans la figure ci-dessous.

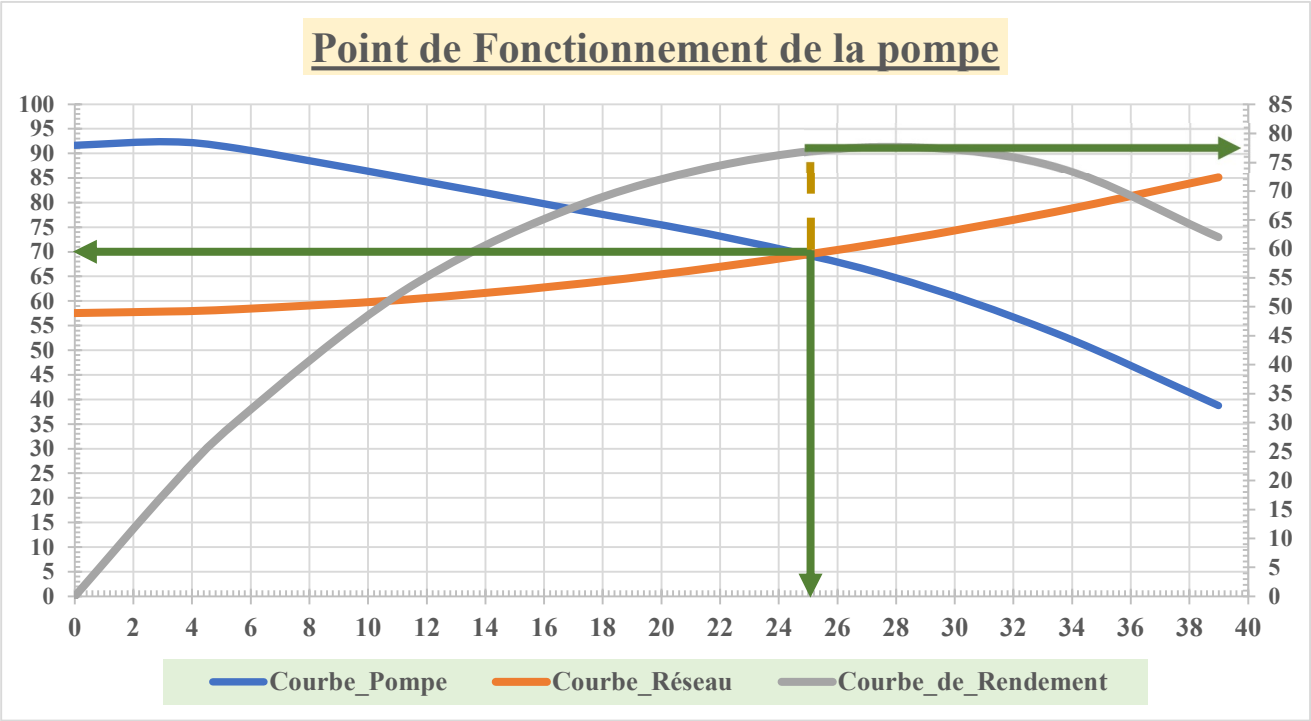


Figure 8: Point de fonctionnement et rendement de la pompe

Après dimensionnement, le point de fonctionnement obtenu (Q = 24,96 m³/h ; H = 69,99 m) coïncide très précisément avec le cahier des charges (Q = 25 m³/h ; H = 70 m), avec des écarts respectifs de −0,16 % sur le débit et −0,014 % sur la hauteur manométrique. La puissance hydraulique calculée est d'environ 4,76 kW ; en tenant compte du rendement de pompe au point de fonctionnement estimé à 77 %, la puissance motrice nécessaire est d'environ 6,18 kW. Alors le choix d'un moteur industriel standard de 7,5 kW est donc approprié et laisse une marge opérationnelle.

c. Champ solaire photovoltaïque

Le dimensionnement des panneaux solaires nécessaires au fonctionnement optimal de la pompe a été faite en tenant compte du besoin quotidien en énergie (Ej) de la pompe et de la puissances crête (Pc) du système photovoltaïque à mesure de fournir l'énergie électrique journalière nécessaire.

Les résultats du dimensionnement se retrouvent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 19: Résultats du dimensionnement du champ solaire

Quantité d'eau à pomper quotidiennement (m^3/j) (25m^3/h*08h)	200,00
HMT (m)	70,00
Irradiation journalière moyenne (kWh/m^2/j)	5,00
Rendement des câbles %	97%
Rendement de l'onduleur	90%
Rendement lié à la poussière et au vieillissement des modules (90%*85%)	77%

Rendement lié aux conditions atmosphériques non atteintes et à l'échauffement des modules	80%
Énergie consommée par jour (Wh/j)	**62 275,03**
Puissance crête du champ Photovoltaïque (W)	**23 311,93**
Nombre théorique de panneaux solaires de 300 wc l'unité	**77,71**
Nombre de panneaux solaires de 300 wc l'unité opté	**80,00**
Coefficient de température de Voc	**0,3%**
Température minimale	**10,00**
Température de référence	**25,00**
Facteur de température	**1,05**
Tension à puissance maximale du module (V_{max})	**41,38**

A l'issu des calculs effectués, nous avons opté pour quatre-vingt (80) module 300 Wc avec une tension à puissance maximale estimée à 41,38 V.

La disposition suivante a été proposé :

- Nombre de modules en série = 16
- Nombre de modules du champ PV en parallèle =5
- Puissance de crête installée : $16 \times 5 \times 300 = 24\,000\ W$

Contre une puissance de crête calculée qui est de **23 311,93 W**, la puissance de crête installée est de 24 000 W, soit un taux de surdimensionnement de 2,95%.

Les spécifications techniques des panneaux solaires sont données en annexe :

d. Groupe électrogène

La pompe qui a été sélectionnée permet le démarrage direct alors, le dimensionnement du groupe électrogène appropriée doit tenir compte de ce régime de fonctionnement. Nous retrouvons donc les résultats des différents calculs de puissances nécessaire au fonctionnement optimal de l'électropompe dans le tableau ci-dessous :

Tableau 20: Résultat du dimensionnement du groupe électrogène

Débit (m3/h)	25
HMT (m)	70
g	10
ρ	1000
Rendement moteur	81%
Rendement pompe	77%
Cosϕ	0,82
Tension (V)	400
Intensité nominale (A)	17,8
Puissance Apparente 1 (kVA)	19,01

Puissance apparente 2 (kVA)	25,28
Puissance apparente retenue (kVA)	30

e. Choix de l'onduleur

Nous avons opté pour un convertisseur de la gamme Grundfos pour la conversion du courant continu du champ solaire en courant alternatif, il s'agit d'un onduleur de type RSI (Renewable Solar Inverter). Il est conçu et configuré spécifiquement pour être compatible avec les pompes submersible SP triphasé. Les principales caractéristiques de l'onduleur choisi sont consignées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 21: Caractéristiques de l'onduleur

Installation	Type RSI	RSI 3x380440V IT66 11kW 23A
	Plage température ambiante	10 / 60 °C
	Humidité relative	100 %
Données électrique	Puissance nominale P2	11 kW
	Fréquence d'alimentation	50 / 60 Hz
	Tension Nominale	3 x 380-440 V
	Indice de protection (IEC 345)	IT66
	Tension nominale de sortie AC	380 V
	Tension Nominale d'entrée DC(V)	800 V
	Courant nominal de sortie AC	23 A
	Udc	400 V

3.2.3. Dimensionnement du réservoir.

a. Méthode forfaitaire

FOUNZAN étant une petite collectivité en pleine extension, le volume optimal du réservoir de stockage peut être estimé à 25% de la demande journalière de pointe. Cette approche est effectuée suivant l'hypothèse que l'alimentation en eau du réservoir s'effectue de manière simultanée que la distribution de la ressource.

La production journalière de pointe à l'horizon (2040) est estimée à 390,87 m3/j.

Le volume théorique du réservoir peut être à 25% de la production journalière de pointe :

V= 390,87x0,25= **97,72 m^3**

b. Méthode analytique

Il s'agit de déterminer une capacité permettant le stockage des excédents de pompage pendant les heures de faibles consommations et compenser le déficit entre le pompage et la consommation pendant les heures de pointes.

Le tableau ci-dessous donne pour l'horizon 2040 une estimation de la capacité du réservoir par la méthode analytique :

Tableau 22: Estimation de la capacité du réservoir

Période (heure)	0 h – 1 h	1 h – 2 h	2 h – 3 h	3 h – 4 h	4 h – 5 h	5 h – 6 h	6 h – 7 h	7 h – 8 h	8 h – 9 h	9 h – 10 h	10 h – 11 h	11 h – 12 h	12 h – 13 h	13 h – 14 h	14 h – 15 h	15 h – 16 h	16 h – 17 h	17 h – 18 h	18 h – 19 h	19 h – 20 h	20 h – 21 h	21 h – 22 h	22 h – 23 h	23 h – 00 h
Qa (m3/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35	35	35	35	35	0	0	35	35	35	35	0	0
Va (m3)	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35	35	35	35	35	0	0	35	35	35	35	0	0
Vac (m3)	0	0	0	0	0	0	0	0	35	70	105	140	175	210	245	280	280	280	315	350	385	420	420	420
Qc (m3/h)	0,78	1,95	2,35	3,52	7,04	10,94	17,98	19,93	21,50	22,67	24,62	26,19	28,14	29,71	30,88	30,49	32,05	31,66	27,75	9,77	5,47	2,74	1,95	0,78
Vc (m3)	0,78	1,95	2,35	3,52	7,04	10,94	17,98	19,93	21,50	22,67	24,62	26,19	28,14	29,71	30,88	30,49	32,05	31,66	27,75	9,77	5,47	2,74	1,95	0,78
Vcum (m3)	0,78	2,74	5,08	8,60	15,63	26,58	44,56	64,49	85,99	108,66	133,29	159,48	187,62	217,32	248,20	278,69	310,74	342,40	370,16	379,93	385,40	388,14	390,09	390,87
Conte-nance	-0,78	-2,74	-5,08	-8,60	-15,63	-26,58	-44,56	-64,49	-50,99	-38,66	-28,29	-19,48	-12,62	-7,32	-3,20	1,31	-30,74	-62,40	-55,16	-29,93	-0,40	31,86	29,91	29,13
Capacité Cu = MAX (Contenance) +ABS MIN (Contenance)																			**96,36**				**m3**	

Les résultats des estimations du volume du réservoir par la méthode forfaitaire et la méthode analytique sont respectivement de **97,72** m3 et de **96,36** m^3. Nous remarquons que ces valeurs sont assez proches.

Nous retiendrons un volume de **100** m^3 Pour le réservoir de l'AEPS. Ce volume sera suffisant Pour la satisfaction des populations en période de pointe.

Tableau 23: Caractéristiques du réservoir

Capacité retenue (m^3)	**100**
Diamètre de la Cuve (m)	**5,10**
Hauteur de la Cuve (m)	**5**
Hauteur Sous Radier (m)	**12**
Côte TN (m)	**293,2**
Coordonnées GTS	**X :476664,02**
	Y :1264711,88

Les équipements associés au réservoir de stockage pour son bon fonctionnement se composent essentiellement des conduites d'amenée, d'une conduite de trop-plein, d'un système de vi-dange, et d'un système by-pass.

c. Vérification du temps de contact et de séjour du désinfectant utilisé

Le chlore a besoin d'un temps de contact de deux heures pour que son effet soit effectif. Aussi on est amené à assurer que la capacité utile retenue autorise un temps de séjour supérieur ou égale au temps de contact nécessaire du désinfectant.

Pour douze (12) heures de pompage par jour et un besoin journalier estimé à 390,87 m^3, nous obtenons un temps de contact T_c= 3,07 h (> 2 heures) et un temps de séjour T_s= 6,14 h (< 2 jours).

Alors, avec la capacité du réservoir retenue (100 m^3), les conditions pour assure une bonne désinfection au chlore sont vérifiées.

3.2.4. Réseau de distribution

a. Débit de dimensionnement

FOUNZAN est une commune rurale, zone dans lesquelles les consommations d'eau se passe habituellement dans la journée. Les heures d'ouvertures des bornes fontaines sont généralement de 6h à 18h à raison de 12 heures de temps de distribution dans la journée. Les branchements particuliers, quant à eux, du fait qu'ils sont en majorité dans les domiciles, le temps d'utilisation est encore plus long. Un temps de distribution de 16 heures est donc considéré à ce niveau. L'évaluation des débits pour satisfaire la demande du jour de pointe et à l'heure de pointe tient compte de ces détails. Les résultats obtenus sont dans le tableau ci-dessous :

Tableau 24: Evaluation du débit de dimensionnement

Désignations	2025	2030	2035	2040
BORNES FONTAINES				
Temps de distribution (Heure)	12	12	12	12
Consommation journalier BF (m3)	51,45	49,13	43,64	38,66
Besoin journalier des BF (m3)	51,45	50,14	46,93	40,70
Demande du jour de pointe des BF (m3)	54,16	53,34	51,01	45,22
Débit moyen horaire des BF (m3/h)	4,51	4,44	4,25	3,77
Coefficient de pointe horaire calculé	2,68	2,69	2,71	2,79
Coefficient de pointe horaire retenu	2,50	2,50	2,50	2,50
Débit de pointe horaire (m3/h)	11,28	11,11	10,63	9,42
Nombre théorique de borne fontaine	5	5	4	4
Nombre réel de BF retenu	17,00	17,00	17,00	17,00
Débit de chaque BF (m3/h)	0,66	0,65	0,63	0,55
Débit de chaque BF (l/s)	0,18	0,18	0,17	0,15
BRANCHEMENT PARTICULIERS				
Temps de distribution (Heure)	16,00	16,00	16,00	16,00
Consommation journalier BP (m3)	64,31	143,30	180,89	225,52
Besoin journalier des BP (m3)	64,31	146,23	194,51	237,39
Demande du jour de pointe des BP (m3)	67,70	155,56	211,42	263,77
Débit moyen horaire des BP (m	4,23	9,72	13,21	16,49
Coefficient de pointe horaire calculé	2,72	2,30	2,19	2,12
Coefficient de pointe horaire retenu	2,50	2,50	2,50	2,50
Débit de pointe horaire (m3/h)	10,58	24,31	33,03	41,21
Débit de pointe horaire (l/s)	2,94	6,75	9,18	11,45
Longueur totale du réseau de distribution (ml)	10582,48			
Débit linéique (l/km)	0,28	0,64	0,87	1,08
BORNES FONTAINES + BRANCHEMENT PARTICULIERS				
Débit en tête de réseau (m3/h)	21,86	35,42	43,66	50,63
Débit en tête de réseau (l/s)	6,07	9,84	12,13	14,07

En tête du réseau de distribution, le débit de dimensionnement est estimé à 14,07 (l/s). En tenant compte des dix-sept (17) bornes fontaine retenues, le débit correspondant d'une borne fontaine est 0,15 (l/s) à l'horizon du projet ce qui donne une valeur de 2,55 (l/s) pour l'ensemble des bornes fontaine et le reliquat est sensé distribuer linéairement dans l'ensemble des conduites.

Vue que les robinets standard disponible sur le marché sont de 0,25 (l/s), nous optons pour un débit de distribution de 0,75 (l/s) par borne fontaine, à raison de trois (03) robinet par borne fontaine, soit un débit total de 12,75 (l/s) distribué par les BF. Le débit restant qui est de 1,32 (l/s) est linéairement distribué en route.

b. Calcul des conduites de distribution

Le dimensionnement des conduites de distribution a été fait en deux étapes. Le premier à consister à la détermination des diamètres des conduites et de la hauteur sous-radier en se fixant une pression de service (05 mCE pour notre cas). Puis, après avoir harmoniser la hauteur sous-radier, nous déterminons les pressions aux nœuds avec cette hauteur.

Les résultats du dimensionnement sont dans le tableau ci-dessous :

Tableau 25: Résultats du dimensionnement du réseau de distribution

Tuyau	Tronçon	Longueur (m)	Nœud Aval	Q_{fictif} (l/s)	DN (mm)	V (m/s)	Zmin (m)	$P_{réelle}$ (m)
T1	CE-N23	29,63	N23	14,07	160	0,86	297,90	12,18
T45	N23-N24	97,67	N24	0,76	63	0,30	297,75	12,36
T46	N24-BFN13	21,5	BFN13	0,75	63	0,30	297,77	12,35
T2	N23-N22	22,54	N22	13,31	160	0,81	298,22	11,88
T3	N22-N21	472,7	N21	13,33	160	0,81	299,56	10,52
T4	N21-N20	280,4	N20	13,28	160	0,81	299,06	11,00
T47	N20-BFN14	238,6	BFN14	0,78	63	0,31	301,78	8,34
T5	N20-N19	29,14	N19	12,47	160	0,76	297,66	12,39
T29	N19-N25	53,85	N25	6,56	160	0,40	297,73	12,34
T28	N25-N18	268,7	N18	6,56	160	0,40	296,04	14,01
T44	N18-BF10	186,9	BF10	0,78	63	0,30	295,49	14,55
T27	N18-N17	381,3	N17	5,78	160	0,35	297,71	12,36
T41	N17-n10	10,54	n10	1,54	63	0,60	297,67	12,39
T43	n10-BF9	8,821	BF9	0,75	63	0,29	297,91	12,16
T42	n10-BFN10	454,6	BFN12	0,81	63	0,32	302,06	8,04
T26	N17-N16	388,7	N16	4,20	90	0,81	300,18	9,84
T25	N16-N15	60,13	N15	4,15	90	0,80	300,39	9,63
T40	N15-BFN11	590,1	BFN11	0,83	63	0,32	300,57	9,46
T24	N15-N14	288,6	N14	3,36	75	0,93	301,72	8,26
T39	N14-BF8	352	BF8	0,80	63	0,31	302,39	7,63
T38	N14-BF7	55,42	BF7	0,76	63	0,30	302,03	7,99
T23	N14-N31	311,3	N31	1,80	63	0,71	303,47	6,50
T54	N31-BP2	32,26	BP2	0,20	32	0,25	302,60	7,39
T22	N31-N13	82,78	N13	1,56	63	0,61	303,37	6,61
T37	N13-BF6	55,32	BF6	0,76	63	0,30	304,14	5,86
T21	N13-N12	482,7	N12	0,82	63	0,32	302,68	7,29
T36	N12-BF5	16,56	BF5	0,75	63	0,29	302,76	7,21
T6	N19-N1	665,6	N1	5,94	160	0,36	293,23	16,80
T48	N1-N26	85,68	N26	0,83	63	0,32	293,89	16,14
T49	N26-N27	95,15	N27	0,82	63	0,32	292,77	17,24

T50	N27-N28	386,27	N28	0,83	63	0,32	289,83	20,15
T51	N28-N29	214,2	N29	0,78	63	0,31	288,54	21,41
T52	N29-BFN15	59,79	BFN15	0,76	63	0,30	288,52	21,43
T7	N1-N2	200,7	N2	5,04	110	0,65	292,14	17,84
T31	N2-BF1	113	BF1	0,77	63	0,30	292,52	17,48
T8	N2-N3	261,7	N3	4,27	110	0,55	291,09	18,88
T1'	N3-BF2'	226,3	BF2'	0,78	63	0,31	291,28	18,70
T9	N3-N4	308,2	N4	3,48	90	0,67	291,72	18,23
T11	N4-N5	454,1	N5	3,46	90	0,66	292,27	17,66
T12	N5-N6	19,4	N6	1,58	75	0,44	292,44	17,50
T13	N6-N7	222,4	N7	1,59	75	0,44	295,57	14,39
T33	N7-BF4	64,72	BF4	0,76	63	0,30	296,09	13,87
T14	N7-BFN16	602,6	BFN16	0,83	63	0,33	304,48	5,56
T15	N5-N8	286,3	N8	1,83	75	0,51	295,14	14,80
T16	N8-N9	243,7	N9	1,80	75	0,50	298,07	11,90
T34	N9-N30	18,24	N30	0,97	63	0,38	298,14	11,83
T53	N30-BP1	22,32	BP1	0,20	32	0,25	296,95	13,01
T35	N30-BF3	130,25	BF3	0,77	63	0,30	296,81	13,15
T17	N9-N10	502,8	N10	0,83	63	0,32	299,99	9,99
T18	N10-BFN17	129,3	BFN17	0,77	63	0,30	298,51	11,45

Les conditions de vitesse et pression aux nœuds sont respecté dans l'ensemble du réseau. Nous avons obtenu des vitesses d'écoulement dans les conduites comprises entre 0,29 ≈ 0,3 (m/s) (hormis au niveau des BP) et 0,86 m/s ce qui est idéale pour les conduites en PVC. Pour une altitude minimale Z_{min}= 304,48 m obtenue, et une côte TN du château égale à 293,25 m, nous avons une hauteur sous-radier H_{rd}= 11,28 m. cette hauteur a été porté à 12 m, ce qui nous permet d'obtenir une pression minimale de 5,56 mCE (au BFN16) et une pression maximale de 21,43 mCE (au BFN15). Les détails du dimensionnement sont donnés à l'annexe N°4

Le tableau ci-dessous contient le récapitulatif des caractéristiques des différentes conduites du réseaux de distribution :

Tableau 26: Caractéristiques des conduites de distribution

Nature	TN (bar)	DN (mm)	Longueur (m)
PVC	10	160	2203,86
PVC	10	110	462,4
PVC	10	90	1211,13
PVC	10	75	1060,4

PVC	10	63	5593,11
PEHD	10	32	54,58

3.2.5. Simulation du fonctionnement du futur réseau

La simulation du futur réseau est faite à deux (02) logiciel de modélisation et de simulation hydraulique à savoir, Epanet et WaterCAD. Elle est juste faite sur le réseau de distribution, le réseau d'adduction fonctionnant sou-pression.

Pour s'assurer d'avoir fait un bon dimensionnement, la formule de Darcy-Weisbach, avec une rugosité des conduites égale à 0,0015 a été utilisé pour la simulation sur Epanet et celle de Hazen Williams avec une rugosité des conduites 150 a été utilisé la simulation sur WaterCAD.

a. Résultat de simulation

Le résultat de la simulation sur Epanet est donné dans la figure ci-dessous :

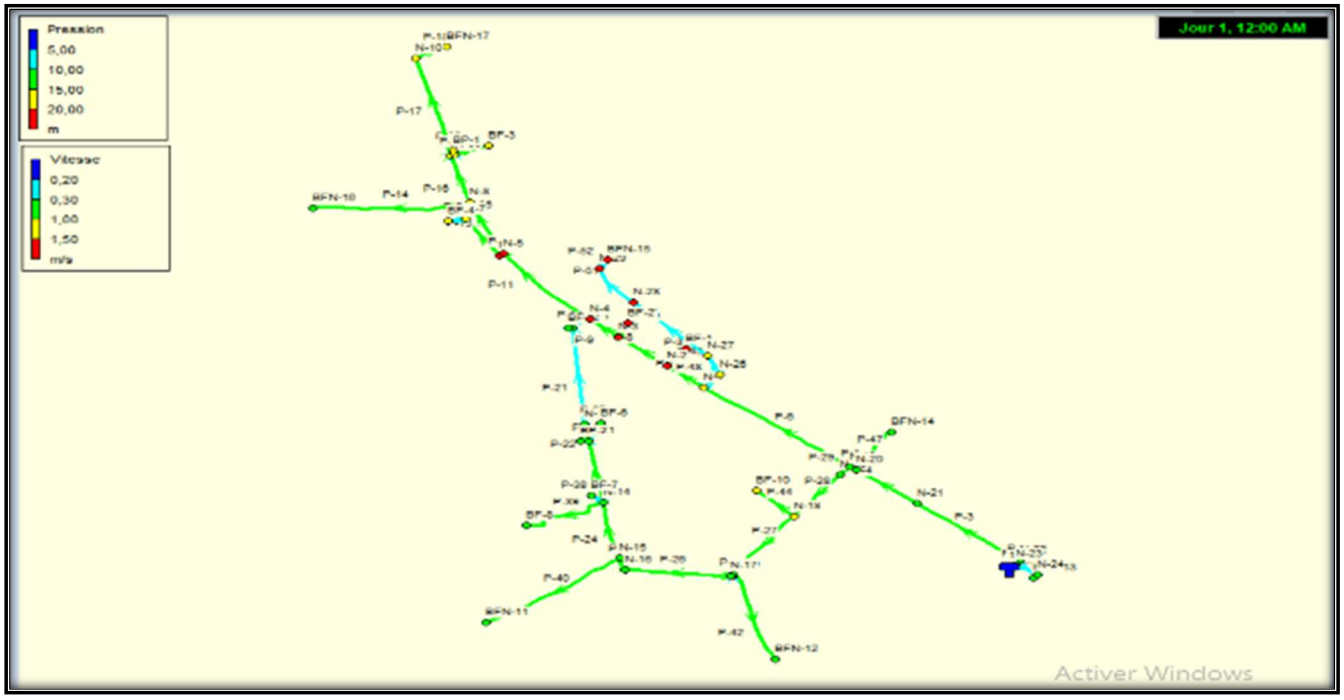


Figure 9: Résultat de simulation Epanet

b. Comparaison de résultats

Une comparaison des résultats obtenus avec le dimensionnement sur Microsoft Excel et les deux (02) logiciels de simulation est faite et se retrouve dans le tableau et les figure ci-après ; la comparaison concerne les débits et les vitesses dans les conduites et les pressions aux nœuds.

