ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE D'UN SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE SIMPLIFIEE MULTI-VILLAGES DES LOCALITES DE HORE ET DE GASONGO, COMMUNE DE TIKARE, BURKINA-FASO.

Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur 2iE avec Grade de Master-Spécialité Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-Agricoles (GEAAH).

Presenté et soutenu publiquement le 16/07/2025 par :

Abdoulaye COMPAORE (2022 0840)

Directeur de mémoire : **Dr Angelbert Chabi BIAOU**, Maitre de Conference (CAMES), Enseignant-Chercheur en Hydraulique à l'institut 2iE.

Encadrant 2iE : Dr Moussa Diagne FAYE, Maitre Assistant (CAMES) , Enseignant-Chercheur en Hydraulique et Hydrogeologie à l'institut 2iE.

Maître de stage : **M. Adama Tapsoba**, Ingenieur du Génie Rural à la DGEP

Structure d'acceuil : Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP)

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : **Pr. Mahamadou KOITA**

Membres et correcteurs : **Mme Tani COULIDIATI**

M. Adama ZOMBRE

Promotion [2024-2025]

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à mes parents et à toute ma famille pour leurs efforts et sacrifices consentis depuis des années pour m'accompagner dans mes études.

REMERCIEMENT

La réalisation du présent mémoire a été rendue possible grâce au concours et à l'accompagnement de plusieurs personnes qui n'ont ménagé aucun effort pour nous appuyer. Nous venons par la présente pour exprimer notre gratitude à l'endroit de ces personnes physiques ou morales.

- L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour les enseignements de qualité dont nous avons bénéficié durant notre cursus ;
- Dr Angelbert Chabi BIAOU, Maitre de Conférence (CAMES), Enseignant-Chercheur en Hydraulique à 2iE pour les conseils et les orientations qui ont été essentiels à l'aboutissement de ce travail ;
- Dr Moussa Faye DIAGNE, Maitre-Assistant (CAMES), Enseignant-Chercheur en Hydraulique et Hydrogéologie pour m'avoir apporté son encadrement dans le cadre de ce mémoire en tant que mon encadreur ;
- Monsieur Souro André SANON Directeur General de la Direction Générale de l'Eau Potable pour avoir accordé le stage ;
- Le Service des Ressources Humaines de la Direction Générale de l'Eau Potable pour avoir facilité l'obtention du stage ;
- Mon maitre de stage, Monsieur Adama TAPSOBA Ingénieur de Conception du Génie Rural, point focal du PASEPA-2R pour sa disponibilité et ses conseils tout au long de mon stage ;
- Tous mes camarades de la filière GEAAH pour les moments agréables et les multiples soutiens mutuels ;
- A ma femme et mes filles : Nouria Djamilatou, Latifatou et Rafiyatou pour leur compréhension et leur encouragement durant la formation ;
- A mes frères et à ma sœur : Rasmané, Salfo, Adama, Boukaré et Bibata pour leur soutien moral et financier.
- A toute personne qui a contribué d'une manière ou d'une autre à la concrétisation de ce travail.

RESUME

Ce mémoire présente une étude de faisabilité technique d'un système d'alimentation en eau potable Simplifiée Muli-Villages (SMV) des localités de Gasongo et Horé, de la commune de Tikaré, région du Centre-Nord au Burkina. Ils connaissent des difficultés d'approvisionnement en eau potable car ne disposant pas d'AEPS, qui se sont aggravées aussi par la crise sécuritaire qui sévit dans la région.

Porté financièrement par le Projet d'Appui aux Services d'Eau Potable et d'Assainissement pour le Renforcement de la Résilience (PASEPA-2R), le système comprendra deux forages, un château d'eau métallique de **150 m^3**, **12 bornes fontaines** comprenant chacune trois robinets pour un débit total de **0,45l/s** et **906** branchements particuliers. Il fonctionnera en mode d'adduction par refoulement d'une longueur de **1522 m** en conduite PEHD **DN75-PN16** et en distribution gravitaire d'une longueur de **9150 m** comprenant des diamètres nominaux en **PN10** allant de **DN63** à **DN180** pour satisfaire des besoins en eau de **349,82 m^3/j** pour une population de **12196** habitants à l'horizon 2050 pour un débit de pointe horaire de **13,89 l/s**. Le système sera alimenté par deux forages dont un existant et l'autre à implanter à partir de la télédétection à l'aide d'images satellitaires pour le traçage des linéaments afin d'identifier les fractures propices, débitant chacun **5 m^3/h** pompés à partir des pompes Grundfos **SP 5A-33** et **SP 5A-25**. Une source d'énergie hybride composée de **40 modules** solaires de **300 Wc** et deux groupes électrogènes de **17 KVA** alimenteront le système de pompage soit un temps de pompage de **6 h/jour** pour l'énergie solaire et **10 h/jour** pour l'énergie thermique.

Le montant total du projet s'élève à **532 411 463 F CFA TTC** avec un prix de vente retenu de **450 F CFA** au mètre cube.

Le mode de gestion proposé est l'affermage pour assurer une pérennité du système.

Mots clés :

1. **Hydrogéologie**
2. **Image satellitaire**
3. **Linéament**
4. **Système d'approvisionnement en eau potable Multi-Villages (SMV)**
5. **Télédétection**

ABSTRACT

This memory presents a technical feasibility study of a simplified multi-villages drinking water supply system (SMV) in the localities of Gasongo and Hore, in the commune of Tikaré, the North-Center region in Burkina-Faso. They are experiencing drinking Water supply because it does not have simplified drinking adduction, which have also been worsened by the security crisis in the region.

Supported financially by the project to support drinking water and sanitation for the strengthening of resilience (PASEPA-2R), the system will include two boreholes, a 130 m^3 mental water tower feeding the twelve (12) fountain terminals including three taps for a total flow of 0,45 l/s and 906 special connections. It will operate in supplying mode by discharge a total length of 1522 meters in PEHD DN75-PN16 driving and in gravity distribution with a length of 9 150 meters including nominal diameters PN10 ranging from DN63 to DN180 to meet the water needs of a population of 12 196 inhabitants time cutting edge of 13,89 liters per second.

The system will be supplied by two boreholes, one of which is existing and the other to be sought from remote sensing using satellite images for the lineaments tracling in order to identify the favourable fractures, each debit 5 cubic meters per hour pumped from two submerged pumps Grundfos SP 5A-33 and SP 5A-25.

A hybrid source of energy composed of 40 solar modules of 300 Wc and two generators of 17 KVA will supply the pumping system, a pumping time of 6h/day for solar energy and 10h/day.

The total amount of project amounts to 532 411 463 FCFA TTC with a selling price from 450 FCFA per cubic meter.

The proposed management method is the skewm that would ensure the sustainability of the system.

Keywords :

1. Hydrogeology

2. Satellite images

3. Lineament

4. Multi-Village drinking water supply system

5. Remote sensing

SIGLES ET ABBREVIATION

2iE	: Institut International d'Ingénierie, de l'Eau et de l'Environnement
ACP	: Analyse en Composante Principale
AEP	: Approvisionnement en Eau Potable
AEPS	: Approvisionnement en Eau Potable Simplifiée
AFD	: Approche Fondée Sur les Droits Humains
AUE	: Association des Usagers de l'Eau
BF	: Borne Fontaine
BNDT	: Base Nationale des Données du Territoire
BP	: Branchement Particulier
DGEP	: Direction Générale de l'Eau Potable
GLS	: Gaz-Liquide-Solide
DN	: Diamètre Nominal
GEAAH	: Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-Agricoles
GPS	: Global Positioning System
HMT	: Hauteur Manométrique Totale
HTVA	: Hors Taxe sur la Valeur Ajoutée
IGB	: Institut Géographique du Burkina
INO	: Inventaire National des Ouvrages
INSD	: Institut National de la Statistique et de la Démographie
JMP	: Joint Monitoring Program
MEEA	: Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement
ND	Niveau Dynamique
NIES	: Notice d'Impact Environnemental et Social
ODD	: Objectif de Développement Durable
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
ONEA	: Office National de l'Eau et de l'Assainissement
PASEPA-2R	: Projet d'Appui aux Services d'Eau Potable et d'Assainissement pour le Renforcement de la Résilience
PEHD	: Polyéthylène Haute Densité
PGES	: Plan de Gestion Environnemental et Social
PN	: Pression Nominale
PN-AEP	: Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SMV	: Système Multi-Villages
SP	: Submersible Pump
TN	: Terrain Naturel
TTC	: Toute Taxe comprise
UNICEF	: Organisation des Nations Unies pour l'Enfance

SOMMAIRE

DEDICACE i

REMERCIEMENT ii

RESUME iii

ABSTRACT iv

SIGLES ET ABBREVIATION v

SOMMAIRE vi

LISTE DES TABLEAUX ix

LISTE DES FIGURES x

FICHE SIGNATIQUE xi

INTRODUCTION I

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE DE PROJET III

I.1. Présentation de la Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP) III

I.2. Présentation de la zone d'étude 5

II. PRESENTATION DU PROJET 10

II.1. Contexte et justification 10

II.2. Objectifs du projet 11

II.3. Résultats attendus de l'étude 11

III. METHODOLOGIE DE CONCEPTION 11

III.1. Matériels et logiciels utilisés 11

III.2. Documentation et collecte de données 12

III.3. Diagnostic et états des lieux 12

III.4. Mobilisation des ressources en eau 12

III.5. Design du réseau 16

III.6. Estimation des différents paramètres 17

IV. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE 31

IV.1. Diagnostic et états des lieux 31
IV.2. Mobilisation de la ressource en eau 32
IV.3. Design du réseau 39
IV.4. Estimation des besoins en eau 40
IV.5. Conduite de refoulement 42
IV.6. HMT et choix des pompes 43
IV.7. Etude et vérification des coups de bélier 45
IV.8. Source d'énergie 45
IV.9. Dimensionnement du réservoir de stockage 46
IV.9. Dimensionnement du réseau de distribution 47
IV.10. Géométrie des tranchées 48
IV.11. Détermination du volume de butée à mettre en place 48
IV.12. Simulation faite sur Epanet 48
V. ETUDE FINANCIERE 52
V.1. Evaluation du coût du projet 52
V.2. Calcul des amortissements et charges d'exploitation 52
V.3. Prix de revient et de vente du mètre cube d'eau 53
VI. SYSTEME DE GESTION POUR LE SMV DE HORE-GASONGO 53
VI.1. Organisation institutionnelle pour la gestion du service public de l'eau 53
VI.2. Système de gestion recommandée pour l'AEP Muli-Villages de Horé-Gasongo 54
VII. EVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE 54
VII.1. Cadre législatif du projet d'AEP-ML 55
VII.2. Composantes et phase du projet 55
VII.3. Identification et évaluation des impacts 55
VII.4. Mesures d'atténuation ou compensatrices 56
VII.5. Plan de gestion environnementale et social 57
CONCLUSION 58

RECOMMANDATIONS 59

BIBLIOGRAPHIE I

ANNEXE III

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tension du generateur en fonction de la puissance 22
Tableau 2 : Valeur pratique de la capacite utile du reservoir de stockage 24
Tableau 3 : Côte d'installation 33
Tableau 4 : ACP 35
Tableau 5 : Rapport de bande b7/b5 35
Tableau 6 : Composition coloree appliquee sur l'acp , la bande b7 et b7/b5 36
Tableau 7 : Population a l'horizon du projet 41
Tableau 8 : Taux de desserte à l'horizon 2050 41
Tableau 9 : Diamètre des conduites d'exhaure et montante 43
Tableau 10 : Types de pompes grundfos retenues 43
Tableau 11 : Synthèse des diametres et leurs longueurs du reseau de distribution 48
Tableau 12 : Profondeur et largeur des tranchees pour la pose 48
Tableau 13 : Coût total du projet TTC 52
Tableau 14 : Calcul des prix de revient et de vente théorique 53

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de la DGEP 4
Figure 2: Carte de la situation geographique de Horé et de Gasongo 5
Figure 3 : Carte d'occupation des sols de la commune de Tikaré 7
Figure 4 : Carte du réseau hydrographique 8
Figure 5 : Filtre sobel (7x7) 16
Figure 6 : Interprètation des essais de pompage 34
Figure 7 : Carte de validation des linéaments 38
Figure 8 : Rosace directionnelle des linéaments 39
Figure 9 : Design du réseau 40
Figure 10 : Evolution des demandes en eau et de la capacité de production de demarrage 42
Figure 11 : Point de fonctionnement sp A-33 44
Figure 12 : Point de fonctionnement sp 5A-25 45
Figure 13 : Vitesses et pressions simulées 49
Figure 14 : Graphique des pressions simulees et calculées 50
Figure 15 : Corrélation entre les pressions calculées et simulées 50
Figure 16 : Graphique des vitesses calculées et simulées 51
Figure 17 : Corrélation entre les vitesses calculées et simulées 51

FICHE SIGNATIQUE

LOCALISATION AU BURKINA-FASO		
Région/Province/Commune	Centre-Nord/Bam/Tikaré	
Villages	Gasonso, Horé	
DONNEES SOCIO-ECONOMIQUE		
Population de référence 2019	4525 habitants	
Taux d'accroissement de la population	3%	
Horizon du projet	2050	
Population à l'Horizon	12196 habitants	
Taux de desserte du système d'AEP	90%	
Consommation spécifique	25 L/Personne/j aux BP et 20 L/Personne /j aux BF	
Demande jour de pointe	349,82 m^3/j	
RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE		
Forages	Forage1	Forage2
Cote TN des forages	285,350 m	285,755 m
Débit d'exploitation	5 m^3/h	5 m^3/h
Niveau dynamique	58,25 m	50 m
Durée de pompage par jour	16 h	16 h
CARACTERISTIQUES DES POMPES IMMERGES		
Marque et type de pompes	GRUNDFOS SP 5A-33	GRUNDFOS SP 5A-25
Débit nominal	5m^3/h	5m^3/h
Hauteur Manométrique Totale	134m	104m
Puissance du moteur	3 KW	2,2 KW
Rendement de la pompe	58,1%	54%
ENERGIE SOLAIRE ET THERMIQUE		
Puissance de la source solaire	6,5 KW	5,4 KW
Nombre de panneaux 300Wc	22	18
Puissance de la source thermique	17 KVA	17 KVA
RESEAU DE REFOULEMENT EN PEHD		
Diamètre nominal	DN75/PN16	DN75/PN16
Longueur	1522 m	
RESEAU DE DISTRIBUTION EN PEHD		
Diamètre nominal	63 mm à 180 mm	
Longueur	9 150 m	
RESERVOIR DE STOCKAGE METALLIQUE CYNDRO-CONIQUE		
Capacité	150 m^3	
Cote TN	307,15 m	
Hauteur sous-radier	12 m	
POINTS DE DESSERTES		
Nombre de Bornes Fontaines	12	
Nombre de Branchement Particulier Projetés	906	
ETUDE ENVIRONNEMENTALE DU PROJET		
Catégorie	B	
Type d'étude	Notice d'Impact environnemental et social	
DONNEES FINANCIERES		
Montant global du projet	532 411 463 F CFA	
Prix de vente du mètre cube d'eau	450 F CFA	
Mode de gestion proposé	Affermage	

INTRODUCTION

La ressource eau qui se présente sous forme solide, liquide ou gazeuse est un élément incontournable pour tout être vivant en ce sens que certains la qualifie de source de vie. Sa répartition est souvent inégale et ne cadre toujours pas avec les besoins, il s'avère donc nécessaire de disponibiliser l'eau en quantité et en qualité suffisante pour satisfaire les différents usages[1]. L'eau souterraine constitue la source d'eau potable car elle nécessite peu de traitement contrairement à l'eau de surface qui demande plus de traitement lié au fait qu'elle est plus sujette à la pollution. La mobilisation de l'eau souterraine se fait à travers les fractures ouvertes et injectées en milieu de socle cristallin tandis qu'en zone sédimentaire elle se fait à travers les horizons les plus productifs du log stratigraphique[2].

Le Burkina-Faso, pays de l'Afrique Sub-Saharienne comme la plupart des pays africains connait des difficultés d'approvisionnement en eau potable avec la particularité de comptabiliser plus de 80% de sa superficie occupée par des roches cristallines et cristallophylliennes qui constituent le socle cristallin selon le Bureau National des Mines et de la Géologie du Burkina-Faso[3].

Selon les résultats de l'inventaire National des ouvrages de l'année 2023[4] , le taux d'accès à l'eau potable au niveau national était de 78,3%. Ce pendant ce taux cache des disparités d'accès à l'eau potable des populations sur l'ensemble du territoire. A titre illustratif en 2023 le taux d'accès à l'eau potable était de 92,2% en milieu urbain contre 71,2% en milieu rural [4] alors que la majorité de la population Burkinabè vit en milieu rural.

Fort de ce constat le pays a entrepris depuis des décennies à l'élaboration et à la mise en place de programmes (PN-AEPA 2005-2015, PN-AEP 2015-2030) et de projets ambitieux avec pour objectif de réduire les maladies d'origine hydrauliques tout en disponibilisant en quantité et en qualité de l'eau pour les multiples usages.

Gasongo et Horé sont des villages de la commune rurale de Tikaré, situés dans la région du Centre-Nord avec une population totale estimée à 5143 habitants en 2025, ne disposent pas d'un système d'Approvisionnement en Eau Potable Simplifiée (AEPS) alors que le décret sur les normes et les critères d'accès à l'eau potable de 2019 stipule que tout village ayant une population d'au moins 2 000 habitants doivent bénéficier d'une AEPS[5]. C'est pour cette raison que dans le cadre du Projet d'Appui aux Services d'Eau Potable et d'Assainissement financé par la Banque Africaine de Développement que le ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement met en œuvre, prévoit dans sa composante A, la réalisation de systèmes d'approvisionnement en eau potable simplifiée et que ces deux villages ont été identifiés pour bénéficier d'un système d'approvisionnement en eau potable multi-villages

dans le but d'améliorer les conditions de desserte en eau potable des populations de la zone. Il s'avère donc primordial de réaliser une étude hydrogéologique pour l'alimentation en eau potable multi-villages assortie de la conception d'un Système d'approvisionnement en eau potable Multi-Villages (SMV). Cette étude constitue notre mémoire de fin d'étude du cycle Master2 en Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-Agricole (GEAAH).Pour mieux conduire cette étude il est nécessaire de faire un diagnostic du système actuel, une implantation et une estimation de la capacité d'exploitation des eaux souterraines, de concevoir et de dimensionner le système, de proposer un mode de gestion ,de faire une étude de coûts et de réaliser une Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES).

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE DE PROJET

I.1. Présentation de la Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP)

I.1.1. Création et mission de la DGEP

La DGEP est une structure centrale du ministère en charge de l'eau, elle a été créée par le décret n°2024-1086/MEEA/CAB, daté du 29 novembre 2024.Pour son opérationnalisation le ministre de tutelle a également pris l'arrêté n°2024-1086/MEEA/CAB du 30 décembre 2024 pour décliner l'organisation, les compétences et le fonctionnement de la structure. La mission principale de ladite direction est la mise en œuvre et le suivi des politiques et des stratégie nationales en lien à l'eau potable en synergie d'action avec les parties prenantes du secteur d'approvisionnement en eau potable.

I.1.2. Organisation de la DGEP

Sous le leadership d'un Directeur General nommé par décret en conseil des ministres sur proposition du ministre en charge de l'eau, la DGEP est structurée en plusieurs services d'assistance au nombre de huit et chaque service est appuyé par un assistant technique. Elle comptabilise également deux directions de services qui totalisent cinq services auxquelles sont rattachées des projets et programmes (confère l'organigramme ci-dessous)[6].

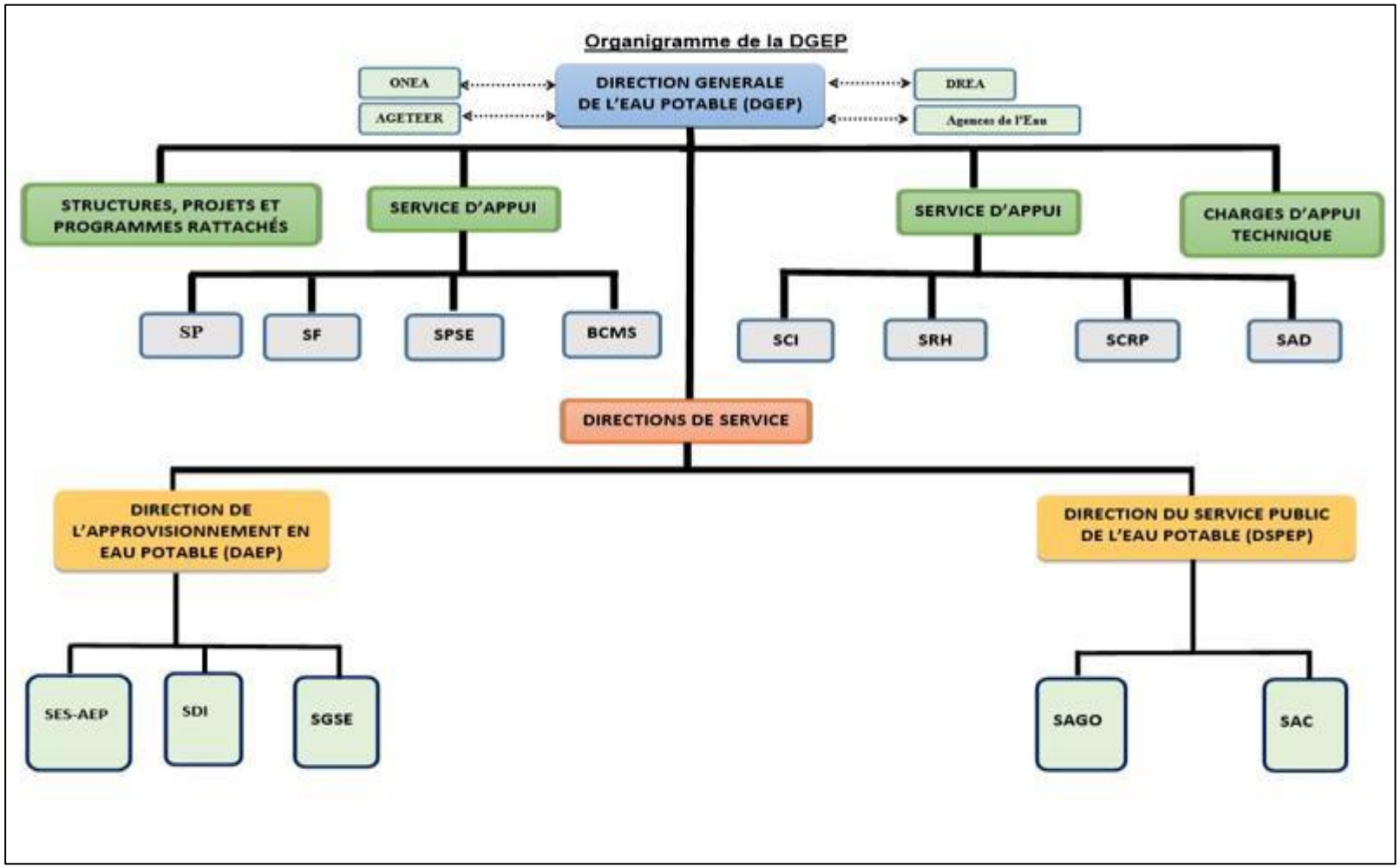


Figure 1: Organigramme de la DGEP

I.2. Présentation de la zone d'étude

I.2.1. Situation géographique de notre zone d'étude

La zone d'étude couvre les villages de Horé et de Gasongo qui sont situés respectivement à environ 7 et 8 km à l'Est de Tikaré, chef-lieu de la commune rurale du même nom dont les deux villages relèvent administrativement. Ils sont également situés à 22 Km et 23 Km de la ville de kongoussi chef-lieu de la province du Bam qui fait partie des trois provinces de la région du Centre-Nord au Burkina-Faso. Les deux villages sont accessibles à partir de la ville Ouagadougou par le trajet :

- Ouagadougou-Kongoussi (105km)
- Kongoussi-Tikaré par la RN15 (25km)
- Tikaré-Horé (07km) et Horé-Gasongo (1km)

L'accès aux deux villages se fait par la RN15 qui est une route en terre. La figure2 ci-après montre la localisation géographique des deux (02) villages d'étude de l'AEP-MV.

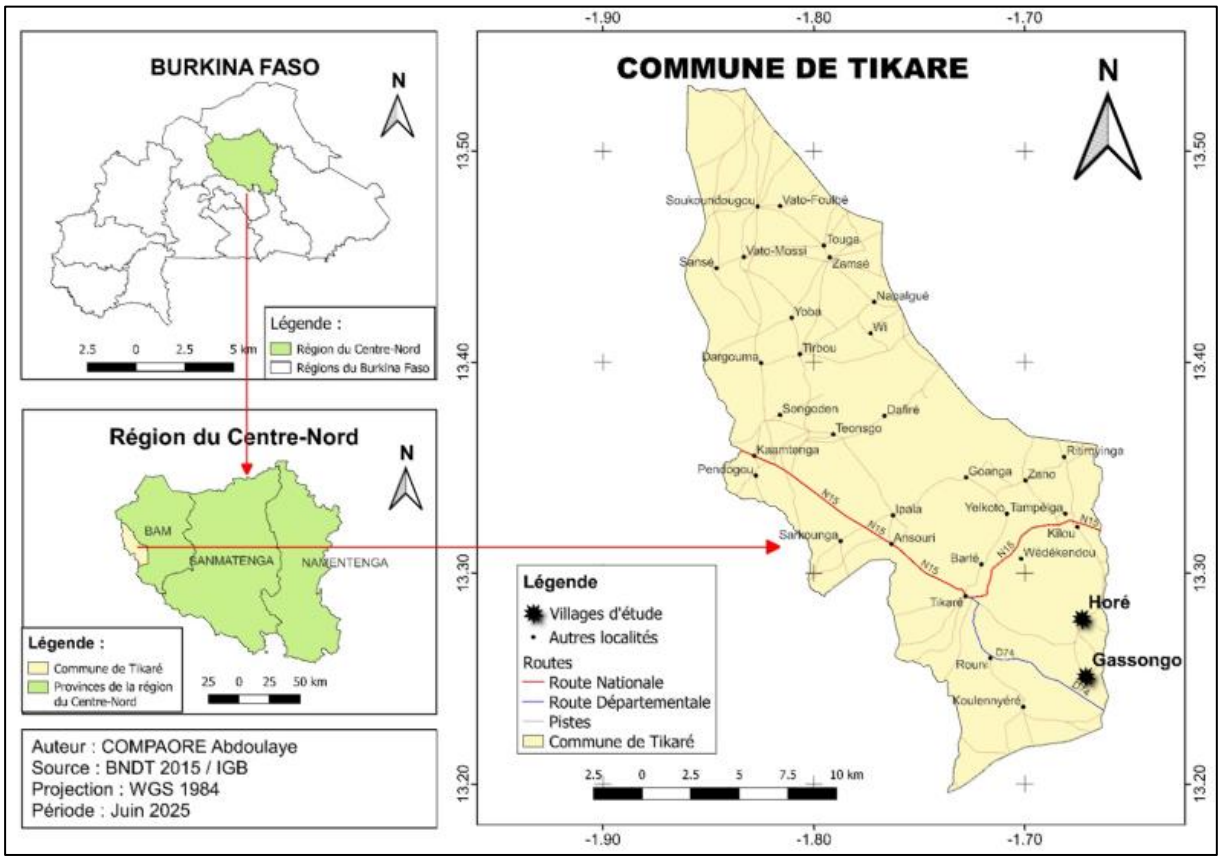


Figure 2: Carte de la situation géographique de Horé et de Gasongo

I.2.2. Présentation du milieu physique

❖ Géologie

La géologie de la commune rurale de Tikaré selon la carte géologique du Burkina-Faso se caractérise principalement par des formations volcaniques birrimiennes transformées par métamorphisme qui comprennent des migmatites et granites indifférenciés, des granodiorites et tonalites indifférenciées, des volcano-sédimentaires (les tufs,) et enfin des métavolcanites neutres à basiques qui représentent la plus grande partie de la commune ainsi que de Horé et de Gasongo. Elles peuvent donner lieu à un ruissellement important lorsqu'ils affleurent. Les différentes formations géologiques sont mises en exergue dans la carte géologique en **annexe 1**.

❖ Relief

Le relief quant à lui est un relief contrasté avec une morphologie assez accidenté. On distingue principalement plusieurs grandes familles de paysage tels que les chaines colinéaires, les plateaux latéritiques et enfin les thalweg et dépression. Ce qui fait que la commune peut être qualifié de commune des collines avec des sommets culminant entre 200 et 300 m d'altitude dont le plus haut sommet est la colline simntanga. La mise en place des formations géologiques rencontrées date du précambrien. La commune enregistre également de nombreux bas-fond.

❖ Sols

Les sols rencontrés dans la commune vont des sols ferrugineux à des sols peu évolués. On distingue principalement des :

- Lithosols qui sont peu profonds dû à la présence de formations rocheuses en surface ou à faible profondeur ;
- Sols peu évolués d'apport alluvial issus des du transport et du dépôt des sédiments par les eaux fluviales ;
- Sols bruns eutrophes très fertiles car ils contiennent des matières organiques et des éléments nutritifs caractérisés par une couleur brunâtre ;
- Sols ferrugineux lessivés qui sont de couleur rouge car riches en fer ;
- Sols hydromorphes peu humeifiés à pseudo caractérisés par une forte humidité comprenant parfois des taches grises liées à la diminution du fer en milieu anaérobie.

La figure ci-dessous montre l'occupation du sol de la commune de Tikaré.

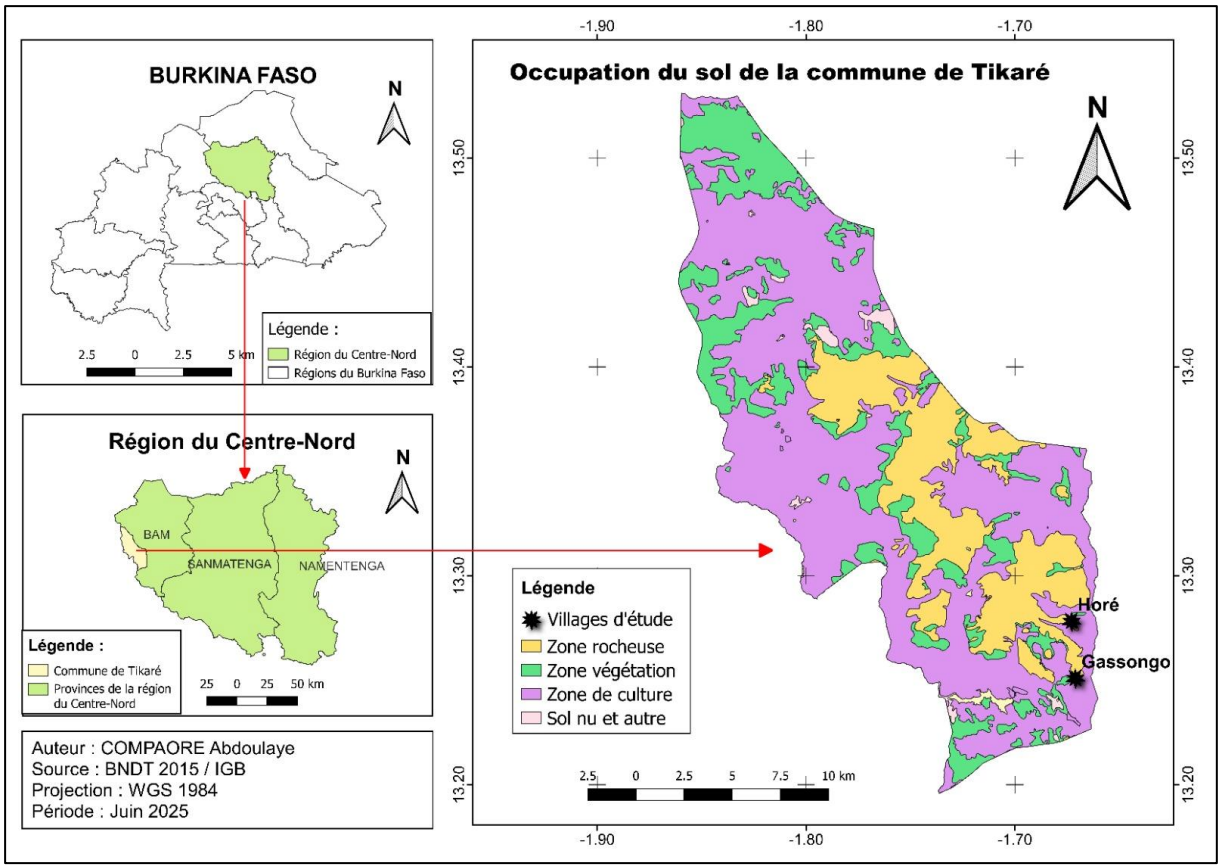


Figure 3 : Carte d'occupation des sols de la commune de Tikaré

❖ Climat et pluviométrie

La zone d'étude se trouve dans la zone soudano-Sahélienne caractérisant un ensemble climatique de type soudano-sahélien marqué par une longue saison sèche allant du mois de novembre au mois d'avril et une saison des pluies plus courte comprise généralement entre juin et octobre. La saison pluvieuse est marquée par la mousson et les pluies sont irrégulières avec des hauteurs d'eau annuelles dépassant rarement 700 mm dont les plus importantes sont enregistrées chaque année aux mois de juillet et d'aout. L'harmattan qui souffle en saison sèche et la mousson en hivernage sont les principaux vents dominants identifiés. Quant aux amplitudes thermiques, elles sont très importantes avec des températures de 40^0C le jour en avril et souvent 17°C la nuit en février-janvier.

❖ Hydrographie et hydrogéologie

La commune de Tikaré est comprise entre l'isohyètes 600 et 800 mm avec une partie de l'eau reçue qui ruisselle vers les zones de dépression et une autre partie s'évapore ou s'infiltre dans le sous-sol pour influer sur les stocks. Le réseau hydrographique est très encaissé à cause du paysage très accidenté du relief et la majeure partie du territoire communal est sillonnée par des vallées de collecte.

La présence d'un grand nombre de forages positifs et de puits fonctionnels dans les villages de la commune témoigne de l'existence d'un potentiel en réserves d'eau souterraine. Ce qui est également confirmé par la monographie de la province du Bam avec une localisation des plus importantes réserves d'eau souterraines dans les communes de Tikaré, de Kongoussi, de Guibaré et de Sabcé. La figure 4 ci-dessous montre la carte du réseau hydrographique :

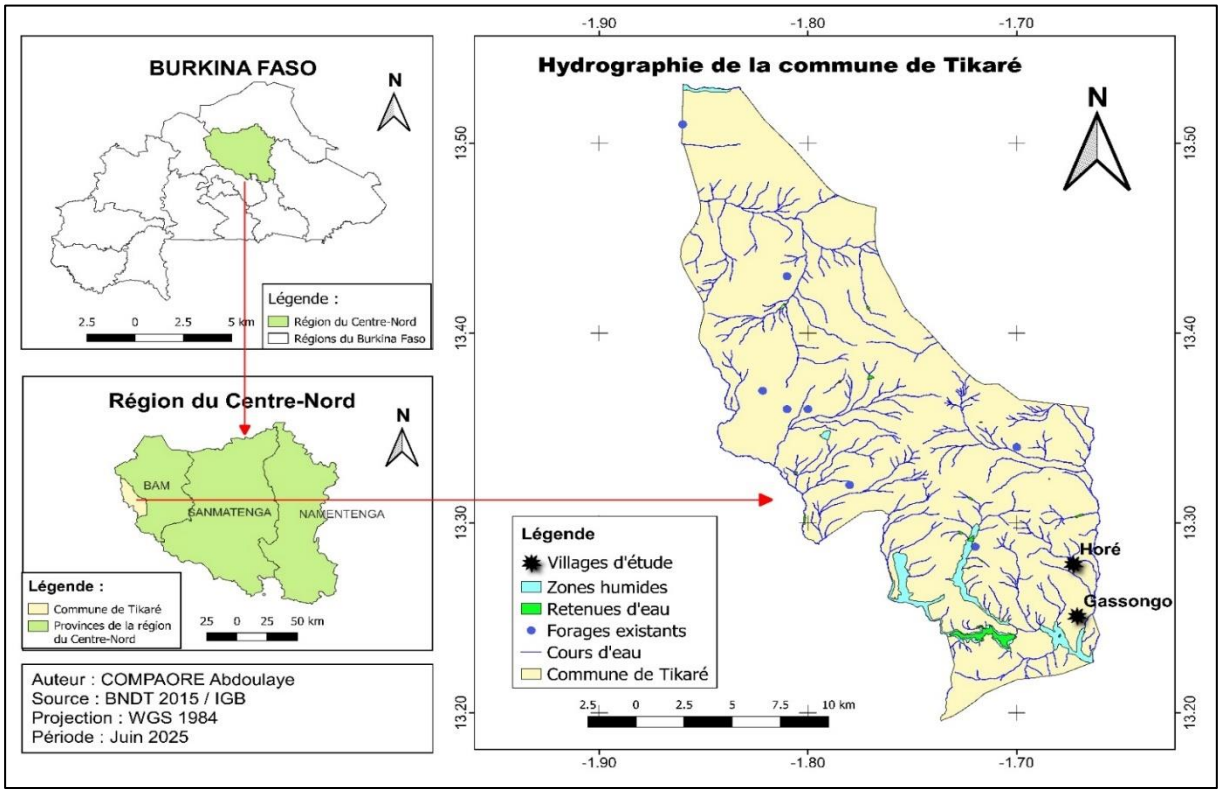


Figure 4: Carte du réseau hydrographique

❖ Flore et la faune

La végétation d'origine de la province est de type savane arborée à arbustive mais pour ce qui est de la zone de Tikaré elle s'est dégradée du fait des changements climatiques et des activités anthropiques qui ont eu raison de cette végétation. Ainsi de vastes terrains déboisés servant de terres cultivables ont pris place de la végétation. Seules ont été épargnées les espèces végétales considérées utiles constituer principalement de sclerocarya birrea,de Butyrospermun vitellaria, Bombax costatum, Lannea microcarpa,de Parkia biglobosa,de Tamarindus indica,Acacia albida. On trouve également de petites plantations d'arbres fruitiers constituant des vergers (Manguifera indica,Adansonia digitata). La savane et la steppe sont caractéristiques des formations végétales rencontrées. Selon la monographie du Bam on rencontre également des forêts villageoises de superficies respectives de 12390 ha et 17 ha dans les villages de Soukoundougou et de Boubou. Une savane boisée se développe également le long des cours d'eau temporaires.

Pour ce qui de la faune le faible couvert végétal fait qu'elle est constituée principalement de petits mammifères et d'oiseaux.

I.2.3. Cadre humain et social

I.2.3.1. Structure sociale

Selon les résultats du 5ème RGPH de 2019, les habitants de Horé étaient de 3432 âmes, composés de 1686 femmes et 1746 hommes avec des pourcentages respectifs de 49% et 51%. Pour ce qui est de Gasongo on a une population de 1093 habitants dont 560 femmes soit 51% et 533 hommes soit 49% de la population. Les ethnies qui peuplent ces deux villages d'après l'enquête socio-économique sont composées essentiellement de mossi et de peulhs dont le mooré est la principale langue parlée suivie du fulfuldé[7].

I.2.3.2. Activités socio-économiques

L'économie de la commune de Tikaré est basée essentiellement sur les activités agricoles, l'élevage ainsi que le commerce.

❖ L'agriculture

Elle est la principale activité économique des populations des deux villages, de type extensif et marquée par la disposition progressive des jachères, les outils utilisés pour les travaux champêtres sont traditionnels et les principales spéculations sont mentionnées ci-dessus :

- La production vivrière : le sorgho blanc, le sorgho rouge, le riz et le maïs ;
- Les cultures maraichères : tomate, oignon, choux, poivron, gombo et persil ;
- Les cultures de rentes : le niébé, le sésame, l'arachide.

❖ L'élevage

Il vient en second plan après l'agriculture avec un système d'élevage dominant de type extensif transhumant et sédentaire dont la principale source de nourriture est le pâturage naturel. On y rencontre principalement de bovins, d'asins, de caprins, d'ovins, de porcin et de la volaille.

❖ Le commerce

Il mobilise aussi bien les femmes et les hommes dont les femmes excellent dans le petit commerce en pratiquant la vente de céréales, de dolo, des grains de néré, des amandes de karité, des beignets ou des condiments et bien d'autres friandises. Les hommes quant à eux pratiquent l'écoulement des produits forestiers, la vente de céréales, de bétail, de volaille et de produits manufacturés.

II. PRESENTATION DU PROJET

II.1. Contexte et justification

Les pays africains sont confrontés à des difficultés en matière d'approvisionnement en eau potable du fait de l'insuffisance des ressources financières allouer au sous-secteur de l'eau ainsi que la rareté et la répartition irrégulière des ressources en eau. Le rapport 2022 du JMP/OMS/UNICEF indique que 411 millions de personnes en Afrique n'ont toujours pas accès à un service d'eau potable de base, 779 millions n'ont pas d'accès à des services d'assainissement de base et 839 millions n'ont pas d'accès à des services de base[8].

Le Burkina Faso pays sahélien n'échappe pas à cette situation. Situé en Afrique de l'Ouest, il couvre une superficie de 274 000 Km^2.Selon le Recensement General de la Population et de l'Habitation (RGPH) de 2019, la population du Burkina Faso avec une croissance démographique de 2,93% par an était de 20 505 155 habitants dont 51,7 % de femmes[9]. Il a une pluviométrie comprise entre les isohyètes 500 mm au Nord et l000 mm au Sud. Du point de vue hydrogéologique, le pays est constitué de près de 80% de socle cristallin et de 20% de formations sédimentaires ce qui constitue une hydrogéologie difficile[3].

Selon les résultats de l'inventaire National des Ouvrages Hydrauliques de l'année 2023, le taux d'accès à l'eau potable au niveau national était de 78 ,3%. Cependant ce taux cache des disparités d'accès à l'eau potable sur l'ensemble du territoire. A titre d'exemple en 2023 le taux d'accès à l'eau potable en milieu urbain était de 92 ,2% contre 71,3% en milieu rural alors que la majeure partie de la population vit en milieu rural[4].

Face à ces constats et dans le but d'atteindre les Objectifs du Développement Durable (ODD) le pays a élaboré et met en œuvre le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP 2016-2030).Il est a noté que le PN-AEP demeure le cadre programmatique national pour le développement du sous-secteur d'approvisionnement en eau potable mais prend en compte l'Approche Fondée sur les Droits les Humains (AFD) qui se repose sur la reconnaissance de l'accès à l'eau potable et à l'assainissement comme un droit pour l'Homme .C'est dans cette perspective que le ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement a bénéficié d'un financement de la Banque Africaine de Développement pour la mise en œuvre du Projet d'Appui aux Services d'Eau Potable et d'Assainissement (PASEPA-R) à travers la Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP) dans les régions du Centre-Nord, du Centre-Ouest du Nord et du Sahel[10]. Il s'agit de ce fait de renforcer l'accès à l'eau potable à travers la réalisation de systèmes d'Adduction d'Eau Potable Simplifiée (AEPS) dans les villages bénéficiaires et celle-ci passe au préalable par des études. Pour se faire la DGEP a commandité des études qui portent sur la réalisation de cinq (05) AEPS dont trois (03) dans la

région du Centre-Nord pour les communes de Boulsa, de Boussouma, de Tikaré et deux (02) dans la région du Nord pour la commune de Oula[10].

L'objet de notre étude a consisté à proposer une étude hydrogéologique pour l'Alimentation en Eau Potable Simplifiée Multi-villages des localités de Horé et de Gasongo de la commune de Tikaré, région du Centre-Nord au Burkina-Faso.

II.2. Objectifs du projet

L'objectif général du projet est de contribuer à l'amélioration des conditions de desserte en eau potable dans les villages de Horé et de Gasongo.

Les objectifs spécifiques du présent projet sont articulés autour des points suivants :

- Faire un diagnostic de l'approvisionnement en eau potable des localités concernés ;
- Implanter et estimer la capacité d'exploitation des eaux souterraines ;
- Proposer une conception et un dimensionnement du système D'AEP multi-villages ;
- Proposer un mode de gestion ;
- Faire une étude de coûts ;
- Réaliser une Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES).

II.3. Résultats attendus de l'étude

Les résultats attendus par cette étude sont déclinés :

- Les forages à gros débit sont identifiés ;
- La disponibilité de la ressource en eau souterraine est connue ;
- Les différentes composantes du système d'AEPS sont dimensionnées ;
- L'étude de coût est faite ;
- La Notice d'impact Environnemental est réalisée.

III. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

III.1. Matériels et logiciels utilisés

Afin de réaliser cette étude quelques matériels ont pu être ulilisé.il s'agit principalement de :

- Fiche de collecte de données ;
- Le double décamètre pour mesurer les distances,
- La sonde piézométrique pour suivre le niveau durant les essais de pompage
- Un chronomètre pour suivre le temps
- Le GPS différentiel pour réaliser les levés topographiques sur les axes identifiés ;

Les logiciels utilisés dans le cadre de cette étude sont :

- QGIS V 3.22.12 pour la réalisation des cartes la zone d'étude ;
- Google Earth pour avoir une bonne vue de la zone d'étude ;
- ENVI 5.0 pour le traitement des images ;
- ArcGis pour la compilation des données ;
- ArcMap 10.4, ArcView 3.2 et Géomatica pour l'extraction des linéaments ;
- Pack Microsoft Office pour la rédaction du rapport ;
- Epacad/Epanet pour la simulation du réseau ;
- Autocad pour réaliser les plans graphiques des ouvrages ;
- Zotero pour la réalisation de la référence bibliographique.

III.2. Documentation et collecte de données

Pour faciliter la mise en œuvre de l'étude, nous avons premièrement pris connaissance des attentes à travers les termes de référence et du rapport de l'étude socio-économique. Par la suite nous avons procédé à la collecte et à l'exploitation de documents pouvant nous orienter dans la phase d'élaboration de notre étude. Les données collectées et les documents consultés sont entre autres : le plan communal de développement de la commune de Tikaré, les cours d'AEP, des mémoires similaires, le Recensement General de la Population (RGPH), la Base de données INO au niveau de la DGEP. Pour finir des recherches complémentaires ont été faites à la bibliothèque de 2iE et en ligne pour consulter un certain nombre de document en lien avec notre thématique.

III.3. Diagnostic et états des lieux

Le diagnostic a permis l'identification des différentes sources d'approvisionnement en eau, d'inventorier aussi les ouvrages hydrauliques présents et d'identifier également le mode de gestion actuelle des ouvrages répertoriées. Tout cela a été possible grâce à la visite terrain et aux enquêtes auprès des populations.

III.4. Mobilisation des ressources en eau

Le système d'alimentation en eau potable multi-villages sera approvisionné en eau souterraine à partir de forages à gros débit, du fait de l'indisponibilité des ressources en eau de surface ainsi que de leur difficulté de traitement. Il s'avère donc nécessaire de s'assurer de la disponibilité de la ressource dans un contexte hydrogéologie de socle cristallin souvent très défavorable ou la réalisation d'un forage doit faire appel à plusieurs disciplines complémentaires chacune d'elle apportant des informations qui lui sont propres. C'est dans les roches cristallines qu'on a

hydrogéologie de milieux discontinus ou de milieux fissurés. Il s'agit donc des roches éruptives regroupant les roches plutoniques et d'épanchement, les roches métamorphiques ou cristallophylliennes.

III.4.1. Recherche documentaire et visite terrain

La recherche documentaire doit toujours procéder toute démarche d'étude en cela qu'elle permet de faire le point de l'existant. Elle permet d'économiser et de l'énergie et du temps. Après la recherche documentaire des visites terrains ont été faites pour vérifier l'existence de forages à gros débit.

III.4.2. Interprétation des essais de pompage

Pour ce qui est de l'interprétation des essais de pompage avec quatre paliers non enchainés, nous avons eu recours au logiciel OUAIP en intégrant le débit de chaque palier et son rabattement admissible. Cela a permis de détermine le débit critique à partir de la projection du point d'intersection des droites des coefficients de pertes de charges linéaires et quadratiques sur l'axe des débits. Par la suite les valeurs des coefficients de pertes de charges obtenues ont été utilisées dans le calcul du rabattement admissible pour le débit d'exploitation retenu.

III.4.3. Système d'Information Géographique (SIG) et Télédétection

Les SIG ont été utilisés à travers l'USGS pour télécharger les images satellitaires de la commune de Tikaré, ensuite le logiciel Envi qui est un logiciel de télédétection a été utilisé pour le traitement des images. La télédétection a consisté à mettre en œuvre les linéaments simulables aux fractures qui sont tels que des alignements d'objets géologique ou de végétaux[11]. Tout d'abord les différentes scènes sont regroupées et fusionnée en une image. Ensuite des points de calage sont utilisés dans une base de données regroupant les huit (08) bandes. Les bandes panchromatiques et 10 avec des pixels respectifs carrés de 15 m et 100 m sont rééchantillonnées en une résolution de 30 m avant la discrétisation des linéaments à travers les multiples opérations de traitement. La télédétection est souvent marquée par une complexité en zone de socle cristallin[12],surtout lorsque la validation des linéaments repose sur des observations de terrains[13] .En effet dans le cadre de ce travail un levé visuel et manuel est privilégié à une procédure exclusivement automatisée du fait de la multitude de risques d'erreurs qui pourrait subvenir de la cartographie des fractures par traitement d'image satellitaire.

III.4.3.1. L'Analyse en Composante Principale (ACP)

Elle est une procédure de traitement des images satellitaires dans le but d'améliorer la qualité du signal-image tout en définissant les dimensions et en conservant l'information utile. Elle se base sur la recherche de la plus grande variance à partir de fonctions qui permettent l'extraction des axes de variation principaux des images. L'ACP est utilisée ici pour le traitement des images satellitaires du satellite Landsat 8. C'est dans la direction de la variance maximale que les premières composantes sont extraites et les autres dans les espaces restants. L'opération génère de nouvelles images ou composantes qui sont combinées de façon linéaire avec les images originales et permettant la mise en évidence de caractéristiques géologiques et hydrologiques essentielles servant au choix des ouvrages de captage tels que les forages. En ce qui concerne la mise en œuvre de l'ACP dans le cadre cette étude nous avons utilisé deux méthodes. Pour ce qui est de la première méthode, une première ACP est réalisée à partir de la sélection des trois (03) composantes des bandes OLI 2,3 et 4. Les composantes ACP12,3,4 ; ACP22,3,4 et ACP 32,3,4 sont obtenues. Ensuite les composantes ACP16,10,7 ; ACP26,10,7 et ACP36,10,7 sont obtenues en réalisant une deuxième ACP avec les bandes infra-rouges.

Concerne la deuxième méthode la création des composantes principales se font à partir de deux bandes accentuant les contrastes entre les différentes parties du spectre électromagnétique. Cette méthode a permis le regroupement des informations spécifiques au niveau de chaque bande de la deuxième composante qui a permis d'obtenir une meilleure distinction des caractéristiques de la zone d'étude. Les combinaisons OLI 2 et 3, OLI 3 et 7, OLI 5 et 7, OLI 6 et 7, OLI 6 et 8, OLI 8 et 7 sont les compositions réalisées dans cette méthode. Les analyses ont permis de localiser les sites propices à l'implantation de forages en se basant sur les caractéristiques géophysiques et hydrogéologiques de la zone d'étude.

III.4.3.2. Rapport de bandes

C'est une technique basée sur le principe de réflectance qui est le rapport de la quantité de rayonnement réfléchi par un matériau sur la quantité qu'il emmagasine pour une longueur d'onde donnée, mesurée à partir d'un radiomètre [14]. Elle a permis l'amélioration des images satellitaires à partir de différentes de calculs effectués sur les bandes de l'image. Dans le but d'améliorer le contraste et de mettre en évidence les caractéristiques géophysiques ces combinaisons de bandes sont réalisées : OLI 7/OLI 5, OLI 5/OLI 10, OLI 7/OLI 10, OLI 6/OLI 5 et OLI 4/OLI 3. Les zones de végétation dense qui sont des signatures spectrales qui pouvant être des indicateurs de la présence de fractures ouvertes et injectées sont mises en évidence par l'Indice de Végétation Normalisé (NDVI) à l'aide de la méthode ARSIS [15].

III.4.3.3. Composante colorée

Les compositions colores sont réalisées à l'aide des différentes bandes des images satellitaires Landsat 8 dans le but de l'amélioration visuelle des données satellitaires et d'adapter les variations de tonalité au système visuel humain. La technique a permis la combinaison de trois (03) bandes aux canaux RVB (Rouge, Vert, Bleu) afin de permettre une meilleure visualisation des éléments d'intérêts en utilisant une base de données regroupant la bande OLI 7, l'ACP (2,3, 4,5,6,7).La réalisation de la composante colorée s'est faite en attribuant le canal Rouge (R) à la bande OLI 7, le canal Vert (G) au rapport OLI 7/OLI 5 et enfin le canal Bleu (B) à l'ACP 234567.A la suite une image composite en couleur issue de la fusion des trois (03) bandes a facilitant l'interprétation visuelle des données est généré automatique à partir du logiciel ENVI 5.0

III.4.3.4. Application de filtre Sobel

Cette opération a consisté au déplacement d'une matrice de pixels au-dessus de chaque pixel de l'image tout en calculant la valeur des pixels sous la fenêtre et procéder au remplacement du pixel central par le résultat. L'application des filtres Sobels a réhaussé les linéaments associables aux mégastructures et aux couloirs de cisaillement par une analyse visuelle qui a consisté à éliminer les linéaments qui sont des pistes, des routes ou le réseau hydrauliques. Les filtres Sobels ont servi à l'identification de certains linéaments par la mise en œuvre de caractéristiques texturales des images. Les filtres Sobel 7x7 sont appliqués dans les directions Nord-Sud (NS), Est-Ouest (EO), Nord-Est/Sud-Ouest (NE/SO) et Nord-Ouest/Sud-Ouest sont utilisés sur les images OLI 6, OLI 7, OLI 3, OLI 7/OLI 5, OLI 6/OLI 7 et aussi sur les ACP. Les directions choisies ont permis de faire ressortir les linéaments Nord-Sud, l'image filtrée présente un effet d'ombrage avec la partie Est éclairée indiquant la provenance de la source de rayonnement. Les filtres Sobels sont utilisés pour la détection des variations de luminosité et le marquage des contours dans les images. Les matrices Nord-Est/Sud-Ouest et Nord-Ouest/Sud-Est sont appliqués pour le calcul du gradient des pixels dans les directions horizontales et verticales. Dans le logiciel les filtres NW-SE, NE-SW, Est-Ouest (EO) et Nord-Sud (N-S) sont appliquées ce qui a mis en évidence des contours détectés avec des pixels à forte intensité qui représentent des gradients marqués. L'outil Région et Interest (ROI) est utilisé par la suite pour tracer les linéaments à l'aide de polylignes qui a permis l'identification des structures géologiques comme les fractures ou les failles.

1	2	3	4	3	2	1	1	2	3	0	-3	-2	-1
2	3	4	5	4	3	2	2	3	4	0	-4	-3	-2
3	4	5	6	5	4	3	3	4	5	0	-5	-4	-3
0	0	0	0	0	0	0	4	5	6	0	-6	-5	-4
-6	-4	-5	-6	-5	-4	-3	3	4	5	0	-5	-4	-3
-2	-3	-4	-5	-4	-3	-2	2	3	4	0	-4	-3	-2
-1	-2	-3	-4	-3	-2	-1	1	2	3	0	-3	-2	-1
Filtre Sobel N-S							Filtre Sobel E-O						
0	1	2	2	3	3	4	4	3	3	2	2	1	0
-1	0	3	4	4	5	3	3	5	4	4	3	0	-1
-2	-3	0	5	6	4	3	3	4	6	5	0	-3	-2
-2	-4	-5	0	5	4	2	2	4	5	0	-5	-4	-2
-3	-4	-6	-5	0	3	2	2	3	0	-5	-6	-4	-3
-3	-5	-4	-4	-3	0	1	1	0	-3	-4	-4	-5	-3
-4	-3	-3	-2	-2	-1	0	0	-1	-2	-2	-3	-3	-4
Filtre Sobel NE-SO							Filtre Sobel NO-SE						

Figure 5 : Filtre Sobel (7x7)

III.4.3.5. Extraction manuelle des linéaments

Pour l'extraction on a d'abord vectorisés les réseaux routiers et hydrographiques à partir de cartes administratives en les superposant aux images traitées afin de n'est pas biaiser les analyses. L'opération d'extraction manuelle des linéaments a porté sur l'identification et la matérialisation des discontinuités et des changements brusques de tonalités en se servant de sections droites pour symboliser les variations. Les linéaments ayant des longueurs d'au moins 240 m sont validés bien que certaines études préconisent des grandes longueurs pour les linéaments majeurs. La carte linéamentaire qui est obtenue, constitue une base essentielle en hydrogéologie des milieux fissurés et sa validation demeure capitale. Pour la validation le fichier des linéaments tracés dans ENVI est d'abord converti en Shapefile puis importé dans le logiciel ArcGis afin de superposer les tracés linéaires aux forages de la base de données INO, au réseau hydrographique ainsi qu'aux routes de la zone d'étude. Elle a consisté à éliminer les éléments linéaires artificiels que sont les routes, le réseau hydrographique qui pourraient influencer les linéaments.

III.5. Design du réseau

Le tracé du réseau a été fait en concertation avec les différentes parties prenantes du projet d'étude après l'identification des sites d'implantions des bornes fontaines, du château et local technique ; et en tenant compte des tombes, des lieux sacrés ainsi que de l'emplacement des concessions et des routes. Après la validation du tracé par les parties prenantes, on a précédé à la simulation du réseau afin de s'assurer d'un bon fonctionnement hydraulique du système avant la validation définitive du design.

III.6. Estimation des différents paramètres

III.6.1. Horizon de dimensionnement et population d'étude

Tout système d'Approvisionnement en Eau Potable est dimensionné pour assurer la desserte en eau d'une population à un horizon donné et par conséquent la définition de cet horizon est capitale pour garantir un bon dimensionnement. L'horizon est choisi en se basant sur des projections démographiques, économiques et sociales de la zone d'étude dans le but de prendre en compte les consommations futures des populations. Le projet d'AEP de Horé-Gasongo sera conçu pour une échéance de vingt-cinq (25) ans en deux phases dont la première s'étalera de 2026 à 2040 et la seconde de 2040 à 2050.Le dimensionnement du système se fera de sorte à couvrir la desserte en eau potable des populations de la première phase pour certains ouvrages et celles de la deuxième pour d'autres. De nouveaux travaux devront être réalisés en seconde phase sous forme d'extension ou de renforcement du réseau d'AEP existant. Les populations de Horé et de Gasongo sont estimées respectivement à 2362 habitants et 839 habitants en 2006 [7] contre 3432 habitants pour Horé et 1093 habitants pour Gasongo en 2019 [9].Le taux d'accroissement annuel des villages, calculé grâce à la formule de Thomas MALTHUS qui est énumérée ci-dessous, a été utilisée pour la détermination de la population à l'horizon du projet.

$$\tau_{acc} = \left(\frac{P_{2019}}{P_{2006}}\right)^{\left(\frac{1}{2019-2006}\right)} - 1 \qquad \begin{cases} P_{2006}: \textbf{Population en 2006} \\ P_{2019}: \textbf{Population en 2019} \\ \tau_{acc}: \textbf{Taux d'accroissement} \end{cases} \qquad \textbf{(01)}$$

III.6.2. Consommation spécifique

La consommation spécifique Cs se définit comme le volume d'eau potable nécessaire pour couvrir quotidiennement les besoins d'une personne, et s'exprime en litre par jour et par habitant. C'est un paramètre utilisé dans l'estimation de la demande en eau des populations et permet l'optimisation du dimensionnement des systèmes d'AEP. Après avoir calculé la consommation moyenne journalière en eau par habitants à partir des résultats de l'enquête socio-économique une comparaison a été faite avec la consommation spécifique du PN-AEP [16] et la consommation spécifique révisée[17]. La valeur de la consommation spécifique révisée qui préconise 25 litres/jour/habitant pour les branchements privés (BP) et 20 litres/jour/habitant pour les bornes fontaines (BF) a été retenue car elle est proche de la consommation spécifique de l'enquête qui a donné 14l/jour/habitant.