Tableau 27: Comparaison des résultats de dimensionnement et de simulations

ID Arc	Débit (l/s)			Vitesse (m/s)			ID Noeud	Pression		
	Excel	Epanet	WaterCAD	Excel	Epanet	WaterCAD		Excel	Epanet	WaterCAD

T1	14,07	13,61	13,61	0,86	0,83	0,83	N23	12,13	13,34	13,33
T45	0,76	0,75	0,75	0,3	0,29	0,29	N24	12,31	13,53	13,52
T46	0,75	0,75	0,75	0,3	0,29	0,29	BFN13	12,3	13,53	13,52
T2	13,31	12,86	12,86	0,81	0,78	0,78	N22	11,83	13,05	13,04
T3	13,33	12,86	12,86	0,81	0,78	0,78	N21	10,47	12,29	12,29
T4	13,28	12,86	12,86	0,81	0,78	0,78	N20	10,95	13,12	13,13
T47	0,78	0,78	0,78	0,31	0,31	0,31	BFN14	8,29	10,51	10,51
T5	12,47	12,08	12,08	0,76	0,74	0,74	N19	12,34	14,56	14,56
T29	6,56	6,44	6,44	0,4	0,39	0,39	N25	12,29	14,5	14,5
T28	6,56	6,44	6,44	0,4	0,39	0,39	N18	13,96	16,25	16,25
T44	0,78	0,78	0,78	0,3	0,31	0,31	BF10	14,5	16,87	16,87
T27	5,78	5,66	5,66	0,35	0,34	0,34	N17	12,31	14,66	14,66
T41	1,54	1,56	1,56	0,6	0,61	0,61	n10	12,34	14,72	14,72
T43	0,75	0,75	0,75	0,29	0,29	0,29	BF9	12,11	14,48	14,48
T42	0,81	0,81	0,81	0,32	0,32	0,32	BFN12	7,99	10,52	10,53
T26	4,2	4,1	4,1	0,81	0,79	0,79	N16	9,8	13,15	13,17
T25	4,15	4,1	4,1	0,8	0,79	0,79	N15	9,58	13,08	13,1
T40	0,83	0,83	0,83	0,32	0,33	0,33	BFN11	9,41	13,17	13,19
T24	3,36	3,27	3,27	0,93	0,91	0,91	N14	8,21	13,03	13,05
T39	0,8	0,8	0,8	0,31	0,31	0,31	BF8	7,58	12,5	12,53
T38	0,76	0,76	0,76	0,3	0,3	0,3	BF7	7,94	12,74	12,76
T23	1,8	1,71	1,71	0,71	0,67	0,67	N31	6,45	12,34	12,38
T54	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,25	BP2	7,34	13,24	13,27
T22	1,56	1,51	1,51	0,61	0,59	0,59	N13	6,56	12,64	12,68
T37	0,76	0,76	0,76	0,3	0,3	0,3	BF6	5,81	11,89	11,93
T21	0,82	0,75	0,75	0,32	0,29	0,29	N12	7,24	13,7	13,75
T36	0,75	0,75	0,75	0,29	0,29	0,29	BF5	7,16	13,63	13,67
T6	5,94	5,64	5,64	0,36	0,34	0,34	N1	16,75	19,16	19,16
T48	0,83	0,76	0,76	0,32	0,3	0,3	N26	16,09	18,56	18,56
T49	0,82	0,76	0,76	0,32	0,3	0,3	N27	17,19	19,75	19,75
T50	0,83	0,76	0,76	0,32	0,3	0,3	N28	20,1	23	23
T51	0,78	0,76	0,76	0,31	0,3	0,3	N29	21,36	24,4	24,4
T52	0,76	0,76	0,76	0,3	0,3	0,3	BFN15	21,38	24,44	24,44
T7	5,04	4,88	4,88	0,65	0,63	0,63	N2	17,8	20,49	20,49
T31	0,77	0,77	0,77	0,3	0,3	0,3	BF1	17,43	20,15	20,15
T8	4,27	4,11	4,11	0,55	0,53	0,53	N3	18,83	21,77	21,77
T1'	0,78	0,78	0,78	0,31	0,31	0,31	BF2'	18,65	21,67	21,68
T9	3,48	3,33	3,33	0,67	0,64	0,64	N4	18,18	21,7	21,71

T11	3,46	3,33	3,33	0,66	0,64	0,64	N5	17,61	21,94	21,96
T12	1,58	1,59	1,59	0,44	0,44	0,44	N6	17,45	21,79	21,81
T13	1,59	1,59	1,59	0,44	0,44	0,44	N7	14,34	18,81	18,84
T33	0,76	0,76	0,76	0,3	0,3	0,3	BF4	13,82	18,31	18,33
T14	0,83	0,83	0,83	0,33	0,33	0,33	BFN16	5,51	10,18	10,21
T15	1,83	1,74	1,74	0,51	0,48	0,48	N8	14,75	19,45	19,47
T16	1,8	1,74	1,74	0,5	0,48	0,48	N9	11,85	16,82	16,85
T34	0,97	0,97	0,97	0,38	0,38	0,38	N30	11,78	16,76	16,79
T53	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,25	BT1	12,96	17,96	17,99
T35	0,77	0,77	0,77	0,3	0,3	0,3	BF3	13,1	18,14	18,17
T17	0,83	0,77	0,77	0,32	0,3	0,3	N10	9,94	15,28	15,32
T18	0,77	0,77	0,77	0,3	0,3	0,3	BFN17	11,4	16,81	16,84

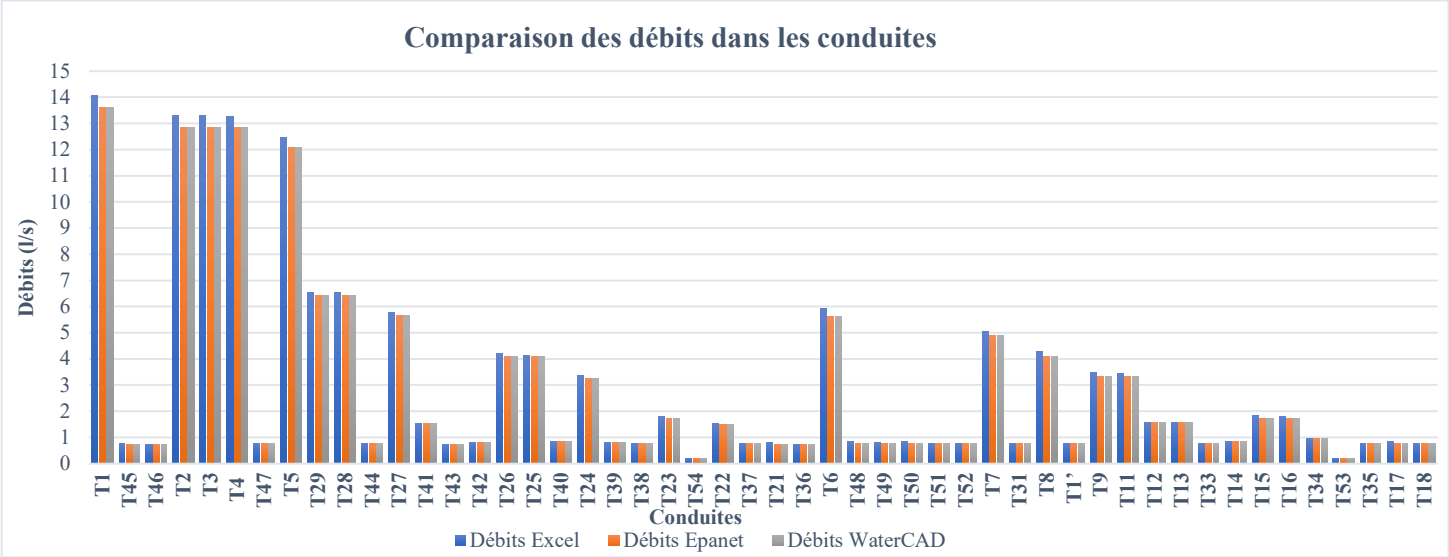


Figure 10: Comparaison des débits de dimensionnement et de simulations

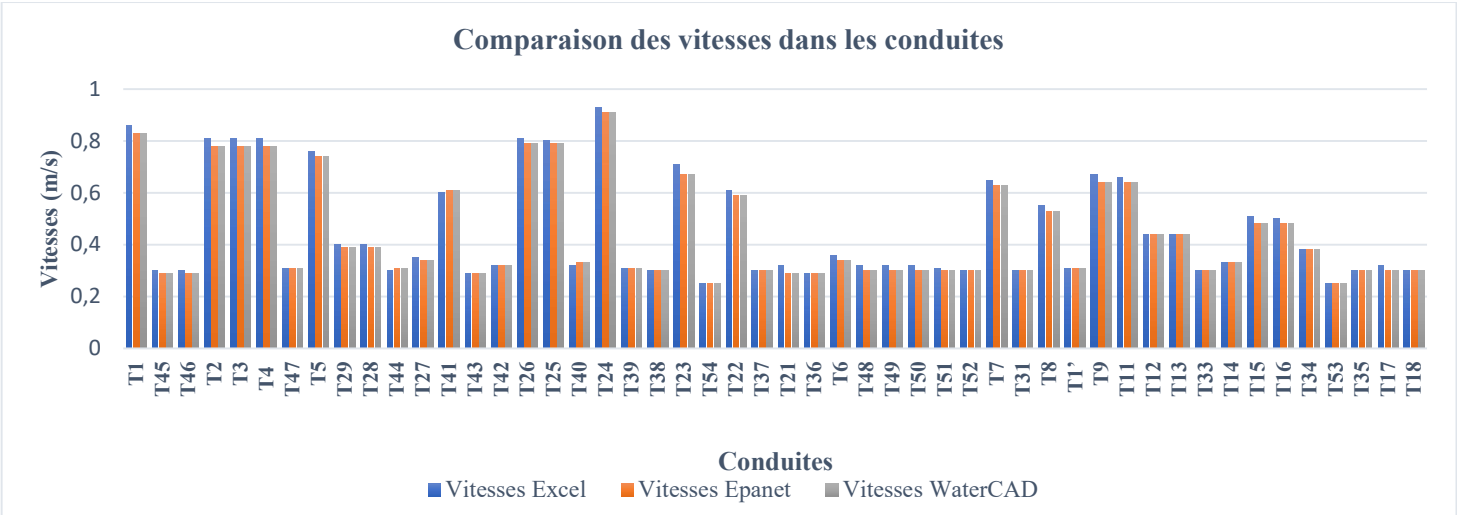


Figure 11: Comparaison des vitesses de dimensionnement et de simulation

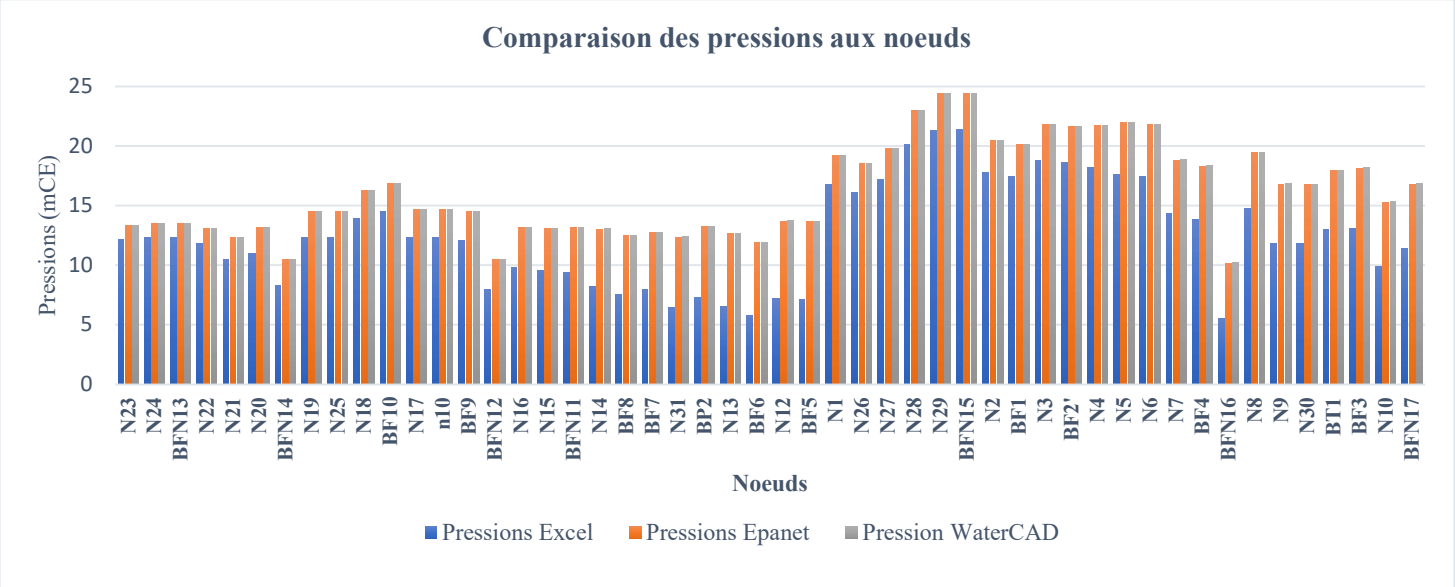


Figure 12: Comparaison des pressions de dimensionnement et de simulations

Le dimensionnement sur Excel et la simulation sur Epanet et WaterCAD présentent à peu près les mêmes résultats pour ce qui concerne les débits et les vitesses, mais le constate est fait que les pressions aux nœuds sont quasiment les mêmes pour les simulations et à leurs tours supérieures que celles du dimensionnement sur Excel.

Néanmoins, les conditions de vitesse ($0{,}3 \geq V(m/s) \leq 1{,}5$) et de pressions ($5 \geq P(m) \leq 50$) sont respecté à tous les niveaux.

Les détails des résultats de simulation sont donnés à l'annexe N°5

3.2.6. Géométrie des fouilles pour les canalisations

La réalisation des tranchées pour la pose des conduites doit respecter un certain nombre de critères pour assurer la protection des conduites. Les diamètres des conduites et/ou la stabilité du sol conditionne(nt) les dimensions des différentes fouilles.

Nous nous fixons alors les conditions suivantes pour la réalisation des tranchés de pose des conduites :

- Profondeur de la fouille : $H(m) \geq 0{,}8+D(m)$
- Largeur de la fouille : $L(m) \geq 0{,}4+D(m)$

Le récapitulatif des dimensions de fouille en fonction des conduites est donné dans le tableau ci-dessous :

Tableau 28: Dimensions des fouilles

DN (mm)	Dimensions calculées		Dimensions retenue	
	Profondeur (m)	Largeur (m)	Profondeur (cm)	Largeur (cm)
160	0,96	0,56	100	60

110	0,91	0,51	100	60
90	0,89	0,49	90	50
75	0,875	0,475	90	50
63	0,863	0,463	90	50
32	0,832	0,432	90	50

Alors deux (02) types de tranchés sont à réaliser à l'exécution des travaux.

- Des tranchés de 100 cm X 60 cm pour les conduites DN 160 et DN 110
- Des tranchés de 90 cm X 50 cm pour les conduites DN 90, DN 75, DN 63 et DN 32.

3.2.7. Ouvrages annexes

Des ouvrages et équipement annexe doivent impérativement être réalisé en vue d'assurer le bon fonctionnement du système d'AEPS. Pour ce projet, les principaux ouvrages prévus sont :

a. Aménagement et équipement de la tête de forage

L'aménagement de la tête de forage et son équipement seront réalisés suivant les plans de génie civil et d'équipement standard. Les principaux équipements que sera doté la tête du forage sont les suivants : un couvercle, un collier de support, une courbe à grand rayon M/F, des brides rondes filetées, un compteur PAM, un clapet anti-retour, un manomètre, une vanne, un pressostat, un robinet de puisage, un raccord adaptable PVC/galva, et un filtre à tamis

La partie génie civil de l'aménagement de la tête de forage sera réalisée conformément au plan joint en annexe.

b. Regards de vidanges et regards de ventouses

- Des vidanges permettront de vidanger ou de nettoyer le réseau ou une partie du réseau en cas de besoin. Elles seront placées aux points bas et raccordées aux conduites. Elles seront munies de vanne de vidange et se déverseront soit dans un puits perdu si elle est au milieu des concessions, soit dans une rigole naturelle. Dans tous les cas, des précautions doivent être prises pour éviter de créer des nuisances aux usagers lors des opérations de vidange ;
- Des ventouses placées aux points hauts et raccordées aux conduites permettront le dégagement de l'air introduit dans les canalisations. Elles seront logées dans des regards en béton armé.

3.2.8. Infrastructure de gestion et d'exploitation de l'AEP

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

Pour ce faire les équipements listés ci-dessous sont à réaliser :

- Local de service
- Local groupe (local technique)
- Local compteur
- Local gardien
- Latrine-Douche VIP

Toutes les pièces graphiques et plans de constructions des différents ouvrages et équipement annexes sont à l'annexe N°6.

3.2.9. Qualité de l'eau

En général l'eau des forages sont de très bonne qualité (des analyses sont exigées à cet effet) et en principe n'exige pas de traitement spécifique. Mais il n'est pas exclu de prévoir un dispositif de renforcement de la qualité de l'eau desservie. Pour ce réseau, le renforcement la qualité de l'eau se fera par l'utilisation de pastilles de chlore dans la cuve du réservoir. Il se fera à l'aide d'un diffuseur lent. Ceci permettra d'assurer la désinfection de l'eau tout en maintenant une certaine concentration de chlore résiduelle dans le réseau. L'objectif est de préserver la qualité de l'eau desservie aux consommateurs même en cas des pollutions accidentelles qui pourraient survenir lors des travaux d'entretien des équipements (pose et dépose de la pompe, entretien de la cuve du château d'eau, réparation des canalisations, etc.).

Il est préconisé de régulièrement analyser l'eau prélevée au niveau du forage, celle stocker dans réservoir et celle sortant des bornes fontaines et des branchements afin de s'assurer que toute l'eau véhiculée dans le réseau répond aux normes de qualité en vigueur, tant sur le plan physico-chimique que bactériologique. Ainsi, celle permettra d'intervenir le plus rapidement possible en cas de détection d'une anomalie.

Partant d'une dose utile de chlore estimée à 1,2 mg/l, soit 1,2 g/m3 souhaitée, la quantité de chlore nécessaire pour le traitement quotidien de l'eau produite est évaluée et consignée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 29: Besoins en pastille de chlore

Horizon	2025	2030	2035	2040
Production moyenne d'eau par jour m^3	154,15	264,25	331,98	390,87
Besoin en Chlore par jour (Kg)	0,18	0,32	0,40	0,47
Besoin en Chlore par an (Kg)	67,52	115,74	145,41	171,20

VII. ETUDE DE FAISABILITE FINANCIERE

1. Devis quantitatif et estimatif de réhabilitation et d'extension

Après quantifié les équipement, matériels et ouvrages nécessaire à la réhabilitation et à l'extension de l'AEPS de FOUNZAN, nous avons procéder à une estimation du coût des investissements pour la remise à neuf du système AEPS. Le récapitulatif des coûts est présentée dans le tableau ci-dessous. (Voir annexe N°7 pour détails)

Tableau 30: Récapitulatif des coûts des travaux

RECAPITULATIF	
FORFAIT GENERAUX	3 850 000
REHABILITATION DE L'EXISTANT	
EXHAURE / REFOULEMENT	21 785 000
EXTENSION DU RESEAU	
EXHAURE / REFOULEMENT	13 027 500
SYSTÈME DE POMPAGE	52 355 800
CANALISATION	126 364 288
FOURNITURES ET POSE DE PIECES	2 641 000
CONSTRUCTION DE REGARDS ET POSE DE PIECES	3 910 000
CHÂTEAU D'EAU 100 m3	99 600 000
BORNE FONTAINE	10 920 000
EQUIPEMENTS ANNEXES	12 600 000
MISE EN ŒUVRE DE LA SAUVEGARDE ENVIRONEMENTAL ET SOCIAL	2 000 000
MONTANT TOTAL HT	349 053 588
TVA 18%	62 829 646
MONTANT TOTAL TTC	411 883 234

Ainsi, la somme nécessaire pour la réhabilitation et l'extension du système d'AEPS de FOUNZAN est estimé à **trois cent quarante-neuf million cinquante-trois mille cinq cent quatre-vingt-huit (349 053 588) francs CFA** en **Hors Taxes (HT)**, soit en un montant total de **quatre cent onze million huit cent quatre-vingt-trois mille deux cent trente-quatre (411 883 234) francs CFA Toutes Taxes Comprises (TTC)**

2. Plan de phasage des travaux

Pour permettre au partenaire financier de mieux supporter les coûts des travaux et d'éviter les arrêts des travaux par défaut de budget, nous proposons la réalisation des travaux en deux (02) phases pour des montants respectif de **333 901 721** francs CFA et de **77 981 513** francs CFA (Tous en TTC). La première phase va concerner les travaux de réhabilitation des ouvrages

existants, les travaux de fourniture et de pose de conduites, les raccordements de pièces spéciales, la fourniture et pose d'un château d'eau de 100 m^3

Et la deuxième phase quant à elle va concerner les travaux d'extension du réseau, la construction de sept (07) nouvelles bornes fontaines et de quatre-vingt-six (nouveau branchements privés y compris toutes autres sujétions, la réalisation du champ solaire, l'acquisition du groupe électrogène et la construction du local groupe.

3. Détermination du prix de l'eau

3.1. Evaluation de l'amortissement annuel des équipements

L'amortissement d'un matériel ou d'un équipement désigne la perte de valeur de celui-ci suite à plusieurs raisons possibles. Ce sont entre autres l'usure naturelle, le développement technique ou l'obsolescence. Il est perçu dans la majorité des cas sous forme dérogatoire ou dégressif. Quant à la dotation aux amortissements, elle se présente comme étant le cumul cette perte de valeur de l'équipement. Sa connaissance permet d'anticiper le remplacement et l'échelonnement de la perte de valeur de l'équipement concerné dans le temps. Dans le cadre de de l'AEPS de FOUNZAN, le tableau ci-dessous donne la situation du matériel et d'équipements concernés et leur amortissement.

Tableau 31: Amortissements des équipements

Équipements	Durée de vie	Taux d'amortissement	Valeur (FCFA)	Amortissement/an (FCFA)
Électropompe	10	10,00%	12 000 000	**1 200 000**
Groupe électrogène	15	6,67%	25 000 000	**1 667 500**
Modules solaires	25	4,00%	10 000 000	**400 000**
Conduite en PVC	30	3,33%	39 362 366	**1 310 767**
Pièces hydrauliques en fonte	50	2,00%	1 301 000	**26 020**
Château d'eau + accessoires	30	3,33%	60 000 000	**1 998 000**
Total			147 663 366	**6 602 287**

3.2.Coût d'exploitation et d'entretien futur du système étendu

Pour le cas de notre étude, les coûts d'exploitation est relatif aux consommable comme les produits chimiques, la consommation de l'électricité, les frais d'entretien courant et d'éventuelles réparations, et les charges salariales liées au personnel.