III.6.3. Taux de desserte du système d'Alimentation en Eau Potable Simplifiée Multi-Villages (SMV) de Horé-Gasongo

Il représente la part de la population qui a un accès à l'eau potable dans un lieu géographique donné, c'est également un indicateur essentiel dans l'évaluation de l'accès à l'eau potable des populations et d'orientation des politiques d'investissements des ouvrages. Les données du PN-AEP à l'horizon 2030 ont été extrapolées linéairement jusqu'à l'horizon 2050 qui est celui de notre étude. La formule d'extrapolation ci-dessous a été utilisée :

$$\boldsymbol{\tau_n = \frac{(n-2025)x(\tau_{2030}-\tau_{2025})}{(2030-2025)} + \tau_{2025}} \qquad \begin{cases} \boldsymbol{\tau_{2025}}: Taux\ d'accès\ à\ l'année\ 2025 \\ \boldsymbol{\tau_{2030}}: Taux\ d'accès\ à\ l'année\ 2030 \\ \boldsymbol{\tau_n}: Taux\ d'accès\ à\ l'année\ n \\ \mathbf{n}: Année\ n \end{cases} \qquad \textbf{(02)}$$

III.6.4. Besoins moyens journalier en eau de la population (Bmj)

Ils représentent la quantité d'eau nécessaire pour couvrir les besoins de consommation en eau d'une population cible, qui regroupe l'ensemble des consommations domestiques représentant les besoins de consommation des ménages et des besoins annexes représentant des besoins en eau des lieux public (école, CSPS, marché, église, mosquée).Afin de prendre en compte les différents types de besoin un pourcentage de 10% des besoins domestiques a été utilisé pour représenter les besoins annexes dans cette étude. Les formules de calcul ci-après sont utilisées :

$$\mathbf{B_{d=Cs_{BF}}} \boldsymbol{xPo_{desser/BF} + Cs_{BP} xPo_{dessee/BP}}$$

$$\begin{cases} \mathbf{B_d}: Besoin\ domestique \\ \mathbf{Cs_{BF}}: Consommation\ spécifique\ au\ niveau\ des\ BF \\ \mathbf{Po_{desser/BF}}: \text{Population desservie par les BP} \\ \mathbf{Po_{desser/BP}}: Population\ desservie\ par\ BP \\ \mathbf{Cs_{BP}}: Consommation\ spécifique\ au\ niveau\ des\ BF \end{cases} \qquad \textbf{(03)}$$

$$\mathbf{B_{jm} = 1,1 x B_d} \qquad \begin{cases} \mathrm{B_{jm}}: Besoins\ moyens\ journalier \\ B_d: Besoin\ domestique \end{cases} \qquad \textbf{(04)}$$

III.6.5. Variations périodiques des consommations : Coefficients de pointes

Les besoins en eau des populations fluctuent d'une période à une autre en fonction des saisons, des jours de la semaine, ou des moments de la journée. Pour tenir compte des habitudes et des comportements en matière d'utilisation d'eau potable dans les centres, il est retenu les coefficients suivants :

- Coefficient de pointe journalière

Il est généralement compris entre 1,05 et 1,15, également observé durant les jours de grandes festivités et de repos collectif surtout en saison sèche. Dans cette étude un coefficient de pointe journalière de 1,10 qui représente la moyenne des valeurs est utilisé [18].

- Coefficient de pointe horaire

Il est un indicateur qui représente les habitudes des utilisateurs pendant la journée et permet la détermination du débit de pointe à satisfaire. Il est essentiel pour assurer la gestion des ressources hydriques, la pérennité des ouvrages à travers la planification de l'approvisionnement. Il est compris entre 1,5 et 3, également calculé à partir de la formule ci-dessous :

$$\boldsymbol{C_{ph} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{mh}}}} \quad \begin{cases} C_{ph}: Coefficient\ de\ pointe\ horaire \\ Q_{mh}: Débit\ moyen\ horaire \end{cases} \qquad \textbf{(05)}$$

III.6.6. Rendement technique du réseau

Le rendement d'un réseau d'adduction potable simplifiée multi-villages est un indicateur qui permet d'évaluer l'efficacité du système dans la distribution de l'eau potable. Il traduit donc les pertes subvenues lors des processus de mobilisation et de distribution ce qui permet de distinguer les pertes en adductions et les pertes en distribution. Pour ce qui est de ce projet un rendement global initial de 95% est choisi suivi d'une baisse de 1% à chaque cinq ans en raison de la vétusté des équipements qui pourraient subvenir[19].

III.6.7. Besoins en eau du jour de pointe

Ils représentent le volume d'eau maximal nécessaire à satisfaire la demande solvable des populations durant la journée ou les consommations atteignent leur pic. Ils sont essentiels au dimensionnement des infrastructures de distribution et garantissent une desserte adéquate lors des périodes de grandes consommations. Ils sont calculés par la formule ci-après :

$$\boldsymbol{B_{jp} = B_{jm} x C_{jp}} \quad \begin{cases} B_{jp:\text{Besoin du jour de pointe}} \\ B_{jm:Besoin\ moyen\ journalier} \\ C_{jp:Coefficient\ de\ pointe\ journalière} \end{cases} \qquad \textbf{(06)}$$

III.6.8. Besoins de production

Ils représentent le volume d'eau nécessaire pour satisfaire la demande en eau des différents usagers sur un temps donné avec la prise en compte du rendement du réseau, des usages domestiques ainsi que ceux industriels et agricoles. Cette évaluation garantie une meilleure

planification et assure une desserte satisfaisante en eau potable**.** Ils sont estimés à l'aide de la formule suivante :

$$\boldsymbol{B_{produc}=\frac{B_{jp}}{\eta_{ré}}} \qquad \begin{cases} B_{produc:Besoin\ de\ production} \\ B_{jp:Besoin\ du\ jour\ de\ pointe} \\ \eta_{ré}: Rendement\ du\ réseau \end{cases} \qquad (07)$$

III.6.9. Critères de dimensionnement

Ils peuvent être compris comme un ensemble de conditions ou de facteurs qui permet la détermination de la capacité et des caractéristiques techniques essentielles pour la conception et le dimensionnement d'un système d'approvisionnement en eau. Ils prennent en compte des éléments comme la source d'eau, le réservoir de stockage, le système de pompage, ainsi que la source d'énergie.

III.6.10. Mode de pose des conduites

Pour garantir une bonne installation et sécurisée des conduites afin de s'assurer de leur pérennité en les protégeant contre les activités humaines et aussi contre les intempéries elles doivent être posées en respectant une certaine norme comme la profondeur, la largeur des tranchées et la pose du lit de sable. La détermination de la profondeur et de la largeur des tranchées est basée sur des prescriptions techniques de l'étude, de la géologie du terrain à travers ces caractéristiques physiques ainsi que les diamètres commerciaux des conduites[18]. Les valeurs de la profondeur et de la largeur sont déterminées à partir des relations ci-suivantes :

$$\begin{matrix} \boldsymbol{H_{min} \geq DN(m)+0{,}8} \\ \boldsymbol{l_{min} \geq DN(m)+0{,}4} \end{matrix} \qquad \begin{cases} H_{min}: Profondeur\ minimale\ de\ la\ tranchée \\ l_{min}: Largeur\ minimale\ de\ la\ tranchée \\ DN: Diamètre\ nominal\ de\ la\ conduite \end{cases} \qquad \textbf{(08)}$$

III.6.11. Nature de la source d'eau

Le choix de la ressource en eau pour le système d'AEP de ce centre est porté sur les eaux souterraines à travers des forages car l'eau souterraine est de très bonne qualité et ne nécessite qu'un traitement d'appoint très sommaire par simple chloration. C'est un type de traitement qui est plus maitrisé et moins couteux que celui des eaux de surface qui est plus complexe. La zone d'étude dispose d'un forage à gros débit de plus de 5 m^3 qui sera utilisé pour l'alimentation du système et qui pourrait être complété par un nouveau forage à travers une implantation au cas où le débit du forage existant ne permet pas de satisfaire totalement les besoins.

III.6.12. Choix du système de pompage

Un dispositif de pompage d'eau est un ensemble d'équipements et d'installations nécessaire pour prélever de l'eau à partir d'une source d'eau donnée qui peut être souterraine ou de surface

et de l'acheminer vers un réservoir de stockage ou directement dans le réseau de distribution. Il comprend des éléments tels que les pompes, les tuyauteries, les vannes, les réservoirs et les dispositifs de contrôles. La pompe d'exhaure sera de type centrifuge monobloc et sera déterminée en fonction de la hauteur manométrique totale (HMT) et du débit d'exploitation du forage. Quant au débit d'exploitation du forage il est fonction du débit de fin de développement et des résultats d'interprétation des essais de pompage. La HMT dépend de la hauteur géométrie et des pertes de charges totales. Les formules ci-dessous sont utilisées pour le calcul des différents éléments :

$$\boldsymbol{HMT = H_g + \Delta H} \quad \begin{cases} HMT: Hateur\ manometrique\ totale \\ H_g: Hauteur\ géométrique \\ \Delta H: Pertes\ de\ charges\ totales \end{cases} \quad \textbf{(09)}$$

$$\boldsymbol{H_g = Z_{tr-pl} - Z_{ndf}} \quad \begin{cases} H_g: Hauteur\ géometrique \\ Z_{tr-pl}: Cote\ du\ trop - plein\ du\ reservoir \\ Z_{ndf}: Cote\ du\ niveau\ dynamique\ du\ forage \end{cases} \quad \textbf{(10)}$$

$$\boldsymbol{P_{hy} = \frac{\rho x g x Q x HMT}{1000}} \quad \begin{cases} P_{hy}: Puissance\ hydraulique\ en\ Kw \\ HMT: Hauteur\ manométrique\ en \\ g: intensité\ de\ la\ pésenteur\ en\ m/s2 \end{cases} \quad \textbf{(11)}$$

$$\boldsymbol{P_{Ab} = \frac{P_{hy}}{\eta_p}} \quad \begin{cases} \mathrm{P_{Ab}}: Puissance\ absorbée\ \ en\ Kw \\ \mathrm{P_{hy}}: Puissance\ hydraulique\ en\ Kw \\ \eta_p: Rendement\ de\ la\ pompe \end{cases} \quad \textbf{(12)}$$

$$\boldsymbol{P_m = \frac{P_{ab}}{\eta_m}} \quad \begin{cases} P_m: Puissance\ du\ moteur\ en\ Kw \\ P_{ab}: Puissance\ absorbée\ \ en\ Kw \\ \eta_m: Rendement\ du\ moteur \end{cases} \quad \textbf{(13)}$$

III.6.13. Choix de la source d'énergie

Il ressort de la visite terrain qu'aucun des deux villages bénéficiaires du système d'adduction d'eau potable simplifiée multi-villages ne dispose du réseau SONABEL ce qui a motivé le choix d'un système hybride constitué d'une source solaire ou photovoltaïque qui sera utilisée dans la journée pendant 6 heures et d'un système thermique pour une durée 10 heures qui prendra la relève afin de pouvoir satisfaire le pompage de 16 heures qui est arrêté par jour.

- **Champ solaire**

Plusieurs paramètres ont pu être évalués dans le cadre du dimensionnement de notre champ solaire tels que les pertes liées à la poussière et le facteur de correction lié à l'ensoleillement. La puissance de crête (Pc) est déterminée à partir de la formule (Schiller, Royer, Djiako, et Sy,1998) ci-dessous : **(14)**

$$P_c = \frac{Ch\ X\ Q\ X\ T_{ensol}\ X\ HMT}{K_P\ X\ Hi\ X\ \eta_{ond}\ X\ \eta_{mp}}$$

P_c: Puissance crete du champ alimentant la pompe en Wc
Ch: Constante hyraulique égal à 2,725
Q: Quantité d'eau pompée par m^3/h
T_{ensol}: Temps d'ensoleillement en h
K_p: Coefficient de productivité du système
Hi: Rayonnement total journalier $= 5,15 kwh/m^2.j$ (SORO, 2014)
η_{ond}: Rendement de l'onduleur pris égal à 90%
η_{mp}: Rendement de l'electropompe
HMT: Hauteur manometrique totale en m

- **Tension du champ solaire**

Elle dépend de la puissance crête totale du champ. Le tableau ci-dessous représente les tensions recommandées pour les champs solaires en fonction de leur puissance :

Tableau 1 : Tension du générateur en fonction de la puissance

Puissance du champ photovoltaïque (Kw)	0-0,5	0,5-2	2-10	>10
Tension recommandée (VDV)	12	24	48	>48

Source : SORO,2014

- **Nombre et disposition des panneaux solaires**

La formule ci-après permet de déterminer le nombre de modules solaires à utiliser pour la constitution du champ solaire :

$$N_{mo} = \frac{Pc_T}{P_{c,mo}}$$

N_{mo}: Nombre de modules solaires
Pc_T: Puissance crete totale du champ solaire
Pc, mo: Puissance crete d'un module

(15)

L'association des modules photovoltaïques se fera à travers un montage mixte de type série-parallèle en fonction de la tension maximale du système photovoltaïque et de la puissance crête d'un module photovoltaïque. Les formules ci-dessous permettent de calculer le nombre de panneaux à disposer en série et en parallèle :

$$N_{mo,sé} = \frac{U_{max,sys\ PV}}{U_{nomi,mo}}$$

$N_{mo,sé}$: *Nombre de modules en série*
$U_{max,sys\ PV}$: *Tension maximale du champ photovoltaique*
$U_{nomi,mo}$: *Tension nominale du module photovoltaique*

(16)

$$N_{mo,par} = \frac{Pc_T}{N_{mo,s}\ X\ P_{c,mo}}$$

$N_{mo,par}$: *Nombre de modules en parallele*
P_T: *Puissance crête totale du champ*
$N_{mo,sé}$: *Nombre de module en série*
$P_{c,mo}$: *Puissance crête d'un module*

(17)

Après avoir déterminé le nombre de modules photovoltaïques à disposer en série et en parallèle, on procède à la vérification du ratio de surdimensionnement du champ solaire qui doit être inférieur à 10%. Le ratio se calcul à partir de la formule suivante :

$$r_{PV} = \frac{N_{mo,par}\ X\ mo,sé\ X\ P_{c,mo} - Pc_T}{Pc_T} X\ 100 \leq 10\%$$ avec r_{PV}=Ratio de surdimensionnement **(18)**

- **Groupe électrogène**

Pour assurer la continuité de la desserte en eau potable des usagers pendant les périodes de faible ensoleillement il est donc nécessaire de dimensionner un groupe électrogène pour garantir la fourniture d'énergie aux pompes. Pour cette étude la formule approchée de calcul du groupe électrogène de Schiller, Royer, Djiako, &Sy,1998, valable que pour les pompes ayant une puissance de moteur inférieur à 20 KW[20]. La puissance apparente du groupe est déterminée à partir de l'expression ci-après : **(19)**

$$\mathbf{P_{app}} = max \begin{cases} 2x \frac{\rho\ x\ g\ x\ Q\ x\ HMT}{3600\ x\ \eta_p\ x\ cos\varphi} \\ 2x \frac{\sqrt{3}\ x\ Ux\ I_n\ x\ Cos\varphi}{1000} x\ 1,25 \end{cases} \quad \begin{cases} \mathbf{P_{app}}: \textbf{Puissance apparente du groupe en VA} \\ \mathbf{U}: \textbf{Tension du moteur en volt} \\ \mathbf{I_n}: \textbf{Intensité nominale du moteur en A} \\ \boldsymbol{Cos\varphi}: \boldsymbol{facteur\ de\ puisssance} \end{cases}$$

III.6.14. Réservoir de stockage

Dans le cadre de cette étude le réservoir de stockage d'eau potable est un ouvrage permettant le stockage de l'eau potable à une altitude donnée pour écrêter les pointes journalières, mettre en pression le réseau de distribution gravitaire et équilibré les pressions sur le réseau. Il sera aussi de type métallique, étanche et de forme cylindro-conique car ce type de réservoir est mieux adapté pour les petits centres en raison de son faible volume et son cout de réalisation plus abordable ainsi que la disponibilité du savoir-faire sur le marché local.

- **Détermination de la capacité utile du réservoir**

Plusieurs méthodes qui sont au nombre de trois peuvent être utilisées pour la détermination de la capacité utile du réservoir[21] :

- Méthode analytique : elle consiste à analyser les déficits ainsi que les surplus d'eau non utilisée durant la journée dans le but de déterminer la capacité utile du réservoir en additionnant les maximums de la valeur absolue des déficits et des surplus.
- Méthode graphique : elle consiste à utiliser des courbes pour mettre en évidence le mouvement de l'eau en superposant la courbe d'adduction à la courbe de

distribution permettant la visualisation des deux écarts maxima dont leur somme permet la détermination de la capacité utile du réservoir.

- Méthode simplifiée ou forfaitaire : c'est une méthode qui prend en compte les multiples expériences de chaque pays. Dans notre pays la capacité utile peut être déterminée à partir des diverses relations provenant des données des centres d'AEP basées sur les demandes journalières de pointe. Les relations contenues dans le tableau ci-dessous permettent de déterminer la capacité utile du réservoir :

Tableau 2 : Valeur pratique de la capacité utile du réservoir de stockage

Conditions d'exploitation	**Capacité utile**
Adduction nocturne	90%Djp
Adduction avec pompage solaire	50%Djp
Distribution continue 24h/24	30%Djp
Adduction de jour, durant les périodes de consommation	(10%-30%) Djp

Source : Statistiques des centres d'AEP

➢ **Détermination de la hauteur sous radier**

La hauteur sous radier d'un réservoir d'eau correspond à la distance verticale comprise entre la base de la fondation et le bas du réservoir ou de la cuve. Elle est essentielle pour garantir des conditions de pressions et de vitesses adéquates pour les systèmes d'AEP, sa détermination se fait à partir des expressions ci-dessous : **(20)**

$$\boldsymbol{H_{imina} = \Delta H_{irés} + Z_{iaval} + P_s}$$

$$\boldsymbol{Z_{rad} = Max(H_{imin})}$$

$\mathbf{H_{imina}}$: Charge au noeud i imposé par le réservoir en m
$\mathbf{\Delta H_{irés}}$: Perte de charge du noeud i au reservoir en m
$\mathbf{Z_{iaval}}$: Cote du noeud aval i en m
$\mathbf{P_s}$: Pression de service en m
$\mathbf{Z_{rad}}$: Cote du radier en m
$\mathbf{H_{rad}}$: Hauteur sous radier en m
$\mathbf{Z_{TNRés}}$: Cote du terrain naturel

$$\boldsymbol{H_{rad} = Z_{rad} - Z_{TNRés}}$$

➢ **Traitement de l'eau**

Dans le cadre de ce projet l'eau produite et distribuée provient de forages qui en général est de très de bonne qualité et nécessite pas de traitement spécifique. Pour le renforcement de la qualité de l'eau un traitement à la chloration sera fait en injectant du chlore au réseau de refoulement à l'aide d'une pompe doseuse [22].

- **Temps de contact du chlore**

Il correspond au temps minimal au cours duquel le chlore doit être mis en contact avec l'eau afin d'assurer une désinfection efficace en détruisant les micro-organismes pathogènes tels que les coliformes fécaux, les coliformes totaux, E-Coli et les streptocoques fécaux. Le temps de contact minimum requis du chlore doit être supérieur ou égal à 2h et est donné par la condition ci-après :

$$\mathbf{T_c} = \frac{C_u}{Q_{ph}} \geq \mathbf{2\ heures} \qquad \begin{cases} \boldsymbol{T_c}: Temps\ de\ contact\ du\ chlore\ en\ h \\ \boldsymbol{C_u}: Capacité\ utile\ du\ reservoir\ en\ m3 \\ \boldsymbol{Q_{ph}}: Débit\ de\ pointe\ horaire\ en\ m3/h \end{cases} \quad \mathbf{(21)}$$

- **Temps de séjour du chlore**

La vérification du temps de séjour du chlore permet de connaitre le temps au bout duquel le chlore conserve son effet rémanent garantissant toujours la qualité de l'eau tout au long de la chaine de l'eau. Le temps de séjour du chlore doit être inférieur à deux (02) jours et est vérifié en utilisant l'expression suivante :

$$\mathbf{T_s} = \frac{C_u}{D_{jp}} < \mathbf{2\ jours} \qquad \begin{cases} \mathbf{T_s}: Temps\ d\ sejour\ au\ chlore\ en\ j \\ \boldsymbol{C_u}: Capacité\ utile\ du\ réservoir\ en\ m3 \\ \mathbf{D_{jp}}: Demande\ journalier\ de\ pointe\ en\ m3/j \end{cases} \quad \mathbf{(22)}$$

- **Quantité de chlore**

Conformément aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la norme adoptée pour le chlore résiduel sera de 0,5 à 5 mg/l, c'est ce qui est également utilisé dans les centres de traitement d'eau de l'Office National de l'eau et de l'Assainissement (ONEA). Le traitement de l'eau se fera à partir de solution d'hypochlorite de sodium et injecter dans la tête du forage à l'aide d'une pompe doseuse. Pour garantir la continuité du traitement le dispositif de dosage comprendra deux pompes doseuses dont l'une en fonctionnement et l'autre en réserve pour prendre la relève en cas de panne. Le débit d'injection de la pompe doseuse et le volume du bac de préparation du réactif sont exprimés à travers les relations suivantes :

$$\mathbf{q} = \frac{dxQ}{C} \qquad \begin{cases} \boldsymbol{q}: débit\ d'injection\ de\ la\ pompe\ doseuse\ en\ l/h \\ \mathbf{d}: dose\ de\ traitement\ en\ mg/l \\ \boldsymbol{C}: concentration\ de\ la\ solution\ du\ chlore\ en\ g/l \end{cases} \quad \mathbf{(23)}$$

$$\mathbf{V_b = q \times T} \quad \begin{cases} \boldsymbol{V_b}: Volume\ du\ bac\ en\ l \\ \boldsymbol{q}: d\acute{e}bit\ d'injection\ de\ la\ pompe\ doseuse\ en\ l/h \\ \mathrm{T}: Temps\ de\ fonctionnement\ \ par\ j\ en\ H \end{cases} \quad \textbf{(24)}$$

III.6.15. Réseau de refoulement d'eau

Il regroupe l'ensemble des conduites et équipements nécessaires, permettant le transport de l'eau sous pression en général à partir d'une station de pompage vers un réservoir de stockage, un système de distribution ou un point de consommation. Il est important dans les systèmes d'AEP, garantissant un transport efficace et opérationnel de l'eau[23].

- **Dimensionnement de la conduite d'adduction**

Pour cette étude des conduites PEHD de pression nominale 16 bars (PN16) ont été choisies pour le réseau de refoulement en raison de leur fiabilité, de leur facilité d'installation ainsi que de leur disponibilité sur le marché. Pour la détermination du diamètre de la conduite de refoulement plusieurs formules ont été utilisées et ont permis le choix du plus petit diamètre nominal qui respect à la fois les conditions de Flamant et GLS. Les formules sont énumérées en **annexe 2**.

La formule de Darcy-Weisback a été utilisée pour le calcul des pertes de charges linéaires en raison de sa précision liée aux faites qu'elle tient compte de la rugosité et du coefficient de résistance. Quant aux pertes de charges singulières elles ont été prises égal à 5% de celles linéaires. La perte de charge totale est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\Delta \boldsymbol{H_t} = \mathbf{1,05}\ \boldsymbol{x}\ \frac{\mathbf{8x\lambda xLxQ^2}}{\boldsymbol{\pi^2 x 2gxD^5}} \quad \begin{cases} \mathbf{\Delta H_t}: \text{perte de charge totale en m} \\ \mathbf{L}: \text{longueur de la conduite en m} \\ \mathbf{Q}: \text{débit de la conduite en } \mathrm{m}^3/\mathrm{s} \\ \mathbf{D}: \text{diamètre de la conduite en m} \end{cases} \quad \textbf{(25)}$$

La relation de Calebrook-White a été utilisée pour le calcul du coefficient de résistance de la conduite qui est fonction du nombre de Reynolds, du régiment d'écoulement et de la rugosité relative de la conduite :

$$\frac{\mathbf{1}}{\sqrt{\boldsymbol{\lambda}}} = \mathbf{-2}\boldsymbol{log}\left(\frac{\boldsymbol{K}}{\mathbf{3,71}\boldsymbol{D}} + \frac{\mathbf{2,51}}{\boldsymbol{R_e\ x\ \sqrt{\lambda}}}\right) \quad \begin{cases} \boldsymbol{\lambda}: Coefficient\ de\ ristance\ de\ la\ conduite \\ \mathbf{K}: Rugosit\acute{e}\ de\ la\ conduite(0{,}0001) \\ \mathbf{D[m]}: Diam\grave{e}tre\ interieur\ de\ la\ conduite \\ \mathbf{R_e}: Nombre\ de\ Reynolds \end{cases} \quad \textbf{(26)}$$

La valeur du coefficient de résistance λ qui résout cette équation est obtenue par itération en programmant dans le tableur développeur (Visuel Basic) du logiciel Excel**.**

- **Vérification du coup de bélier**

L'arrêt brusque ou le démarrage brusque d'une pompe ainsi que la fermeture ou l'ouverture instantanée d'une vanne provoque une variation rapide de la pression pouvant entrainer des

dépressions ou des surpressions. Le phénomène issu de cette variation est appelé coup de bélier qui peut être préjudiciable ou non à la conduite de refoulement et aux équipements. Il s'avère donc nécessaire de vérifier le coup de bélier afin de prévenir ces dommages en calculant la célérité des ondes et des variations de pressions dans les conduites. La célérité dépend de la nature du matériau, du diamètre de la conduite et est calculée à partir de la formule ci-dessous :

$$\boldsymbol{C} = \sqrt{\frac{1}{\rho(\frac{1}{\varepsilon}+\frac{D}{E\,x\,e})}} \qquad \begin{cases} \boldsymbol{C}[\boldsymbol{m/s}]: célérité\ de\ l'onde \\ \boldsymbol{\varepsilon}[\boldsymbol{Pa}]: module\ d'elasticité\ de\ l'eau \\ \mathbf{D}[\mathbf{mm}]: diamètre\ intérieur\ de\ la\ conduite \\ \mathbf{E}[\mathbf{Pa}]: module\ d'élasticité\ de\ la\ conduite \\ \mathbf{e}[\mathbf{mm}]: épaisseur\ de\ la\ conduite \end{cases} \qquad \textbf{(27)}$$

La variation maximale de la pression est calculée à l'aide de la formule de Joukovsky-Aliévi dans le cas d'une fermeture avec une perturbation rapide : **(28)**

$$\boldsymbol{\Delta P} = \pm\frac{\boldsymbol{CxV_0}}{\boldsymbol{g}} \quad \begin{cases} \Delta\ \mathbf{P}: variation\ maximale\ de\ pression\ (depression\ ou\ surpression) \\ \boldsymbol{V_o}: vitesse\ d'ecoulement\ initial \end{cases}$$

Pour vérifier si les variations de pressions sont préjudiciables et s'il s'avère nécessaire de protéger les installations en installant des dispositifs anti-béliers les conditions suivantes doivent être remplies :

$$\mathbf{Pmax} \geq \boldsymbol{PMA} \quad \boldsymbol{avec\ Pmax} = \boldsymbol{HMT} + \Delta\ \boldsymbol{P}$$

$$\begin{cases} \mathbf{Pmax}[\mathbf{m}]: \text{pression maximale} \\ \mathbf{PMA}[\mathbf{m}]: \text{Pression maximale admissible} = 1{,}2\text{xPN} \\ \mathbf{Pmin}[\mathbf{m}]: \text{Pression minimale} \\ \mathbf{P_{atm}}[\mathbf{m}]: \text{Pression atmosphérique} \approx 10{,}33 \end{cases} \qquad (29)$$

$$\mathbf{Pmin} \leq \boldsymbol{P_{atm}} \quad \boldsymbol{avec\ Pmin} = \boldsymbol{HMT} - \Delta\ \boldsymbol{P}$$

III.6.16. Dimensionnement du réseau de distribution

Le réseau de distribution peut être défini comme un ensemble de canalisations et d'équipements installés permettant le transfert de l'eau potable depuis le réservoir de stockage vers les différents points de consommation des usagers.

III.6.16.1. Type de réseau et conditions de distribution

Le réseau choisi est de type mixte qui comporte une partie maillée et une partie ramifiée pour les raisons suivantes :

la prise en compte des branchements particuliers qui nécessitent une continuité du service et que les canalisations soient les plus proches possibles des habitations ;

L'entretien du réseau qui sera plus aisé vu que cela n'empêchera de desservir les autres abonnés qui ne sont pas connecté sur le tronçon à réparer.

Le mode de distribution est de type gravitaire avec le réservoir de stockage qui surplomb tout le réseau. Les travaux d'implantation de la cuve d'eau, des bornes fontaines ont été faits en prenant en compte les suggestions des parties prenantes afin d'éviter les sites sacrés de même que les propriétés privées. Le réseau de distribution est constitué de conduites en PEHD de pression nominale 10 bars (PN10) avec des vitesses d'écoulement comprises entre 0,3 m/s et 1,2 m/s pour faciliter l'auto-curage et d'éviter les dépôts. Les pressions quant à elles doivent être comprises entre 10 mCE et 50 mCE dans le but de fournir une pression de service adéquate aux usagers.

III.6.16.2. Points de distribution

Les branchements particuliers (BP) et les bornes fontaines (BF) sont considérés comme les points de distribution de notre système d'AEP multi-villages qui doivent être implantés dans les villages de manière à faciliter la desserte en eau potable des populations. Conformément aux exigences du PN-AEP une borne fontaine dessert en moyenne 500 personnes dans un rayon de 500m et construite dans un endroit propice et accessible à la population en toute saison. Pour ce qui est des branchements particuliers ils sont sensés desservir 10 personnes par branchement. Le nombre de branchements particuliers à l'horizon 2050 est calculé par la formule ci-après :

$$\boldsymbol{N_{BP} = \frac{Po_{BP}}{10}} \qquad \begin{cases} Po_{Bp}: Population\ approvisionné\ en\ BP \\ N_{BP}: Nombre\ de\ branchement\ particulier\ BP \end{cases} \quad \textbf{(30)}$$

III.6.16.3. Détermination des débits de distribution des BF et BP

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, donc nous calculerons les débits de pointe horaire des bornes fontaines et des branchements particuliers. Le débit de pointe horaire est calculé à l'aide de la formule ci-dessous ;

$$\boldsymbol{Q_{dist} = \frac{B_{jp\,x\,C_{ph}}}{T_{dist}}} \qquad \begin{cases} \mathbf{Q_{dist}}[\boldsymbol{l/s}]: débit\ de\ distribution \\ \mathbf{B_{jp}}[\boldsymbol{l}]: besoin\ de\ pointe\ journalier \\ \mathbf{C_{ph}}: coefficient\ de\ pointe\ horaire \\ \mathbf{T_{dist}}[\boldsymbol{l}]: temps\ de\ distribution \end{cases} \quad \textbf{(31)}$$

- **Calcul du débit de pointe horaire des bornes fontaines (BF)**

$$\boldsymbol{Q_{ph(BF)} = \frac{B_{jp(BF)} x\, C_{ph}}{T_{dist(BF)}}}$$

$$\begin{cases} \mathbf{Q_{ph(BF)}[l/s]}: \textit{débit de distribution de pointe horaire par BF} \\ \mathbf{B_{jp(BF)}[l]}: \textit{besoin de pointe horaire par BF} \\ \mathbf{C_{ph}}: \textit{coefficient de pointe horaire} \\ \mathbf{T_{dist(BF)}[s]}: \textit{temps de distribution au niveau des BF} \end{cases} \quad \textbf{(32)}$$

Nous avons considéré au niveau des bornes fontaines un temps de distribution de 12h par jour avec trois robinets par borne fontaine dont chaque robinet a un débit de 15l/s ce qui donne un débit de 45l/s par borne fontaine.

- **Calcul du débit de pointe horaire des branchements particuliers (BP)**

$$\boldsymbol{Q_{ph(BP)} = \frac{B_{jp(BP)} x\, C_{ph}}{T_{dist(BP)}}}$$

$$\begin{cases} \boldsymbol{Q_{ph(BP)}}: \text{débit de pointe horaire par branchement particulier} \\ \boldsymbol{B_{jp(BP)}}: \text{Besoin de pointe journalier par BP} \\ \boldsymbol{C_{ph}}: \text{coefficient de pointe horaire} \\ \boldsymbol{T_{dist(BP)}}: \text{temps de distribution au niveau des BP} \end{cases} \quad \textbf{(33)}$$

Pour ce qui est des branchements particuliers un temps de distribution de 20 h par jour a été considéré.

III.6.16.4. Méthode de dimensionnement du réseau maillé et du réseau ramifié

Pour le dimensionnement du réseau maillé nous avons utilisé la méthode de Hardy Cross, consistant à trouver une répartition de débit qui annule la perte de charge dans la maille. Quant au réseau ramifié le dimensionnement se fera sur le principe de calcul de l'aval vers l'amont.

- **Débit linéique**

Il correspond à la quantité d'eau transportée par unité de longueur de la conduite de distribution et se calcul à partir de la formule ci-après :

$$\boldsymbol{q_{li} = \frac{Q_{ph}}{\sum L}} \quad \begin{cases} \boldsymbol{q_{li}[l/s/ml]}: \text{débit linéique} \\ \sum \text{L[m]}: \text{longueur totale du réseau de distribution} \end{cases} \quad \textbf{(34)}$$

- **Débit en route**

Il correspond à la quantité d'eau prélevée sur les tronçons du réseau de distribution qui se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$\mathbf{Q_r = q_{li}\ x\ L_t} \quad \begin{cases} \mathbf{Q_r[l/s]}: \textit{débit en route} \\ \mathbf{q_{li}}[\boldsymbol{l/s/ml}]: \textit{débit linéique} \\ \mathbf{L_t[m]}: \text{longueur du troncon} \end{cases} \quad \textbf{(35)}$$

- **Débit fictif**

Il est utilisé pour le dimensionnement de la conduite de distribution, il prend en compte le débit en route et les prélèvements aux nœuds avals :

$$\mathbf{Q_{fict} = 0,55\ Q_r + \Sigma Q_{aval}} \quad \begin{cases} \mathbf{Q_{fict}[l/s]}: \text{débit fictif} \\ \mathbf{Q_r[l/s]}: \text{débit en route} \\ \mathbf{\Sigma Q_{aval}[l/s]}: \text{débit aval} \end{cases} \qquad \textbf{(36)}$$

- **Calcul du diamètre des conduites**

Pour la détermination du diamètre théorique nous avons eu recours à l'équation de continuité, par la suite la valeur trouvée a permis le choix du diamètre commercial.

$$\boldsymbol{D_{th}}: \sqrt{\frac{4xQ_{fict}}{\pi xV}} \quad \begin{cases} \mathbf{D_{th}[m]}: \text{diamètre théorique} \\ \mathbf{Q_{fict}[l/s]}: \text{débit fictif} \\ \mathbf{V[m/s]}: \text{vitesse théorique} = 1\text{m/s} \end{cases} \qquad \textbf{(37)}$$

- **Calcul des pertes de charges**

Les pertes de charges ont été calculées en utilisant la formule de Darcy-Weisback et les pertes de charges singulières sont prises égal 5% des pertes de charges linéaires.

$$\boldsymbol{\Delta H_t}: \mathbf{1,05}x\frac{8x\lambda xQ^2}{\pi^2 xgxD^5}xL \quad \begin{cases} \boldsymbol{\Delta H_t[m]}: \text{perte de charge totale} \\ \boldsymbol{Q^2[m^3]}: \text{débit} \\ \boldsymbol{\lambda}: \text{coefficient de resistance} \\ \mathbf{g[m/s2]}: \text{pesanteur} \\ \mathbf{D^5[m]}: \text{diamètre} \\ \mathbf{L[m]}: \text{longueur} \end{cases} \qquad \textbf{(38)}$$

- **Calcul des vitesses réelles et des pressions de service**

L'équation de continuité a été utilisée pour le calcul des vitesses réelles au niveau de tous les tronçons du réseau après le choix des diamètres commerciaux en veillant à ce que les conditions de vitesses soient respectées ($0{,}3m/s \leq V_{réelle} \geq 1{,}2m/s$).

$$\mathbf{V} = \frac{\mathbf{4xQ_{fict}}}{\mathbf{\pi xDi^2}} \quad \begin{cases} \mathbf{V[m/s]}: \textit{vitesse de la conduite} \\ \mathbf{Q_{fict}[l/s]}: \text{débit fictif} \\ \mathbf{Di^2}: \textit{diamètre interieur de la conduite} \end{cases} \qquad \textbf{(39)}$$

Les pressions de services sont déterminées sur tous les nœuds du réseau et les points de distribution (BF et BP). La pression de service est calculée en faisant la différence de la charge au point qui correspond à l'altitude du point et du rapport du carré de la vitesse par le double de l'intensité de la pesanteur.

$$\mathbf{H_j = Z_j + P_s + \Sigma_j \Delta H} \begin{cases} H_i[m]: charge\ au\ point\ j \\ Z[m]_j: cote\ au\ point\ j \\ P_s[mCe]: pression\ de\ service \\ \Sigma_j \Delta H[m]: somme\ des\ pertes\ de\ charge \end{cases} \quad \textbf{(40)}$$

$$\mathbf{P_{srj} = H_j - Z_j - \frac{V^2}{2xg}} \begin{cases} \boldsymbol{P_{srj}[mCe]: pression\ réelle\ de\ service\ au\ point\ j} \\ \boldsymbol{H_j[m]: charge\ au\ point\ j} \\ \boldsymbol{Z_j[m]: cote\ au\ point\ j} \\ \boldsymbol{V^2[m/s]: vitesse\ dans\ la\ conduite} \\ \boldsymbol{g: intensité\ de\ la\ pesanteur} \end{cases} \quad \textbf{(41)}$$

III.6.17. Simulation du réseau de distribution sur le logiciel Epanet

Pour s'assurer du bon fonctionnement hydraulique du réseau de distribution et de la précision des résultats obtenus sur le classeur Excel, le logiciel Epanet a été utilisé pour la simulation du réseau. Les paramètres d'entrés se résument aux points ci-dessous :

- Les nœuds : l'altitude, la longitude et la latitude, la demande de base ;
- Le réservoir de stockage ou cuve : l'altitude du radier, le diamètre et le volume, le niveau minimal et maximal du réservoir ;
- Les tronçons ou arcs du réseau : la longueur et le diamètre du tronçon ainsi que la rugosité de la conduite.

III.6.18. Equipements de protection et ouvrages annexe

Pour assurer un bon fonctionnement et une meilleure protection du réseau il s'avère nécessaire de procéder à l'installation d'équipements capable d'assurer une protection adéquate du réseau tels que les ventouses, les clapets anti-retours, les vidanges, le by-pass et les vannes d'arrêt**.** La pose des pièces spéciales (ventouse, vidange, clapet anti-retour. …) doit s'accompagner de la réalisation de buté de protection**.** Il est aussi important de prévoir des ouvrages qui permettent l'exploitation et la gestion efficace du système d'AEP à savoir le local technique, le bureau et la clôture grillagée.

IV. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

Il s'agit ici de mettre en exergue et de discuter les différents résultats obtenus suite au dimensionnement des multiples paramètres du Système d'approvisionnement en eau potable Multi-Villages (SMV).

IV.1. Diagnostic et états des lieux

Les visites terrains et les enquêtes menées auprès des populations ont permis de collecter et de faire l'inventaire des ouvrages hydrauliques présents dans la zone d'étude.

IV.1 .1. Sources de desserte en eau potable

D'après les résultats de l'enquête les populations s'approvisionnement essentiellement en eau niveau des forages équipés de pompes à motricité humaine et au niveau des puits. Les enquêtes montrent que 78% sont toujours satisfaits pour leur besoin en eau de boisson contre 17% qui ne sont satisfaits que la plupart du temps et 5% qui ne sont jamais satisfaits. On note que la majeure partie de la population s'approvisionne au niveau des forages et les principaux récipients de transport utilisés sont les bidons de 20 litres et les barriques de 200 litres.

IV.1.2. Inventaire des ouvrages d'eau existants

D'après les données de l'inventaire national des ouvrages hydrauliques de 2023, les villages de Gasongo et Horé disposaient respectivement de sept (07) forages et quatre (04) puits, de treize (13) forages et quatre (04) puits, soit un total de vingt (20) forages et puits (08) puits pour notre zone d'étude. Le village de Horé a un taux d'accès de 86,6% et celui de Gasongo 100%. On remarque les deux localités de la zone d'étude ne disposent pas d'un système d'Approvisionnement en Eau Potable Simplifiée. L'insuffisance des données sur les forages existants notamment en termes de débit et de profondeur n'a pas permis d'identifier plusieurs forages à gros débits. Seul un forage à gros débit donc de débit supérieur à 5 m^3/h a été identifié dans le village de Gasongo. Le récapitulatif des forages de la zone d'étude est présenté en **annexe 3**.

IV.1.3. Système de gestion actuelle des ouvrages

La gestion des forages équipés de pompes à motricité humaine des deux villages est transférée aux associations des usagers de l'eau conformément au document cadre de gestion du service public de l'eau en milieu rural et semi-urbain à travers une convention de délégation. Ces associations ont été mises en place et formées depuis 2014 mais ne disposent pas de récépissés. On note également qu'elles ne sont pas fonctionnelles et que les cotisations se font de manière spontanée surtout lors de la subvenue de pannes, ce qui ne permet pas de prévoir des montants pour le renouvellement des pièces.

IV.2. Mobilisation de la ressource en eau

IV.2.1. Recherche documentaire et visite terrain

Pour identifier les forages à gros débit, c'est-à-dire de débit supérieur à 5 m^3/h des revues documentaires et des visites de la zone d'étude ont permis d'identifier un seul forage à gros débit de 6,5 m^3/h dans le village de Gasongo réalisé par la DGEP en 2018.Par conséquent nous proposons d'exploiter ce forage pour l'alimentation en eau de notre système. Il s'avère donc

nécessaire d'analyser et d'interpréter les données de foration et d'essais de pompage dans le but de déterminer les débits d'exploitation et critique du forage. Situer dans le quartier de Gasongo le forage à un débit de 6,5 m^3/h, il se situe au point de coordonnées de longitude 13°16'00.00'' et de latitude 01°39'46,4''.

IV.2.2. Foration et développement

Au regard des données de foration, le forage enregistre une profondeur totale équipée de 95 m et un niveau statistique de 35,15 m. Le débit de fin de foration est de 6 m^3/h et après un développement d'une durée de 4 heures on a observé une eau claire avec un débit de 6,5 m^3/h.

IV.2.3. Essais de pompage et interprétation

La détermination des caractéristiques du forage ainsi que la profondeur d'installation de la pompe s'est faite à l'aide du logiciel (OUAIP Outil d'Aide à l'Interprétation des essais pompage) qui a donné un coefficient de perte de charge linéaire $B=3,82x10^3$ s/m^2 et un coefficient de perte de charge quadratique $C=2\ ,33x10^6$ s^2/m^5 avec un débit critique de $5,94m^3/h$. En considérant un débit d'exploitation de 5 m^3/h on a obtenu un rabattement de 11,85 m ce qui donne un niveau dynamique de 47,05 m. En tenant compte de la baisse saisonnière et de la marge de sécurité de la pompe on a retenu une profondeur d'installation de la pompe immergée de 58 m dont une cote d'installation de 227,35 m. Les résultats sont mentionnés ci-dessous.

Tableau 3 : Cote d'installation

CALCUL DE PROFONDEUR D'INSTALLATION								
Q ex (m3/h)	**S (m)**	**ΔS (m)**	**ΔIA (m)**	**NS (m)**	**Prof d'installation (m)**	**Prof d'installation retenue (m)**	**ZTN forage (m)**	**Cote d'installation retenue/sol (m)**
5	11,85	5	5	35,2	57.10	58	285,35	227,35

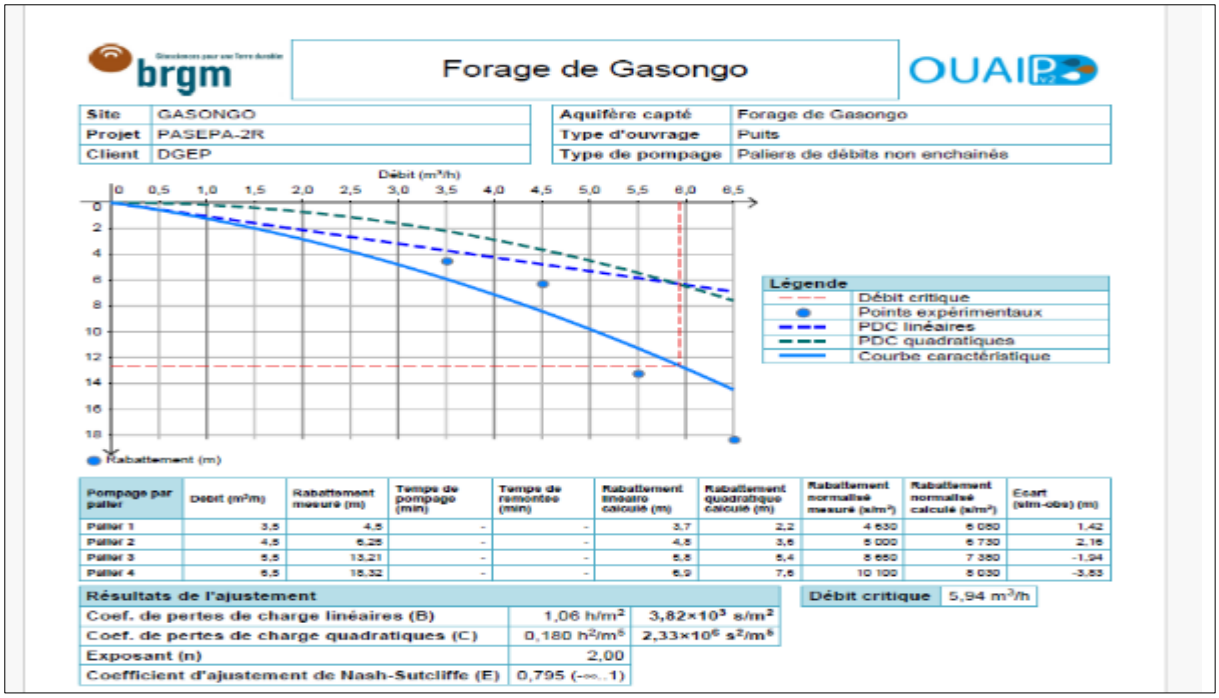


Figure 6: Interprètation des essais de pompage

Il est ressorti des essais de pompage que le forage peut être exploiter à un débit de 5 m^3/h sans compromettre ses caractéristiques hydrodynamiques et sans dénoyer la pompe. (Fiches d'essais de pompage, **confère annexe 4**).

IV.2.4. Analyses physico-chimiques et microbiologique

A l'issue de l'analyse physico-chimique et microbiologique, nous constatons que les différents paramètres analysés sont conformes aux normes de potabilités en vigueur au Burkina-Faso[5]. De ce fait le forage peut être raccordé au réseau de refoulement de notre système d'AEP sans danger pour les usagers. Les résultats sont consignés dans les fiches d'analyses en **annexe 5**. Il est à noter que le débit de ce forage est insuffisant pour satisfaire les besoins en eau potable des deux villages au démarrage du projet et il est donc nécessaire de prévoir un deuxième forage.

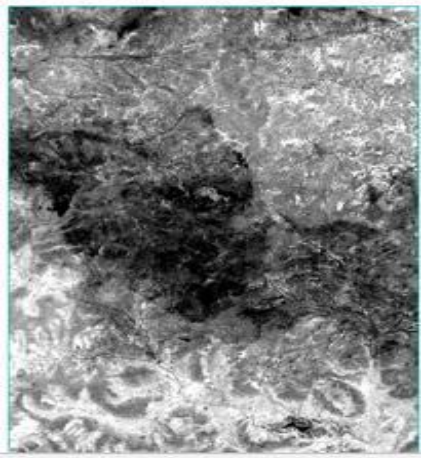
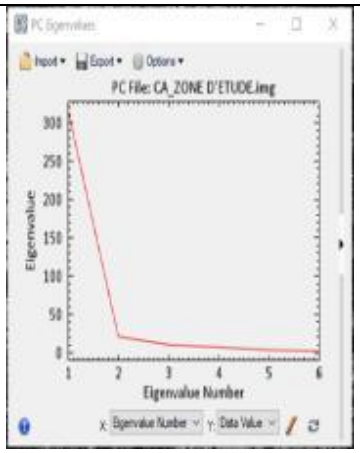
IV.2.5. Analyse des données de la télédétection

L'analyse des images satellitaires traitées ont permis d'identifier les linéaments assimilables aux potentiels couloirs de transit des eaux souterraines. Les images ont servi à vectoriser les structures géologiques mise en évidence que sont les failles et les fractures souvent associer à des zones propices de circulation de l'eau souterraine surtout lorsqu'elles sont ouvertes et injectées. L'absence d'informations précises sur les forages existants en termes de débit et de profondeur n'a permis d'approfondir l'étude de productivité des aquifères rencontrés et limites les possibilités d'une analyse quantitative.

IV.2.5.1. L'analyse en composante principale ACP

L'analyse en composante principale a été la première étape du traitement des images qui a permis de déterminer le nombre nécessaire de composante à utiliser pour rendre les images plus claires et expressives. Ainsi l'ACP appliquée aux bande Oli (2 à 7) révèle que les trois premières composantes principales concentrent presque la totalité de la variance totale. Par conséquent elles synthétisent les informations contenues dans les sept bandes originales.

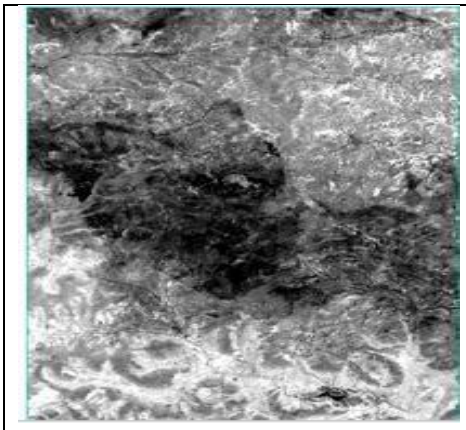
Tableau 4 : ACP

		On note que l'ACP1 comprend l'essentiel de l'information structurale favorisant la mise en évidence des linéaments de la zone d'étude que ceux liés au réseau hydrographique (Yao,2009).

IV.2.5.2. Rapport de bandes

La combinaison de bandes est fréquemment utilisée pour générer une image en RVB.Un certain nombre de combinaison offre de bons résultats qui sont entre autres : Oli5/Oli6, Oli5/Oli10, Oli7/Oli5, Oli6/Oli5 et Oli4/Oli3.Dans notre cas c'est le rapport de Oli7/Oli5 qui est mis en évidence dans le tableau ci-dessus qui semble donner le meilleur résultat.

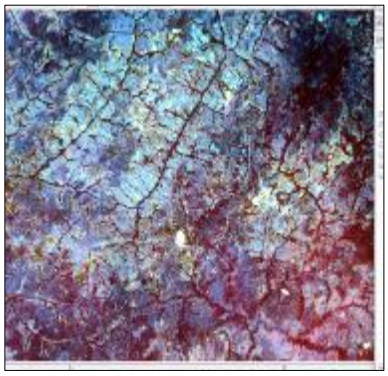
Tableau 5 : Rapport de bande B7/B5

	L'analyse des images montre une texture noire, rugueuse et grossière mettant en évidence un réseau hydrographique dendritique ou en treillis. Ce domaine correspond à une zone granitique pouvant comporter des fractures qui renforce la fiabilité des données linéamentaires considérées comme des marqueurs tectoniques parfois masquées par la végétation et les altérites.

IV.2.5.3. Composante colorée

La relation entre les linéaments assimilables aux fractures, l'eau et la végétation montre que les fractures ouvertes contenant d'eau entrainent un développement significatif de la végétation du fait que les arbres sont des grands consommateurs d'eau. Ainsi en milieu sahélien la croissance du couvert végétal est très liée à l'altération qui est prépondérante dans les milieux les plus fracturés. La composition colorée naturelle de la commune rurale de Tikaré dans laquelle se localise notre zone d'étude est illustrée dans le tableau ci-après :

Tableau 6 : Composition colorée appliquée sur l'ACP , la bande B7 et B7/B5

	Il faut noter que la végétation saine est mise en évidence par la couleur rouge vif, les sols nus par les teintes beiges ou marron et enfin les zones d'eau par les couleurs sombres ou noires.

IV.2.5.4. Application de filtre Sobel

L'utilisation des filtres Sobel permet l'identification des linéaments correspondant à des discontinuités structurales présentent dans les images traitées. En effet ils améliorent la visibilité des linéaments en provoquant un effet d'ombre influençant les images en rendant les structures géologiques plus perceptibles[24]. Le filtre de direction NW-SE favorise la mise en évidence de structures géologiques et la reconnaissance de linéaments orienté d'après Youan Ta et al, 2011.Les filtres appliqués dans cette étude ont essentiellement contribué à vectoriser de données favorisant la détection des discontinuités souvent subtiles. Ce pendant certains linéaments qui influencent l'orientation des bras d'eau de la commune s'avèrent être des failles parallèles provenant certainement de la même histoire géologique. **L'annexe 6** présente l'applications des filtres directionnels NW-SE diagonal de 45°, NE-SW diagonal de 135°, le filtre EW horizontal et le filtre NS vertical sur le rapport de bande Oli7/Oli5.

IV.2.5.5. Extraction manuelle des linéaments

A l'issue des phases de prétraitement et de traitement les linéaments ont pu être tracés manuellement sur le logiciel ENVI et extraits à l'aide du logiciel ARSIS qui ont offert une meilleure compréhension de la répartition des linéaments dans la commune de Tikaré.

L'opération d'extraction des linéaments s'est faite en utilisant plusieurs filtres qui mettent en évidence plusieurs types de linéament en fonction de leurs caractéristiques géométriques et de leurs orientations. Les résultats montrent une domination des orientations principales appartenant aux directions NW-SE et NE-SW qui traduisent l'influence de structures régionales ou de contraintes géologiques régionales. Quant aux linéaments de directions NS (Nord-Sud) et EW(Est-Ouest), ils sont minoritaires et pourraient être associés à des structures locales ou des contraintes géologiques de faible envergure. **L'annexe 7 et 8** montrent respectivement le tracé et l'extraction des linéaments.

IV.2.5.6. Validation des linéaments et directions préférentielles des linéaments

A l'issu de l'extraction des linéaments, il s'avérait nécessaire de procéder à leur validation afin d'identifier les linéaments qui représentent réellement des fractures ou des failles. Pour ce faire les coordonnées des forages et des puits existants dans la zone d'étude ont été projetées sur la carte linéamentaire. Nous constatons qu'il y'a des linéaments qui se superposent aux coordonnées des ouvrages de captage existant, ce qui a permis de valider la présence de fractures dans ces zones. Les forages alignés sur les linéaments confirment leur importance comme chemin de circulation préférentielle des eaux souterraines et montrent que ces linéaments peuvent présenter un intérêt dans le cadre d'implantation de nouveaux forages.

On note également qu'il existe des linéaments ne passant par aucune coordonnée des ouvrages existants qui pourrait être expliqué soit par une mauvaise interprétation des linéaments l'absence de fractures ouvertes et injectées ou à une faible résolution des données ou de zones qui n'ont jamais fait objet de recherche d'eau. Mais ils pourraient mettre en évidence également des collines, des routes ou des éléments linéaires créés par l'Homme. La figure ci-dessus présente la carte de validation des linéaments :

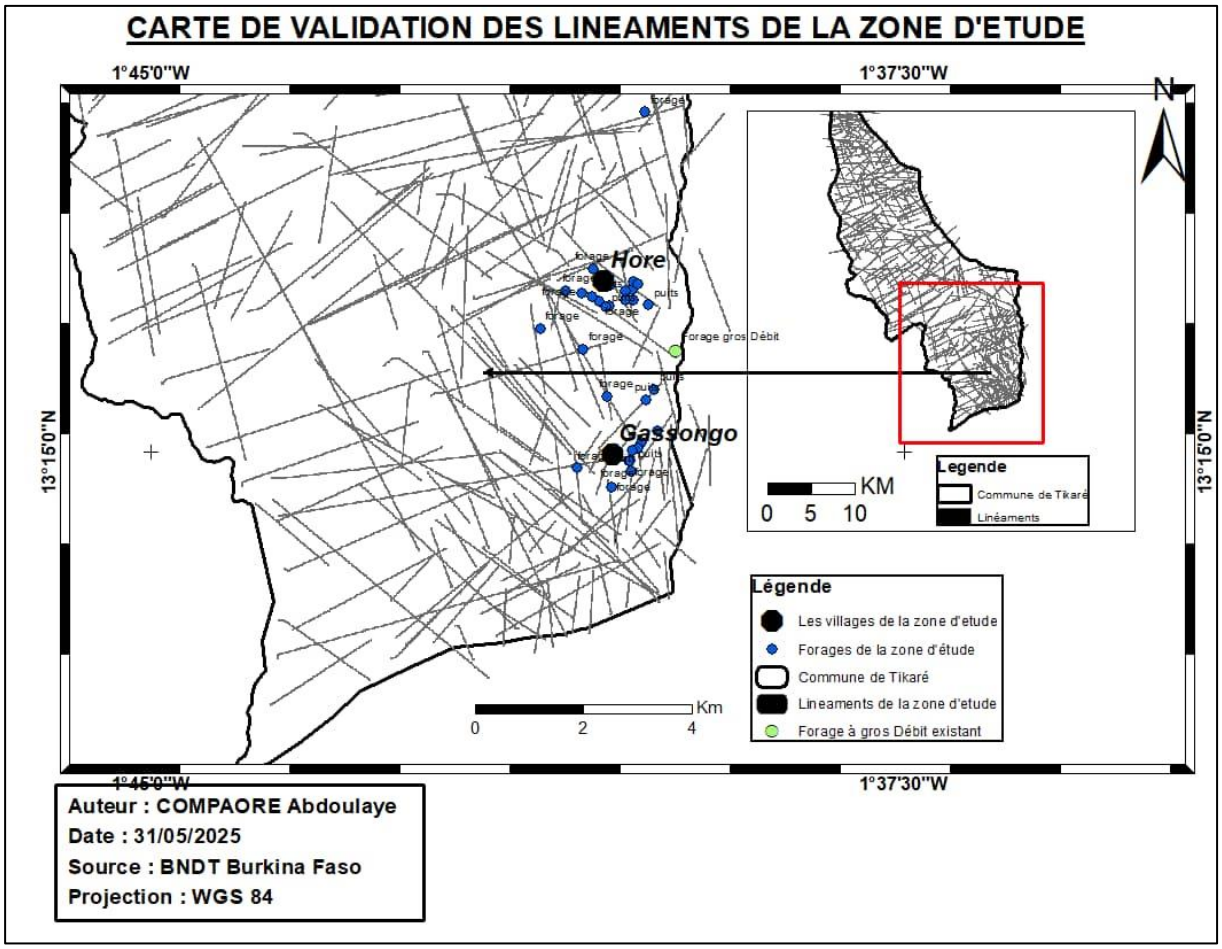


Figure 7 : Carte de validation des linéaments

A l'issu de l'extraction et de la validation des linéaments un rosace directionnel a été généré à l'aide du logiciel RockWorks via le module RockWorks-Utilities- Linears -Rose (Fron endpoints) pour visualiser les directions préférentielles des linéaments tels que les fractures, les failles, les joints exprimés en azimut (0°=Nord et 90°=Est).

Le diagramme montre une distribution polaire avec des barres colorées représentant la fréquence d'éléments orientés dans chaque direction :

Les barres vertes plus longues indiquent les directions dominantes ou les linéaments sont les plus nombreux.

Les barres bleues montrent les directions secondaires moins fréquentes.

La zone jaune en éventail traversée par une ligne rouge met en évidence une plage angulaire à forte densité contenant la direction moyenne principale.