- Le minimum de personnel nécessaire estimé pour assurer la gestion de l'AEPS est d'environ vingt (20) personnes dont un (01) chef de centre (avec un salaire mensuel estimé

à 80 000 f CFA), deux (02) gardiens (avec un salaire mensuel estimé à 60 000 f CFA par personne) et dix-sept (17) fontainiers (avec un salaire mensuel de 45 000 f CFA par personne). La rémunération totale du personnel, s'élève à 965 000 f CFA/mois pour la première année. En appliquant un taux d'accroissement annuel de 3%, à l'horizon du projet en 2040, la masse salariale augmentera progressivement pour atteindre la somme de 17 515 789 f CFA/mois.

- Les produits d'entretien sont perçus comme étant des charges variables qui sont utilisées dans le processus de production et de distribution de d'eau. Les pastilles de chlore sont retenues pour la désinfection l'eau. Le coût du marché de la pastille de chlore est d'environ 6 000 f CFA par Kg. Ainsi, le coût total de l'achat du chlore pour le cumul des quinze (15) ans est estimé à 11 247 035 f CFA.
- Le coût de l'énergie est évalué en se mettant dans une situation un peu défavorable c'est-à-dire en utilisant le courant de la SONABEL, avec un coût du Kwh estimé à 165 f CFA. Pour une pompe dont la consommation d'énergie est de 0.3364 Kwh/m^3 (données du constructeur), les dépenses liées à l'énergie est estimé à 86 705 264 f CFA pour quinze (15) ans de fonctionnement.
- En considérant les frais d'entretien et de maintenance moyens mensuels de 200 000 f CFA nous avons un montant de 36 000 000 f CFA à allouer à cette rubrique pour un cumul de quinze (15) ans de fonctionnement.

La synthèse du calcul du prix de revient de l'eau est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 32: Evaluation du coût de production de l'eau

Désignation	Unité	Montant sur 15 ans
Charges personnel	FCFA	215 375 423
Charges Energie	FCFA	86 705 264
Charge Chloration	FCFA	11 247 035
Maintenances et autres charges	FCFA	36 000 000
Dotations aux amortissements	FCFA	142 124 185
Investissement initial	FCFA	411 883 234
Volume d'eau produit	FCFA	1 562 088
Prix de revient du m3 d'eau avec investissement initial	FCFA	578
Prix de revient du m3 d'eau sans investissement initial	FCFA	315

Avec les frais d'investissement inclus, le coût de production d'un mètre cube d'eau s'élève à 578 FCFA. Cependant, il revient à la somme de 315 f CFA si toute fois le coût des travaux de réhabilitation et d'extension n'est pris en compte. Le prix de vente pourrait être fixer entre la somme 380 FCFA (soit une marge bénéficiaire d'environs 20%) et 500 FCFA. Toutefois, la commune pourra statuer en délibéré sur le prix de vente de l'eau dans son ressort.

4. Mode de gestion

La gestion de l'AEPS existant de FOUNZAN est confiée à un opérateur privé à savoir VERGNET BURKINA, à travers un contrat d'affermage contracté entre la commune et ce dernier.

En rappel, dans le cadre de la décentralisation au Burkina Faso, les collectivités se sont vues chargées de la gestion des domaines de l'eau et de l'assainissement. Alors, les communes sont désormais propriétaires et garantes des ouvrages communautaires sur son essor territorial. Elles ont donc pour rôle d'assurer la maitrise d'ouvrage et d'organiser le service public de l'eau qui se défini par la réalisation, la planification et la gestion des ouvrages d'eau potable et d'assainissement. A cet effet, la commune de FOUNZAN a compétence de déléguer la gestion de l'ouvrage à un autre fermier si le premier est en fin de contrat si non VERGNET BURKINA continuera de la gestion de l'AEPS jusqu'au terme de son contrat.

VIII. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX DU PROJET

Cette partie du document relate les éventuels impacts environnementaux et sociaux que peuvent induire les travaux de la réhabilitation et d'extension de l'AEPS, tout en proposant des mesures à prendre afin de mieux les cerner, canaliser et amplifier s'il s'agit des impacts positifs et s'ils sont négatif c'est d'éviter leurs survenances si possibles, les atténuer ou proposer des compensations s'ils sont inévitables. Tout cela doit se faire dans le strict respect de la réglementation en vigueur en matière de protection de l'environnement et du bien-être humain.

1. Impacts positifs

1.1. Impact sur la création d'Emploi

Le projet stimulera l'économie locale et régionale en créant des emplois directs et indirects, aussi bien durant la construction que l'exploitation. Le recrutement donnera la priorité à la main-d'œuvre locale (jeunes et femmes), dans le strict respect du droit du travail (interdiction du travail des enfants). De plus, l'activité générera des recettes fiscales pour la commune et l'État.

1.2. Conditions de vie et santé de la population

L'accès facilité à l'eau potable améliorera la santé publique et réduira la pénibilité liée à la corvée d'eau. Les femmes seront les principales bénéficiaires : le temps gagné leur permettra de développer des activités économiques et de renforcer leur autonomie financière. Durant les travaux, elles pourront également profiter de la demande en services (restauration) créée par le chantier.

1.3. Impact sur les activités économiques

Pour assurer la pérennité des retombées économiques, le texte préconise une gestion transparente. Il recommande la mise en place d'un comité d'attribution inclusif (mairie, usagers, etc.) pour gérer l'exploitation des bornes-fontaines de manière équitable.

2. Impacts négatifs

Les nuisances potentielles lors de la phase de travaux, et dans une moindre mesure durant l'exploitation, sont :

Air et ambiance sonore : Les travaux généreront de la poussière et du bruit, causant des gênes respiratoires et auditives pour les riverains et les travailleurs. En phase d'exploitation, l'impact reste mineur (usage occasionnel de groupes électrogènes).

Sols : Les fouilles, le tassement par les engins et les déchets de chantier modifieront le relief et la structure du sol. Il existe un risque moyen de pollution par déversement d'hydrocarbures, bien que ces impacts soient jugés ponctuels et de courte durée.

Ressources en eau : Le chantier consommera de l'eau et présente un risque de pollution des eaux de surface (carburants/huiles). En phase d'exploitation, le risque majeur est le prélèvement excessif dans la nappe souterraine.

Végétation : L'impact est faible. Seuls quelques arbustes et herbacées seront touchés (environ 12 pieds identifiés), sans abattage significatif d'arbres ni effet notable sur le stockage de carbone.

Faune : Les travaux perturberont l'habitat naturel (destructions de terriers/arbres) et le bruit fera fuir les animaux. Un risque de chasse illégale par le personnel est noté, mais l'impact global reste mineur.

Cultures : La pose de conduites pourrait détruire ou piétiner des cultures, mais cet impact est nul si les travaux sont réalisés en saison sèche.

Santé et sécurité : Les risques principaux concernent les accidents de chantier (chutes, blessures, écrasements) et de circulation. Les risques sociaux et sanitaires (conflits, MST) sont minimisés car la main-d'œuvre sera majoritairement locale.

3. Mesures d'atténuation

Le Maître d'Ouvrage doit appliquer des mesures spécifiques pour minimiser, atténuer ou compenser les impacts négatifs du projet et faciliter son intégration locale.

3.1. Mesures Environnementales, Sociales et Économiques

Flore et Faune : Limiter l'abattage des arbres (et reboiser en compensation), protéger la faune.

Eau et Sol : Analyser la qualité de l'eau, prévenir la pollution des nappes et sols, et gérer rigoureusement les déchets solides et liquides.

Air et Nuisances : Réduire la poussière (arrosage), limiter la vitesse des engins (30 km/h), interdire les travaux nocturnes et privilégier le terrassement manuel.

Agriculture : Réaliser les travaux de préférence en saison sèche et indemniser les agriculteurs en cas de destruction de cultures.

Emploi et Économie locale : Prioriser le recrutement de la main-d'œuvre locale et des femmes (notamment pour la gestion des bornes-fontaines). Encourager les employés à consommer les mets locaux vendus par les femmes et veiller au paiement de ces services.

Santé et Sécurité : Fournir des équipements de protection (EPI), assurer un suivi médical, sensibiliser aux IST/VIH, installer une signalisation adéquate et prévenir les incendies.

IX. RECOMMANDATIONS

- **Phase de mise en œuvre**

Pour garantir la réussite du projet lors de sa mise en œuvre, il est recommandé à chaque acteur de veiller au strict respect du cahier des charges qui le concerne. De plus, il est impératif de suivre les directives du Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) afin de ne pas compromettre les efforts des partenaires du projet.

- **Phase d'exploitation**

Afin d'assurer la protection et la viabilité de l'Alimentation en Eau Potable Simplifiée (AEPS), les recommandations suivantes doivent être appliquées :

- Gestion financière : Assurer un suivi permanent et rigoureux de la comptabilité et des finances des infrastructures.
- Suivi des données : La commune doit exiger de l'exploitant la transmission régulière des données d'exploitation pour vérifier le bon fonctionnement des installations.
- Surveillance de la ressource : Un suivi piézométrique de la nappe doit être réalisé régulièrement pour garantir la disponibilité de l'eau et protéger les équipements de pompage.
- Maintenance : La commune doit exercer une surveillance technique continue et veiller à ce que le fermier (ou l'exploitant) assure l'entretien courant du réseau.

- **Pérennité et impact économique**

Pour garantir la pérennité et la gestion participative des ouvrages, il est essentiel d'impliquer l'ensemble des acteurs clés : les professionnels de l'AEP, les services techniques des communes ainsi que les comités locaux (AUE/CLE) afin d'assurer un service de proximité.

Parallèlement, pour maximiser la rentabilité des installations et stimuler l'économie locale, le projet doit encourager activement les branchements privés. Cette promotion, couplée à la sensibilisation, permettra d'accroître la demande et de faire de l'accès à l'eau un véritable moteur de croissance pour les foyers et les activités commerciales.

X. CONCLUSIONS

Les faisabilités techniques de réhabilitation et de l'extension de l'AEPS de FOUNZAN ont été démontré, dans toute ses détails, dans la présente étude technique réalisée dans le cadre du projet de remise à nouveau des système d'AEPS. Le nouveau forage réalisé dans l'optique de suppléer l'existant devient la principale ressource en eau à cause de leurs proximités et de la liaison des nappes. Pour répondre aux besoins de la population à l'horizon 2040 il est impératif envisagée la réalisation d'un forage supplémentaire si un test révèle l'impossibilité de l'utilisation simultané des deux. Les forages alimenteront un château d'eau de 100 m^3 située sur une élévation du village. Le Château, lui alimentera dix-sept (17) bornes fontaines et des branchements particuliers

L'enquête socio-économique réalisé a révélé une adhésion totale de la population au projet. Elle se montre disposer à accompagner indéfectiblement la mise en œuvre du projet. Ainsi, cela garanti une faisabilité sociale et économique satisfaisante du projet. La bonne fréquentation de la population des bornes fontaines, les demandes incessantes des branchement privés déjà enregistré à l'endroit des institutions, des structures associatives et des particuliers en témoignent l'adoption de ce projet par la population.

La réhabilitation et l'extension du système d'AEPS contribuera à booster de façon significative le taux d'accès à l'eau potable dans la commune de FOUNZAN et impactera très positivement les réalités socio-économiques de la population.

L'analyse financière donne un coût de réalisation des travaux estimé à **quatre cent onze million huit cent quatre-vingt-trois mille deux cent trente-quatre (411 883 234) francs CFA Toutes Taxes Comprises** (**TTC**)
. En prenant en compte l'investissement, le prix de revient du mètre cube d'eau est estimé 578 FCFA, mais il revient à la somme de 315 f CFA si toute fois le coût des travaux n'est pris en compte. Ainsi un prix de vente fixé à au plus 500 Fcfa couvre logiquement les frais de fonctionnement du système.
À la vue du rapport de gestion du fermier, les autorités communales se doivent de s'assurer régulièrement de la bonne gestion du système d'AEPS.

BIBLIOGRAPHIE

[1] M. Livet, « Vulnérabilité des ressources en eau et protection des captages pour l'alimentation en eau potable », *Rev. Fr. Lab.*, n° 364, juin 2004.

[2] CETRI, « CETRI Book », Ouagadougou ; Burkina Faso, 2020.

[3] Mairie de Founzan, « Rapport définitif PCD Founzan 2021-2025 », Mairie, Founzan, Plan de Développement Communal, avr. 2021.

[4] DGEP, « Rapport INOH 2024 », MEEA, Ouagadougou ; Burkina Faso, Inventaire des ouvrages Hydrauliques, 2024.

[5] M. Guidère, « Méthodologie de la recherche ». ellipses, 2004.

[6] H. KOUTOU, « Etude d'Avant-Projet Détaillé (APD) pour la réalisation d'un système d'Approvisionnement d'Eau Potable Simplifiée (AEPS) à Bounou dans la Commune de Yaba, Région de la Boucle du Mouhoun (Burkina Faso) », 2iE, Ouagadougou ; Burkina Faso, Mémoire Master 2iE, Promotion 2022 2023.

[7] INSD, « Cinquième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH) du Burkina Faso », INSD, Ouagadougou ; Burkina Faso, RGPH N°5, juin 2022.

[8] MEEA, « Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable 2016-2030 », MEEA, Ouagadougou ; Burkina Faso, mai 2016.

[9] F. Mogari, « Réseaux Urbains Hydrauliques ». septembre 2014.

[10] B. NEKRASSOV, « Cours d'hydraulique ». Editons MIR, 1967.

[11] Dr. A. Miloudi, « Cours Hydraulique Générale I ». Année universitaire 2019 2020.

[12] Dr. L. A. MOUNIROU, « Essentiel de dimensionnement des Stations de Pompage ». septembre 2024.

[13] D. ZOUNGRANA, « Cours d'approvisionnement en Eau Potable ». novembre 2003.

[14] B. LEGUBE, « Production d'eau potable ; Procédés de traitement, paramètres de qualité et impacts du changement climatique ». DUNOD, 2021.

[15] B. LEGUBE, « Production d'eau potable ; Filières et procédés de traitement ». DUNOD, 2015.

[16] Dr. M. D. FAYE, « Ingénierie des réseaux d'eau potable : Adduction-Réservoirs-Réseaux de distribution ». mai 2021.

[17] M. M. OUEDRAOGO, « Gestion technique des réseaux d'eau sous pression : Recherche de fuites / Télégestion ». 2024.

[18] CICR, « Guide pratique pour les essais de pompage de puits ». septembre 2011.

[19] G. CASTANY, « Principes et méthodes de l'hydrogéologie ». DUNOD, 1982.

ANNEXES

Annexe 1: Plan du réseau 72

Annexe 2 : Photos du diagnostic du réseau existant 73

Annexe 3 : Fiche technique, fiche d'équipement, de développement et de pompages du forage et rapports d'analyse des essais de puit et de nappe 77

Annexe 4: Caractéristiques du module solaire 84

Annexe 5: Compte d'exploitation du fermier au premier semestre 2025 84

Annexe 6 : Dimensionnement Excel des conduites de distribution 86

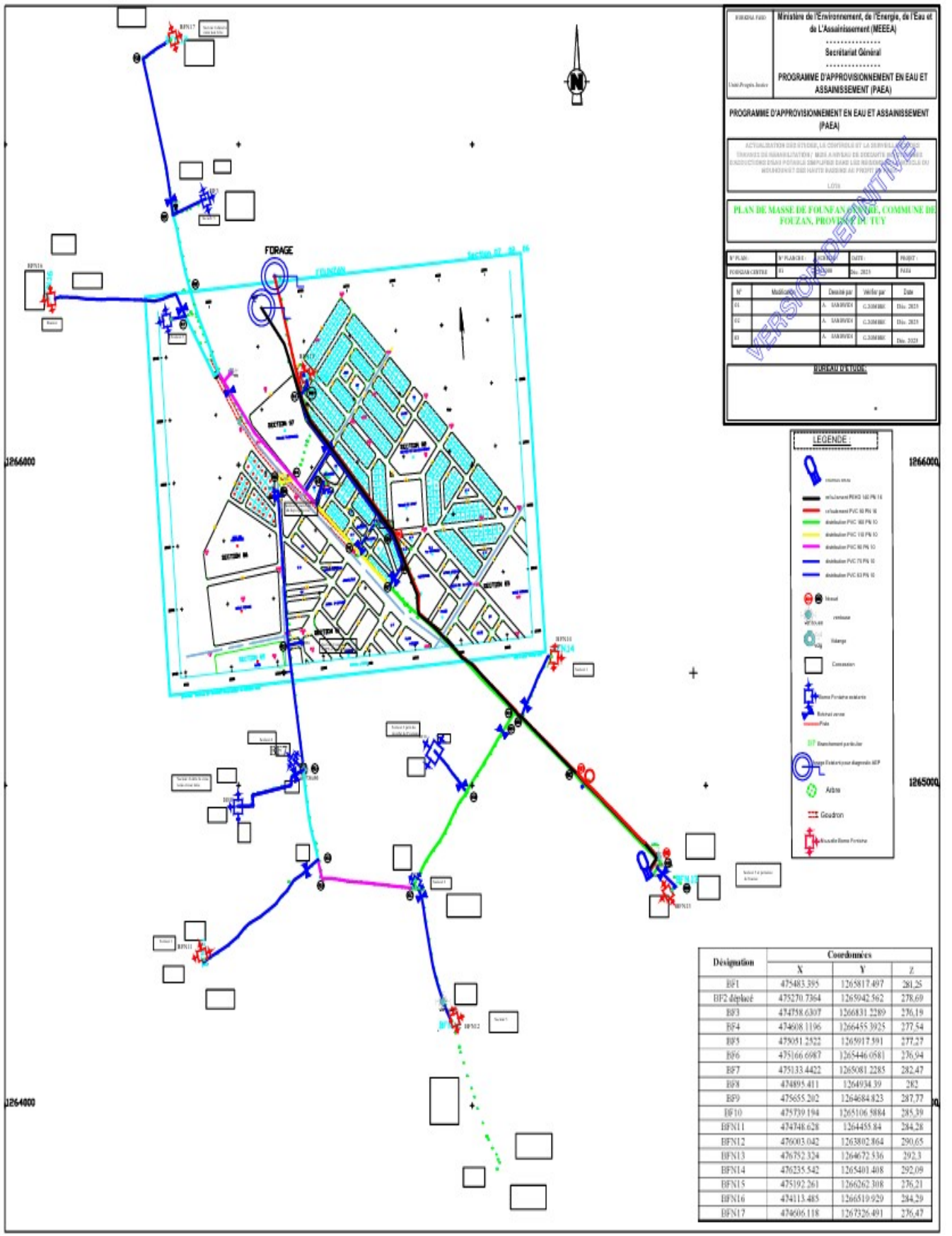
Annexe 7 : résultats des simulations Epanet et WaterCAD 90

Annexe 8 : les pièces graphiques et plans 96

Annexe 9 : Devis quantitatif et estimatif 102

Annexe 10 : Carnets des nœuds 110

Annexe 1: Plan du réseau



Désignation	Coordonnées		
	X	Y	Z
BF1	475483.395	1265817.497	281,25
BF2 déplacé	475270.7364	1265942.562	278,69
BF3	474758.6307	1266831.2289	276,19
BF4	474608.1196	1266455.3925	277,54
BF5	475051.2522	1265917.591	277,27
BF6	475166.6987	1265446.0581	276,94
BF7	475133.4422	1265081.2285	282,47
BF8	474895.411	1264934.39	282
BF9	475655.202	1264684.823	287,77
BF10	475739.194	1265106.5884	285,39
BFN11	474748.628	1264455.84	284,28
BFN12	476003.042	1263802.864	290,65
BFN13	476752.324	1264672.536	292,3
BFN14	476235.542	1265401.408	292,09
BFN15	475192.261	1266262.308	276,21
BFN16	474113.485	1266519.929	284,29
BFN17	474606.118	1267326.491	276,47