On a la direction dominante représenter par la ligne rouge qui se situe autour de N60°E à N70°E ce qui indique une direction NE-SW (Nord-Est/Sud-Ouest) qui pourrait mettre en évidence un contrôle structural régional telle qu'une faille, une contrainte tectonique ou une direction de fracturation liée au contexte géologique de la localité. Une telle analyse peut constituer un outil

essentiel pour comprendre la géologie structurale d'une région notamment dans le cadre d'études hydrogéologiques, minières ou géotechniques. La figure ci-dessus montre plusieurs réseaux de directions variées :

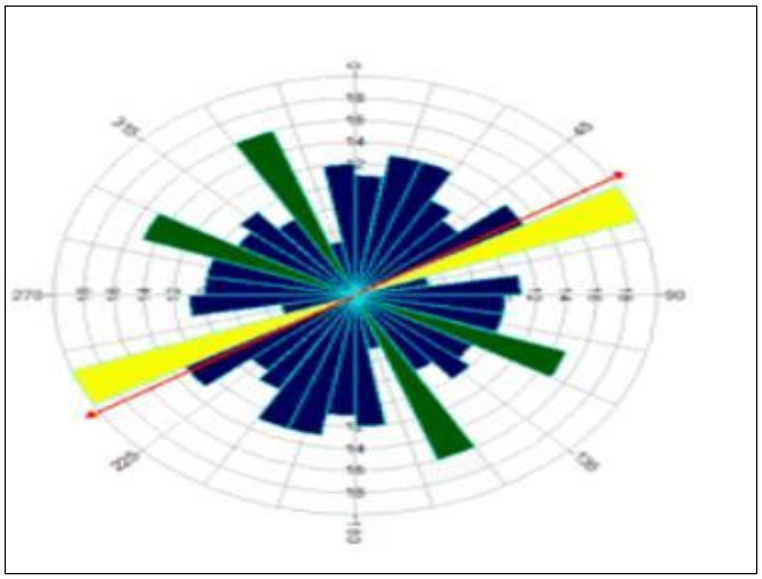


Figure 8 : Rosace directionnelle des linéaments

IV.2.6. Proposition de points pour une prospection géophysique

A partir de la détection nous avons pu identifier trois points propices dont deux à Gasongo et un à Horé pouvant servir de base pour la prospection géophysique. Ces points concernent surtout ceux qui sont à l'intersection de fractures ou de couloir de fractures. Etant donné que nous sommes en région du craton Ouest-Africain les fractures ont été érodées jusqu'à leur base. Les fractures initialement peu profondes ou sub-verticales ont presque toutes été décapées. La particularité de notre zone d'étude est que les fractures sont sub-verticales à verticales ce qui fait qu'une erreur d'au moins un mètre pourrait faire qu'on ne puisse pas traverser la fracture pendant la foration. Il s'avère donc nécessaire que les points implantés à l'aide de la télédétection soient validés par des méthodes d'implantation géophysique avant toute foration afin de s'assurer d'un bon taux de réussite. Les cordonnées des deux points de Gasongo sont : latitude 1466600m Nord et longitude 627480m Est pour le premier et latitude 1435750m Nord, longitude 621060m Est pour le deuxième. Pour les coordonnées du point de Horé on a pour latitude 1468526m Nord et 627589m Est. Pour le dimensionnement le premier point de Gasongo a été considéré comme le deuxième forage. Les points d'implantation sont mis en exergue en **annexe 9.**

IV.3. Design du réseau

A l'issu des échanges avec les différentes parties prenantes au projet, le tracé du réseau validé est présenté ci-dessous.

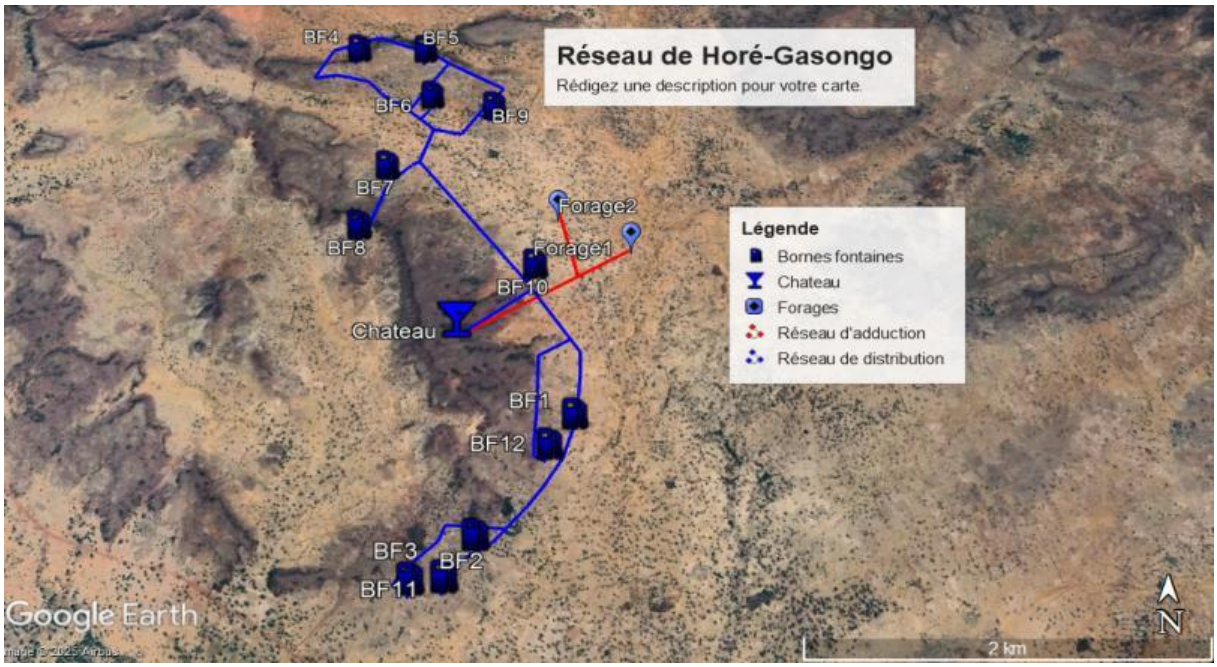


Figure 9 : Design du réseau

IV.4. Estimation des besoins en eau

IV.4.1. Hypothèse de calcul

Les hypothèses émises dans le cadre de notre étude afin de garantir une meilleure conception du SMV sont mentionnées en **annexe 10.**

IV.4.2. Consommation spécifique

Comme mentionné dans la démarche méthodologique, la détermination de la consommation moyenne journalière par habitant ainsi que celle des lieux publics a été faite à l'issue de l'enquête. D'après les résultats obtenus, la consommation spécifique révisée de 2023 du MEEA a été considérée, soient des consommations spécifiques journalières respectives de 25l/habitant au niveau des BF et 20l/habitant au niveau des BP. Les résultats sont mentionnés en **annexe 11**.

IV.4.3. Détermination de la taille de la population et du taux de desserte à l'horizon 2050

- Détermination de la taille de la population

Le taux d'accroissement des deux villages a été estimé à l'aide de la formule (03) ce qui a donné des taux de 2,9% pour Horé et 2,1% pour Gasongo. Ce pendant nous remarquons que ces taux sont inférieurs au taux d'accroissement communal qui est de 3% et pour éviter un sous-dimensionnement le taux communal a été utilisé pour la détermination de la population à l'horizon en prenant la population de 2019 comme référence.

Tableau 7 : Population à l'horizon du projet

Désignation	**Année**							
	2019	2025	2026	2030	2035	2040	2045	2050
Taux d'accroissement (%)	3	3	3	3	3	3	3	3
Population totale	4525	5482	5660	6433	7548	8857	10393	12196

- Taux de desserte de la population à l'horizon

Les BF et les BP sont les points de dessertes retenus à travers lesquels le système d'AEP pourra desservir les usagers en eau potable. La proportion de la population desservie à l'horizon du projet est de 90% soit respectivement 80% par les BP et 10% par les BF en se basant sur les cibles du PN-AEP projetées par extrapolation linéaire jusqu'en 2050.Les résultats sont répertoriés dans le tableau ci-après :

Tableau 8 : Taux de desserte à l'horizon 2050

Extrapolation des taux de desserte en eau								
Année	2019	2025	2026	2030	2035	2040	2045	2050
BP	9,8%	9 ,8%	10%	56%	62%	68%	74%	80%
BF	22 ,9%	22,9%	46,4%	24%	20 ,5%	17%	13 ,5%	10%
PMH	67 ,3%	67,3%	43,6%	20%	17 ,5%	15%	12 ,5%	10%
AEPS	32,7%	32,7%	56,4%	80%	82 ,5%	85%	87,5%	90%

IV.4.4. Nombre de points de desserte et demande en eau de la population à l'horizon

Pour atteindre les cibles du PN-AEP (horizon 2030) extrapolées à l'horizon du projet (2050) il est ressorti un besoin total de 906 BP et pour ce qui est des BF il est prévu un nombre de 12 afin de disponibiliser l'eau au niveau des quartiers dans le but de permettre aux ménages de s'approvisionner en attendant que chacun ne puisse se raccorder au réseau.

Les demandes domestiques en eau journalières des villages de Horé-Gasongo valent 349,82m^3/j à l'horizon 2050 et quant aux besoins annexes ils sont évalués 24,89 m^3/j regroupant les besoins des lieux publics et autres. **L'annexe 12** recapitule les résultats de l'évaluation des besoins en eau.

IV.4.5. Adéquation entre les Besoins évalués et la ressource en eau

La production par jour des deux forages est estimée à 160 m^3 pour un temps de pompage de 16h pour des besoins moyens journaliers évalués à 273,78m^3/j à l'horizon 2050, ce qui montre un gap de 113,78m^3/j à l'horizon du projet. Il s'avère donc nécessaire de prévoir la réalisation de trois forages de débit minimum de 5m^3 chacun afin de combler les gaps dont un à partir de 2035 et les deux autres à partir de 2040 pour la satisfaction des besoins des usagers jusqu'à l'horizon du projet. L'évolution de la demande de la ressource en eau est consignée en **annexe**

13. Le graphique ci-dessous montre l'évolution des demandes en eau et la capacité de production des deux de forages de démarrage du projet.

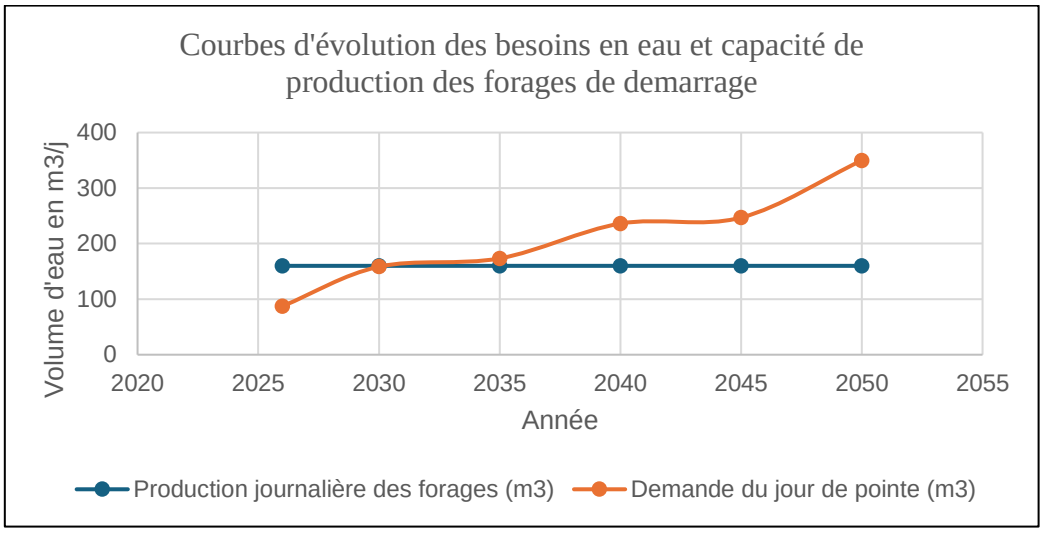


Figure 10 : Evolution des demandes en eau et de la capacité de production de demarrage

IV.5. Conduite de refoulement

❖ Débit de refoulement

La source d'eau retenue pour la réalisation de l'AEP de Horé-Gasongo est l'eau souterraine à travers deux forages de débit d'exploitation 5m ^{3}/h chacun dont l'un existe déjà sur le terrain et l'autre est à réaliser soit un débit d'exploitation total au démarrage de 10m^3/h qui sera utilisé pour le dimensionnement de la conduite de refoulement.

❖ Diamètre de la conduite d'adduction par refoulement

Comme relaté dans la méthodologie, des formules empiriques ont été utilisées pour la détermination des diamètres de la conduite de refoulement en fonction du débit qu'elle est sensée véhiculer. Une conduite d'adduction partira de chacun des deux forages pour assurer l'alimentation du château.

Il ressort qu'il existe trois tronçons de conduite dont le diamètre choisi est celui qui respect les conditions GLS et Flamant tout en garantissant des faibles pertes de charges et des prix d'achat minimum. Les résultats de calculs sont mentionnés en **annexe 14**.

A l'issue du calcul des diamètres et de la vérification des conditions de vitesse, un diamètre commercial DN75 de pression PN16 a été retenu pour les trois tronçons du réseau de refoulement**.**

Les diamètres retenus pour la colonne d'exhaure de chacun des deux forages et pour la colonne montante du château sont mentionnés dans le **tableau ci-dessous** :

Tableau 9 : Diamètre des conduites d'exhaure et montante

Ouvrages	Désignation	Longueur (m)	Q_P (m^3/h)	Dth(mm)	DN (mm)	Dint(mm)
Forage1	Colonne d'exhaure tête de forage	58,25	5	29,73	63	51,4
Forage 2		50	5	29,73	63	51,4
Réservoir d'eau	Colonne montante	19	10	59,47	75	61,4

IV.6. HMT et choix des pompes

IV.6.1. HMT et choix des pompes

La HMT et le débit d'exploitation sont des caractéristiques importantes dans le choix de la pompe immergée [25]. La hauteur manométrique de chaque pompe immergée a été calculée en prenant en compte les pertes de charges calculées à l'aide de la formule de Darcy-Weisback et la hauteur géométrique. Les résultats sont répertoriés en **annexe 15**. On a une HMT de 102 m pour la première pompe et de 94,75 m pour la deuxième pompe en considérant un niveau dynamique de 50 m.

A l'issue du calcul de la HMT de chaque forage et en tenant compte de leur débit d'exploitation la pompe Grundfos SP 5A-33 équipée d'un moteur triphasé MS4000 de puissance nominale 3Kw a été choisie pour le forage 1. Pour ce qui est du forage2, on a retenu la pompe Grundfos SP 5A-25 équipée également d'un moteur triphasé MS402 de puissance nominale 2,2 Kw. Les données caractéristiques des pompes sont énumérées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 10 : Types de pompes Grundfos retenues

Type de pompe	Caractéristique moteur				η_p (%)	Cosφ	Fréquence (Hz)	In (A)	η_m (%)
	Type	PN (Kw)	Tension(V)	Poids (Kg)					
SP 5A-33	MS4000	3	3x400	26	58,1	0,81	50	7,85	75,4
SP 5A-25	MS402	2,2	3x400	19	60	0,82	50	5,9	76

IV.6.2. Point de fonctionnement des pompes

Il correspond au point d'intersection entre les courbes caractéristiques du réseau et de la pompe. Quant au rendement du réseau il correspond à l'intersection des courbes caractéristiques du

réseau et du rendement. Les valeurs utilisées pour produire les courbes caractéristiques de la pompe, du réseau et du rendement des deux pompes sont répertoriées dans **les tableaux 1 et 2** en **annexe 16.**

- Point de fonctionnement de la pompe SP 5A-33

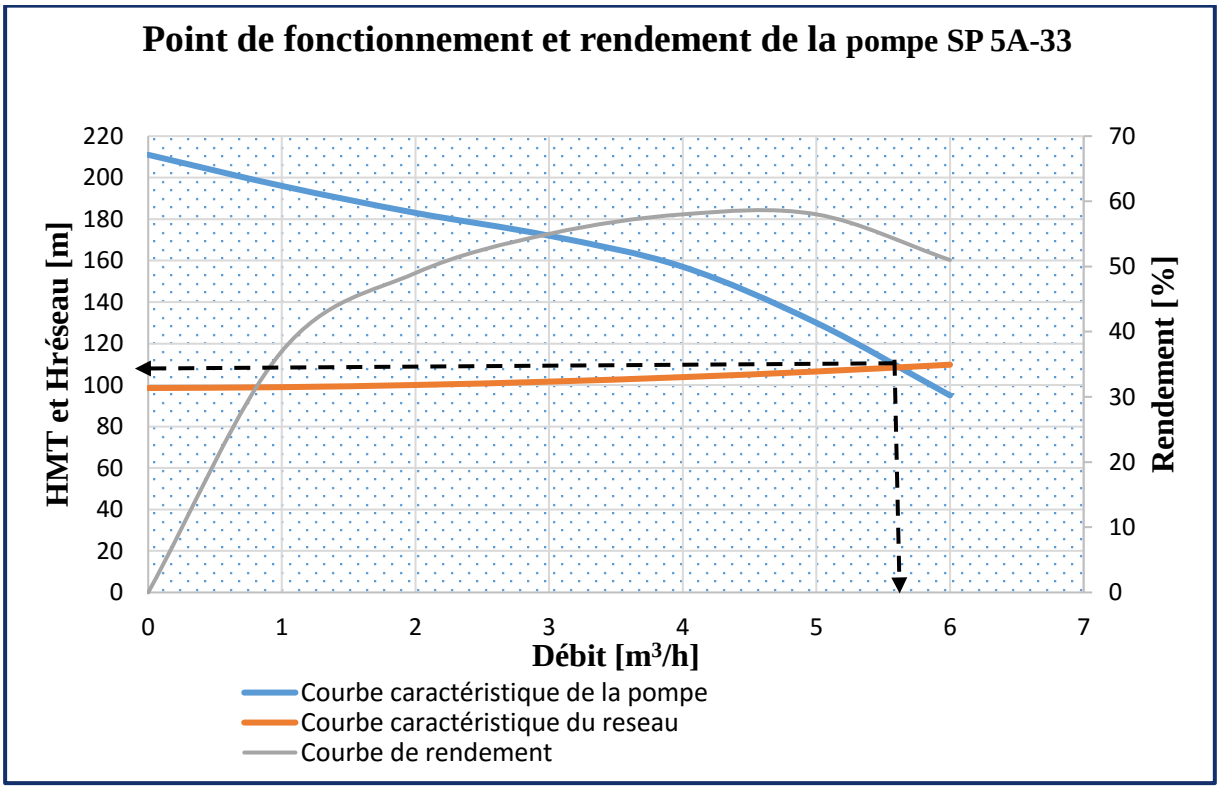


Figure 11 : Point de fonctionnement SP A-33

- Point de fonctionnement de la pompe SP 5A-25

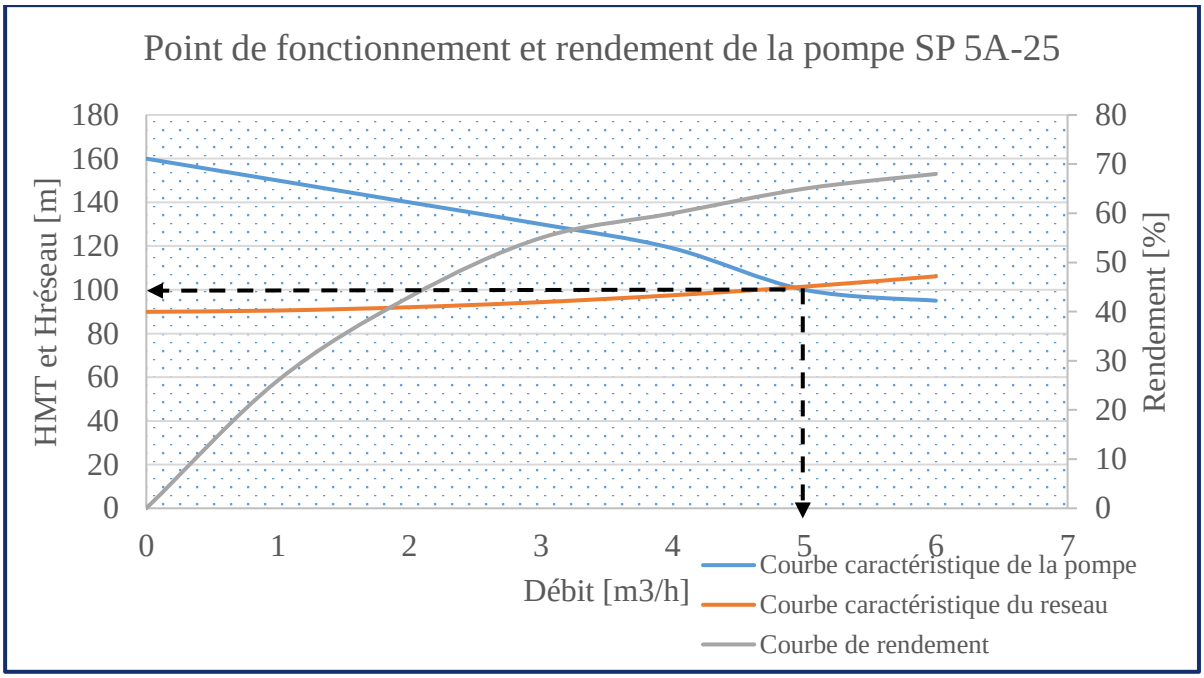


Figure 12 : Point de fonctionnement SP 5A-25

IV.7. Etude et vérification des coups de bélier

Les résultats du dimensionnement montrent un rapport de la pression maximale admissible sur la pression nominale inférieur à 1,2 et une pression minimale supérieure à la pression atmosphérique. Pour cette raison on peut conclure qu'il n'y a pas de risque de coup de bélier préjudiciable aussi bien en surpression qu'en dépression pour la conduite de refoulement. Par conséquent il n'est pas nécessaire de prévoir un dispositif anti-bélier mais par précaution une ventouse à double fonction sera installée à la tête de chaque forage afin de favoriser l'évacuation d'air qui pourrait s'accumuler durant le remplissage et la pressurisation du réseau hydraulique. Les résultats sont mentionnés en **annexe 17**.

IV.8. Source d'énergie

L'alimentation du système de pompage sera faite à partir d'une source hybride constituée d'un champ solaire photovoltaïque pour un temps de fonctionnement de 6 heures par jour et d'une énergie thermique fournie par un groupe électrogène pour un temps de fonctionnement de 10 heures par jour.

IV.8.1. Dimensionnement de la source solaire

Le dimensionnement a permis de déterminer la puissance crête du champ solaire alimentant chaque site ainsi que le nombre de panneau en série et en dérivation. Ainsi la puissance crête du forage 1 est de 6,6 KWc et celle du forage 2 estimée à 5,4 KWc, soit une puissance crête totale de 12 KWc.Les modules solaires choisis sont de type monocristallin Victron 300Wc.

Le dimensionnement des onduleurs à installer pour les deux pompes a donné des puissances apparentes de 7,19 KW pour l'électropompe 1 et 4,28 KW pour l'électropompe 2, ce qui a permis de choisir respectivement deux onduleurs de puissance nominale 7,5 KW et 5,5 KW. **L'annexe 18** met en lumière les différents résultats issus du dimensionnement de la source solaire.

IV.8.2. Dimensionnement du groupe électrogène

La formule de Schiller, Royer, Djiako a été utilisée pour le dimensionnement de la source thermique car la puissance absorbée du moteur est inférieure à 20KW.En se basant sur les résultats obtenus nous avons opté pour des groupes électrogènes de marque Kipor de puissance 17 KVA pour les deux sites de forages et dont les caractéristiques sont mentionnées en **annexe 19**.

IV.9. Dimensionnement du réservoir de stockage

IV.9.1. Détermination de la capacité du réservoir

Pour ce faire la valeur moyenne issue de la méthode forfaitaire et de la méthode graphique a été considérée pour la détermination du volume utile du réservoir d'eau.

- ❖ Méthode forfaitaire

Cette méthode permet de déterminer la capacité du réservoir en considérant 30% de la demande journalière de pointe (349,82 m^3/j), ce qui nous a donné une capacité utile de 105m^3.

- ❖ Méthode analytique

Elle a permis de déterminer le volume utile du réservoir par addition des volumes excédentaires et déficitaires qui pourraient être produit en l'absence d'un réservoir de stockage qui a donné un volume de 144 m^3.

Avec une valeur moyenne de 124,5 m^3 issue de ces deux méthodes, nous avons retenu une capacité utile du réservoir cylindro-conique de 150 m^3. Les résultats de dimensionnement sont consignés en **annexe 20**.

IV.8.2. Traitement de l'eau

Il se fera à partir de deux pompes doseuses identiques dont l'une en service et l'autre en réserve de marque DOSATRON d'un débit d'injection de 4l/h. Les résultats issus des calculs de temps de contact, de séjour ainsi que la masse nécessaire de chlore sont présentés en **annexe 21.**

On a un temps de contact du chlore de 3 heures ce qui est supérieur au temps de contact recommandé de 2 heures et un temps de séjour de 0,43 jour inferieur au temps de séjour maximum de référence de 2 jours afin de garantir la rémanence du chlore. On peut dire que

toutes les conditions sont réunies pour disponibiliser de l'eau conforme aux normes de potabilité.

La dose d'injection du chlore étant de 4l/h nous avons un volume calculé du bac à réactif de 64 litres soit un volume retenu de 80 litres pour prendre en compte la revanche. La masse d'hypochlorite de calcium nécessaire pour le traitement de l'eau est estimée à 117 kg par an.

IV.9. Dimensionnement du réseau de distribution

IV.9.1. Calcul des débits de distribution

C'est le débit de pointe horaire qui est utilisé pour dimensionner notre réseau de distribution dans le but de garantir la desserte en eau à toute période et à tout moment de l'année. On se retrouve avec un débit de distribution à l'horizon du projet de 50,02 m^3/h soit 13,89 l/s comprenant un débit de distribution au moyen des BF évalué à 4,5l/s et celui au moyen des BF estimé à 9,39l/s. Les principaux résultats sont mentionnés en **annexe 22.**

IV.9.2. Résultats du dimensionnement

Le réseau de distribution totalise une longueur de 8914 m(8,914km) pour desservir 12 bornes fontaines et 906 branchements particuliers à l'horizon 2050.Le débit fictif a été utilisé pour le dimensionnement du réseau. Pour ce faire le débit de pointe horaire des BP (9,39l/s) reparti sur la longueur du réseau distributif (8914m) a permis d'avoir le débit linéique qui a été estimé à 0,00105 l/ml. Par la suite le débit de mise en route de chaque tronçon a été calculé en se servant du débit fictif et la longueur dudit tronçon. Il faut noter que les débits ponctuels considérés pour le calcul des débits aval sont les débits des BF soit 0,45l/s/ml

Pour ce qui est de la partie maillée du réseau, la répartition initiale des débits s'est opérée en se basant sur la loi des nœuds, puis les débits ont été corrigés par des itérations successives jusqu'à la vérification de la loi des mailles[26]. Les informations des itérations sont mentionnées dans **le tableau 1 en annexe 23.**

Les débits fictifs ont permis la détermination des diamètres théoriques et par la suite le choix des diamètres commerciaux disponibles sur le marché. Ensuite les calculs des pertes de charges, des pressions aux nœuds ainsi que des vitesses d'écoulement ont été faits en utilisant les diamètres intérieurs des diamètres commerciaux retenus pour chaque tronçon. **Le tableau 2** en **annexe 23** met en exergue les résultats issus du dimensionnement du réseau distributif.

Selon le tableau les diamètres nominaux en PEHD-PN10 retenus pour le réseau varient entre 63 mm et 180 mm avec une vitesse minimale de 0,17 m/s et une vitesse maximale de 0,57 m/s. Nous constatons que les vitesses faibles se manifestent au niveau des tronçons transitant de faibles débits et ce qui risquent de provoquer des dépôts dans ces conduites. Pour y remédier

nous suggérons de faire des travaux de maintenance de façon fréquente au niveau de ces tronçons.

On a une pression minimale de service de 10 mCe et une pression maximale de service de 31,31 mCe qui sont considérées comme des pressions conformes car respectant la plage de pression définie. La valeur maximale de la cote minimale imposée au réservoir est de 319,18 m or la cote TN du réservoir est à 307,15 m ce qui nous donne une hauteur sous-radier de 12 m. La synthèse des types de diamètres et leurs longueurs est mentionnée dans **le tableau 11**.