Annexe 2 : Photos du diagnostic du réseau existant



Photo 1 : Local groupe existant



Photo 2 : Compteur SONABEL installé dans le local groupe



Photo 3 : Etat du BF1



Photo 4 : Etat du BF3



Photo 5 : Etat du BF4



Photo 6 : Etat du BF5

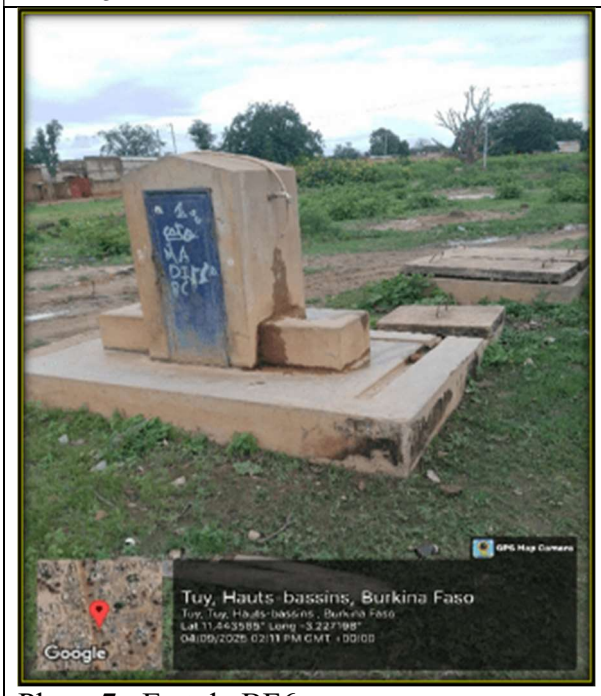


Photo 7 : Etat du BF6



Photo 8 : Etat du BF7



Photo 9 : Etat du BF8

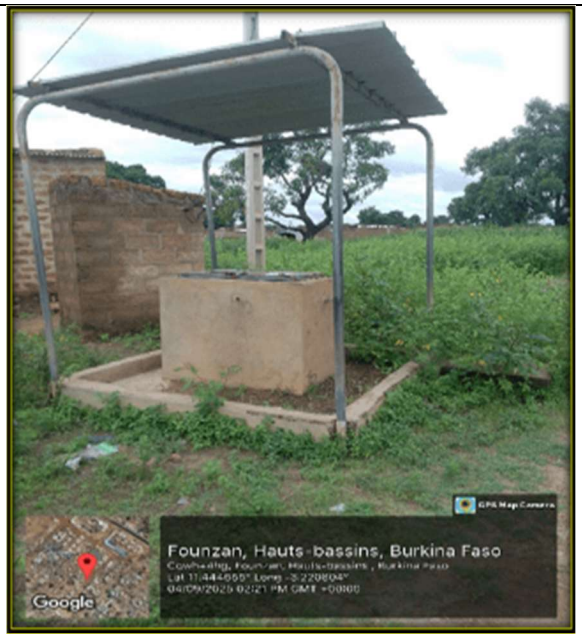


Photo 10 : Etat du BF9



Photo 11 : Etat du BF10

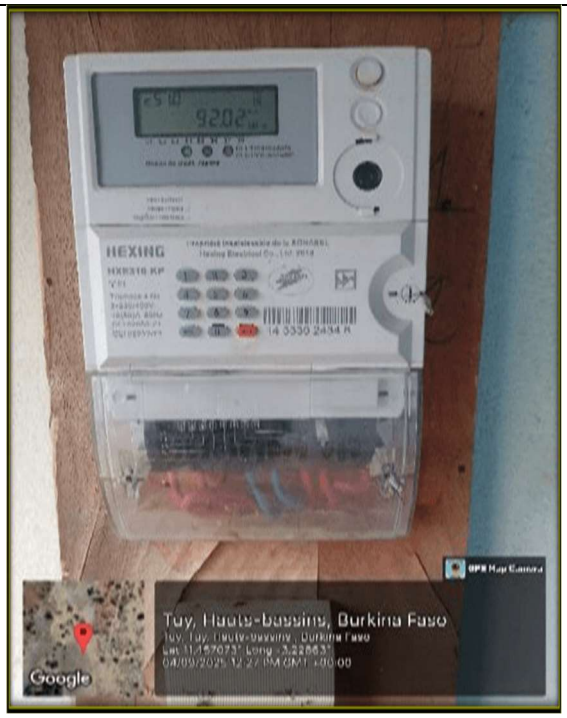


Photo 12 : Compteur SONABEL alimentant l'AEPS



Photo 13 : Forage alimentant l'AEPS de Founzan



Photo 14 : Eléments électromécaniques de la tête de forage

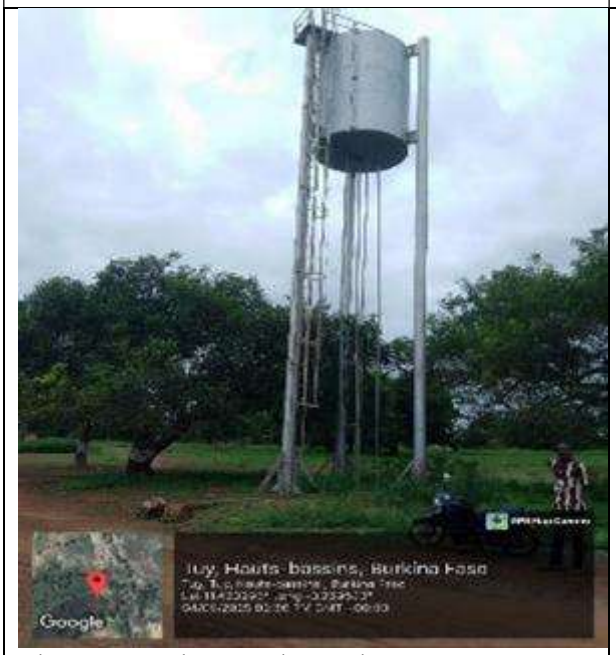


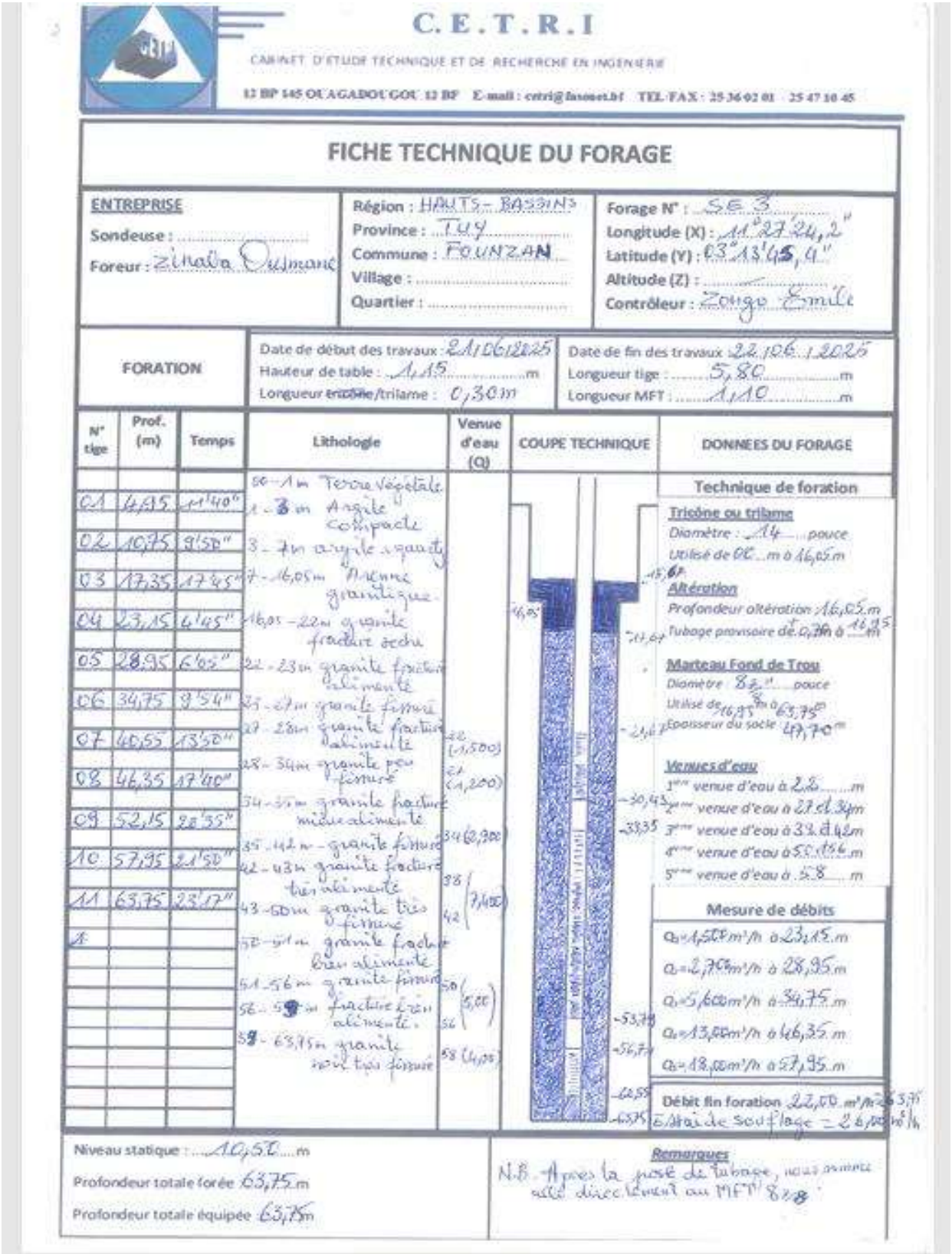
Photo 15 : Château d'eau de 25 m3



Photo 16 : prise d'un branchement privé

Annexe 3 : Fiche technique, fiche d'équipement, de développement et de pompages du forage et rapports d'analyse des essais de puit et de nappe

Fiche technique du forage :



C.E.T.R.I

CABINET D'ETUDE TECHNIQUE ET DE RECHERCHE EN INGENIERIE

12 BP 145 OUAGADOUGOU 12 BF E-mail : cetri@fasonet.bf TEL-FAX : 25 36 02 01 25 47 10 45

FICHE TECHNIQUE DU FORAGE

ENTREPRISE
Sondeuse : .....
Foreur : Zinaba Ousmane

Région : HAUTS-BASSINS
Province : TUY
Commune : FOUNZAN
Village : .....
Quartier : .....

Forage N° : SE 3
Longitude (X) : 11°27'24,2"
Latitude (Y) : 03°13'45,4"
Altitude (Z) : .....
Contrôleur : Zongo Emile

FORATION

Date de début des travaux : 21/06/2025
Hauteur de table : 1,15 m
Longueur ~~crépine~~/trilame : 0,30 m

Date de fin des travaux 22/06/2025
Longueur tige : 5,80 m
Longueur MFT : 1,10 m

N° tige	Prof. (m)	Temps
01	4,95	1'40"
02	10,75	9'50"
03	17,35	17'45"
04	23,15	6'45"
05	28,95	6'05"
06	34,75	9'54"
07	40,55	13'50"
08	46,35	17'40"
09	52,15	28'35"
10	57,95	21'50"
11	63,75	23'17"

Lithologie :
- 0-1m Terre végétale
- 1-3m Argile compacte
- 3-7m argile sableuse
- 7-16,05m Arène granitique
- 16,05-22m granite fracturé sec
- 22-23m granite fracturé alimenté
- 23-27m granite fissuré
- 27-28m granite fracturé alimenté
- 28-34m granite peu fissuré
- 34-35m granite fracturé mieux alimenté
- 35-42m granite fissuré
- 42-43m granite fracturé très alimenté
- 43-50m granite très fissuré
- 50-51m granite fracturé bien alimenté
- 51-56m granite fissuré
- 56-58m fracturé bien alimenté
- 58-63,75m granite peu très fissuré

Venue d'eau (Q) : 22 (1,500) ; 27 (1,200) ; 34 (2,900) ; 38 (7,400) ; 42 ; 50 (5,00) ; 56 ; 58 (4,00)

COUPE TECHNIQUE

DONNEES DU FORAGE

Technique de foration

Tricône ou trilame
Diamètre : 14 pouce
Utilisé de 0 m à 16,05 m

Altération
Profondeur altération : 16,05 m
Tubage provisoire de 0,30 m à 1,15 m

Marteau Fond de Trou
Diamètre 8 1/2" pouce
Utilisé de 16,05 m à 63,75 m
Epaisseur du socle 47,70 m

Venues d'eau
1ère venue d'eau à 22 m
2ème venue d'eau à 27 et 34m
3ème venue d'eau à 34 et 42m
4ème venue d'eau à 50 et 56 m
5ème venue d'eau à 58 m

Mesure de débits

Q=1,50m³/h à 23,15 m
Q=2,70m³/h à 28,95 m
Q=5,60m³/h à 34,75 m
Q=13,00m³/h à 46,35 m
Q=18,00m³/h à 57,95 m

Débit fin foration 22,00 m³/h à 63,75 m
Débit de soufflage = 26,00 m³/h

Niveau statique : 10,52 m
Profondeur totale forée 63,75 m
Profondeur totale équipée 63,75 m

Remarques
N.B. Après la pose de tubage, nous avons atteint directement au MFT 8,28

Fiche d'équipement du forage :

C.E.T.R.I
CABINET D'ETUDE TECHNIQUE ET DE RECHERCHE EN INGENIERIE
12 BP 145 OUAGADOUGOU 12 BF E-mail : cetri@fasonet.bf TEL FAX : 25 36 02 01 - 25 47 10 45

EQUIPEMENT INTERNE DU FORAGE

Les tubes PVC

Type (marque) : PVC (SOTICI)
Diamètre : 165 mm
Taille des fentes : 1,00 mm
Longueur du décanteur : 1,20 m
Hauteur du PVC hors sol : 0,80 m

Bouchon de fond

Nature : PVC
Hauteur (longueur) : Fond plié m

Niveau(côte) PVC crépinés

De 62,55 à 56,71 m
De 53,79 à 33,35 m
De 30,43 à 21,67 m
De ... à ... m
De ... à ... m
Longueur totale des crépines : 35,04 m

Niveau(cote) PVC pleins

De 63,75 à 62,55 m
De 56,71 à 53,79 m
De 33,35 à 30,43 m
De 21,67 à +0,80 m
De ... à ... m
Longueur totale des PVC pleins : 29,51 m (+ le hors sol)

Massif filtrant (Gravier)

Nature : quartz, roulé
Granulométrie de : 2 mm à 4,5 mm
Profondeur de : 63,75 m à 17,67 m
Hauteur : 46,07 m
Volume : 730 l

Packer (Quelon)

Nature : Compactonite m
Profondeur de : 17,67 à 15,67 m
Hauteur : 2 m
Volume : 40 l
Volume masse : 40 kg

Cimentation :

Profondeur : ... m
Masse : ... kg

Chef d'équipe : Zinabé Ajimane

Contrôleur : Zongo Emile

N.B. Forage equipé à 63,75m dû à une panne de la foreuse, dès le changement de la tige de 63,75 à la suivante. Après des solutions de maintenance, non positives, nous avons equipé le forage à la profondeur de 63,75m.

Fiche de développement du forage :

C.I.E.R.I

FICHE DE DEVELOPPEMENT FORAGE

REGION : HAUTS - BASSINS
PROVINCE : TUY
COMMUNE : FOUNZAN
VILLAGE : CENTRE
QUARTIER :

COORDONNEES
N° Forage : N°02 (Nouveau)
Latitude (Y) : 03° 13' 45,4"
Longitude (X) : 11° 27' 24,2"
Altitude (Z) :

DATE
Début des travaux : 02/09/2025
Fin des travaux : 02/09/2025
Entreprise : EBTM
Forage N°
Atelier N°

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES FORAGE

Profondeur avant développement :	63,70	m
Profondeur après développement :	63,70	m
Position des crépines : de 62,55	à 58,71	m
Position des crépines : de 53,79	à 33,35	m
Position des crépines : de 30,43	à 21,67	m
Position des crépines : de	à	m
Niveau statique avant développement :	0	m
Hauteur PVC hors sol :	0,60	m
Niveau dynamique après développement :	15,10	m
Q fin développement :	26,00	m³/h
Durée développement :	04	h

CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES SOMMAIRES

Température de l'eau :		°C
Conductivité de l'eau :		µS/cm
pH de l'eau :		
Teneur en Fer :		mg/l
Autres paramètres :		

Nature du développement : Air Lift

Temps (h)	Profondeur de l'émulseur (m)	Débit (m³/h)	ND (m)	Observations (Couleur, tache de sable)
0				Eau Trouble
15				11
20				11
30	30	16,00 m³/h		Eau Peu Claire
45				
60	30			
75	45	26,00 m³/h		Eau Peu Claire
90				
105				11
120	45	26,00 m³/h		11
135	55	26,00 m³/h		Eau claire
150		11		
165				11
180	55	11		
195	F.T	26,00 m³/h		Eau claire
210		11		11
225		11		
240	F.T.	26,00 m³/h		11

CHEF DE CHANTIER
TOANDA ISSOUF

CONTRÔLEUR
Emile zongo

Fiche de pompage par palier :

Région : HAUTS - BASSINS
Province : TUY
Commune : FOUNZAN
Village : CENTRE
Quartier :

Coordonnées géographiques

X	Y
11°27'24,2"	03°13'45,4

Données foration

Q fin for (m3/h) : 26,00m3/h
Prof équipée (m) : 63,75
Côte crépine (m) :
NS avant (m) : 0,00 m

De 62,55 à 56,71 m
De 53,79 à 33,32 m
De 30,43 à 21,67 m
De à m

Données sur l'essai

Date pomp : 03/09/2025
Prof mesurée : 63,70
NS après : 0,65
Côte pompe : 4,5

T : (°)
Cond : (µs/cm)
PH :
Vol instrument mesure : 20 (l)

Palier 1

Heure début : 09H45mn
Q (m3/h) : 6,792

Temps (mn)	ND (m)	s (m)
0	0	
1	2,38	2,38
2	2,42	2,42
3	2,46	2,46
4	2,54	2,54
6	2,57	2,57
8	2,62	2,62
10	2,67	2,67
15	2,80	2,80
20	2,92	2,92
25	2,98	2,98
30	3,05	3,05
45	3,21	3,21
60	3,40	3,40
75		
90		
10		
120		

Palier 2

Heure début : 10H45mn
Q (m3/h) : 13,793

Temps (mn)	ND (m)	s (m)
0		
1	5,83	5,83
2	6,11	6,11
3	6,29	6,29
4	6,41	6,41
6	6,62	6,62
8	6,76	6,76
10	6,97	6,97
15	7,19	7,19
20	7,30	7,30
25	7,41	7,41
30	7,52	7,52
45	7,78	7,78
60	7,92	7,92
75		
90		
10		
120		

Palier 3

Heure début : 11H45mn
Q (m3/h) : 21,428

Temps (mn)	ND (m)	s (m)
0		
1	9,28	9,28
2	9,90	9,90
3	10,36	10,36
4	10,96	10,96
6	11,33	11,33
8	11,51	11,51
10	11,67	11,67
15	11,87	11,87
20	11,92	11,92
25	12,10	12,10
30	12,31	12,31
45	12,45	12,45
60	12,55	12,55
75		
90		
10		
120		

Palier 4

Heure début : 12H45mn
Q (m3/h) : 24,161

Temps (mn)	ND (m)	s (m)
0		
1	13,16	13,16
2	13,26	13,26
3	13,34	13,34
4	13,41	13,41
6	13,47	13,47
8	13,61	13,61
10	13,68	13,68
15	13,77	13,77
20	13,96	13,96
25	14,21	14,21
30	14,27	14,27
45	14,38	14,38
60	14,45	14,45
75		
90		
10		
120		

Rémontée 1

Temps (mn)	ND (m)	s' (m)
0		
1		
2		
3		
4		
6		
8		
10		
15		
20		
25		
30		
45		
60		

Rémontée 2

Temps (mn)	ND (m)	s' (m)
0		
1		
2		
3		
4		
6		
8		
10		
15		
20		
25		
30		
45		
60		

Rémontée 3

Temps (mn)	ND (m)	s' (m)
0		
1		
2		
3		
4		
6		
8		
10		
15		
20		
25		
30		
45		
60		

Rémontée 4

Temps (mn)	ND (m)	s' (m)
0		
1	10,49	10,49
2	5,45	
3	3,77	
4	3,40	
6	2,96	
8	2,58	
10	2,28	
15	1,77	
20	1,32	
25	1,04	
30	0,85	
45	0,75	
60	0,65	0,65

Visa opérateur
TOANDA ISSOUF

Visa contrôleur
Emile Zongo

Fiche de pompage longue durée :

C.E.T.R.I
CABINET D'ETUDES TECHNIQUES ET DE RECHERCHE EN INGENIERIE
12 BP 145 OUAGADOUGOU 12 BF TEL/FAX : 25 36 02 01 / 25 47 10 45
E-mail : cetri@fasonet.bf Site web : www.cetribf.com
RC n° BF OUA 2018 M 2011
N° IFU 000 30 156 T
Division Fiscale: DGE
Compte Bank of Africa N° 0.107 652 000 9

ESSAI DE POMPAGE DE LONGUE DURÉE

Maître d'Ouvrage :
Province : TUY
Commune : FOUNZAN
Village : CENTRE
Quartier :
Projet :
Coordonnées GPS : X : 11°27'24,2" / Y = 03°13'45,4"
Profondeur forage (m) : 63,70
Niveau statique (m) : 0,50
Bars sil (m) : 0,60
Profondeur pompe (m) : 45
Entreprise : EBTM
N° forage : N° 02 (NOUVEAU)
Date début : 14/11/2025
Date fin : 18/11/2025

Descente				Remontée			Paramètres mesurés
Temps (mn)	Niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	Débit (m³/h)	Temps (mn)	Niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	
0	0,50			5	9,02	8,52	
1	6,27	5,77	25,116	10	6,84		
2	6,32			15	6,10		Température (°C) :
4	7,44			20	5,73		
6	9,33			30	5,20	4,70	Conductivité (µs/cm) :
8	9,84			40	4,97		
10	10,19			50	4,62		Ph :
15	10,79			60	4,48	3,98	
20	11,27			70	4,19		
30	13,52			80	4,03		Observations
40	14,12			90	3,91		
60	14,97	14,47	25,116	100	3,84		
75	15,33			120	3,72		
105	15,89			140	3,49		
120	16,14	15,64		160	3,40		
150	16,33			180	3,31		
180	16,70			200	3,22		
210	17,02			220	3,14		
240	17,12			240	3,07		
300	17,70	17,20		260	2,98		
360	17,74			280	2,90		
420	17,86			300	2,84	2,34	
480	18,05			330	2,70		
600	18,33	17,83	25,116	360	2,59		
720	18,02	18,42		390	2,51		
840	18,34			420	2,44		
960	18,38			450	2,36		
1080	18,74			480	2,34		
1200	18,70			510	2,27		
1320	18,36			540	2,24		
1440	18,50	18,00		570	2,21		
1680	18,32			600	2,19		
1800	18,45			660	2,18		
1920	18,36			720	2,18	1,68	
2160	18,65			780	2,18		
2400	18,41			840	2,18		
2520	18,53			900	2,12		
2760	18,26			960	2,10		
2880	18,06	17,56		1020	2,10		
3120	18,27			1080	2,10		
3360	18,35			1140	2,05		
3600	18,33			1200	2,03		
3810	18,34			1260	2,08		
4080	18,40			1380	2,08		
4320	18,60	18,10	25,116	1440	2,08	1,58	

Opérateur
Issouf Touna.

Contrôleur
Zongo Emile

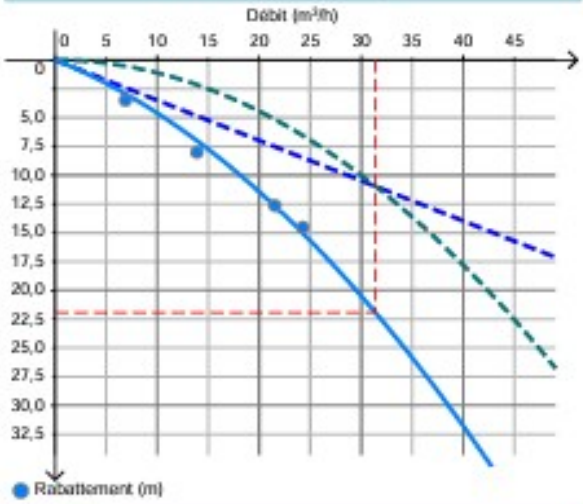
Rapport d'analyse de l'essai de puit avec le logiciel OUAIP :

Nouveau_Forage_FOUNZAN

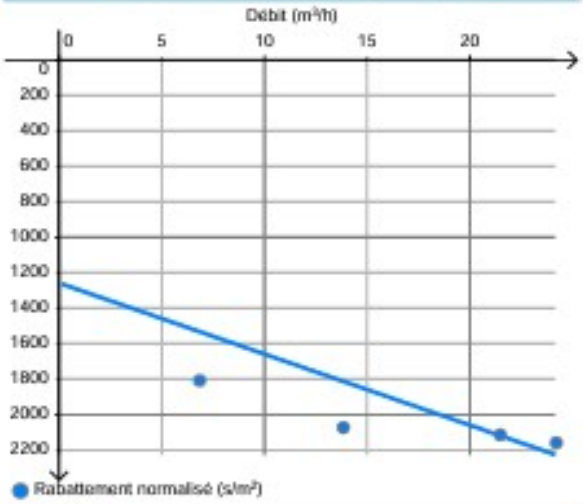
OUAIP

Site	FOUNZAN	**Aquifère capté**	Captif
Date	22/11/2025	**Epaisseur de l'aquifère**	40 m
Projet	Réhabilitation_Extension_AEPS_FOUN	**Type d'ouvrage**	Puits
Client	MEEA-PAEA-DGEP	**Type de pompage**	Paliers de débits enchainés
Société	EBTM		

Courbe caractéristique



Droite des rabattements spécifiques



Légende	
	Débit critique
	Points expérimentaux de EPP-FOUNZAN-2025
	PDC linéaires
	PDC quadratiques
	Courbe caractéristique

Légende	
	Points expérimentaux de EPP-FOUNZAN-2025
	Rabattement normalisé

Test EPP-FOUNZAN-2025 **Courbe**

Pompage par palier	Débit (m³/h)	Rabattement mesuré (m)	Temps de pompage (min)	Temps de remontée (min)	Rabattement linéaire calculé (m)	Rabattement quadratique calculé (m)	Rabattement normalisé mesuré (s/m²)	Rabattement normalisé calculé (s/m²)	Écart (sim-obs) (m)
Palier 1	6,792	3,4	-	-	2,4	0,51	1 800	1 530	-0,513
Palier 2	13,793	7,92	-	-	4,8	2,1	2 070	1 810	-0,982
Palier 3	21,428	12,55	-	-	7,5	5,1	2 110	2 120	$4{,}94\times10^{-2}$
Palier 4	24,161	14,45	-	-	8,4	6,5	2 150	2 230	0,492

Résultats de l'ajustement		
Coef. de pertes de charge linéaires (B)	0,349 h/m²	$1{,}26\times10^{3}$ s/m²
Coef. de pertes de charge quadratiques (C)	0,0111 h²/m⁵	$1{,}44\times10^{5}$ s²/m⁵
Exposant (n)	2,00	
Coefficient d'ajustement de Nash-Sutcliffe (E)	0,98 (-∞..1)	

Débit critique 31,4 m³/h

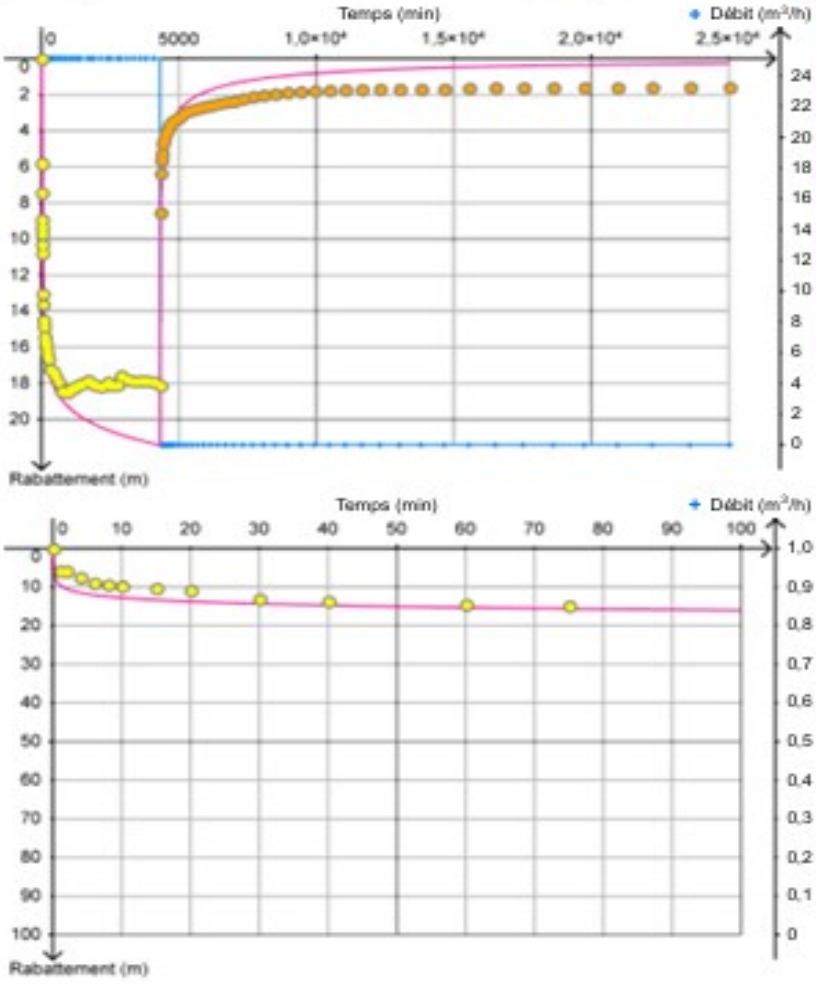
Interpretation_par_palier_OUAIP.ouaipp (OUAIP v2.3) http://ouaip.brgm.fr