Tableau 11 : Synthèse des diamètres et leurs longueurs du réseau de distribution

Désignation	**Réseau d'adduction**		**Réseau de distribution**					
Nature de conduite	PEHD-PN16		PEHD-PN10					
Diamètre commercial (mm)	63	75	63	75	90	110	125	180
Longueur (m)	118,25	1831	4131	759	1541	590	400	1729
Longueur totale (m)	**1949,25**		**9150**					

IV.10. Géométrie des tranchées

Les valeurs calculées des dimensions des fouilles en fonction des différents diamètres nominaux des conduites ont guidé le choix de la profondeur de pose de 1 m et de la largeur 0,6 m pour l'ensemble du réseau constitué de l'adduction et de la distribution Les résultats sont mentionnés dans le tableau ci-après :

Tableau 12 : Profondeur et largeur des tranchées pour la pose

Dimensions des tranchées		**Diamètres commerciaux**					
		180	125	110	90	75	63
Valeurs calculées	Profondeurs en m	0,98	0,925	0,91	0,89	0,875	0,863
	Largeurs en m	0,58	0,525	0,51	0,49	0,475	0,463
Valeurs choisies	Profondeurs en m	**1**					
	Largeurs en m	**0,6**					

IV.11. Détermination du volume de butée à mettre en place

Afin de garantir la stabilité des tés et des coudes à poser, on a fait un dimensionnement des butées qui nous a donné un volume de béton total d'environ 13 m^3 à disponibiliser pour cette opération. Les résultats de calculs sont disponibles en **annexe 24.**

IV.12. Simulation faite sur Epanet

IV.12.1. Résultats de la simulation

Pour s'assurer d'un fonctionnement adéquat de notre réseau de distribution et de la fiabilité des résultats obtenus sur Excel afin de garantir une desserte permanente en eau, nous avons eu

recours au logiciel Epanet pour simuler le comportement hydraulique du réseau. Il en est ressorti de la simulation une pression maximale de 34,55 mCe et une pression minimale de 13,78 mCe.Qaunt à la vitesse nous avons une vitesse maximale de 0,73 m/s et une vitesse minimale de 0,18 m/s Les résultats de la simulation sont présentés dans l**a figure** ci-dessous :

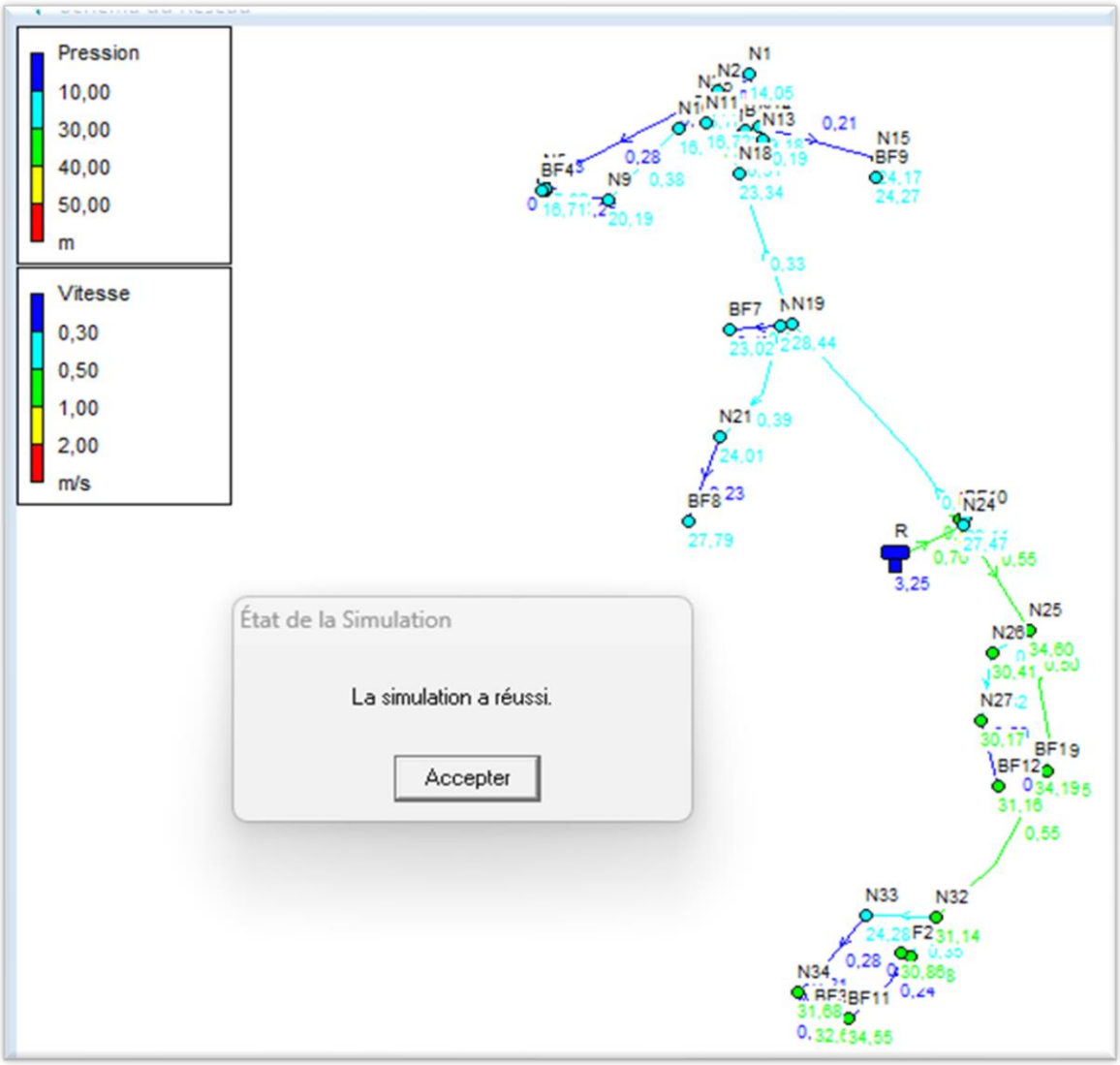


Figure 13 : Vitesses et pressions simulées

IV.1.2. Analyse comparative des vitesses calculées et simulées, des pressions calculées et simulées

A l'issue de la simulation les valeurs obtenues des vitesses au niveau des tronçons et des pressions aux différents nœuds ainsi que les vitesses et pressions calculées ont été représentées sur des graphiques pour une analyse comparative. Les résultats sont mentionnés dans les différentes figures ci-dessous :

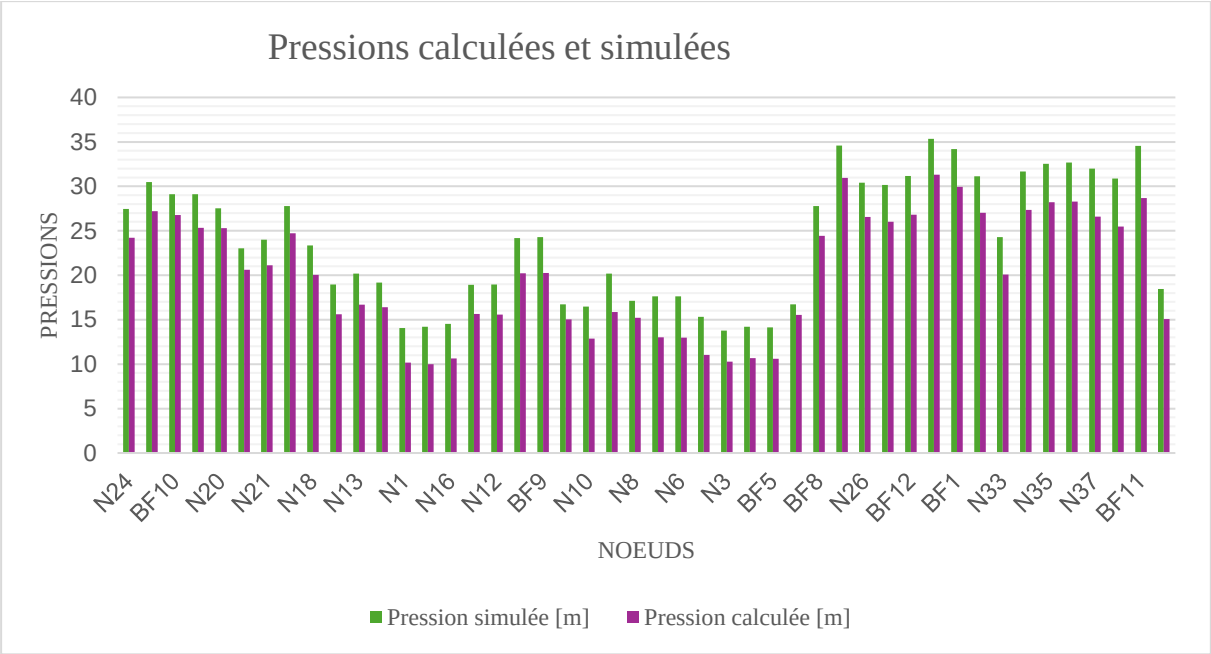


Figure 14 : Graphique des pressions simulées et calculées

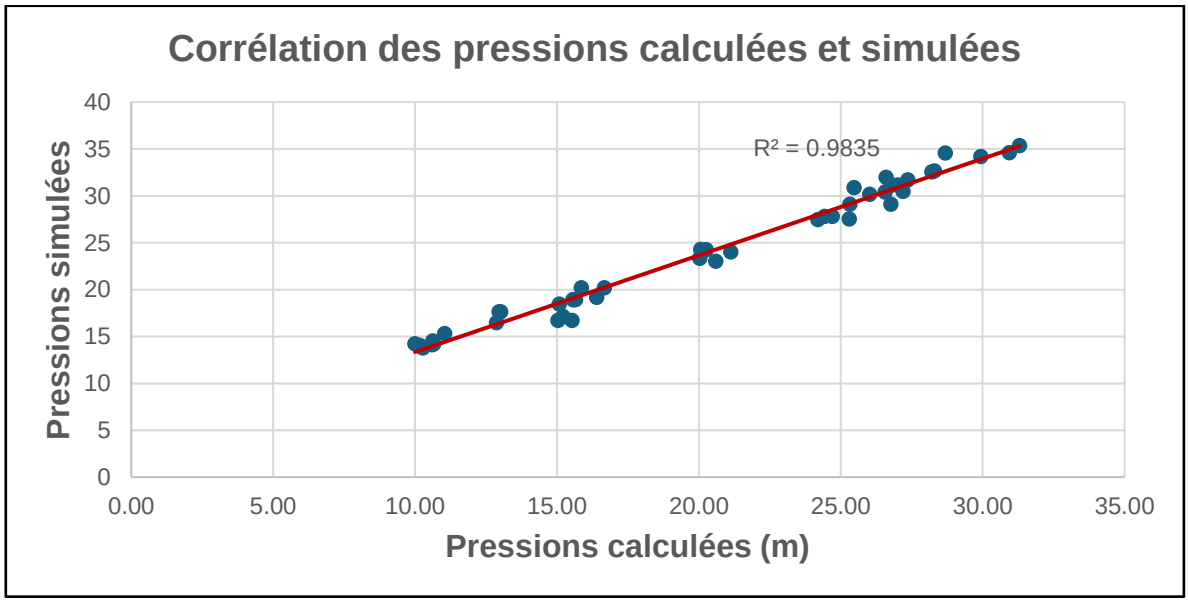


Figure 15 : Correlation entre les pressions calculées et simulées

Nous remarquons que le coefficient de corrélation entre les pressions simulées et calculées est très proche de 1 ce qui nous amène à dire que les deux valeurs sont caractérisées par une forte relation et sont sensiblement égales.

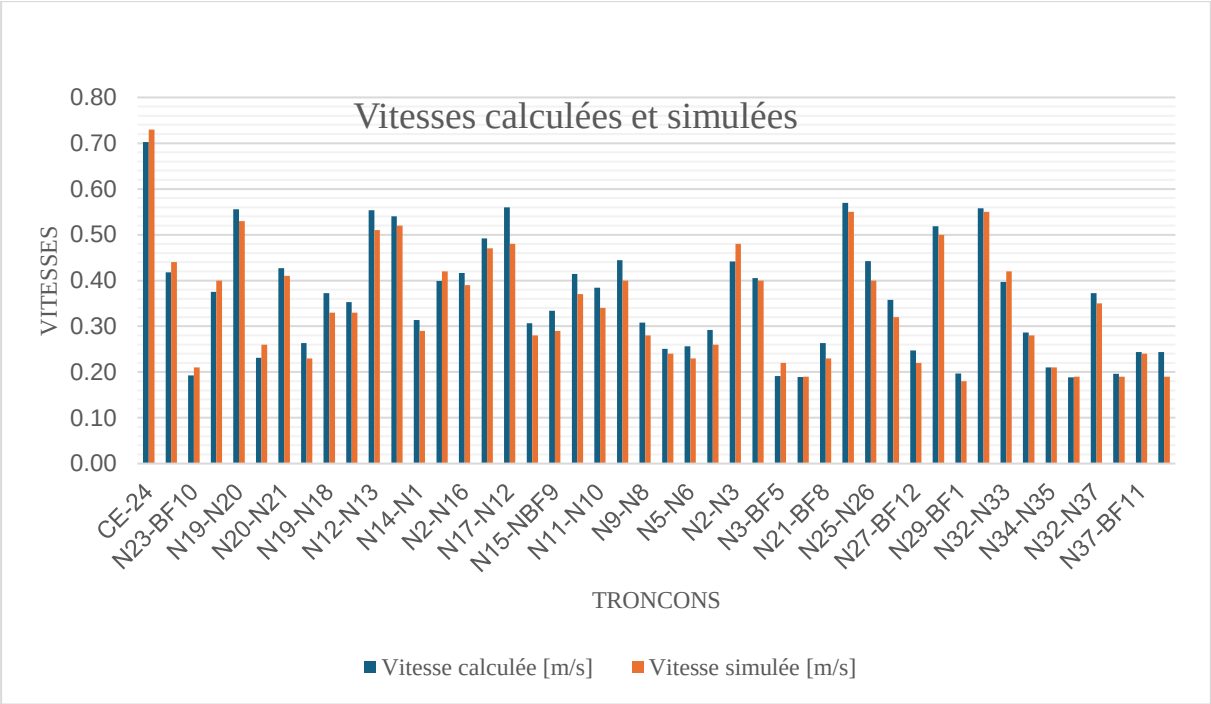


Figure 16 : Graphique des vitesses calculées et simulées

Nous constatons sur la base de l'histogramme que l'écart entre les valeurs calculées et simulées est très faible, par conséquent on peut dire que ces valeurs sont sensiblement proches et nous validons les diamètres de conduites choisis.

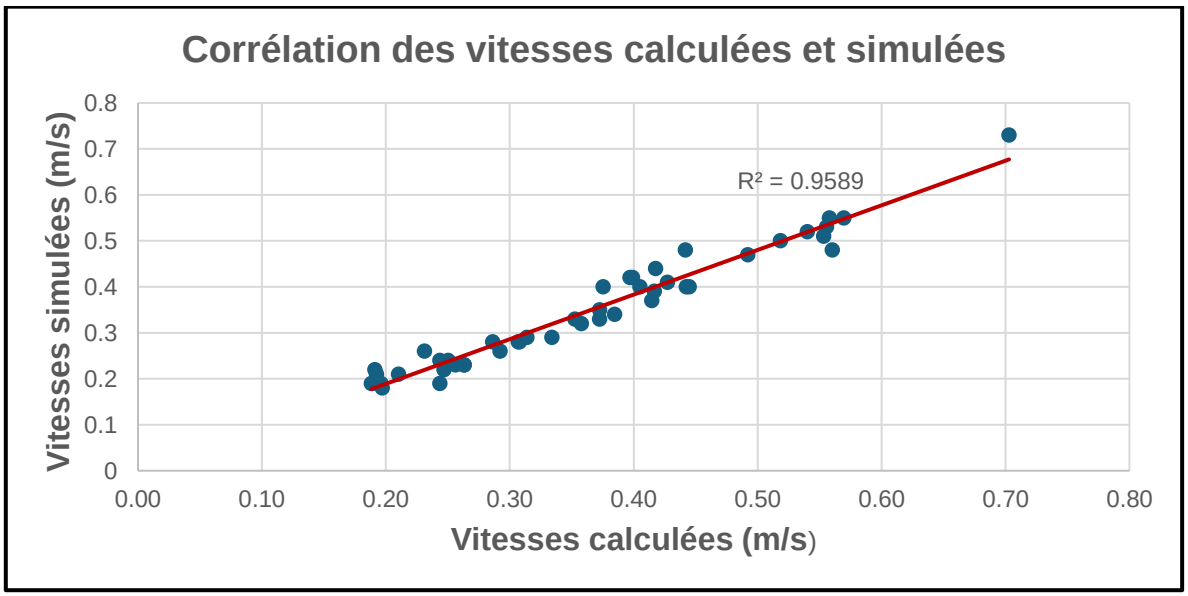


Figure 17 : Correlation entre les vitesses calculées et simulées

Nous constatons que le coefficient de corrélation entre les vitesses calculées et simulées est sensiblement proche de 1, donc nous pouvons dire que les diamètres nominaux choisis sont conformes et permettront de garantir un bon fonctionnement du réseau.

V. ETUDE FINANCIERE

Elle peut être comprise comme un processus qui permet d'analyser et de mesurer la viabilité, la rentabilité ainsi que la portée du projet sur le plan économique et financier. Elle a pour objectif de faire une évaluation de la rentabilité des flux investis au sein du projet, de même que l'équilibre financier des structures publiques ou privées responsables de la gestion du système[27].

V.1. Evaluation du coût du projet

La réalisation du projet devant se faire en plusieurs étapes, l'évaluation financière a été faite en analysant plusieurs rubriques et leur synthèse est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 13 : Coût total du projet TTC

N°	Désignation	Coût total FCFA
I	Travaux préparatoires-Frais généraux	7 000 000
II	Electropompes immergées et accessoires de raccordement	17 562 250
III	Réseau d'adduction	14 926 125
IV	Réseau de distribution	235 646 550
V	Château d'eau	62 500 000
VI	Génie civil et système d'éclairage	52 400 000
VII	Traitement	5 250 000
VIII	Energie	23 000 000
IX	Formation des bénéficiaires	3 000 000
	Sous-total HTVA	**421 284 925**
	Suivi et contrôle des travaux (5%)	21 064 246
	Total général HTVA	**442 349 171**
	TVA (18%)	79 622 851
	TOTAL TTC	**521 972 022**
	Imprévu 2%	10 439 440
	TOTAL GENERAL TTC	**532 411 463**

L'analyse du tableau monte une enveloppe totale du projet avec toutes taxes comprises estimée **à cinq cent trente-deux millions quatre cent onze mille quatre cent soixante-trois franc CFA (532 411 463 FCFA TTC). L'annexe 25** présente les différents éléments du devis estimatif.

V.2. Calcul des amortissements et charges d'exploitation

Ils permettent la détermination du montant à mettre de côté pour pouvoir renouveler les équipements amortis et la prise en compte permanente des charges de fonctionnement ainsi que les salaires du personnel. **L'annexe 26** montre les résultats obtenus à l'issu des calculs des dotations aux amortissement ainsi que les charges d'exploitations.

Les équipements concernés sont entre autres les pompes, les bornes fontaines, les onduleurs, les groupes électrogènes et les accessoires. Tous ces équipements ont une durée de vie inferieur

à 15 ans. Ce qui a donné un coût global des amortissements des équipements à l'horizon de notre projet évalué à **cent vingt-trois million huit cent onze mille deux cent cinquante (123 811 250) franc FCFA**. Quant aux charges d'exploitation, elles s'élèvent **à huit cent cinquante-six millions six cent quinze mille neuf cent trente-huit (856 615 938) franc CFA** comprenant un montant de **six cent treize million six cent quinze mille neuf trente-huit (613 615 938) pour les charges de fonctionnement et un montant de deux cent quarante-trois million (243 000 000) franc CFA** pour la prise en charge du personnel**.**

V.3. Prix de revient et de vente du mètre cube d'eau

La détermination du prix de revient a été possible en faisant le rapport du montant total des charges d'exploitations et des dotations aux amortissements sur la quantité d'eau facturée aux usagers. **Le tableau** ci-dessous présente les résultats issus des calculs du prix de revient et de vente théorique de l'eau

Tableau 14 : Calcul des prix de revient et de vente théorique

Désignation	Unité	Total sur 25 ans
Dotations aux amortissement	F CFA	123 811 250
Charges d'exploitation	F CFA	856 615 938
Volume d'eau produit	m^3	3 192 097
Volume d'eau facturée (85%)	m^3	2 713 283
Prix de revient du m^3 d'eau	F CFA	**361**
Prix de vente théorique du mètre cube d'eau (20%)	F CFA	**434**

Selon les données du tableau nous avons un prix de revient du mètre cube d'eau évalué à trois cent soixante un (361) franc CFA et un prix de vente théorique de quatre cent trente-quatre (434) FCFA en prenant en compte une marge bénéficiaire de 20%. En se basant sur la fourchette de tarification d'eau au Burkina-Faso qui varie de 300 à 500 franc CFA au mètre cube, nous proposons un prix supportable de 434 franc CFA/m^3.Soit des prix de 10 FCFA pour les récipients de 20 litres et 100 FCFA pour les futs de 200 litres au niveau des bornes fontaines.

VI. SYSTEME DE GESTION POUR LE SMV DE HORE-GASONGO

VI.1. Organisation institutionnelle pour la gestion du service public de l'eau

Dans le domaine de l'approvisionnement en eau potable la gestion des ouvrages réalisés reste un défi majeur afin de pouvoir assurer leur pérennité pour le bonheur des usagers. L'état Burkinabè pour garantir une gestion holistique du secteur de l'eau a entrepris depuis un certain

nombre d'année à l'élaboration et à la mise en œuvre de texte règlementaire pour encadrer le secteur[28]. Ces textes sont entre autres :

- La loi décret n°2009-107/PRES/PM/MATD/MAHRH/MEF/MFPRE portant transfert de compétences et des ressources de l'Etat aux communes dans le domaine de l'approvisionnement en eau potable et de l'assainissement,
- Le décret n°2000-514/PRES/PM/MEE du 3 novembre portant adoption d'un document cadre de la réforme du système de gestion des infrastructures hydrauliques d'approvisionnement en eau potable en milieu rural et semi-urbain,
- La loi n°002-2001/AN du 08 février 2001 portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau.

Au Burkina-Faso la gestion du service publique de l'eau potable est assurée en milieu rural par le ministère en charge de l'eau en partenariat avec le ministère en charge de la décentralisation en tant que tutelle administrative des collectivités territoriales et le ministère en charge des finances en tant que tutelle financière.

VI.2. Système de gestion recommandée pour l'AEP Muli-Villages de Horé-Gasongo

Il existe plusieurs modes de gestion des AEPS allant de la régie à l'affermage dont chacun présente des avantages et des inconvénients. Le mode de gestion par affermage est le mode de gestion préconisé pour la gestion des systèmes d'AEPS par le ministère en charge de l'eau et par conséquent le système d'AEP multi-villages de Horé-Gasongo sera géré à travers ce système car il offre une garantie de sécurité des ouvrages et une desserte permanente en eau des usagers étant donné que le fermier dispose d'un personnel qualifié et de la technicité nécessaire pour assurer une meilleure gestion de l'ouvrage. Ce système de gestion permet à un fermier de pouvoir disposer d'un parc important d'ouvrages ce qui permettrait de compenser les pertes des AEPS qui sont des zones non rentables et d'après les ateliers bilan de gestion des AEPS organisés par le ministère en charge de l'eau il en est ressorti qu'il faut au minimum un parc de vingt (20) AEPS par fermier pour que la gestion soit rentable. Les avantages et les inconvénients des différents modes de gestion sont présentés en **annexe 27.**

VII. EVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE

Avant la réalisation de tout projet de développement il s'avère nécessaire de procéder à une évaluation environnementale et sociale afin d'identifier et d'évaluer les impacts du projet sur la nature et les hommes. Cela permet de connaitre les impacts positifs et négatif afin d'élaborer

un PGES pour atténuer ou compenser les impacts négatifs qui pourraient en résulter de la mise en œuvre du projet[29].

VII.1. Cadre législatif du projet d'AEP-ML

Selon les prescriptions techniques du décret <<N°2015-1187/PRES-TRANS/PM/MERH/ MATD/MM/MS/MARHASA/MRA/MICA/MHU/MIDT/MCT du 22 octobre 2015 portant conditions et procédures de réalisation et de validation de l'évaluation environnementale stratégique, de l'étude et de la notice d'impact environnemental et social>> les projets d'AEP à exécuter dans un centre qualifié de semi-urbain sont répertoriés en catégorie B, qui font l'objet d'une notice d'impact environnemental et social (NIES).L'objectif global de cette Notice est de faire une étude sommaire à caractère analytique et prospectif afin d'identifier et d'évaluer les incidences sur l'environnement ainsi que les mesures de mitigations.

VII.2. Composantes et phase du projet

La mise en œuvre du projet de construction du système d'AEP dans les villages de Horé et de Gasongo de la commune rurale de Tikaré comprend essentiellement quatre composantes : l'eau potable, la source d'énergie, l'assainissement et le génie civil. Les travaux réalisables dans le cadre de ce projet sont organisés en plusieurs phases au nombre de trois que sont : phase de préparation du site et installation de chantier, phase de construction et enfin la phase de mise en service d'exploitation.

VII.3. Identification et évaluation des impacts

La réalisation d'un système d'AEP passe nécessairement par des activités topographiques, de génie civil, d'implantation et d'installation de bâtiment, de transport de matériau ainsi que l'équipement et l'exploitation du système. Ces travaux impactent donc positivement ou négativement sur le milieu environnemental et social. L'identification des impacts à l'aide de la matrice de Léopold consiste à énumérer les effets négatifs et positifs du projet sur le milieu physique, humain et biologique.

L'évaluation des impacts grâce à la matrice de FECTEAU mesure l'ampleur et la portée des impacts répertoriés. L'ampleur de l'impact peut être mineure, moyenne ou majeure et tient compte des critères d'intensité, d'étendue et de durée de l'impact.

Les principaux impacts positifs du projet sont :

- Amélioration du taux d'accès à l'eau potable et à l'assainissement contribuant aussi à l'amélioration des conditions de vie et la santé des populations (réduction des corvées d'eau, des maladies d'origine hydrique…) ;

- Création d'emplois par le recrutement de la main d'œuvre locale par les entreprises qui vont réaliser les travaux ;
- Création et développement d'activités génératrices de revenus pour les femmes ;
- Amélioration des conditions de travail dans les écoles et les espaces publics tels que les centres de santé, les gares, les marchés.

Les impacts négatifs du projet sur le plan social sont :

- Pertes de terre à cause de la réalisation de certains ouvrages ;
- Risques de prolifération de maladies telles que les IST/SIDA ;
- Déplacement temporaire ou définitif des population impactées ;
- Possibilité d'enregistrer des cas d'accidents et de blessures impliquant le personnel de l'entreprise ou les populations des villages bénéficiaires ;
- Risque de perturbation du flux routier.

Les impacts que pourraient engendrer le projet sur le plan environnemental sont négatifs et énumérer ci-après :

- Destruction ou modification des habitats de la faune et de la microfaune ;
- Pollution de l'environnement par la production de déchets de chantier (tôle, fer, gravats…) et de déchets spéciaux (huile de vidange, de maintenance des installations…) ;
- Reduction de la capacité de stockage du carbone dû à la réduction du couvert végétal dans l'emprise des travaux ;
- Déstabilisation de la structure du sol et érosion des terres ;
- Dégradation de la qualité de l'air (poussière, fumée) et nuisance sonore dû à la circulation des engins.

VII.4. Mesures d'atténuation ou compensatrices

Pour l'atténuation ou l'élimination des impacts négatifs engendrés par la réalisation du projet, il est essentiel d'élaborer et de mettre en œuvre des mesures de mitigations adaptées aux dits impacts. Pour ce faire, les mesures ci-après sont proposés :

- Former les bénéficiaires sur le suivi communautaire des ouvrages ;
- Atténuer la poussière par l'arrosage régulier des pistes d'accès et des emprises de circulation des engins ;

- Réduire les émissions de gaz à effet de serre par la maintenance préventive et curative des engins ;
- Dotation à tout le personnel de chantier d'équipement de protection individuelle et prendre des mesures pour rendre son port obligatoire ;
- Protéger les fouilles par les rubans avertisseurs de travaux ;
- Installer des panneaux de signalisation de panneaux et de limitation de vitesse afin de réduire les accidents surtout dans les zones dites dangereuses ;
- Elaborer et mettre en œuvre des plans de déviation de la circulation pour rendre fluide la mobilité des riverains au cours des travaux ;
- Animer des séances de sensibilisation sur les IST et le VIH/SIDA mais aussi sur les grossesses non désirées ;
- Inciter au recrutement de la main d'œuvre au niveau local surtout pour les postes non qualifiés afin de favoriser une meilleure intégration du projet.
- Disponibiliser des poubelles pour la gestion des déchets produits au niveau de la base vie de l'entreprise ;
- Faire un nettoyage complet du chantier avant la remise des ouvrages ;
- Réaliser des séances de reboisement dans le but de compenser la végétation détruite dû aux travaux.

VII.5. Plan de gestion environnementale et social

Il est un document d'application du processus d'évaluation environnementale avec pour objectif de s'assurer de la mise en œuvre des mesures de mitigations contenues dans la NIES et qu'elles produisent de bons résultats. Le PGES évalue la conformité aux politiques, aux normes environnementales et humaines selon la règlementation au plan national ; de même qu'aux sauvegardes environnementales et sociales de la BAD. Il s'articule autour de ces deux composantes : la surveillance environnementale et le suivi environnemental

VII.5.1. Surveillance environnementale

Elle est une étape essentielle dans la mesure qu'elle permet de faire une vérification de l'exactitude des impacts prédits aussi que les mesures de prévention, de mitigations permettent la réalisation des objectifs et d'atteindre les résultats escomptés. Le résumé de la surveillance environnementale est répertorié en **annexe 28.**

VII.5.2. Suivi environnemental

Il est un processus de longue haleine qui se déroule au cours des phases de réalisation du projet et qui permet de faire l'évaluation de l'efficacité des mesures de mitigation à promouvoir. Pour ce faire il faut analyser régulièrement les composantes environnementales clés en faisant l'évaluation des effets immédiats du projet afin de s'assurer de la pertinence des mesures prises ou dans la limite du possible procéder à des réajustements. La synthèse des activités du monitoring environnemental est mise en exergue en **annexe 29.**

CONCLUSION

Les études faites dans le cadre du projet de réalisation du système d'approvisionnement en eau potable simplifiées multi-villages de Horé-Gasongo ont offert l'occasion de survoler les différents contours d'un tel projet. A l'issue des études, des infrastructures conformes aux normes techniques en la matière et respectant les règles de l'art ont pu être proposées.

Ainsi, nous pouvons dire que sur le plan socio-économique la réalisation du Système Multi-Villages (SMV) répondra aux besoins en eau potable des usagers de ces deux villages à l'horizon 2050.Cela permettrait de réduire le temps d'attente aux points de distribution et la distance à parcourir pour s'approvisionner en favorisant le développement d'activité génératrice de revenus.

Du point de vue technique, l'évaluation des besoins en eau donne une demande estimée à 349,82m^3/j qui desservira 12196 habitants à l'horizon 2050.Afin de satisfaire cette demande on aura besoins de deux forges de débit total de 10 m^3/h au démarrage du projet et la mobilisation de trois forages d'un débit de 5 m^3/h chacun dont un à partir de 2035 et les deux autres à partir de 2040.L'acheminement de l'eau vers le réservoir de stockage d'un volume utile de 150 m^3 d'une hauteur sous-radier de 12 m sera fait par refoulement à l'aide de deux pompes immergées (SP 5A-33 et SP 5A-25) à travers des conduites en PEHD DN75 (PN16).Du réservoir l'eau est distribuée par gravité sur environ 9 kilomètres à travers des conduites en PEHD-PN10 allant de DN63 à DN180 pour l'alimentation de 12 bornes fontaines et 906 branchements particuliers. Afin d'assurer un pompage permanent une source solaire composée de deux systèmes photovoltaïques d'une puissance crête totale de 12 Kwc pour un temps de fonctionnement de 6 heures par jour et une source thermique comprenant deux groupes électrogènes de 17 KVA chacun fonctionnera pendant 10 heures par jour seront alternées.