Rapport d'analyse de l'essai de puit avec le logiciel OUAIP :

Nouveau_Forage_FOUNZAN

OUAIP v2

Site	FOUNZAN	**Société**	EBTM
Date	10/12/2025	**Aquifère capté**	Captif
Projet	Réhabilitation_Extension_AEPS_FOUNZAN	**Type d'ouvrage**	Puits
Client	MEEA-PAEA-DGEP	**Rayon d'observation**	0,1 m



Légende	
	Rabattement mesuré
	Remontée mesurée
	Débit
	Courbe théorique
Interprétation à l'aide de la solution	Theis, 1935
Type aquifère de la solution	Captif
Transmissivité	$3{,}90\times10^{-4}$ m²/s
Coefficient d'emmagasinement	$6{,}75\times10^{-3}$ (-)
Coefficient d'ajustement de Nash-Sutcliffe	0,937 (-∞..1)

Essai_denappe_FOUNZAN.ouaipi (OUAIP v2.3) http://ouaip.brgm.fr

Annexe 4: Caractéristiques du module solaire

Caractéristiques du produit	
Type	Monocristallin
No. de Modèle	30060M
Tolérance de puissance	3 ~ +3 %
Caractéristique Electrique (STC)	
Puissance Maximal (Pmax)	300 Wp
Tension à puissance Maximal (Vmax)	33 V
Courant à puissance Maximum (Cmax)	9,09 A
Tension Circuit Ouvert (Voc)	39,6 V
Courant Circuit Court (Isc)	9,75 A
Tension Maximale du Système	1000 V
Dimension Module	1640x880x35 mm

Annexe 5: Compte d'exploitation du fermier au premier semestre 2025

	Javier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Total
RECETTE							
Vente de l'eau en FCFA	104 335	118 885	144 590	164 960	142 165	129 070	804 005
TOTAL RECETTE en FCFA	**104 335**	**118 885**	**144 590**	**164 960**	**142 165**	**129 070**	**804 005**
DEPENSE							
Rémunération du personnel local en FCFA	19 611	22 686	25 709	29 022	25 565	23 480	146 073
Electricité en FCFA	100 989	100 015	89 779	117 264	99 197	83 189	590 433
Maintenance réseau en FCFA	34 500	0	7 000	13 000	0	0	54 500
Gestion Courante chef de centre en FCFA	0	2 115	1 285	1 451	1 278	1 174	7 303
Contribution Financière en matière d'Eau en FCFA	2 193	1 391	294	336	289	333	4 836

Redevance à la commune en FCFA	5 275	6 025	7 350	8 400	7 225	6 550	40 825
Frais Généraux en FCFA	21 659	20 792	26 354	26 474	25 305	24 426	145 010
Frais de structure en FCFA	4 996	17 074	861	868	788	740	25 327
TOTAL DETENSE en FCFA	**189 223**	**170 098**	**158 632**	**196 815**	**159 647**	**139 892**	**1 014 307**
SOLDE							
SOLDE en FCFA	**84 888**	**51 213**	**14 042**	**31 855**	**17 842**	**10 822**	**210 302**
PROVISION							
Blocage de 5% au titre du renouvèlement en FCFA	5 117	5 844	7 130	7 811	6 733	6 109	38 744
TOTAL PROVISION en FCFA	**5 117**	**5 844**	**7 130**	**7 811**	**6 733**	**6 109**	**38 744**
RESULTAT NET							
RESULTAT NET en FCFA	**-90 005**	**-57 057**	**-21 172**	**-39 666**	**-24 215**	**-16 931**	**-249 046**

Annexe 6 : Dimensionnement Excel des conduites de distribution

Détermination des conduites, des vitesses et de Z_{min} :

TRONCON	LONGUEUR	Nœud Aval	Cote TN	Q (m3/s)	Dth (mm)	Dc (mm)	Dc (m)	V (m/s)	K/D	Re	λ	ΔH	ΔH Cumm	Ps	Z min
Tuyau P-1	29,63	Noeud N-23	292,74	0,0140652	133,8222	144,6	0,1446	0,86	0,0006916	1,08E+05	0,0208963	0,16	0,16	5	297,90
Tuyau P-45	97,67	Noeud N-24	292,34	0,000765	31,209216	57	0,057	0,30	0,0017544	1,49E+04	0,0309177	0,25	0,41	5	297,75
Tuyau P-46	21,5	Noeud BFN-13	292,3	0,0007529	30,961403	57	0,057	0,30	0,0017544	1,46E+04	0,0310097	0,05	0,47	5	297,77
Tuyau P-2	22,54	Noeud N-22	292,94	0,013306	130,16015	144,6	0,1446	0,81	0,0006916	1,02E+05	0,0210262	0,11	0,28	5	298,22
Tuyau P-3	472,7	Noeud N-21	291,91	0,0133255	130,25555	144,6	0,1446	0,81	0,0006916	1,02E+05	0,0210228	2,38	2,65	5	299,56
Tuyau P-4	280,4	Noeud N-20	290,01	0,0132753	130,0102	144,6	0,1446	0,81	0,0006916	1,02E+05	0,0210317	1,40	4,05	5	299,06
Tuyau P-47	238,6	Noeud BFN-14	292,09	0,0007821	31,555601	57	0,057	0,31	0,0017544	1,52E+04	0,0307917	0,64	4,69	5	301,78
Tuyau P-5	29,14	Noeud N-19	288,478	0,0124683	125,99672	144,6	0,1446	0,76	0,0006916	9,55E+04	0,0211844	0,13	4,18	5	297,66
Tuyau P-29	53,85	Noeud N-25	288,48	0,0065564	91,366396	144,6	0,1446	0,40	0,0006916	5,02E+04	0,0231244	0,07	4,25	5	297,73
Tuyau P-28	268,7	Noeud N-18	286,43	0,0065619	91,405243	144,6	0,1446	0,40	0,0006916	5,02E+04	0,0231214	0,36	4,61	5	296,04
Tuyau P-44	186,9	Noeud BF-10	285,39	0,0007751	31,415119	57	0,057	0,30	0,0017544	1,51E+04	0,0308425	0,49	5,10	5	295,49
Tuyau P-27	381,3	Noeud N-17	287,69	0,0057778	85,770221	144,6	0,1446	0,35	0,0006916	4,42E+04	0,0235945	0,40	5,02	5	297,71
Tuyau P-41	10,54	Noeud n10	287,55	0,0015416	44,303733	57	0,057	0,60	0,0017544	2,99E+04	0,0275955	0,10	5,12	5	297,67
Tuyau p-43	8,821	Noeud BF-9	287,77	0,0007512	30,926348	57	0,057	0,29	0,0017544	1,46E+04	0,0310228	0,02	5,14	5	297,91
Tuyau P-42	454,6	Noeud BFN-12	290,65	0,0008111	32,135886	57	0,057	0,32	0,0017544	1,58E+04	0,030587	1,29	6,41	5	302,06
Tuyau P-26	388,7	Noeud N-16	286,2	0,004204	73,162195	81,4	0,0814	0,81	0,0012285	5,72E+04	0,0242255	3,96	8,98	5	300,18
Tuyau P-25	60,13	Noeud N-15	285,81	0,0041546	72,731342	81,4	0,0814	0,80	0,0012285	5,65E+04	0,0242591	0,60	9,58	5	300,39
Tuyau P-40	590,1	Noeud BFN-11	284,24	0,0008293	32,494619	57	0,057	0,32	0,0017544	1,61E+04	0,0304643	1,75	11,33	5	300,57
Tuyau P-24	288,6	Noeud N-14	282,3	0,0033592	65,398852	67,8	0,0678	0,93	0,0014749	5,49E+04	0,0249881	4,83	14,42	5	301,72
Tuyau P-39	352	Noeud BF-8	282	0,0007973	31,861569	57	0,057	0,31	0,0017544	1,55E+04	0,0306828	0,97	15,39	5	302,39
Tuyau P-38	55,42	Noeud BF-7	282,472	0,0007574	31,054991	57	0,057	0,30	0,0017544	1,47E+04	0,0309748	0,14	14,55	5	302,03
Tuyau P-23	311,3	Noeud N-31	280,2	0,0017999	47,871638	57	0,057	0,71	0,0017544	3,50E+04	0,0270308	3,86	18,27	5	303,47
Tuyau P-54	32,26	Noeud BP-2	279,2	0,0002043	16,129719	32	0,032	0,25	0,003125	7,07E+03	0,0377467	0,13	18,40	5	302,60

Tuyau P-22	82,78	Noeud N-13	279,31	0,0015592	44,556086	57	0,057	0,61	0,0017544	3,03E+04	0,0275522	0,78	19,06	5	303,37
Tuyau P-37	55,32	Noeud BF-6	279,94	0,0007574	31,054715	57	0,057	0,30	0,0017544	1,47E+04	0,0309749	0,14	19,20	5	304,14
Tuyau P-21	482,7	Noeud N-12	277,23	0,0008163	32,238974	57	0,057	0,32	0,0017544	1,59E+04	0,0305515	1,39	20,45	5	302,68
Tuyau P-36	16,56	Noeud BF-5	277,269	0,0007522	30,94775	57	0,057	0,29	0,0017544	1,46E+04	0,0310148	0,04	20,49	5	302,76
Tuyau P-6	665,6	Noeud N-1	283,3	0,0059424	86,983043	144,6	0,1446	0,36	0,0006916	4,55E+04	0,0234874	0,74	4,93	5	293,23
Tuyau P-48	85,68	Noeud N-26	283,71	0,000827	32,449675	57	0,057	0,32	0,0017544	1,61E+04	0,0304795	0,25	5,18	5	293,89
Tuyau P-49	95,15	Noeud N-27	282,32	0,00082	32,312505	57	0,057	0,32	0,0017544	1,59E+04	0,0305263	0,28	5,45	5	292,77
Tuyau P-50	386,27	Noeud N-28	278,24	0,0008257	32,42329	57	0,057	0,32	0,0017544	1,60E+04	0,0304885	1,14	6,59	5	289,83
Tuyau P-51	214,2	Noeud N-29	276,38	0,000784	31,594007	57	0,057	0,31	0,0017544	1,52E+04	0,0307779	0,57	7,16	5	288,54
Tuyau P-52	59,79	Noeud BFN-15	276,21	0,000758	31,067027	57	0,057	0,30	0,0017544	1,47E+04	0,0309703	0,15	7,31	5	288,52
Tuyau P-7	200,7	Noeud N-2	281,16	0,0050396	80,103476	99,4	0,0994	0,65	0,001006	5,61E+04	0,0236631	1,06	5,98	5	292,14
Tuyau P-31	113	Noeud BF-1	281,25	0,0007652	31,213216	57	0,057	0,30	0,0017544	1,49E+04	0,0309163	0,29	6,27	5	292,52
Tuyau P-8	261,7	Noeud N-3	279,1	0,0042653	73,693357	99,4	0,0994	0,55	0,001006	4,75E+04	0,0242002	1,01	6,99	5	291,09
Tuyau 1	226,3	Noeud BF-2'	278,69	0,0007804	31,522235	57	0,057	0,31	0,0017544	1,52E+04	0,0308038	0,60	7,59	5	291,28
Tuyau P-9	308,2	Noeud N-4	277,53	0,0034752	66,518668	81,4	0,0814	0,67	0,0012285	4,73E+04	0,0247999	2,20	9,19	5	291,72
Tuyau P-11	454,1	Noeud N-5	274,87	0,0034554	66,329245	81,4	0,0814	0,66	0,0012285	4,70E+04	0,0248182	3,20	12,40	5	292,27
Tuyau P-12	19,4	Noeud N-6	274,96	0,0015797	44,848599	67,8	0,0678	0,44	0,0014749	2,58E+04	0,0276388	0,08	12,48	5	292,44
Tuyau P-13	222,4	Noeud N-7	277,17	0,0015877	44,961989	67,8	0,0678	0,44	0,0014749	2,59E+04	0,0276168	0,92	13,40	5	295,57
Tuyau P-33	64,72	Noeud BF-4	277,535	0,0007587	31,080601	57	0,057	0,30	0,0017544	1,47E+04	0,0309652	0,16	13,56	5	296,09
Tuyau P-14	602,6	Noeud BFN-16	284,29	0,000831	32,527513	57	0,057	0,33	0,0017544	1,61E+04	0,0304532	1,79	15,19	5	304,48
Tuyau P-15	286,3	Noeud N-8	276,21	0,0018292	48,260053	67,8	0,0678	0,51	0,0014749	2,99E+04	0,0270236	1,54	13,93	5	295,14
Tuyau P-16	243,7	Noeud N-9	277,86	0,0018024	47,904499	67,8	0,0678	0,50	0,0014749	2,94E+04	0,0270833	1,27	15,21	5	298,07
Tuyau P-34	18,24	Noeud N-30	277,86	0,0009657	35,064813	57	0,057	0,38	0,0017544	1,88E+04	0,0296622	0,07	15,28	5	298,14
Tuyau P-53	22,32	Noeud BP-1	276,587	0,000203	16,07691	32	0,032	0,25	0,003125	7,02E+03	0,037798	0,09	15,37	5	296,95
Tuyau P-35	130,25	Noeud BF-3	276,195	0,0007675	31,260461	57	0,057	0,30	0,0017544	1,49E+04	0,0308989	0,34	15,61	5	296,81
Tuyau P-17	502,8	Noeud N-10	278,29	0,0008288	32,484401	57	0,057	0,32	0,0017544	1,61E+04	0,0304678	1,49	16,70	5	299,99
Tuyau P-18	129,3	Noeud BFN-17	276,48	0,0007674	31,257861	57	0,057	0,30	0,0017544	1,49E+04	0,0308999	0,33	17,03	5	298,51

TRONCON	LONGUEUR	Nœud Aval	Cote TN	ΔH Cumm	H	Z (%Ref)	P/ρ*g (m)	P (bar)
Tuyau P-1	29,63	Noeud N-23	292,74	0,16	12,51	0,1251	12,35	1,22
Tuyau P-45	97,67	Noeud N-24	292,34	0,41	12,91	0,1291	12,78	1,24
Tuyau P-46	21,5	Noeud BFN-13	292,3	0,47	12,95	0,1295	12,82	1,23
Tuyau P-2	22,54	Noeud N-22	292,94	0,28	12,31	0,1231	12,15	1,19
Tuyau P-3	472,7	Noeud N-21	291,91	2,65	13,34	0,1334	13,17	1,05
Tuyau P-4	280,4	Noeud N-20	290,01	4,05	15,24	0,1524	15,05	1,10
Tuyau P-47	238,6	Noeud BFN-14	292,09	4,69	13,16	0,1316	13,02	0,83
Tuyau P-5	29,14	Noeud N-19	288,478	4,18	16,772	0,16772	16,58	1,24
Tuyau P-29	53,85	Noeud N-25	288,48	4,25	16,77	0,1677	16,59	1,23
Tuyau P-28	268,7	Noeud N-18	286,43	4,61	18,82	0,1882	18,62	1,40
Tuyau P-44	186,9	Noeud BF-10	285,39	5,10	19,86	0,1986	19,66	1,46
Tuyau P-27	381,3	Noeud N-17	287,69	5,02	17,56	0,1756	17,38	1,24
Tuyau P-41	10,54	Noeud n10	287,55	5,12	17,7	0,177	17,50	1,24
Tuyau p-43	8,821	Noeud BF-9	287,77	5,14	17,48	0,1748	17,30	1,22
Tuyau P-42	454,6	Noeud BFN-12	290,65	6,41	14,6	0,146	14,45	0,80
Tuyau P-26	388,7	Noeud N-16	286,2	8,98	19,05	0,1905	18,83	0,98
Tuyau P-25	60,13	Noeud N-15	285,81	9,58	19,44	0,1944	19,21	0,96
Tuyau P-40	590,1	Noeud BFN-11	284,24	11,33	21,01	0,2101	20,79	0,95
Tuyau P-24	288,6	Noeud N-14	282,3	14,42	22,95	0,2295	22,68	0,83
Tuyau P-39	352	Noeud BF-8	282	15,39	23,25	0,2325	23,01	0,76
Tuyau P-38	55,42	Noeud BF-7	282,472	14,55	22,778	0,22778	22,55	0,80
Tuyau P-23	311,3	Noeud N-31	280,2	18,27	25,05	0,2505	24,77	0,65
Tuyau P-54	32,26	Noeud BP-2	279,2	18,40	26,05	0,2605	25,79	0,74
Tuyau P-22	82,78	Noeud N-13	279,31	19,06	25,94	0,2594	25,66	0,66
Tuyau P-37	55,32	Noeud BF-6	279,94	19,20	25,31	0,2531	25,05	0,59
Tuyau P-21	482,7	Noeud N-12	277,23	20,45	28,02	0,2802	27,73	0,73

Tuyau P-36	16,56	Noeud BF-5	277,269	20,49	27,981	0,27981	27,70	0,72
Tuyau P-6	665,6	Noeud N-1	283,3	4,93	21,95	0,2195	21,72	1,68
Tuyau P-48	85,68	Noeud N-26	283,71	5,18	21,54	0,2154	21,32	1,61
Tuyau P-49	95,15	Noeud N-27	282,32	5,45	22,93	0,2293	22,70	1,72
Tuyau P-50	386,27	Noeud N-28	278,24	6,59	27,01	0,2701	26,73	2,01
Tuyau P-51	214,2	Noeud N-29	276,38	7,16	28,87	0,2887	28,58	2,14
Tuyau P-52	59,79	Noeud BFN-15	276,21	7,31	29,04	0,2904	28,75	2,14
Tuyau P-7	200,7	Noeud N-2	281,16	5,98	24,09	0,2409	23,83	1,78
Tuyau P-31	113	Noeud BF-1	281,25	6,27	24	0,24	23,76	1,75
Tuyau P-8	261,7	Noeud N-3	279,1	6,99	26,15	0,2615	25,87	1,89
Tuyau 1	226,3	Noeud BF-2'	278,69	7,59	26,56	0,2656	26,29	1,87
Tuyau P-9	308,2	Noeud N-4	277,53	9,19	27,72	0,2772	27,42	1,82
Tuyau P-11	454,1	Noeud N-5	274,87	12,40	30,38	0,3038	30,05	1,77
Tuyau P-12	19,4	Noeud N-6	274,96	12,48	30,29	0,3029	29,98	1,75
Tuyau P-13	222,4	Noeud N-7	277,17	13,40	28,08	0,2808	27,79	1,44
Tuyau P-33	64,72	Noeud BF-4	277,535	13,56	27,715	0,27715	27,43	1,39
Tuyau P-14	602,6	Noeud BFN-16	284,29	15,19	20,96	0,2096	20,75	0,56
Tuyau P-15	286,3	Noeud N-8	276,21	13,93	29,04	0,2904	28,74	1,48
Tuyau P-16	243,7	Noeud N-9	277,86	15,21	27,39	0,2739	27,10	1,19
Tuyau P-34	18,24	Noeud N-30	277,86	15,28	27,39	0,2739	27,11	1,18
Tuyau P-53	22,32	Noeud BP-1	276,587	15,37	28,663	0,28663	28,37	1,30
Tuyau P-35	130,25	Noeud BF-3	276,195	15,61	29,055	0,29055	28,76	1,31
Tuyau P-17	502,8	Noeud N-10	278,29	16,70	26,96	0,2696	26,69	1,00
Tuyau P-18	129,3	Noeud BFN-17	276,48	17,03	28,77	0,2877	28,48	1,14

Annexe 7 : résultats des simulations Epanet et WaterCAD

État des Nœuds du Réseau (Simulation Epanet) :

	Altitude	Demande Base	Demande	Charge	Pression
ID Noeud	m	LPS	LPS	m	m
Noeud BFN-17	276,48	0,77	0,77	293,29	16,81
Noeud N-10	278,29	0	0	293,57	15,28
Noeud N-9	277,86	0	0	294,68	16,82
Noeud N-8	276,21	0	0	295,66	19,45
Noeud BF-10	285,39	0,78	0,78	302,26	16,87
Noeud N-18	286,43	0	0	302,68	16,25
Noeud BF-1	281,25	0,77	0,77	301,4	20,15
Noeud N-2	281,16	0	0	301,65	20,49
Noeud N-25	288,48	0	0	302,98	14,5
Noeud n10	287,55	0	0	302,27	14,72
Noeud BFN-12	290,65	0,81	0,81	301,17	10,52
Noeud BFN-13	292,3	0,75	0,75	305,83	13,53
Noeud N-24	292,34	0	0	305,87	13,53
Noeud N-22	292,94	0	0	305,99	13,05
Noeud N-21	291,91	0	0	304,2	12,29
Noeud N-3	279,1	0	0	300,87	21,77
Noeud BF-3	276,195	0,77	0,77	294,33	18,14
Noeud N-12	277,23	0	0	290,93	13,7
Noeud BF-5	277,269	0,75	0,75	290,9	13,63
Noeud N-4	277,53	0	0	299,23	21,7
Noeud N-6	274,96	0	0	296,75	21,79
Noeud N-7	277,17	0	0	295,98	18,81
Noeud BF-4	277,535	0,76	0,76	295,84	18,31
Noeud N-13	279,31	0	0	291,95	12,64
Noeud BF-6	279,94	0,76	0,76	291,83	11,89
Noeud N-31	280,2	0	0	292,54	12,34
Noeud BP-2	279,2	0,2	0,2	292,44	13,24
Noeud N-14	282,3	0	0	295,33	13,03
Noeud BF-7	282,472	0,76	0,76	295,21	12,74
Noeud N-30	277,86	0	0	294,62	16,76
Noeud BP-1	276,587	0,2	0,2	294,55	17,96
Noeud BF-2'	278,69	0,78	0,78	300,36	21,67
Noeud BF-9	287,77	0,75	0,75	302,25	14,48
Noeud N-1	283,3	0	0	302,46	19,16
Noeud N-19	288,478	0	0	303,04	14,56
Noeud N-5	274,87	0	0	296,81	21,94
Noeud BFN-16	284,29	0,83	0,83	294,47	10,18

Noeud N-15	285,81	0	0	298,89	13,08
Noeud N-23	292,74	0	0	306,08	13,34
Noeud N-20	290,01	0	0	303,13	13,12
Noeud N-17	287,69	0	0	302,35	14,66
Noeud N-16	286,2	0	0	299,35	13,15
Noeud BFN-11	284,24	0,83	0,83	297,41	13,17
Noeud BF-8	282	0,8	0,8	294,5	12,5
Noeud N-28	278,24	0	0	301,24	23
Noeud N-29	276,38	0	0	300,78	24,4
Noeud BFN-15	276,21	0,76	0,76	300,65	24,44
Noeud BFN-14	292,09	0,78	0,78	302,6	10,51
Noeud N-26	283,71	0	0	302,27	18,56
Noeud N-27	282,32	0	0	302,07	19,75
Réservoir 1	305,2	Sans Valeur	-13,61	306,2	1

État des Arcs du Réseau (Simulation Epanet) :