Le coût global des investissements toutes taxes comprises est évalué à **cinq cent trente-deux million quatre cent onze mille quatre cent soixante-trois (532 411 463) franc CFA.** Le prix de vente de l'eau retenu est de 434 FCFA/m^3 afin de prendre en compte les charges

d'exploitation et le renouvellement des équipements dont la durée de vie est inférieure ou égale à 15 ans. Le système d'AEP sera géré par un fermier à travers un contrat d'affermage.
Sur le plan environnemental la réalisation de ce projet impactera positivement et négativement. Afin de faire face aux impacts négatifs, des mesures d'atténuations ou de bonification et un plan de Gestion Environnemental et Social ont été proposés.

RECOMMANDATIONS

Au terme de cette étude des recommandations sont formulées dans le but de garantir la réussite et la pérennité du système d'AEP :

A l'endroit du maitre d'ouvrage :

- Créer un cadre de rencontre réunissant toutes les parties prenantes et assurer son animation ;
- S'acquérir de tous les documents nécessaires à la sécurisation foncière des investissements pour éviter tout désagrément ;
- Choisir l'affermage comme mode de gestion de l'AEP tout en sélectionnant un fermier ayant déjà à la charge la gestion de systèmes similaires et capitalisant un certain nombre d'années d'expérience ;
- Tenir compte des forages supplémentaires à ajouter dans la vie de l'ouvrage ;
- Recruter des entreprises compétentes pour la réalisation du projet.

A l'endroit du maitre d'œuvre et de l'entreprise chargée des travaux :

- Assurer un contrôle selon les règles de l'art sur la qualité des ouvrages et des équipements à mettre en place ;
- S'assurer de la mise en place des mesures d'atténuations ou de bonification prises en compte dans le PGES ;
- Prendre en compte les mécanismes endogènes de résolution des litiges en cas de conflit ;
- Livrer des ouvrages conformes aux prescriptions du dossier d'appel d'offre ;
- Utiliser la main d'œuvre locale pour les travaux dont l'expertise existe au niveau local afin de permettre une meilleure intégration du projet.

A l'endroit du fermier chargé de la gestion du système :

- Former les fontainiers et le chef de réseau sur la gestion des systèmes d'eau ;
- Veuillez aux respects des différents termes du contrat d'affermage ;

❖ Faire un suivi-évaluation de la gestion du système et transmettre les rapports au maître d'ouvrage ;

❖ Faire des analyses sur la qualité de l'eau conformément aux dispositions en la matière ;

❖ Veuillez au respect des règles d'hygiène autour des points de distribution et de la gestion rationnelle de l'eau en animant des séances de sensibilisation au profit des usagers.

BIBLIOGRAPHIE

[1] J. Margat, « Répartition des ressources et des utilisations d'eau dans le monde : disparités présentes et futures », 1998.

[2] Pr A. N. SAVADOGO, « Cours d'hydrogéologie ». 2012.

[3] Dr KOUSSOUBBE, Dr Kirsty Upon, et Dr Imogen Bellwood-Howard, « Hydrogéologie du BURKINA-FASO », 2024.

[4] DGEP/MEEA, « Inventaire National des Ouvrages », 2023.

[5] DGEP/MEA, « Décret portant définition des normes, des critères et indicateurs d'accès aux services d'eau potable au Burkina-Faso ». 2019.

[6] DGEP/MEEA, « Organigramme de la Direction Générale de l'Eau Potable ». 2023.

[7] INSD, « Recensement Général de la Population et de l'Habitation ». 2019.

[8] UNICEF, « Rapport JMP ». 2023.

[9] INSD, « Recensement Général de la Population et de l'Habitation ». 2006.

[10] DGEP/MEEA, « Projet d'Appui aux Services d'Eau Potable et d'Assainissement (PASEPA-2R) ». 2023.

[11] Dr YOUANG TA, « Base de télédétection et Système d'Information Géographique ». 2024.

[12] Delay et al, « Application de la télédétection en zone du socle cristallin », 1992.

[13] Chandra et al, « Validation de linéaments », 2006.

[14] YAO, O. Fouché, et MSY OGA, « Extraction de linéaments structuraux à partir d'images satellitaires, et estimation des biais induits en milieu de socle précambrien métamorphisé », 2012.

[15] Marc Mangolini, « Apport de la fusion d'images satellitaires multi-capteurs au niveau pixel en télédétection et photo-interprétation », 1994.

[16] DGEP/MEA, « Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable ». 2016.

[17] DGEP/MEEA, « Consommation spécifique révisée ». 2023.

[18] P. C. SOME, « Etude de Faisabilité Technique et Financière d'un Système d'Approvisionnement en Eau Potable Simplifiée (AEPS) à Solgpelsé dans la commune de Thyou, Région du Centre-Ouest au Burkina-Faso », 2023.

[19] M. A. OLAKUNDE, « Etudes de faisabilité technique d'un système d'approvisionnement en eau potable multi-localités : cas de Sapala-Kera-Issapougo-Tiema », 2025.

[20] J. ROYER, T. DJIAKO, E. Schiller, et B. S .SY, « Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens. Institut de l'Énergie des Pays ayant en commun l'usage du Français ». 1998.

[21] C. MEMTI, « Etude de Faisabilité Technique d'un Système d'Alimentation en Eau Potable Multi-Villages : cas de Yargo, Zanrin et Balgo dans la commune de Yargo, Province du Kouritenga, Région du Centre-EST (Burkina-Faso) », 2024.

[22] M. TIO, « Etude de faisabilité d'un système d'alimentation en eau potable dans la localité de Koré de la commune de Dédougou ». 2025.

[23] Dr FAYE, « Cours Ingénierie des eaux réseaux d'eau potable : Adduction-Réservoirs-Réseau de distribution ». 2021.

[24] O. GARBA, « Apport de la télédétection à l'étude de la fracturation. Exemple : Les Monts de Tlemcen (5.5). », 2012.

[25] Dr MOUNIROU, « Essentiel de pompes et station de pompage ». 2018.

[26] Dr BIAOU, « Polycopié du cours modélisation des réseaux hydrauliques ». 2024.

[27] DGEP/MEA, « Décret portant réduction du tarif de l'eau potable en milieu rural au Burkina-Faso ». 2019.

[28] MEEA, « Document cadre de gestion du service public de l'eau en milieu rural et semi-urbain ». 2006.

[29] ANEVE/MECV, « Décret portant adoption de la Politique Nationale en matière d'Environnement ». 2007.

SITES INTERNET

Images satellitaires. (2025, Mars). Récupérées sur https://earthexplorer.usgs.gov/ , le 10 Février 2025

INO. (2023). Récupéré sur https://www.eauburkina.com/ , le 15 Février 2025

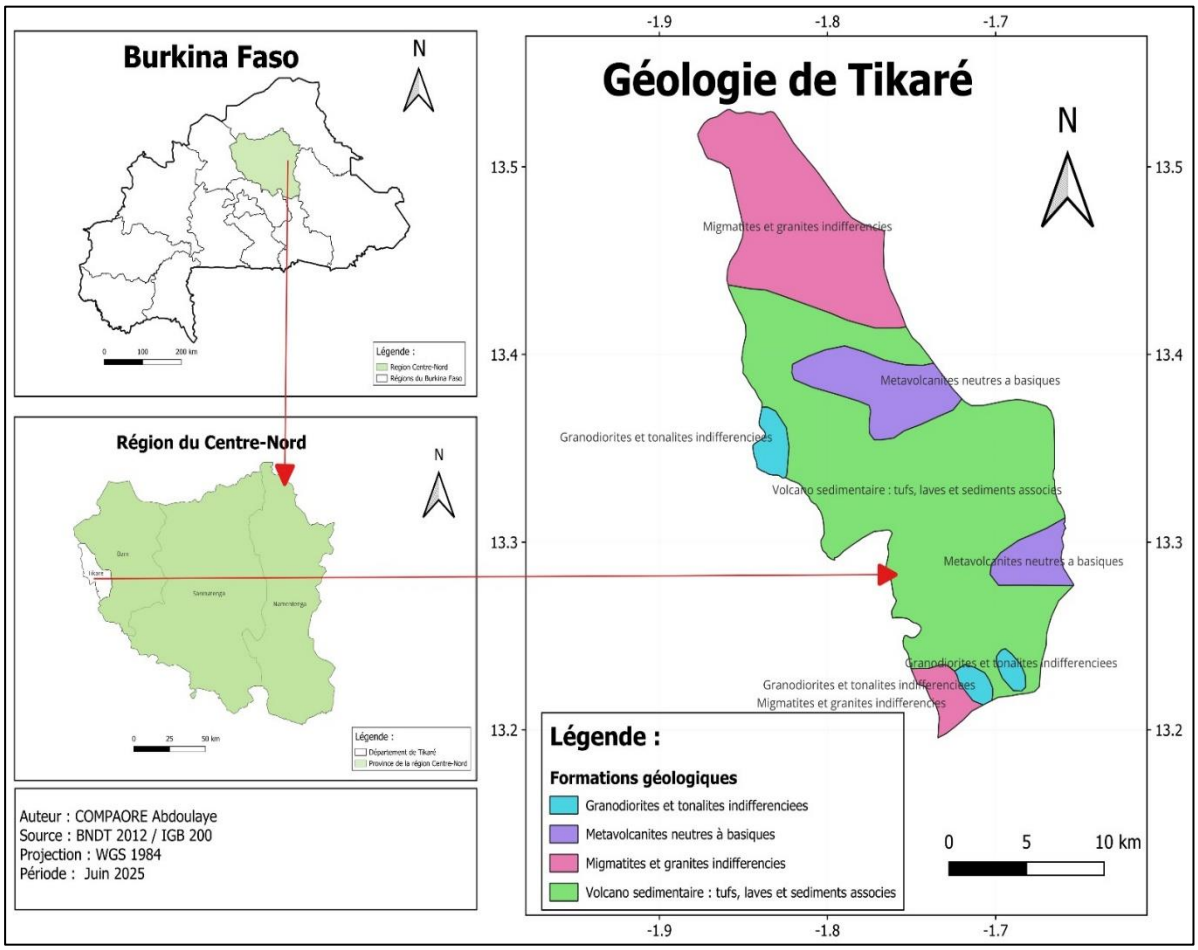
Grundfos. (2025, Mai). Grundfos Product Center/Dimensionnement et sélection Des produits Grundfos. Récupérée sur https://product-selection-grundfos.com/fr.,le15 Mai 2025

Rapport/JMP. (2023). Récupéré sur https://wasdata.org ; le 17 Mai 2025

ANNEXE

Annexe 1: Carte geologique de la commune de tikare.....IV
Annexe 2: Formules empiriques de calculs des diametres..... V
Annexe 3 : Récapitulatif des forages de gasongo et de hore.....VI
Annexe 4 : Fiches des essais de pompage.....VII
Annexe 5 : Fiches d'analyse microbiologique et physico-chimique XIII
Annexe 6 : Application des filtres directionnels XV
Annexe 7: Tracé des lineaments.....XVI
Annexe 8 : Extraction des lineaments XVII
Annexe 9 : Points d'implantation proposes par teledetection..... XVIII
Annexe 10 : Récapitulatif des hypotheses de base.....XIX
Annexe 11 : Evaluation des consommations specifiques..... XX
Annexe 12: Evaluation des besoins en eau des usagers XXI
Annexe 13 : Evaluation de la ressource en eau souterraine XXII
Annexe 14 : Diamètre des conduites de refoulement..... XXIII
Annexe 15 : Calcul de la Haureur Manometrique Totale (HMT) XXIV
Annexe 16 : Valeurs des données utilisées pour produire les courbes caracteristiques XXV
Annexe 17 : Vérification du coup de belier XXVI
Annexe 18 : Résultats de dimensionnement de la source solaire.....XXVII
Annexe 19 : Caracteristiques de la source thermique XXVIII
Annexe 20 : Détermination de la capacite du reservoir XXIX
Annexe 21 : Caracteristiques du dispositif de traitement.....XXX
Annexe 22 : Débits de distribution..... XXXI
Annexe 23 : Résultats du dimensionnement du reseau distributif XXXII
Annexe 24 : Résultats du dimensionnement des butees..... XXXVI
Annexe 25 : Dévis estimatif.....XXXVII
Annexe 26 : Calcul des amortissements et des charges d'exploitations XLV
Annexe 27: Differents modes de gestion des AEPS au burkina-faso.....XLVI
Annexe 28 : Surveillance environnementale..... XLVIII
Annexe 29 : Suivi environnemental L
Annexe 30 : Carnet des nœuds..... LI
Annexe 31 :Profil en long LIV

Annexe 1: Carte géologique de la commune de Tikaré



Annexe 2: Formules empiriques de calculs des diamètres

Auteur	**Formule**	**Annotation-Unité**	**(27)**
Bedjaoui	$D_{th} = 1{,}27x\sqrt{Q}\ x1000$	Dth[mm] : diamètre intérieur Q[m^3/s] : débit transporté par la conduite Tp : nombre d'heures de pompage/jour V[m/s] : Vitesse du fluide dans la conduite GLS : Gaz-Liquide-Solide	
Bonin	$D_{th} = \sqrt{Q}\ x\ 1000$		
Bresse	$D_{th} = 1{,}5x\sqrt{Q}\ x1000$		
Bresse modifiée	$D_{th} = 0{,}8\ x\sqrt[2]{Q}\ x\ 1000$		
Munier	$D_{th} = (1 + 0{,}002xT_P)\ x\ \sqrt{Q}\ x1000$		
Condition de Flamant	$V \leq 0{,}6\ +\ D(m)$		
Condition GLS	$V \leq (D[m]/50)^{0,25}$		

Annexe 3 : Recapitulatif des forages de Gasongo et de Horé

Villages	Coordonnées des forages	
	Longitude Y	Latitude X
Gasongo	01°40'24,9" W	13°14'38,8" N
	01°40'44,9" W	13°14'50" N
	01°40'14,6" W	13°14'54,3" N
	01°40'13,9" W	13°14'54,3" N
	01°40'6,9" W	13°15'5,3" N
	01°40'8,6" W	13°15'2,1" N
	01°39'46,4" W	13°16'0" N
Horé	01°40'11,7" W	13°16'30,5" N
	01°40'41,8" W	13°16'1" N
	01°40'27,2" W	13°15'32,8" N
	01°40'32,2" W	13°16'29,6" N
	01°40'42,5" W	13°16'34,7" N
	01°40'12" W	13°16'36,6" N
	01°40'16,7" W	13°16'36,1" N
	01°40'4,6" W	13°18'22,6" N
	01°40'11,6" W	13°16'41,2" N
	01°40'35,9" W	13°16'48,8" N
	01°41'7,5" W	13°16'13,3" N
	01°40'8,6" W	13°16'40,1" N
	01°40'25,3" W	13°16'39,6" N

Source : INO 2023

Annexe 4 : Fiches des essais de pompage

ESSAI DE POMPAGE PAR PALIER

Maitre d'Ouvrage : ST		Maitre d'Œuvre :	
Centre : Gasongo	H repère/Sol (m) :	Date début : 30/11/2022	
Commune : Tikaré		Date fin : 30/11/2022	
Province : Bam	NS (en m) départ :	Opérateur : IDDA OUEDRAOGO	
Région : Centre-Nord		Entreprise : GCH	

	Temps (mins)	Niveau de l'eau (m)	Niveau de l'eau (m)	Niveau de l'eau (m)	Rabattement (m)	Rabattement (m)	Débit (m3/h)
10h30	0	35,15					3,5
	1	36,21					
	2	36,45					
	3	36,68					
	4	36,96					
	5	27,11					
	6	37,23					
	7	37,45					
	8	37,57					
	9	37,74					
	10	37,96					
	15	38,12					
	20	38,69					
	25	38,92					
	30	39,21					
	45	39,57					
Descente 1	60	39,65			4,5		3,5
11h30	61		38,57				
	62		38,11				
	63		37,97				
	64		37,63				
	65		37,27				
	66		37,13				
	67		36,96				
	68		36,81				
	69		36,62				
	70		36,41				
	75		36,13				
	80		35,97				
	85		35,63				
	90		35,34				
	105		35,15				
Remontée 1	120		35,15				
12h30	121	36,98					4,5
	122	37,12					
	123	37,63					
	124	38,1					
	125	38,32					

	126	38,65					
	128	38,96					
	130	39,37					
	135	39,87					
	140	40,12					
	145	40,77					
	150	40,96					
Descente 2	165	41,11					
	180	41,40			6,25		4,5
13h30	181		39,36				
	182		38,33				
	183		37,97				
	184		37,49				
	185		37,05				
	186		36,97				
	188		36,75				
	190		36,54				
	195		36,05				
	200		35,51				
	205		35,36				
	210		35,15				
Remontée 2	225		35,15				
	240		35,15				
14h30	241	38,93					5,5
	242	40,21					
	243	40,85					
	244	41,85					
	245	42,12					
	246	42,97					
	248	43,58					
	250	44,69					
	255	45,65					
	260	46,11					
	265	46,96					
	270	47,53					
	285	47,87					
Descente 3	300	48,36			13,21		5,5
15h30	301		45,63				
	302		44,30				
	303		43,23				
	304		42,37				
	305		41,47				
	306		41,06				
	308		40,37				
	310		39,52				
	315		38,21				
	320		37,33				

	325		36,54				
	330		35,97				
	345		35,41				
Remontée 3	360		35,15				
16h30	361	40,63					6,5
	362	41,94					
	363	42,39					
	364	43,98					
	365	43,97					
	366	44,76					
	368	45,33					
	370	46,13					
	375	47,67					
	380	48,73					
	385	49,76					
	390	51,10					
Descente 4	405	52,35					
	420	53,47			18,32		6,5

17h30	421		49,86				
	422		48,89				
	423		47,76				
	424		46,69				
	425		45,58				
	426		44,63				
	428		43,11				
	430		41,93				
	435		39,53				
	440		37,83				
Remontée 4	445		35,65				
	480		35,50				

Pour l'entreprise

Issa OUEDRAOGO

Pour le contrôle

Sawadogo Moussa

ESSAI DE POMPAGE LONGUE DUREE

Maitre d'Ouvrage : SI		Maitre d'Œuvre :	
Centre : Gasongo	H repère/Sol (m) :	Date début : 30/11/2022	
Commune : Tikaré		Date fin : 03/12/2022	
Province : Bam	NS (en m) départ :	Opérateur : IDA OUEDRAOGO	
Région : Centre-Nord		Entreprise : GCH	

Descente						Remontée			
Heure locale	Temps écoulé (mins)	ND (m)	Rabbt S (m)	Débit Q m3/h	Observation	Heure Locale	Temps écoulé (min)	ND (m)	S résiduel (m)
19h	0	35,15		5				58,96	
	1	38,17						53,13	
	2	40,10						51,11	
	3	40,65						50,12	
	4	41,37						49,13	
	5	41,83						48,11	
	6	42,12						46,53	
	8	42,36						45,15	
	10	42,67						44,10	
	15	43,05						43,21	
	20	43,38						41,53	
	25	43,68						39,16	
	30	43,95						38,12	
	45	44,48						37,08	
	60	44,77						35,15	
	75	45,03							
	90	45,35							
	105	45,61							
	120	45,96							
	150	46,15							
	180	46,38							
	210	46,61							
	240	46,77							
	270	46,93							
	300	47,09							
	360	47,60							
	420	47,97							
	480	48,23							
	540	48,47							
	600	48,71							
6h00	660	48,96							
	720	49,25							
	780	49,45							
	840	49,76							
	900	49,89							
11h00	960	50,04							

X

12h00	1020	50,21
	1080	50,43
	1140	50,59
	1200	50,83
	1260	50,97
	1320	51,05
	1360	51,17
	1380	51,29
	1440	51,40
	1500	51,53
	1560	51,63
	1620	51,72
	1680	51,80
	1740	51,88
	1800	51,95
	1860	52,03
	1920	52,13
	1980	52,25
	2040	52,35
	2100	52,44
	2160	52,53
	2400	52,63
	2280	52,74
	2340	50,83
	2400	52,94
	2460	53,07
	2520	53,18
	2580	53,40
	2640	53,65
	2700	53,97
	2760	54,19
	2820	54,48
	2880	54,71
	2940	54,96
	3000	55,23
	3060	55,53
	3120	55,76
	3180	55,98
	3240	56,21
	3300	56,46
	3360	56,74
	3420	56,97
	3480	57,13
	3540	57,20
	3600	57,28
9h00	3660	57,37

	3720	57,47						
	3780	57,58						
	3840	57,69						
	3900	57,79						
	3960	57,90						
	4020	57,98						
	4080	58,10						
	4140	58,22						
	4200	58,33						
	4260	58,79						
19h00	4320	58,96						

Pour l'entreprise

Issa OUEDRAOGO

Pour le contrôle

Sawadogo Moussa

Annexe 5 : Fiches d'analyse microbiologique et physico-chimique

LABORATOIRE AÏNA

Laboratoire d'analyse des eaux : - Analyses physico-chimiques et bactériologiques - Etude sur l'eau, l'assainissement et la santé.
Société de vente : - Produits et appareils de laboratoire - Instrument, matériel et consommable de laboratoires - Produits chimiques
Fabrication et de vente de produits d'entretiens : - Eau déminéralisée.
01 BP 558 Ouagadougou 01 *Tél bureau : +226 25 35 74 40 ou +226 70 20 40 38* *Laboratoire d'analyse : +226 25 35 74 39*
Mail : labo.aina@fasonet.bf *Web : http://laboratoire-aina.com* RCCM N° BF OUA 2022 M 0316 IFU N°00021261V
Compte BSIC : IBAN : BF108 Code Guichet : 01001 N° de Compte 020402300012 Clé RIB 96 CODE SWIFT : BSAHBFBF
Division Fiscale : DME3-Centre Réel normal Rue Boalboala- Porte 383-Sect.18 Ouaga-Parcelle 7-Lot 31-Section : LB

Ouagadougou, le 05/12/2022

RESULTATS D'ANALYSE MICROBIOLOGIQUE D'EAU

Analyse n° : 3826/2022

Date de prélèvement :

Date de réception : 04/12/2022 Lieu : **Pvce** : Bam **Com** : Tikaré **Vill** : Gasongo

Identité du préleveur : Issa OUEDRAOGO Identité du demandeur : SI

PARAMETRES	Température et temps d'incubation	Technique et milieu de culture	RESULTATS UFC/100 ml	NORMES DE QUALITE OMS POUR EAU POTABLE
* Recherche et dénombrement des Coliformes totaux	37°C 24h	Filtration sur membrane Chromocult agar Coliformes	0	0/100 ml
* Recherche et dénombrement des Coliformes fécaux	44°C 24h	Filtration sur membrane Chromocult agar Coliformes	0	0/100 ml
* Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	37°C 24h.	Filtration sur membrane Chromocult Entérocoques-agar	0	0/100 ml

Conclusion: Eau conforme aux normes bactériologiques pour les paramètres analysés.

Le Chef du Laboratoire

Dr Ibrahim OUEDRAOGO

LABORATOIRE AÏNA

Laboratoire d'analyse des eaux : - Analyses physico-chimiques et bactériologiques - Etude sur l'eau, l'assainissement et la santé.
Société de vente : - Produits et appareils de laboratoire - Instrument, matériel et consommable de laboratoires - Produits chimiques
Fabrication et de vente de produits d'entretiens : - Eau déminéralisée.
01 BP 558 Ouagadougou 01 *Tél bureau :* +226 25 35 74 40 ou +226 70 20 40 38 **Laboratoire d'analyse** : +226 25 35 74 39
Mail : labo.aina@fasonet.bf **Web** : http://laboratoire-aina.com RCCM **N° BF OUA 2022 M 0316** **IFU N°**00021261V
Compte BSIC : IBAN : **BF108** Code Guichet : **01001** N° de Compte **020402300012** Clé RIB **96** CODE SWIFT : **BSAHBFBF**
Division Fiscale : **DME3-Centre** **Réel normal** Rue **Boalboala**- Porte **383-Sect.18 Ouaga**-Parcelle 7-Lot **31**-Section : **LB**

Ouagadougou, le 05/12/2022

RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE D'EAU

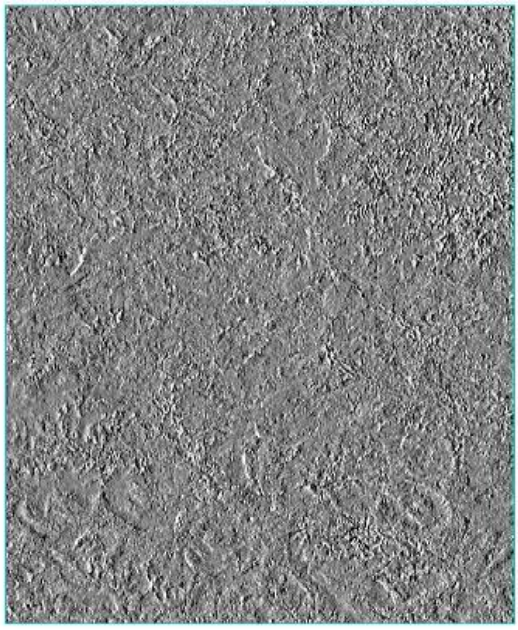
Analyse n° : 3826/2022
Date de prélèvement :
Date de réception :04/12/2022 Lieu : **Pvce** : Bam **Com** : Tikaré **Vill** : Gasongo
Identité du préleveur : Issa OUEDRAOGO Identité du demandeur : SI

PARAMETRES	UNITES	VALEURS	NORMES DE QUALITE OMS POUR EAU POTABLE
Température	°C	27.1	
pH		5.57	
Conductivité électrique à 25°C	µS/cm	49.7	
Turbidité	NTU	2.26	5
Titre alcalimétrique (TA)	°f	0	
Titre alcalimétrique complet (TAC)	°f	1.6	
Dureté totale (TH)	°f	1.7	50
Calcium (Ca^{2+})	mg/l	4.21	
Magnésium (Mg^{2+})	mg/l	1.62	
Sodium (Na^{+})	mg/l	0.82	200
Potassium (K^{+})	mg/l	2.49	
Ammonium (NH_4^{+})	mg/l	0.10	1.5
Fer total (Fe)	mg/l	0.02	0.3
Carbonates (Co_3^{2-})	mg/l	0	
Bicarbonates (HCo_3^{-})	mg/l	19.5	
Chlorures (Cl^{-})	mg/l	0.72	250
Sulfates (So_4^{2-})	mg/l	1.47	250
Nitrites (No_2^{-})	mg/l	0.566	3
Nitrates (No_3^{-})	mg/l	4.26	50
Orthophosphates (Po_4^{3-})	mg/l	<0.01	
Phosphore (P)	mg/l	<0.01	

conclusion : Eau conforme aux normes physico-chimiques pour les paramètres analysés.