	Lon-gueur	**Dia-mètre**	**Rugosité**	**Débit**	**Vitesse**
ID Arc	**m**	**mm**	**mm**	**LPS**	**m/s**
Tuyau P-18	129,3	57	0,0015	0,77	0,3
Tuyau P-16	243,7	67,8	0,0015	1,74	0,48
Tuyau P-44	186,9	57	0,0015	0,78	0,31
Tuyau P-31	113	57	0,0015	0,77	0,3
Tuyau P-28	268,7	144,6	0,0015	6,44	0,39
Tuyau P-42	454,6	57	0,0015	0,81	0,32
Tuyau P-46	21,5	57	0,0015	0,75	0,29
Tuyau P-3	472,7	144,6	0,0015	12,86	0,78
Tuyau P-35	130,25	57	0,0015	0,77	0,3
Tuyau P-36	16,56	57	0,0015	0,75	0,29
Tuyau P-13	222,4	67,8	0,0015	1,59	0,44
Tuyau P-33	64,72	57	0,0015	0,76	0,3
Tuyau P-21	482,7	57	0,0015	0,75	0,29
Tuyau P-37	55,32	57	0,0015	0,76	0,3
Tuyau P-22	82,78	57	0,0015	1,51	0,59
Tuyau P-54	32,26	32	0,0015	0,2	0,25
Tuyau P-23	311,3	57	0,0015	1,71	0,67
Tuyau P-38	55,42	57	0,0015	0,76	0,3
Tuyau P-53	22,32	32	0,0015	0,2	0,25
Tuyau p-43	8,821	57	0,0015	0,75	0,29
Tuyau P-6	665,6	144,6	0,0015	5,64	0,34
Tuyau P-15	286,3	67,8	0,0015	1,74	0,48
Tuyau P-14	602,6	57	0,0015	0,83	0,33
Tuyau P-17	502,8	57	0,0015	0,77	0,3

Tuyau P-24	288,6	67,8	0,0015	3,27	0,91
Tuyau P-45	97,67	57	0,0015	0,75	0,29
Tuyau P-5	29,14	144,6	0,0015	12,08	0,74
Tuyau P-8	261,7	99,4	0,0015	4,11	0,53
Tuyau P-27	381,3	144,6	0,0015	5,66	0,34
Tuyau P-41	10,54	57	0,0015	1,56	0,61
Tuyau P-26	388,7	81,4	0,0015	4,1	0,79
Tuyau P-25	60,13	81,4	0,0015	4,1	0,79
Tuyau P-40	590,1	57	0,0015	0,83	0,33
Tuyau P-4	280,4	144,6	0,0015	12,86	0,78
Tuyau P-39	352	57	0,0015	0,8	0,31
Tuyau P-7	200,7	99,4	0,0015	4,88	0,63
Tuyau P-1	29,63	144,6	0,0015	13,61	0,83
Tuyau P-29	53,85	144,6	0,0015	6,44	0,39
Tuyau P-12	19,4	67,8	0,0015	1,59	0,44
Tuyau P-52	59,79	57	0,0015	0,76	0,3
Tuyau P-51	214,2	57	0,0015	0,76	0,3
Tuyau P-11	454,1	81,4	0,0015	3,33	0,64
Tuyau P-47	238,6	57	0,0015	0,78	0,31
Tuyau P-2	22,54	144,6	0,0015	12,86	0,78
Tuyau 1	226,3	57	0,0015	0,78	0,31
Tuyau P-34	18,24	57	0,0015	0,97	0,38
Tuyau P-48	85,68	57	0,0015	0,76	0,3
Tuyau P-49	95,15	57	0,0015	0,76	0,3
Tuyau P-50	386,27	57	0,0015	0,76	0,3
Tuyau P-9	308,2	81,4	0,0015	3,33	0,64

État des Nœuds du Réseau (Simulation WaterCAD) :

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
N-27	282,32	0	302,08	19,75
N-26	283,71	0	302,28	18,56
BFN-14	292,09	0,78	302,61	10,51
BFN-15	276,21	0,76	300,67	24,44
N-29	276,38	0	300,79	24,4
N-28	278,24	0	301,25	23
BF-8	282	0,8	294,54	12,53
BFN-11	284,24	0,83	297,44	13,19
N-16	286,2	0	299,37	13,17
N-17	287,69	0	302,36	14,66
N-20	290,01	0	303,14	13,13
N-23	292,74	0	306,08	13,33
N-15	285,81	0	298,91	13,1

BFN-16	284,29	0,83	294,51	10,21
N-5	274,87	0	296,84	21,96
N-19	288,48	0	303,04	14,56
N-1	283,3	0	302,47	19,16
BF-9	287,77	0,75	302,26	14,48
BF-2'	278,69	0,78	300,38	21,68
BP-1	276,59	0,2	294,58	17,99
N-30	277,86	0	294,66	16,79
BF-7	282,47	0,76	295,24	12,76
N-14	282,3	0	295,36	13,05
BP-2	279,2	0,2	292,48	13,27
N-31	280,2	0	292,59	12,38
BF-6	279,94	0,76	291,87	11,93
N-13	279,31	0	291,99	12,68
BF-4	277,54	0,76	295,88	18,33
N-7	277,17	0	296,02	18,84
N-6	274,96	0	296,78	21,81
N-4	277,53	0	299,25	21,71
BF-5	277,27	0,75	290,95	13,67
N-12	277,23	0	290,98	13,75
BF-3	276,2	0,77	294,37	18,17
N-3	279,1	0	300,88	21,77
N-21	291,91	0	304,2	12,29
N-22	292,94	0	305,99	13,04
N-24	292,34	0	305,87	13,52
BFN-13	292,3	0,75	305,83	13,52
BFN-12	290,65	0,81	301,19	10,53
n10	287,55	0	302,28	14,72
N-25	288,48	0	302,99	14,5
N-2	281,16	0	301,66	20,49
BF-1	281,25	0,77	301,41	20,15
N-18	286,43	0	302,69	16,25
BF-10	285,39	0,78	302,27	16,87
N-8	276,21	0	295,69	19,47
N-9	277,86	0	294,72	16,85
N-10	278,29	0	293,61	15,32
BFN-17	276,48	0,77	293,33	16,84

4

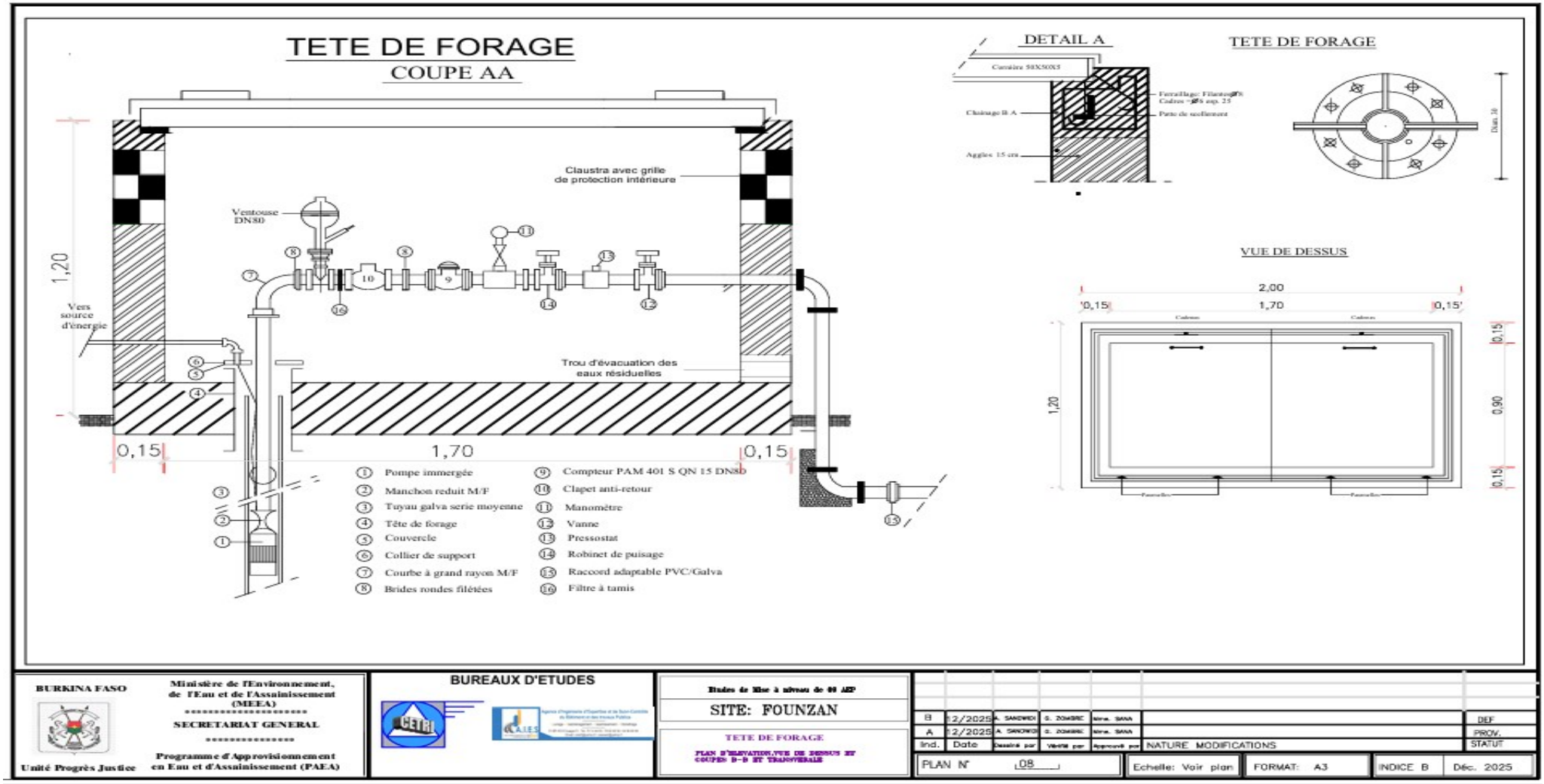
État des Arcs du Réseau (Simulation WaterCAD) :

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-38	55,1	N-14	BF-7	57	150	0,76	0,3	0,002
P-23	311,32	N-31	N-14	57	150	1,71	0,67	0,009
P-54	32,26	N-31	BP-2	32	150	0,2	0,25	0,003
P-22	82,78	N-13	N-31	57	150	1,51	0,59	0,007
P-37	55,32	N-13	BF-6	57	150	0,76	0,3	0,002
P-21	482,68	N-12	N-13	57	150	0,75	0,29	0,002
P-33	64,72	N-7	BF-4	57	150	0,76	0,3	0,002
P-13	222,37	N-6	N-7	67,8	150	1,59	0,44	0,003
P-36	16,55	N-12	BF-5	57	150	0,75	0,29	0,002
P-35	130,25	N-30	BF-3	57	150	0,77	0,3	0,002
P-3	472,72	N-22	N-21	144,6	150	12,86	0,78	0,004
P-46	21,5	BFN-13	N-24	57	150	0,75	0,29	0,002
P-42	454,63	n10	BFN-12	57	150	0,81	0,32	0,002
P-28	268,73	N-25	N-18	144,6	150	6,44	0,39	0,001
P-31	113,04	BF-1	N-2	57	150	0,77	0,3	0,002
P-44	186,95	BF-10	N-18	57	150	0,78	0,31	0,002
P-16	243,68	N-9	N-8	67,8	150	1,74	0,48	0,004
P-18	129,33	BFN-17	N-10	57	150	0,77	0,3	0,002
P-9	138,49	N-4	N-3	81,4	150	3,33	0,64	0,005
P-50	378,55	N-27	N-28	57	150	0,76	0,3	0,002
P-49	103,54	N-26	N-27	57	150	0,76	0,3	0,002
P-48	87,68	N-1	N-26	57	150	0,76	0,3	0,002
P-34	18,24	N-9	N-30	57	150	0,97	0,38	0,003
1	95,81	N-3	BF-2'	57	150	0,78	0,31	0,002
P-2	22,53	N-23	N-22	144,6	150	12,86	0,78	0,004
P-47	238,63	N-20	BFN-14	57	150	0,78	0,31	0,002
P-11	454,06	N-5	N-4	81,4	150	3,33	0,64	0,005
P-51	214,22	N-28	N-29	57	150	0,76	0,3	0,002
P-52	59,79	N-29	BFN-15	57	150	0,76	0,3	0,002
P-12	19,4	N-5	N-6	67,8	150	1,59	0,44	0,003
P-29	52,53	N-19	N-25	144,6	150	6,44	0,39	0,001
P-1	40,96	1	N-23	144,6	150	13,61	0,83	0,004
P-7	175,03	N-1	N-2	99,4	150	4,88	0,63	0,004
P-39	352,01	N-14	BF-8	57	150	0,8	0,31	0,002
P-4	280,32	N-21	N-20	144,6	150	12,86	0,78	0,004
P-40	590,12	BFN-11	N-15	57	150	0,83	0,33	0,002
P-25	60,13	N-15	N-16	81,4	150	4,1	0,79	0,008
P-26	388,65	N-16	N-17	81,4	150	4,1	0,79	0,008
P-41	10,54	N-17	n10	57	150	1,56	0,61	0,008

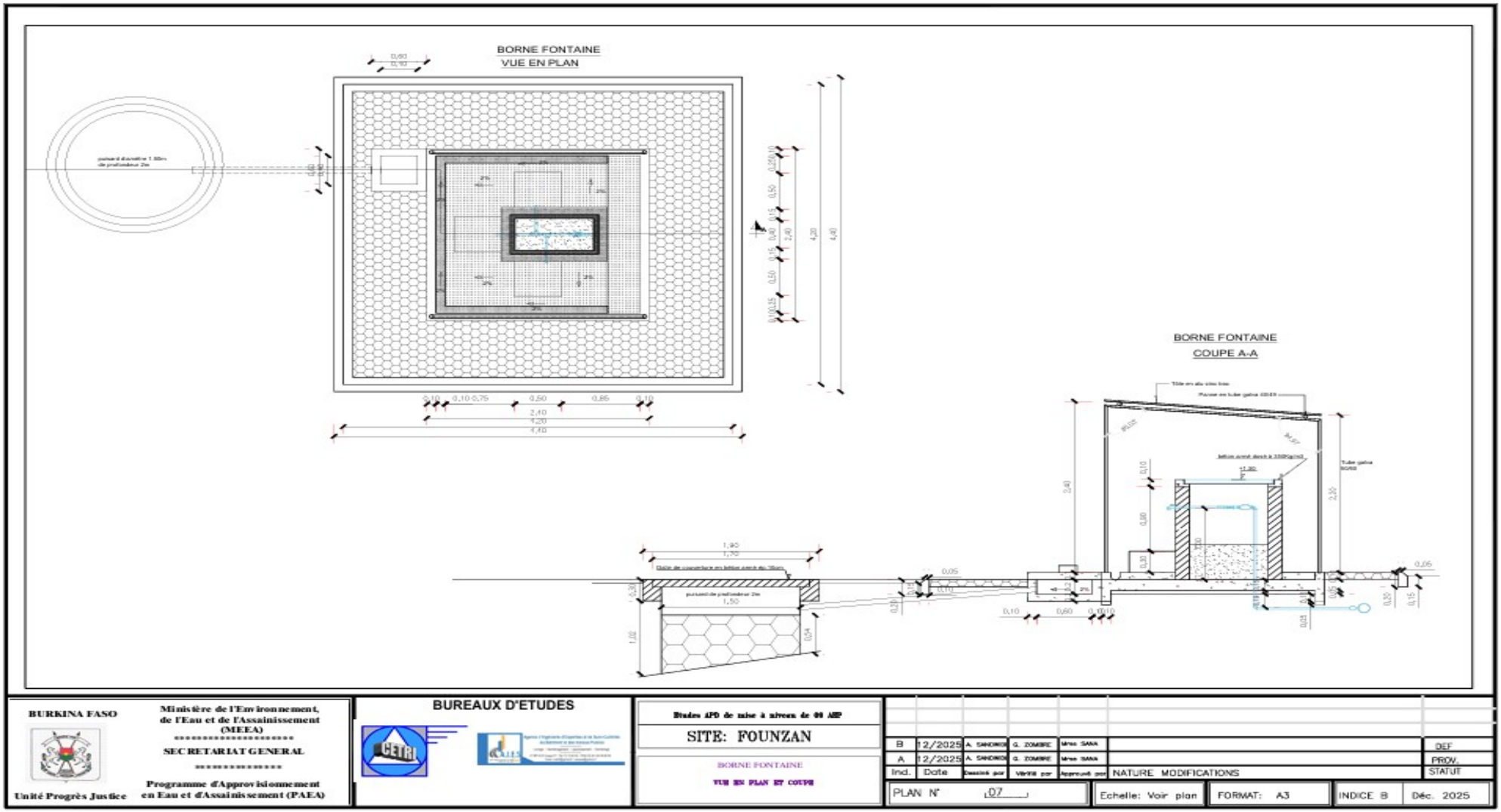
P-27	381,34	N-18	N-17	144,6	150	5,66	0,34	0,001
P-8	228,2	N-2	N-3	99,4	150	4,11	0,53	0,003
P-5	29,14	N-19	N-20	144,6	150	12,08	0,74	0,003
P-45	97,67	N-23	N-24	57	150	0,75	0,29	0,002
P-24	288,59	N-14	N-15	67,8	150	3,27	0,91	0,012
P-17	502,75	N-10	N-9	57	150	0,77	0,3	0,002
P-14	602,62	N-7	BFN-16	57	150	0,83	0,33	0,002
P-15	286,27	N-5	N-8	67,8	150	1,74	0,48	0,004
P-6	665,62	N-19	N-1	144,6	150	5,64	0,34	0,001
p-43	5,95	BF-9	n10	57	150	0,75	0,29	0,002
P-53	22,32	N-30	BP-1	32	150	0,2	0,25	0,003

Annexe 8 : les pièces graphiques et plans

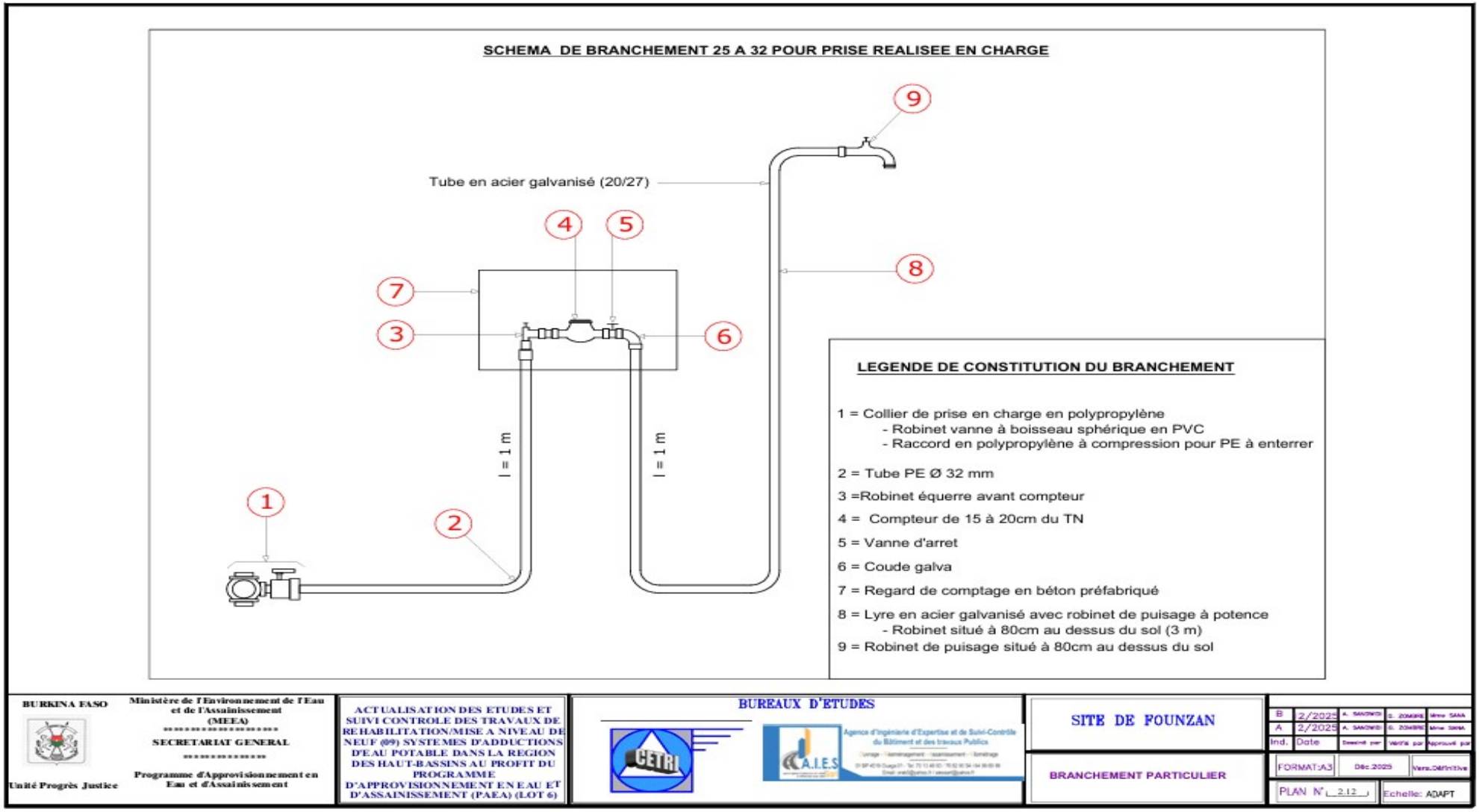
Tête du forage :



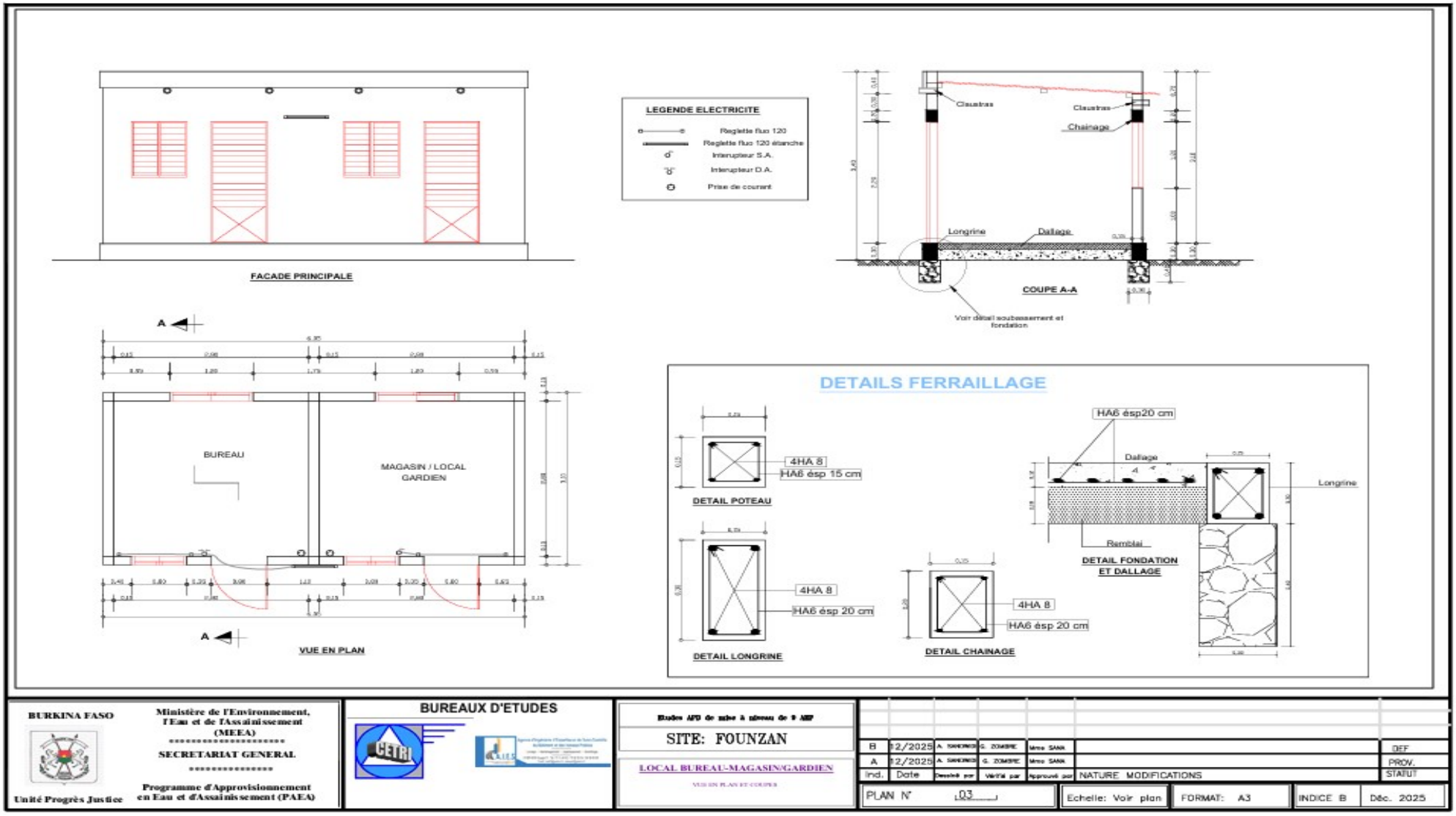
Borne fontaine :



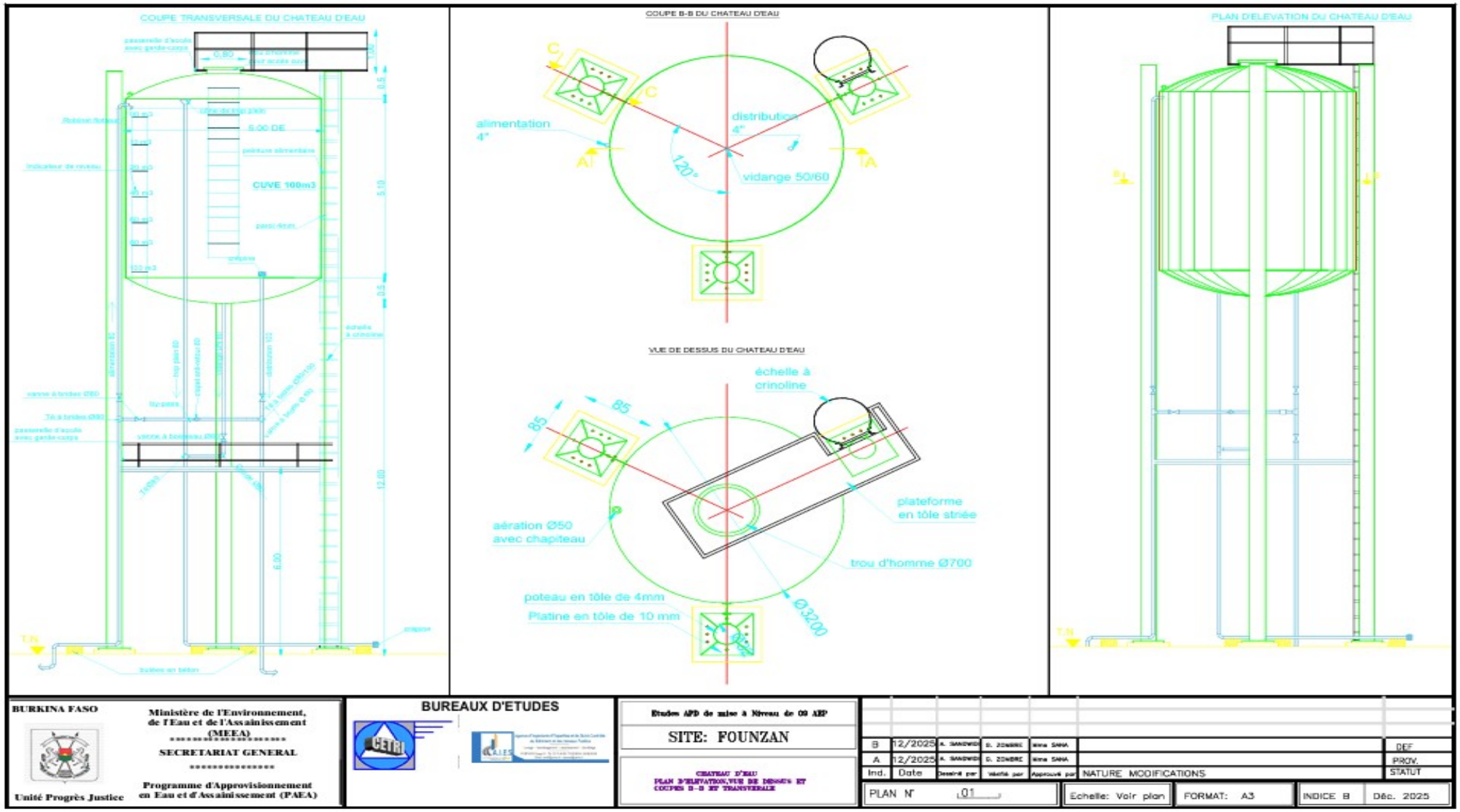
Branchement particulier :



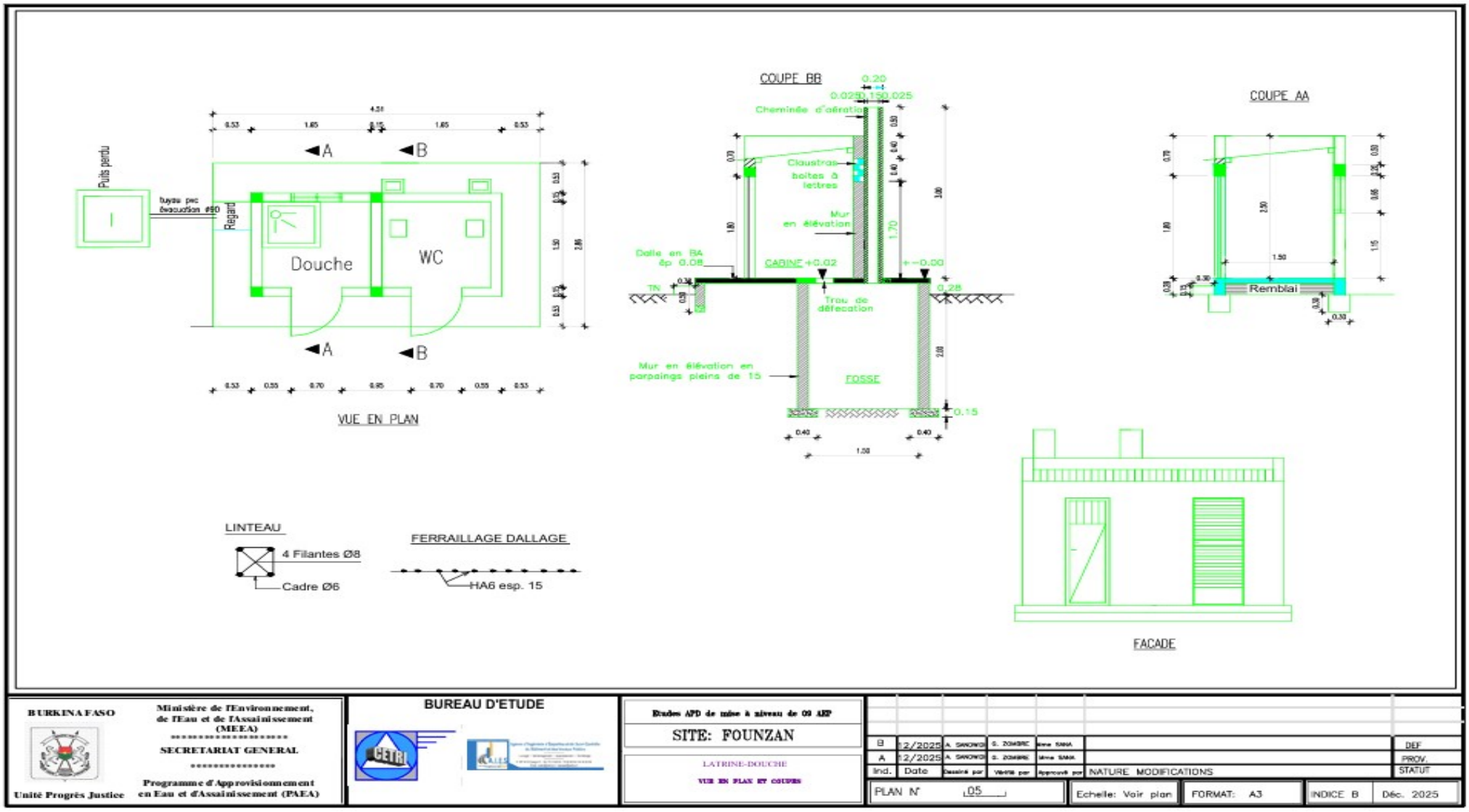
Bureau-Magasin :



Château d'eau :



Latrine-Douche :



Annexe 9 : Devis quantitatif et estimatif

No	Désignation	Unité	Quantité	Prix unit. (FCFA)	Montant Total (FCFA)
I	FORFAIT GENERAUX				
1.1	Installation et repli de chantier	ff	1	2 200 000	2 200 000
1.2	Etude et plans d'exécution	ff	1	825 000	825 000
1.3	Réalisation du plan de récolement (en fichier et 5 exemplaires format papier)	ff	1	825 000	825 000
	Sous Total 1				**3 850 000**
REHABILITATION DE L'EXISTANT					
II	EXHAURE / REFOULEMENT				
2.1	Développement du forage (forage existant)	ff	1		-
2.2	Pompage par palier	ff	1		-
2.3	Pompage longue durée	ff	1		-
2.4	Analyses de l'eau et toutes suggestions	ff	1		-
2.5	Construction d'une clôture grillagée (5mx5m) équipée d'un portail muni d'un cadenas pour la protection de la tête de forage	ens.	1	400 000	400 000
2.6	Fourniture et pose d'une colonne d'exhaure en matériau flexible de type foraduc	ml	55		-
2.7	Fourniture et pose de manifold complet DN100 PN16 comprenant : une Tête de forage en acier galvanisé D80, un manomètre, un filtre à tamis, un compteur, un clapet anti-retour, une vannette de vidange 1/4, pressostat	ens.	1		-
2.8	Réhabilitation des bornes fontaines type 1 (Dallage de la plateforme intégrant le décanteur et le compteur avec une bèche de 40cm, Hangars de couverture remplacement des têtes de robinets, remplacement du compteur et vannes, Dalle de décanteur/puits perdus, curage du décanteur et du puit perdu)	ens.	4	600 000	2 400 000

2.9	Réhabilitation des bornes fontaines type 2 (Hangars de couverture, remplacement des têtes de robinets, remplacement du compteur et vannes, curage du décanteur et du puit perdu)	ens.	5	1 000 000	5 000 000
2.10	Réhabilitation du local technique (Peinture intérieure et ouverture, câblage du local)	ens.	1	500 000	500 000
2.11	Réhabilitation des branchements privés (tête de robinet, compteur, Regard type ONEA)	ens.	6	100 000	600 000
2.12	Fouille et dépose des conduites existantes pour emplacement	ml	4095	3 000	12 285 000
2.13	Dépose du château d'eau existant	ff	1	600 000	600 000
	Sous Total 2				**21 785 000**
EXTENSION DU RESEAU					
III	EXHAURE / REFOULEMENT				
3.1	Réalisation d'un nouveau forage à gros débit y compris toute sujétion	ff	1	10 000 000	10 000 000
3.2	Développement du forage	ff	1	200 000	200 000
3.3	Pompage par palier	ff	1	198 000	198 000
3.4	Pompage longue durée	ff	1	605 000	605 000
3.5	Analyses de l'eau et toutes sujétion	ff	1	199 000	199 000
3.6	Génie civil de la tête de forage suivant plan	ff	1	588 000	588 000
3.7	Construction d'une clôture grillagée (5mx5m) équipée d'un portail muni d'un cadenas pour la protection de la tête de forage	ens.	1	400 000	400 000
3.8	Fourniture et pose d'une colonne d'exhaure en matériau flexible de type foraduc	ml	35	2 500	87 500
3.9	Fourniture et pose de manifold complet DN140 PN16 comprenant : une Tête de forage en acier galvanisé D80, un manomètre, un filtre à tamis, un compteur, un clapet anti-retour, une vannette de vidange 1/4, pressostat, une ventouse, un robinet vanne d'isolement D80)	ens.	1	750 000	750 000
	Sous Total 3				**13 027 500**
IV	SYSTÈME DE POMPAGE				

4.1	Fourniture, installation et mise en service d'un groupe électrogène diésel triphasé, non insonorisé de 30kVA, 3PH+N 230/400V 50HZ	u	1	10 947 000	10 947 000
4.2	Fourniture et installation d'un extincteur + support de fixation	u	1	92 800	92 800
4.3	Fourniture et installation d'un convertisseur CC/AC triphasé 11 kw	u	1	600 000	600 000
4.4	Fourniture et installation de panneaux photovoltaïques de 24 000 Wc au moins y compris kit de raccordement, cadre en alu des PV, câbles de liaison et supports métalliques, plateforme en béton et toutes sujétions	ens	1	25 000 000	25 000 000
4.5	Fourniture, pose et raccordement de câble électrique 2 x 10 mm² enterré entre la boîte de dérivation des PV et le convertisseur, signalé par grillage avertisseur	ml	200	9 800	1 960 000
4.6	Fourniture, pose et raccordement d'électropompes immergées d'au moins 25 m3/h HMT 70 m y compris câble de sécurité en acier inoxydable et toutes sujétion	u	1	7 876 000	7 876 000
4.7	Fourniture, pose et raccordement de câble électrique 5 x 6 mm² entre l'inverseur et le coffret (armoire) de protection de l'électropompe	ml	60	9 080	544 800
4.8	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique U1000 R02V de 5x6mm² enterré sous PVC et signalé par grillage avertisseur pour l'alimentation de la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage à partir de l'armoire électrique, y compris toute sujétion	ml	90	9 080	817 200
4.9	Fourniture, pose et raccordement de câble électrique 4x2,5 mm² entre le coffret de protection et le puit de forage	m	100	9 150	915 000
4.10	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique à immersion permanente de 4x2,5 mm² pour l'alimentation de l'électropompe à partir de la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage, y compris toute sujétion	m	60	9 150	549 000

4.11	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique U1000 R02V de 3x1,5mm² pour l'asservissement surpression de l'électropompe du pressostat à la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage, y compris toute sujétion	m	40	4 250	170 000
4.12	Fourniture, pose et raccordement des câbles d'électrodes de niveau à immersion permanente de 1x1,5mm² des électrodes dans le forage à la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage, y compris toute sujétion	m	360	1 800	648 000
4.13	Fourniture, pose et raccordement d'un coffret étanche équipé de bornes de jonction pour le raccordement des câbles dans l'abri de la tête de forage y compris toute sujétion	u	1	59 000	59 000
4.14	Fourniture et pose d'un avertisseur sonore, y compris toute sujétion (blocage, marche à sec, plein château)	u	1	190 000	190 000
4.15	Fourniture, pose et raccordement de sonde de détection de niveau	u	2	25 000	50 000
4.16	Fourniture, pose et raccordement d'un pressostat double seuil pour l'asservissement de la surpression, y compris toute sujétion	u	1	287 000	287 000
4.17	Eclairage du champ solaire (Lampadaire solaire crépusculaire)	ens.	2	825 000	1 650 000
	Sous Total 4				**52 355 800**
V.	CANALISATION				
5,1	Refoulement -Tuyauteries et accessoires				
5.1.1	Fourniture et pose de tuyau PEHD DN 140 PN 16, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur et pose de pièces spéciales (...)	ml	2523,05	19 000	47 937 943
5.1.2	Essais de pression	ml	2523,05	565	1 425 523
5.1.3	Rinçage et désinfection	ml	2523,05	505	1 274 140
5,2	Distribution-Tuyauteries et accessoires				
	Fourniture et pose de tuyau PEHD DE 32 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	54,58	3 890	212 316

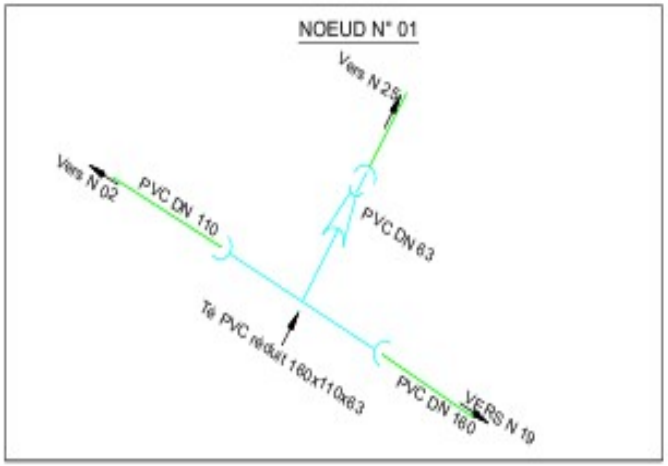
5.2.1	Fourniture et pose de tuyau PVC DE 63 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	4725,25	4 540	21 452 635
	Fourniture et pose de tuyau PVC DE 75 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	1060,4	5 300	5 620 120
5.2.3	Fourniture et pose de tuyau PVC DE 90 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	949,43	5 960	5 658 603
5.2.4	Fourniture et pose de tuyau PVC DE110 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	462,4	6 510	3 010 224
5.2.5	Fourniture et pose de tuyau PVC DE160 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	2203,86	12 000	26 446 320
5,3	Fourniture et pose de pièces spéciales (coudes, té, pièces de raccordement…) pour canalisation	Ens	1	1 000 000	1 000 000
5.3.1	Fonçage, Fourniture et pose de fourreaux PVC pour traversée de bas-fonds, dalots et routes, y compris dispositif en béton pour de scellement des fourreaux et toutes sujétions	ff	1	500 000	500 000
5.3.2	Mise en place de butées en béton pour (coudes, té, vannes, etc.)	ff	1	500 000	500 000
5.3.3	Essais de pression	ml	10585,48	565	5 980 796
5.3.4	Rinçage et Désinfection	ml	10585,48	505	5 345 667
	Sous Total 5				**126 364 288**
VI	FOURNITURES ET POSE DE PIECES				
6,1	Fourniture d'équipements de robinetterie				
6.1.1	Robinet-vanne à brides sur PVC DE 63	u	5	75 000	375 000
6.1.2	Robinet-vanne à brides sur PVC DE 75	u	2	28 000	56 000
6.1.3	Robinet-vanne à brides sur PVC DE 90	u	3	100 000	300 000
6.1.4	Robinet-vanne à brides sur PVC DE 110	u	1	120 000	120 000
6.1.5	Robinet-vanne à brides sur PVC DE 160	u	1	150 000	150 000
6.1.6	Fourniture et pose de Bouche à clé complète pour commande des vannes	u	9	25 000	225 000

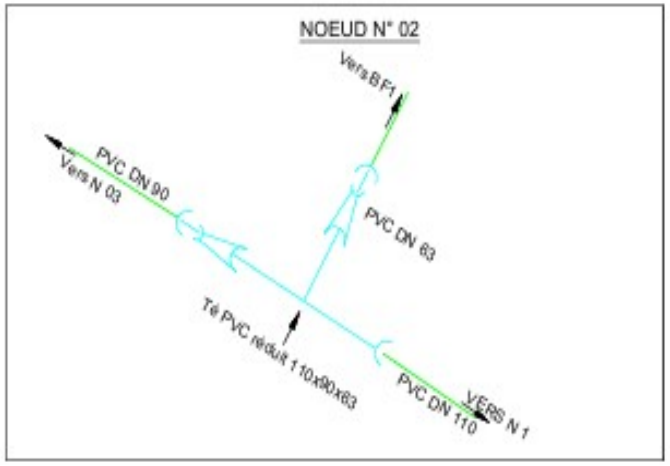
6.1.7	Fourniture de clé à béquille pour vannes enterrées	u	5	25 000	125 000
6.1.8	Fourniture et pose de compteur DN140 PN16 dans regard de pièces spéciales au pied du château	u	1	350 000	350 000
6.1.9	Fourniture et pose de robinet vanne DN140 PN 16 dans regard de pièces spéciales au pied du château	u	3	120 000	360 000
6.1.10	Fourniture et pose de Dispositif anti-retour DN140 dans regard de pièces spéciales au pied du château	u	1	180 000	180 000
6.1.11	Dispositif pour robinet vanne (tube rallonge - tabernacle, couvercle)	ff	1	400 000	400 000
	Sous Total 6				**2 641 000**
VII	CONSTRUCTION DE REGARDS ET POSE DE PIECES				
7,1	Dispositifs Pour Vidange				
7.1.1	Construction de regard pour vidange avec équipement sur conduite DN 90 y compris toute sujétion	u	1	310 000	310 000
7.1.2	Dispositifs de Ventouses				
7.1.3	Réalisation de regard pour ventouse avec équipement sur conduite DE 160 y compris toute sujétion	u	1	300 000	300 000
7.1.4	Réalisation de regard pour ventouse avec équipement sur conduite DE 110 y compris toute sujétion	u	1	300 000	300 000
7.1.5	Fourniture et pose de bornes de repérage pour canalisation	u	120	25 000	3 000 000
	Sous Total 7				**3 910 000**
VIII	CHÂTEAU D'EAU 100 m3				
8.1	Études géotechniques	ff	1	1 500 000	1 500 000
8.2	Château d'eau métallique de100 m3 de capacité de hauteur sous radier de 12 m y compris : -l'ensemble des canalisations -alimentation -distribution -vidange trop plein - l'ensemble des pièces de raccordement selon plan joint -té - coude - vanne - flotteur-béton armé dosé à 350 kg/m3 pour fondation, essai d'étanchéité et toute sujétion	ens.	1	97 000 000	97 000 000

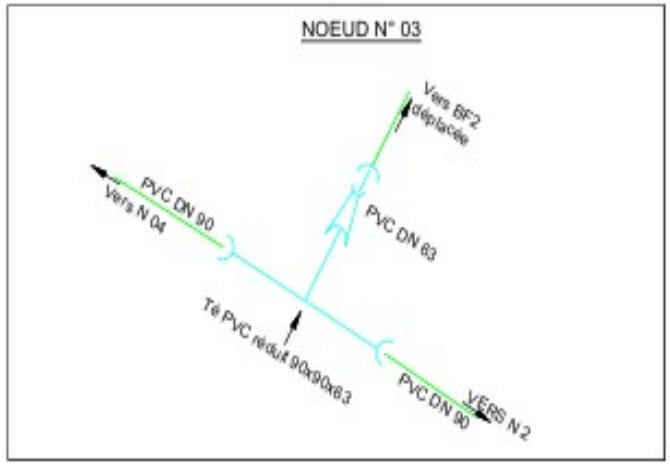
8.3	Construction d'une clôture grillagée (15x15m) équipée d'un portail muni d'un cadenas pour la protection du château d'eau	ens.	1	800 000	800 000
8.4	Construction du regard au pied du château (by pass) et pose d'équipement complet y compris toute sujétion	u	1	300 000	300 000
	Sous Total 8				**99 600 000**
IX .	Borne fontaine				
9.1	Réalisation de borne fontaine à 3 robinets ycompris l'ensemble des canalisations et pièces de robinetterie : -la réalisation du puits perdu -l'abri pour la borne fontaine et toute sujétion (confer plan)	ens.	7	1 500 000	10 500 000
9,2	Confection et pose de plate d'immatriculation pour bornes fontaines de format A3	u	10	42 000	420 000
	Sous Total 9				**10 920 000**
X	EQUIPEMENTS ANNEXES				
10.1	Construction du local de services Bureau/Magasin à double compartiment, y compris les installations électriques intérieures (canalisations électriques, 2 luminaires, interrupteurs, prise et accessoires) et toute sujétion	ens.	1	2 600 000	2 600 000
10.2	Construction d'un local Technique conformément au descriptif pouvant contenir le GE, l'armoire électrique de commande, le convertisseur (onduleur).	ens.	1	3 000 000	3 000 000
10.2	Fourniture et pose du filtre doseur de type venturi y compris toutes sujétions	ens	1	500 000	500 000
10.2	Construction d'un local de traitement au pied du château d'eau	u	1	1 500 000	1 500 000
10.2	Construction de Latrine-Douche pour le personnel et les visiteurs éventuels.	ens.	1	1 500 000	1 500 000
10.2	Construction d'un mur de clôture (25x25m) équipée d'un portail et d'un portillon muni d'un cadenas pour la protection des infrastructures et champ PV	ens.	1	3 500 000	3 500 000
	Sous Total 10				**12 600 000**

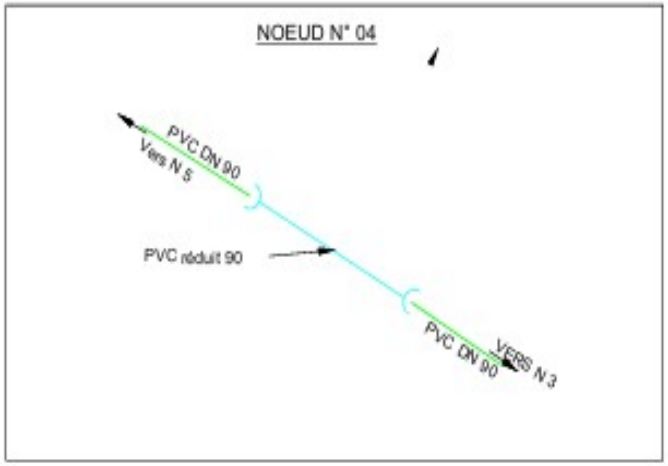
XI	MISE EN ŒUVRE DE LA SAUVEGARDE ENVIRONEMENTAL ET SOCIAL				
11.1	Réalisation et mise en œuvre du Plan de Gestion Environnementale et Social -Chantier et du Plan Hygiène Santé Sécurité	Ens.	1	500 000	500 000
11.2	Equipement de protection individuelle pour le personnel de l'entreprise des visiteurs sur le chantier	Ens.	1	500 000	500 000
11.3	Sécurisation du chantier (balise, panneau de signalisation, etc.)	Ens.	1	500 000	500 000
11.4	Remise en état des sites	ff	1	500 000	500 000
	Sous Total 11				**2 000 000**
MONTANT TOTAL HT					**349 053 588**
TVA 18%					**62 829 646**
MONTANT TOTAL TTC					**411 883 234**

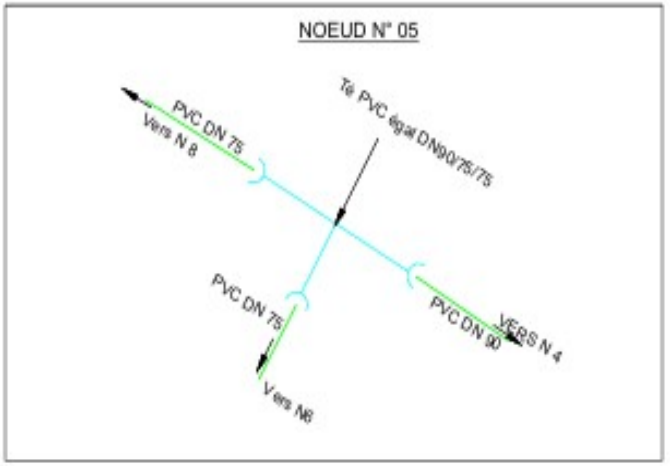
Annexe 10 : Carnets des nœuds

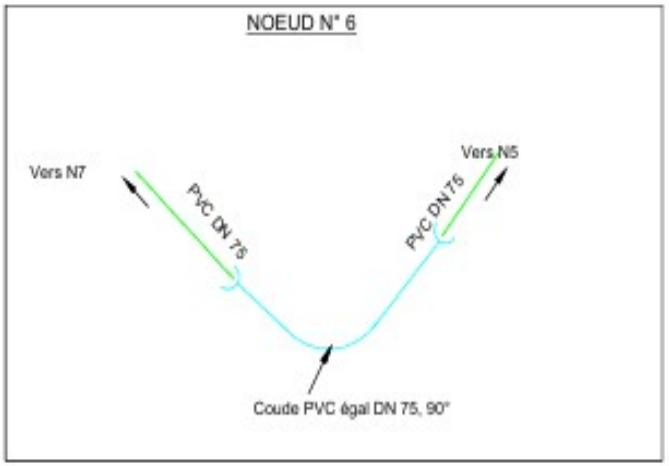


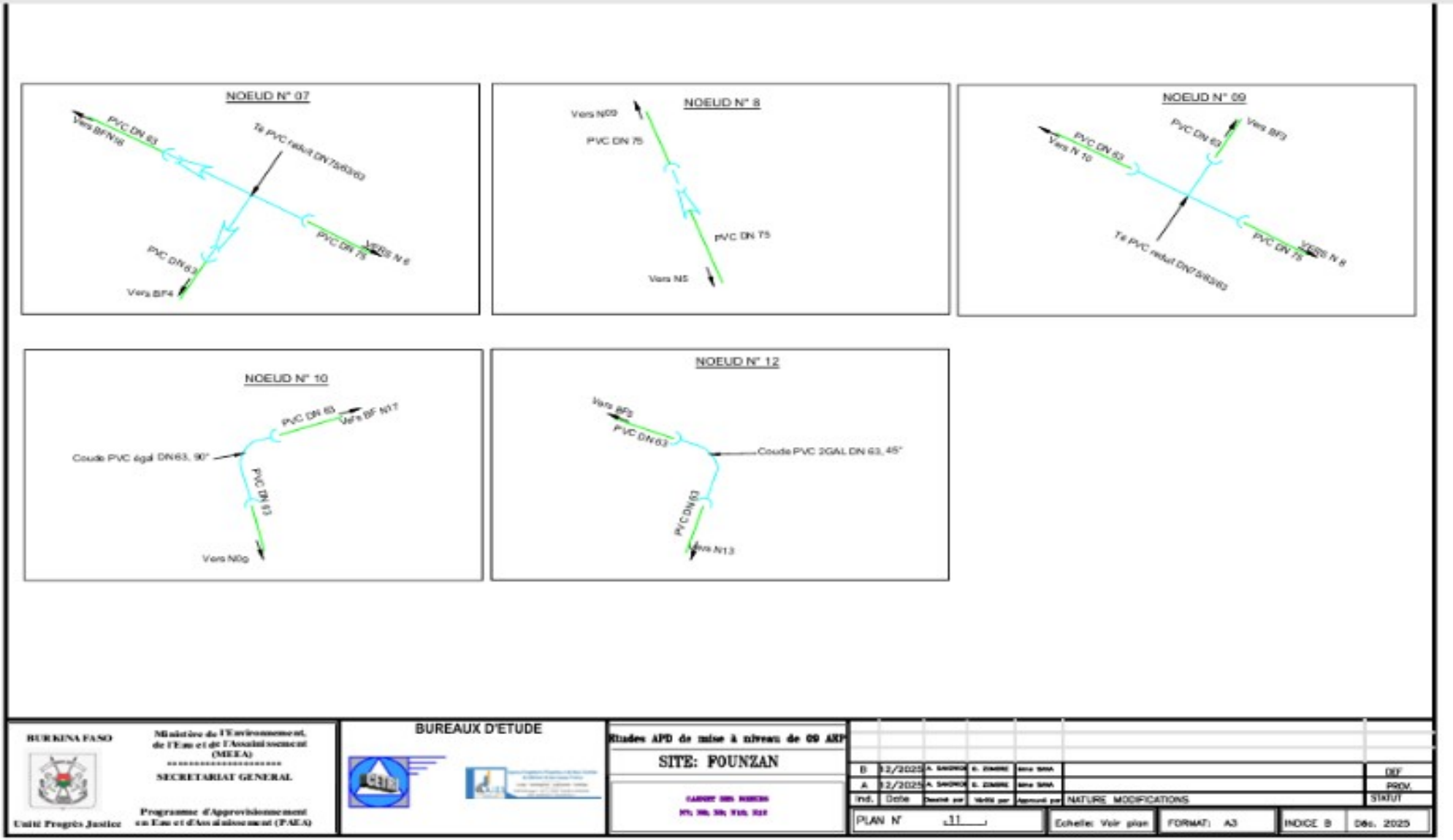


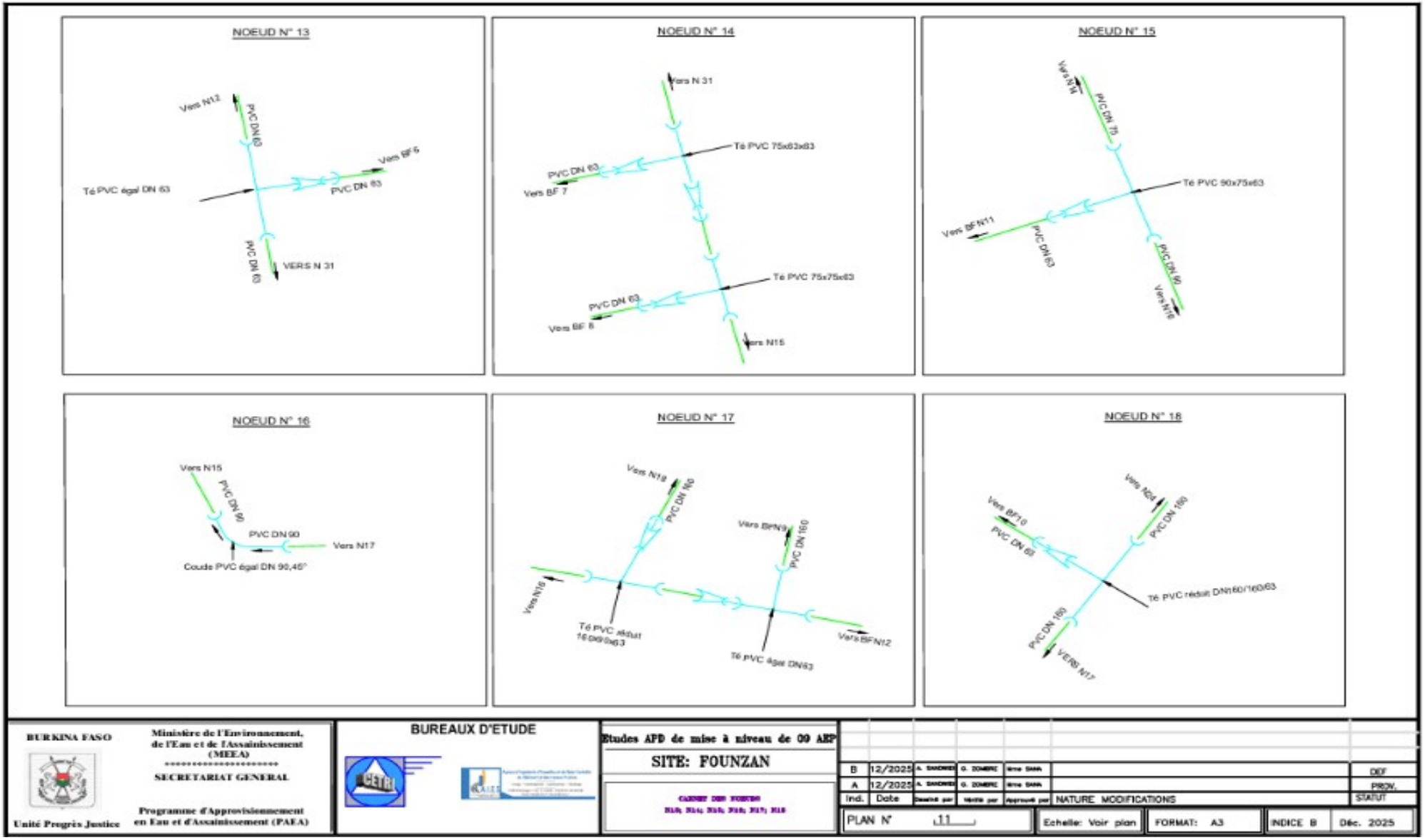


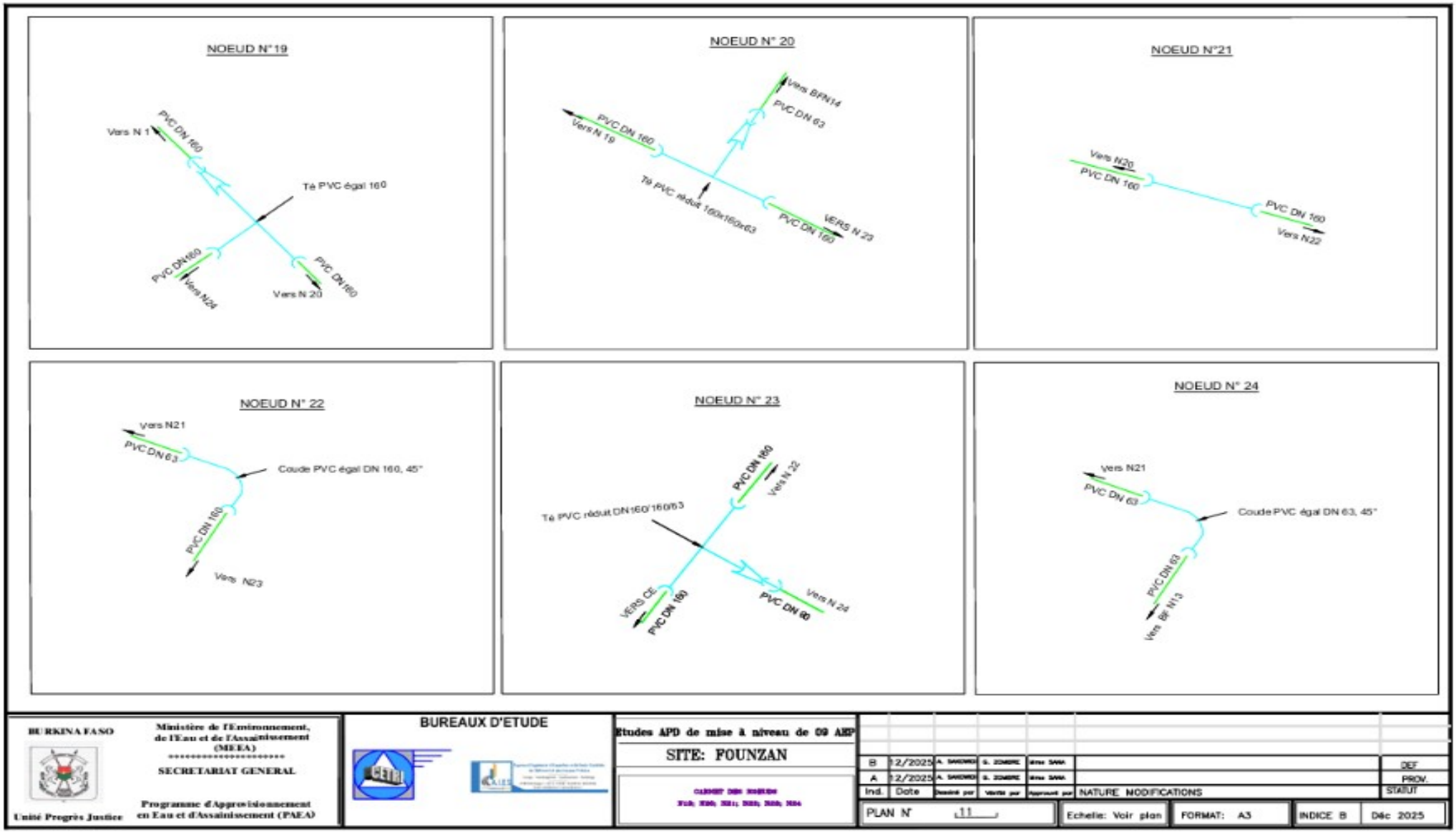


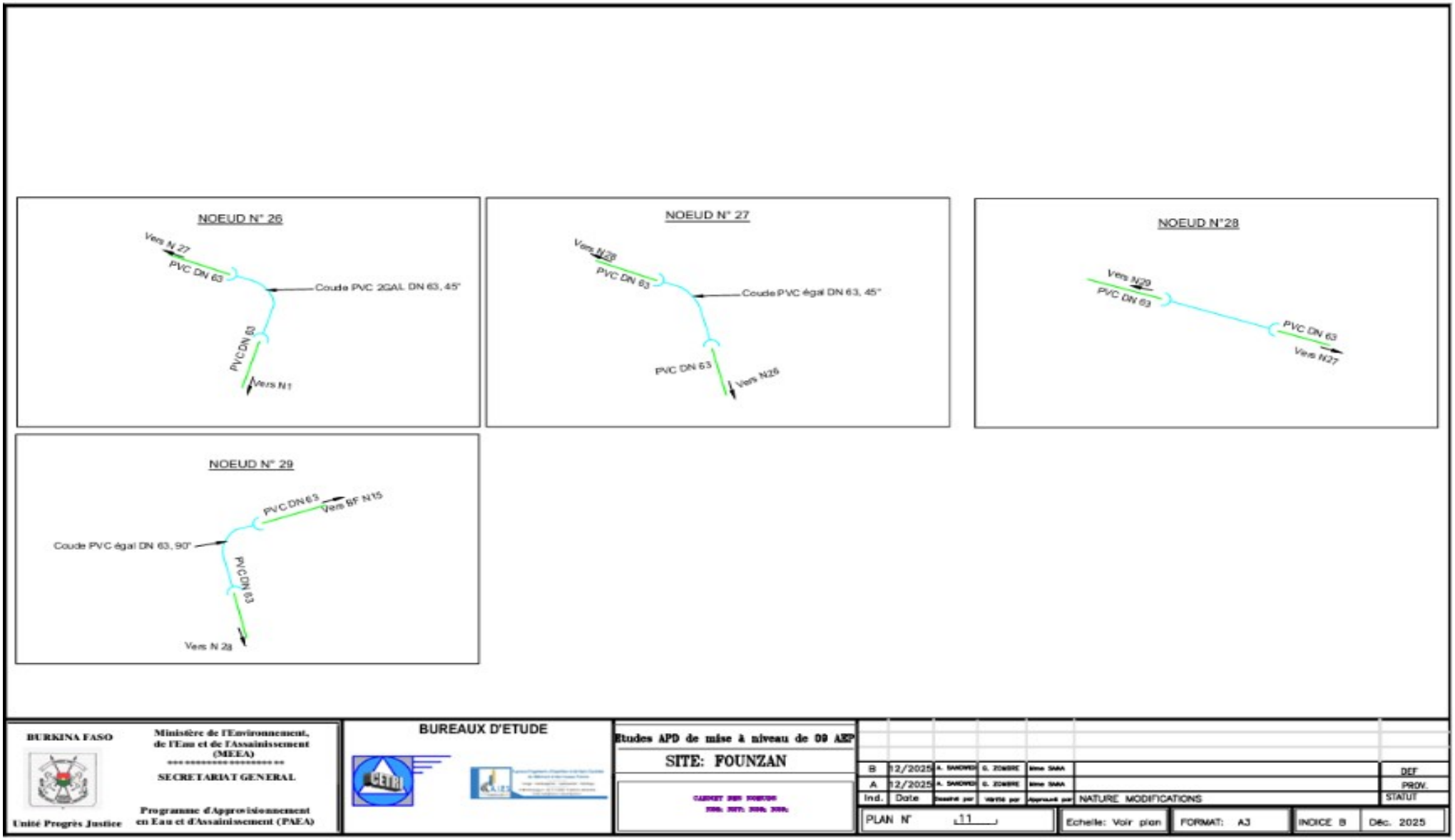





NOEUD N° 07
PVC DN 63
Vers BFN16
Té PVC réduit DN75/63/63
PVC DN 75
Vers N 6
PVC DN 63
Vers BF4
NOEUD N° 8
Vers N09
PVC DN 75
PVC DN 75
Vers N5
NOEUD N° 09
PVC DN 63
Vers N 70
PVC DN 63
Vers BF3
Té PVC réduit DN75/63/63
PVC DN 75
Vers N 8
NOEUD N° 10
PVC DN 63
Vers BF N17
Coude PVC égal DN63, 90°
PVC DN 63
Vers N0g
NOEUD N° 12
Vers BF2
PVC DN 63
Coude PVC 2GAL DN 63, 45°
PVC DN 63
Vers N13
BURKINA FASO
Unité Progrès Justice
Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement (MEEA)
SECRETARIAT GENERAL
Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA)
BUREAUX D'ETUDE
Etudes APD de mise à niveau de 09 AEP
SITE: FOUNZAN
B 12/2025
A 12/2025
Ind. Date
NATURE MODIFICATIONS
DEF
PROV.
STATUT
PLAN N° 11
Echelle: Voir plan
FORMAT: A3
INDICE B
Déc. 2025


NOEUD N° 13
Vers N12
PVC DN 63
Vers BF 6
Té PVC égal DN 63
PVC DN 63
PVC DN 63
VERS N 31
NOEUD N° 14
Vers N 31
Té PVC 75x63x63
PVC DN 63
Vers BF 7
Té PVC 75x75x63
PVC DN 63
Vers BF 8
Vers N15
NOEUD N° 15
Vers N14
PVC DN 75
Té PVC 90x75x63
Vers BF N11
PVC DN 63
PVC DN 90
Vers N16
NOEUD N° 16
Vers N15
PVC DN 90
PVC DN 90
Vers N17
Coude PVC égal DN 90,45°
NOEUD N° 17
Vers N18
PVC DN 160
Vers BFN9
PVC DN 160
Vers N16
Té PVC réduit
Vers BFN12
Té PVC égal DN63
NOEUD N° 18
Vers N04
PVC DN 160
Vers BF10
PVC DN 63
Té PVC réduit DN160/160/63
PVC DN 160
VERS N17
BURKINA FASO
Unité Progrès Justice
Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement (MEEA)
SECRETARIAT GENERAL
Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA)
BUREAUX D'ETUDE
CERTI
Etudes AFD de mise à niveau de 09 AEP
SITE: FOUNZAN
B 12/2025 A. SANOGO O. ZOMBRE DEF
A 12/2025 A. SANOGO O. ZOMBRE PROV.
Ind. Date NATURE MODIFICATIONS STATUT
PLAN N° 11
Echelle: Voir plan
FORMAT: A3
INDICE B
Déc. 2025


NOEUD N°19
Vers N 1
PVC DN 160
Té PVC égal 160
PVC DN160
Vers N24
Vers N 20
PVC DN 160
NOEUD N° 20
Vers BFN14
PVC DN 63
PVC DN 160
Vers N 19
Té PVC réduit 160x160x63
VERS N 23
PVC DN 160
NOEUD N°21
Vers N20
PVC DN 160
PVC DN 160
Vers N22
NOEUD N° 22
Vers N21
PVC DN 63
Coude PVC égal DN 160, 45°
PVC DN 160
Vers N23
NOEUD N° 23
PVC DN 160
Vers N 22
Té PVC réduit DN160/160/63
VERS CE
PVC DN 160
Vers N 24
PVC DN 63
NOEUD N° 24
Vers N21
PVC DN 63
Coude PVC égal DN 63, 45°
PVC DN 63
Vers BF N13
BURKINA FASO
Unité Progrès Justice
Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement (MEEA)
SECRETARIAT GENERAL
Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA)
BUREAUX D'ETUDE
Etudes APD de mise à niveau de 09 AEP
SITE: FOUNZAN
B 12/2025 A. SANDWIDI G. ZOMBRE Mme SAWA DEF
A 12/2025 A. SANDWIDI G. ZOMBRE Mme SAWA PROV.
Ind. Date Dessiné par Vérifié par Approuvé par NATURE MODIFICATIONS STATUT
PLAN N° 11
Echelle: Voir plan
FORMAT: A3
INDICE B
Déc 2025


NOEUD N° 26
Vers N 27
PVC DN 63
Coude PVC 2GAL DN 63, 45°
PVC DN 63
Vers N 1
NOEUD N° 27
Vers N28
PVC DN 63
Coude PVC égal DN 63, 45°
PVC DN 63
Vers N26
NOEUD N°28
Vers N29
PVC DN 63
PVC DN 63
Vers N27
NOEUD N° 29
PVC DN 63
Vers BF N15
Coude PVC égal DN 63, 90°
PVC DN 63
Vers N 28
BURKINA FASO
Unité Progrès Justice
Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement (MEEA)
SECRETARIAT GENERAL
Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA)
BUREAUX D'ETUDE
Etudes APD de mise à niveau de 09 AEP
SITE: FOUNZAN
B 12/2025 A. SANDWIDI G. ZOMBRE Mme SAWA DEF
A 12/2025 A. SANDWIDI G. ZOMBRE Mme SAWA PROV.
Ind. Date Dessiné par Vérifié par Approuvé par NATURE MODIFICATIONS STATUT
PLAN N° 11
Echelle: Voir plan
FORMAT: A3
INDICE B
Déc. 2025