Le Chef du Laboratoire
Dr Ibrahim OUEDRAOGO

Annexe 6 : Application des filtres directionnels



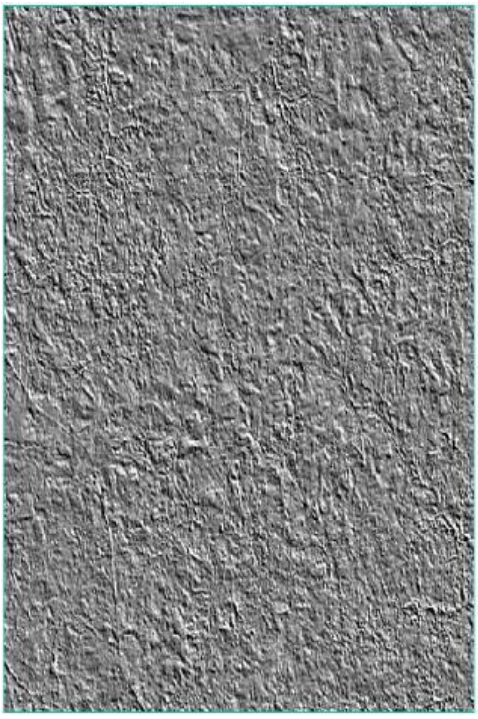
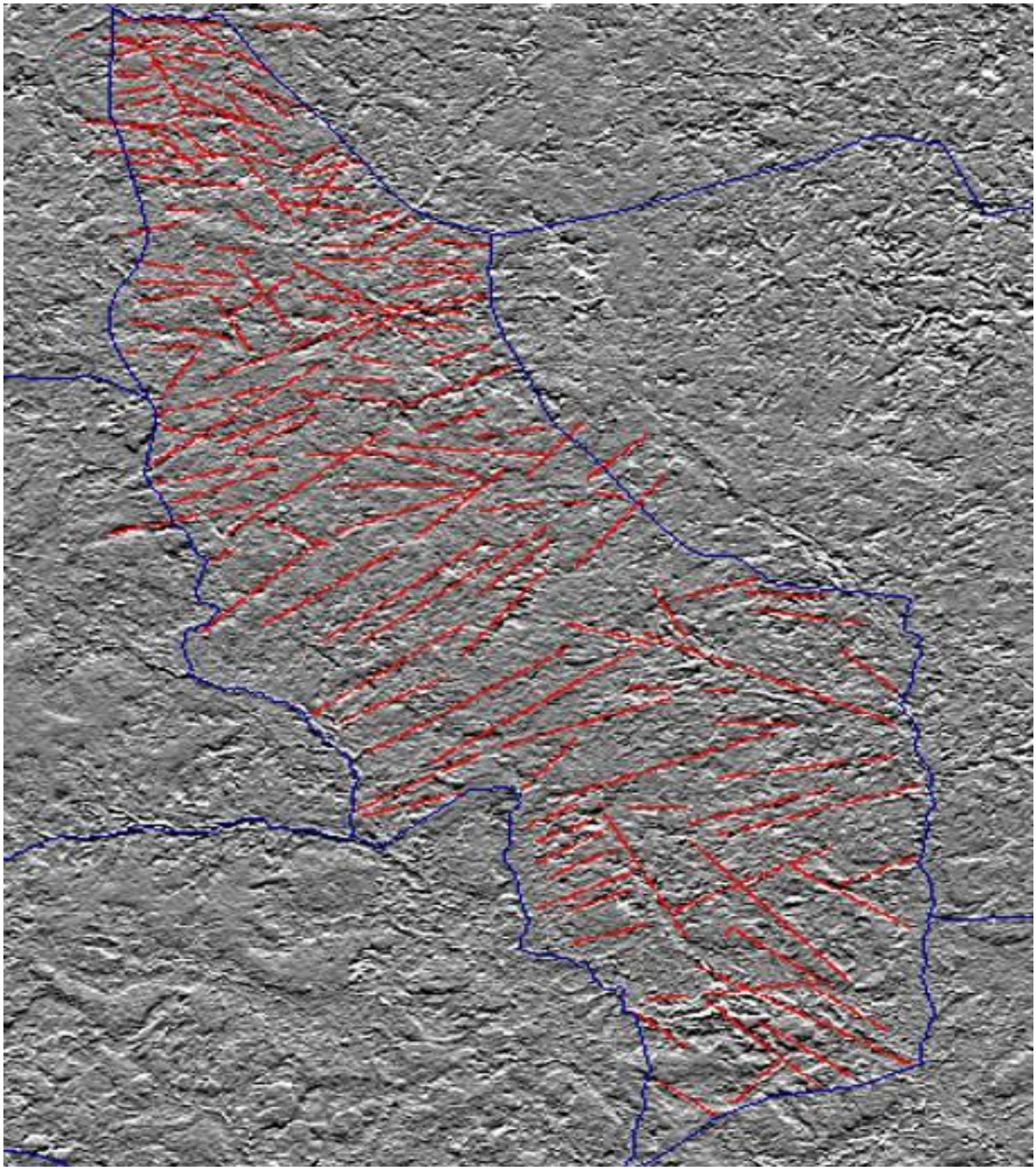


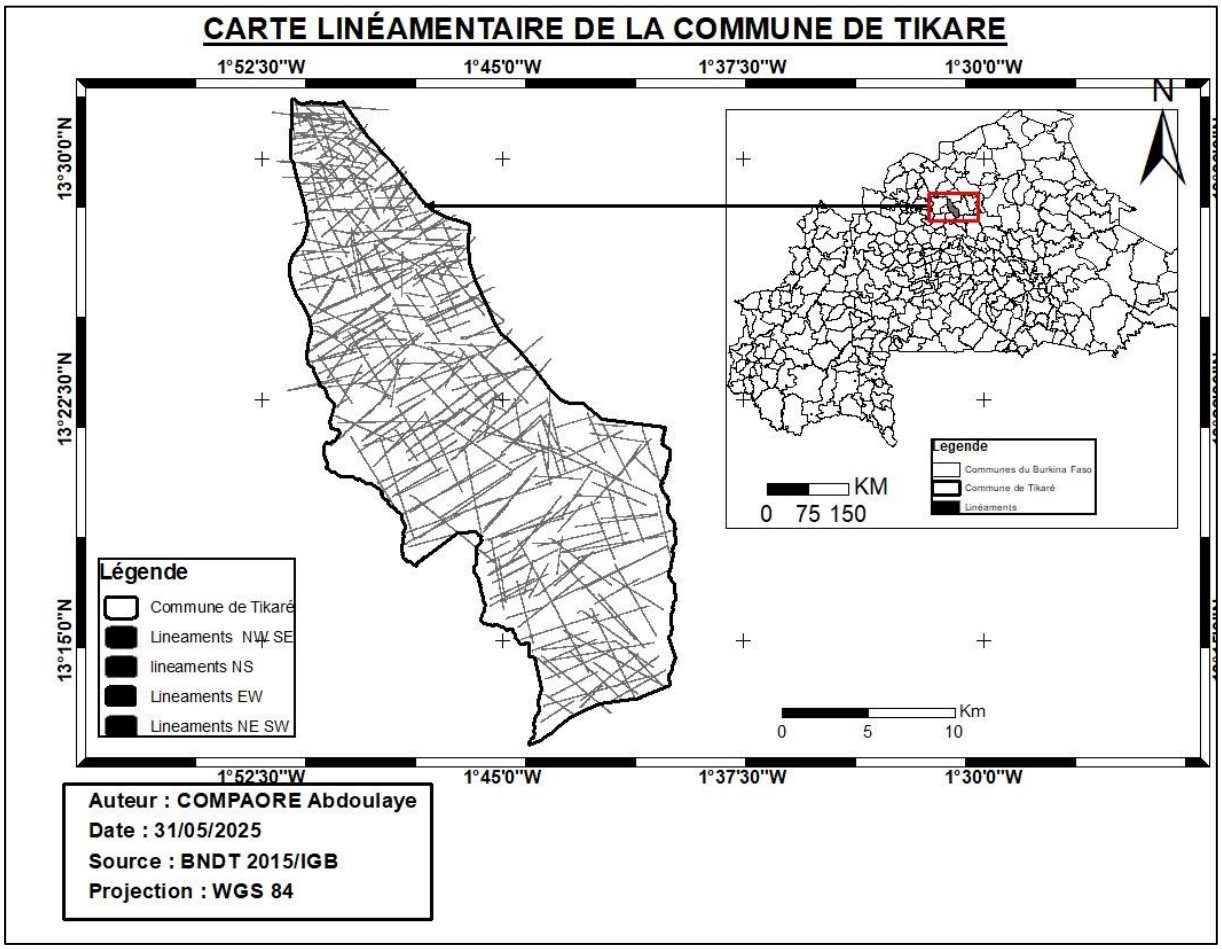
Figure : Application du filtre EW

Figure : Filtre NE-SW

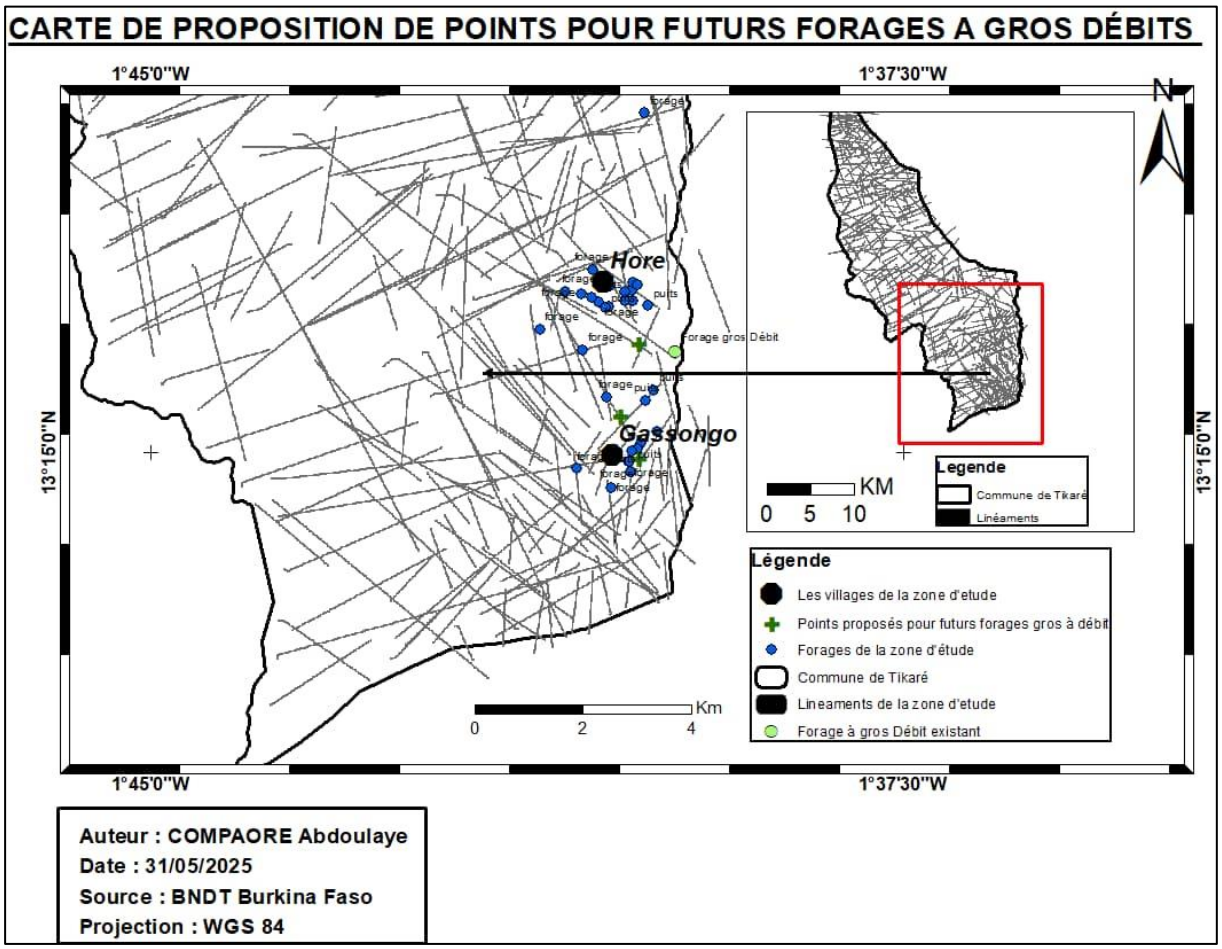
Annexe 7: Tracé des linéaments



Annexe 8 : Extraction des linéaments



Annexe 9 : Points d'implantation proposés par télédétection



Annexe 10 : Récapitulatif des hypothèses de base

Hypothèses de Base	**Valeurs**
Année de référence	**2019**
Horizon de dimensionnement	**2050**
Population 2019	**4525**
Taux d'accroissement de la population	**3%**
Taux d'accès du SMV à l'horizon du projet	**90%**
Pourcentage de personnes s'approvisionnant à la BF à l'horizon 20250	**10%**
Pourcentage de personnes s'alimentant par BP à l'horizon 2050	**80%**
Consommation spécifique moyenne des ménages selon l'enquête ménage en l/j/h	**14**
Consommation spécifique choisie pour les BF en l/j/hbt	**20**
Consommation spécifique retenue pour les BP en l/j/hbt	**25**
Nombre de personnes par ménage	**7**
Coefficient de pointe journalière Cpj	**1,1**
Coefficient de pointe horaire Cph	**2,5<Cph<3**
Rendement du réseau	**90%**
Temps de pompage choisi en h	**16**
Temps de distribution BF	**12**
Nombre de robinets de 0,15l/s par BF	**3**
Temps de distribution par BP en h	**20**
Nature et pression nominale des conduites d'adduction	**PEHD-PN16**
Nature et pression nominales des conduites de distribution	**PEHD-PN10**
Vitesse en m/s	**0,3<V<1,2**
Pression de service mCe	**10<P<50**

Annexe 11 : Evaluation des consommations spécifiques

EVALUATION DES CONSOMMATIONS SPECIFIQUES								
Villages	**Nom du quartier**	**Ménages**	**Population**	**Nbre moyen de person/ménage enqueté**	**Cons ménages enquêtés (en l/j) en saison des pluies**	**Cons ménages enquêtés en saison sèche (en l/j)**	**Cons moyenne des ménages (l/j)**	**Cons par hbt (l/pers/jr)**
Gasongo	Darsalam	55	136	10	109	185	147	14,7
	Zinkin	60	102	10	92	145	118,50	11,85
	Tangsobdogo	48	121	13	100	158	129	9,92
	Logdin	31	151	13	125	164	144,5	11,12
	Simandgo	35	151	10	125	185	155	15,5
	Bolga	25	136	15	125	177	151	10,07
	Wédrangin	30	144	11	125	135	130	11,82
	Nayiri	30	151	12	96	169	132,5	11,04
	Kassitougou	15	149	11	117	167	142	12,91
Hore	Nayiri	47	446	11	102	155	128,5	11,68
	Sanbin	52	478	13	148	197	172,5	13,27
	Pousguin	42	400	9	97	147	122	13,56
	Souka	40	478	12	125	167	146	12,17
	Tomnabyiri	39	302	8	100	135	117,5	14,69
	Bougyiri	45	320	10	114	189	151,5	15,15
	Yargo	60	558	12	101	174	137,5	11,46
	Silmissin	25	160	8	95	145	120	15
	Bona	45	382	9	97	165	131	14,56
	Wedguin	42	400	9	135	175	155	17,22
	Siguidiguin	18	160	9	110	150	130	14,44
Consommation moyenne journalière des villages de Gasongo et de Horé (l/j/hbt)								13,98
Consommation spécifique des villages de Gasongo et de Horé retenue au niveau des BF (l/j/hbt)								20
Consommation spécifique des villages de Gasongo et de Horé retenue au niveau des BP (l/j/hbt)								25

Annexe 12: Evaluation des besoins en eau des usagers

Désignation	**Unités**	**Année**			
		2026	**2030**	**2040**	**2050**
Branchements particuliers BP					
Nbre de BP	u	56	351	573	906
Besoins journaliers	m^3/j	13,91	87,69	143,1	226,26
Bornes Fontaines BF					
Nbre de BF	u	12	12	12	12
Besoins journaliers	m^3/j	51,64	30,07	28,62	22,23
Besoins domestiques					
Consommation journalière (BP+BF)	m^3/j	65,55	117,76	171,72	248,89
Besoins annexes					
Consommation journalière	m^3/j	6,55	11,78	17,17	27,89
Besoins totaux					
Besoins moyens journaliers totaux	m^3/j	72,1	129,54	188,89	273,78

Annexe 13 : Evaluation de la ressource en eau souterraine

Désignation	**Unité**	**Année**					
		2026	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
Demande journalière de pointe	m^3/j	82,93	148,96	187,39	217,23	251,83	314,84
Demande de production journalière	m^3/h	87,30	158,47	203,68	236,12	273,73	349,82
Temps de pompage	h	10	16	16	16	16	16
Débit d'exploitation de démarrage	m^3/h	10					
Production journalière actuelle	m^3	100	160	160	160	160	160
Demande en eau supplémentaire	m^3	0	0	43,68	76,12	113,73	189,82
Nombre de forages supplémentaires de 5m3/h	u	0	0	1	1	2	3

Annexe 14 : Diamètre des conduites de refoulement

Nature de la conduite PEHD PN 16										
Conduite (forage 1)										
Auteurs	**Formules**	**Débit (m3/s)**	**Dth(mm)**	**DN (mm)**	**Dint (mm)**	**Vitesse Refoulement**	**Vitesse GLS**	**Vitesse Flamant**	**Vérification GLS**	**Vérification Flamant**
Bresse	Dth = 1,5*Q^(0,5)	**0,00139**	55,90	75	61,4	0,47	1,05	0,66	**Ok**	**Ok**
Bonnin	Dth = Q^(0,5)		37,27	63	51,4	0,67	1,01	0,65	**Ok**	**Non vérifié**
Bedjaoui	Dth = 1,27*Q^(0,5)		47,33	63	51,4	0,67	1,01	0,65	**Ok**	**Non vérifié**
Munier	Dth = (1+0,02*n)*Q^(0,5)		37,27	63	51,4	0,67	1,01	0,65	**Ok**	**Non vérifié**
Bress modifié	0,8*Q^(0,33)		91,24	110	90	0,22	1,16	0,69	**Ok**	**Ok**
Conduite (forage 2)										
Auteurs	**Formules**	**Débit (m3/s)**	**Dth (mm)**	**DN (mm)**	**Dint (mm)**	**Vitesse Refoulement**	**Vitesse GLS**	**Vitesse Flamant**	**Vérification GLS**	**Vérification Flamant**
Bresse	**Dth = 1,5*Q^(0,5)**	**0,00139**	55,90	75	61,4	0,47	1,05	0,66	**Ok**	**Ok**
Bonnin	Dth = Q^(0,5)		37,27	63	51,4	0,67	1,01	0,65	**Ok**	**Non vérifié**
Bedjaoui	Dth = 1,27*Q^(0,5)		47,33	63	51,4	0,67	1,01	0,65	**Ok**	**Non vérifié**
Munier	Dth = (1+0,02*n)*Q^(0,5)		37,27	63	51,4	0,67	1,01	0,65	**Ok**	**Non vérifié**
Bress modifié	0,8*Q^(0,33)		91,24	125	102,2	0,17	1,20	0,70	**Ok**	**Ok**
Conduite (Forage1+Forage2)										
Auteurs	**Formules**	**Débit (m3/s)**	**Dth (mm)**	**DN (mm)**	**Dint(mm)**	**Vitesse Refoulement**	**Vitesse GLS**	**Vitesse Flamant**	**Vérification GLS**	**Vérification Flamant**
Bresse	**Dth = 1,5*Q^(0,5)**	**0,00278**	79,06	110	90	0,22	1,16	0,69	**Ok**	**Ok**
Bonnin	Dth = Q^(0,5)		52,70	75	61,4	0,47	1,05	0,66	**Ok**	**Ok**
Bedjaoui	Dth = 1,27*Q^(0,5)		66,93	90	73,6	0,33	1,10	0,67	**Ok**	**Ok**

Annexe 15 : Calcul de la Haureur Manomètrique Totale (HMT)

Désignation	**Valeurs**	
	Pompe1	**Pompe2**
Débit des forages [m^3/h]	5	5
Coefficient de perte de charges singulières	0,05	0,05
Coefficient de résistance ⅄	0,027	0,027
Cote TN forage [m]	285,35	285,75
Longueur colonne d'exhaure [m]	58,25	50
Longueur conduite de refoulement [m]	622	900
Cote TN du réservoir [m]	307,15	307,15
Hauteur sous-radier [m]	12	12
Hauteur château [m]	6,5	6,5
Cote trop-plein réservoir [m]	325,65	325,65
Perte de charge totale	3,51	4,85
Hgéometrique [m]	98,55	89,9
HMT [m]	102,06	94,75

Annexe 16 : Valeurs des données utilisées pour produire les courbes caractéristiques de la pompe, du réseau et du rendement des deux pompes.

- Tableau 1 : Données relatives à la pompe SP 5A-33

Débit Q (m3/h)	0	1	2	3	4	5	6
HMT (m)	211	196	183	172	157	130	95
Reynolds	0	6881	13762	20643	27524	34404	41285
ε=k/Dint	0,00195	0,00195	0,00195	0,00195	0,00195	0,00195	0,00195
λ	-	0,037	0,032	0,030	0,028	0,027	0,027
Pertes de charge refoulement ΔH	0	0,42	1,47	3,09	5,26	7,98	11,25
Hréseau	98,55	98,97	100,02	101,64	103,81	106,53	109,80
Rendement de la pompe	-	37	49	55	58	58	51

- Tableau 2 : Données relatives à la pompe SP 5A-25

Débit Q	0	1	2	3	4	5	6
HMT	160	150	140	130	119	100	95
Reynolds	0	6881	13762	20643	27524	34404	41285
ε=k/Dint	0,00195	0,00195	0,00195	0,00195	0,00195	0,00195	0,00195
λ	-	0,037	0,032	0,030	0,028	0,027	0,027
Pertes de charge refoulement ΔH	-	0,61	2,13	4,46	7,60	11,54	16,27
Hréseau	89,90	90,51	92,02	94,36	97,50	101,44	106,16
Rendement de la pompe	-	26	43	55	60	65	68

Annexe 17 : Vérification du coup de bélier

Paramètres	**Valeurs**	
	Pompe 1	**Pompe2**
Module de Young de la conduite (10^6Pa)	930	930
Module d'élasticité de l'eau (10^6Pa)	2000	2000
Longueur conduite de refoulement (m)	545	831
Diamètre nominal (mm)	75	75
Diamètre intérieur (mm)	61,4	61,4
Epaisseur e (mm)	6,8	6,8
Pesanteur g (m/s^2)	9,81	9,81
Célérité de l'onde (m/s)	312,97	350,51
Vitesse (m/s)	0,67	0,67
Variation maximale de pression (m)	21,35	21,35
HMT (m)	102,06	94,75
Pression atmosphérique (m)	10,33	10,33
Pression nominale (m)	160	160
Pression maximale admissible **PMA** (m)	192	192
Surpression Hmax (m)	123,41	116,12
Dépression Hmin (m)	80,70	73,39
Rapport Hmax/PMA<1,2	0,64	0,60

Annexe 18 : Résultats de dimensionnement de la source solaire

❖ Tableau 1 : Caractéristique du champ photovoltaïque

Désignation	**Résultats**	
	Electropompe 1 et autres charges	**Electropompe 2 et autres charges**
Puissance requise (Wc)	6223	4798
Puissance réelle (Wc)	6500	5400
Puissance d'un module solaire (Wc)	300	300
Nombre de modules retenus	22	18
Tension du module (V)	24	24
Tension du champ solaire (V)	48	48
Modules en série	2	2
Modules en dérivation	11	9

❖ Tableau 2 : Caractéristique du panneau solaire

Nature	**Unité**	**Données**
Types de cellule	-	Monocristallin
Dimensions des modules	mm x mmx mm	1650x992x50
Puissance nominale	(W)	300
Tension à puissance max	(V)	36
Courant à puissance max	(A)	8,06
Tension en circuit ouvert	(V)	45,5
Courant de court-circuit	(A)	8,56

❖ Tableau 3 : Caractéristiques des onduleurs retenus

Nature	**Unité**	**Résultats**	
Onduleurs Grundfos		Electropompe 1	Electropompe 2
Fréquence	(Hz)	RSI IP66	RSI IP66
Puissance nominale	(Kw)	7,5	5,5
Tension Nominale	(V)	3x385-415	3x385-415
Tension d'entrée DC	(V)	800	800
Tension de sortie AC	(V)	415	415
Courant de sortie AC	(A)	16	12
Masse nette	(Kg)	14,9	14,9

Annexe 19 : Caractéristiques de la source thermique

Désignation	**Valeurs**
Groupe électrogènes Kipor	KADE20SS3
Type de moteur	KD488G
Fréquence nominale	50 Hz
Puissance nominale	17 KW
Tension nominale	230/240V
Intensité	24,5A
Vitesse de rotation	1500 r/min
Consommation spécifique	<=320g/KWH
Capacité du réservoir	65 l
Poids	680 Kg

Annexe 20 : Détermination de la capacité du reservoir

❖ Tableau1 : Détermination du volume utile du réservoir par la méthode analytique

Période	**0h-4h**	**4h-6h**	**6h-8h**	**8h-12h**	**12h-16h**	**16h-20h**	**20h-22h**	**22h-24h**
Duree (d)	4	2	2	4	4	4	2	2
Coéficient de consommation (K)	0	0,5	1,2	1	1	1,6	1,2	0,5
Débit (Qa)	0,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Va par période (Va=Qa*d)	0,00	20,00	20,00	40,00	40,00	40,00	20,00	20,00
Va cumulé Vac	0,00	20,00	40,00	80,00	120,00	160,00	180,00	200,00
Qc distribuée (Qc=Qph*K)	0,00	7,95	19,08	15,90	15,90	25,44	19,08	7,95
Vc cumulé par période (Vc=Qc*d)	0	16	38	64	64	102	38	16
Vc cumulé Vcc	0	16	54	118	181	283	321	337
Contenant du réservoir = Vac-Vcc	0	4	-14	-38	-61	-123	-141	-137
Capacité Utile (CU) du réservoir (m3)	**|déficitMax| + excédentMax**							**144**

❖ Tableau 2 : Dimensions constructives du réservoir

Dimensions de la cuve du réservoir métallique cylindrique	
Capacité utile	150 m^3
Proposition de hauteur utile	6,5 m
Revanche	0,5m
Hauteur totale	7 m
Diamètre théorique	5,2 m
Diamètre réel	5,5 m^3
Capacité réelle	154,43 m^3
Capacité retenue	150 m^3
Hauteur sous-cuve calculée	12,03 m
Hauteur sous-cuve retenue	12 m
Côte TN réservoir	307,15 m
Cote radier du réservoir	319,15 m
Côte trop-plein	325,65 m
Epaisseur de la tôle	10 mm

Annexe 21 : Caractéristiques du dispositif de traitement

Désinfection au chlore		
Débit de pointe horaire de distribution	**[m3/h]**	**50,02**
Demande du jour de pointe	**[m3/j]**	**349,82**
Volume du réservoir	**[m3]**	**150**
Temps de contact du chlore	**[h]**	**3>2**
Temps de séjour	**[j]**	**0,43**
Dose de traitement	**[mg/l]**	**2**
Débit d'eau à traiter	**[m3/h]**	**10**
Concentration de la solution de chlore	**[g/l]**	**5**
Débit d'injection de la pompe doseuse	**[l/h]**	**4**
Temps de fonctionnement journalier	**[h]**	**16**
Volume du Bac	**[l]**	**80**
Masse journalière de chlore	**[g/j]**	**320**
Masse annuelle de chlore	**[kg/an]**	**116,8**

Annexe 22 : Débits de distribution

	Désignation	Unité	2026	2030	2040	2050
Réseau de distribution (BF)	Temps de distribution	[h]	12	12	12	12
	Nombre de BF	[u]	12	12	12	12
	Débit moyen Horaire des BF	[m3/h]	5,73	3,37	3,28	2,65
	Cph des BF	2,54	2,86	2,88	2,88	3,04
	Débit de pointe horaire des BF	[m3/h]	14,58	9,65	9,45	8,05
		[l/s]	4,05	2,68	2,62	2,23
	Débit théorique de chaque BF	[l/s]	0,41	0,27	0,26	0,22
	Nombre de robinets de 0,15l/s par BF	[l/s]	3	3	3	3
	Débit réel de pointe horaire de chaque BF	[l/s]	0,45	0,45	0,45	0,45
	Débit réel total de pointe horaire des BF	[l/s]	4,5	4,5	4,5	4,5
Réseau de distribution (BP)	Temps de distribution	[h]	20	20	20	20
	Débit moyen horaire des BP	[m3/h]	0,93	5,9	9,84	15,90
	Cph des BP	-	3	2,53	2,3	2,13
	Débit de pointe horaire des BP	[m3/h]	3,80	14,92	22,60	33,82
		[l/s]	1,05	4,15	6,28	9,39
Débit de distribution	Débit de pointe horaire du réseau de distribution	[l/s]	5,55	8,65	10,78	13,89
		[m3/h]	20	31,12	38,80	50,02

Annexe 23 : Résultats du dimensionnement du réseau distributif

❖ Tableau 1 : itération de la partie maillée

Itération	Mailles	Tronçon	Longueur(m)	Côte TN(m)	Qroute(l/s)	Qaval(l/s)	Qfictif(l/s)	Qfictif(m3/s)	Dth(mm)	DN(mm)	Dint(mm)	Vréelle(m/s)	Reynolds	ε=k/Dint	λ	ΔH(m)	ΔH(m)/Q	dq1(m3/s)		dq1(l/s)	Qc(l/s)
5	I	N12-N13	66,46	301,136	0,07047537	3,09878681	2,72593737	0,00272593937	58,913252	75	66	0,796779444	52587,4433	0,001515	0,02520592	0,08623538	31,63513	-5,53643E-07		-0,000553643	2,725383373
		N13-N14	56,32	299,715	0,05972273	3,03958248	2,66081909	0,00266060819	58,205353269	75	66	0,777745657	51331,2134	0,001515	0,0252738	0,06981598	26,23285287	-5,53643E-07		-0,000553643	2,660266544
		N14-N1	199,57	305,588	0,21162759	1,84074936	1,54553365	0,00154553365	44,3602813	63	55,4	0,641163887	35520,4793	0,001805	0,02708459	0,21465263	138,88577	-5,53643E-07		-0,000553643	1,54498
		N1-N2	130,53	305,288	0,13841634	1,70100358	1,36552168	0,00136552168	41,6969567	63	55,4	0,566486009	31383,3249	0,001805	0,02752316	0,11136984	81,55584542	-5,53643E-07		-0,000553643	1,364966804
		N2-N16	160,58	305,408	0,1702819	1,70100358	-2,20450147	-0,00220450147	52,9797928	63	55,4	0,914536371	50665,315	0,001805	0,02600902	-0,33744101	153,069077	-5,53643E-07		-0,000553643	-1,666505511
		N16-N17	42,49	300,876	0,04505715	3,18409061	-3,62129843	-0,00362129843	67,9027272	75	66	1,058489522	69860,3085	0,001515	0,02448774	-0,09452677	26,103006	-5,53643E-07		-0,000553643	-3,621805207
		N17-N12	17,4	301,107	0,01845127	3,70069464	-4,12245373	-0,00412245373	72,4490932	75	66	1,204975002	79528,3501	0,001515	0,02420521	-0,04958616	12,0283116	-5,53643E-07		-0,000553643	-4,123000737
															Somme	0,00051989	469,518278				
																dq1	-5,5364E-07				

	II	N16-N11	87,5	301,16	0,09278656	1,21830738	-1,41851129	-0,0014 18511	42,49 82901	63	55,4	0,5884 68722	32601 ,1672	0,001 80505	0,027 3846	-0,0801 5706	56,50 78787	-4,8110 1E-09		-4,8110 1E-06	-1,4185 161
		N11-N10	106,69	302,968	0,113 13598	1,104 08477	-1,3154 8086	-0,0013 15481	40,92 58139	63	55,4	0,5457 26598	30233 ,2535	0,001 80505	0,027 66233	-0,0849 0694	64,54 44102	-4,8110 1E-09		-4,8110 1E-06	-1,3154 8567
		N10-N9	371,86	302,927	0,394 32698	0,705 97042	-1,0720 2156	-0,0010 72022	36,94 50976	63	55,4	0,4447 27626	24637 ,9105	0,001 80505	0,028 48522	-0,2023 8008	188,7 83596	-4,8110 1E-09		-4,8110 1E-06	-1,0720 2637
		N9-N8	231,37	297,958	0,245 34888	0,458 26505	-0,7423 7824	-0,0007 42378	30,74 4517	63	55,4	0,3079 75253	17061 ,829	0,001 80505	0,030 23893	-0,0641 0408	86,34 96167	-4,8110 1E-09		-4,8110 1E-06	-0,7423 8305
		N8-N6	7,72	300,638	0,008 18643	0,45	-0,6036 7384	-0,0006 03674	27,72 40221	63	55,4	0,2504 33799	13874 ,0325	0,001 80505	0,031 39835	-0,0014 6856	2,432 69794	-4,8110 1E-09		-4,8110 1E-06	-0,6036 7865
		N5-N6	31,83	300,138	0,033 7531	0,45	-0,6177 3551	-0,0006 17736	28,04 50579	63	55,4	0,2562 67277	14197 ,2071	0,001 80505	0,031 2627	-0,0063 1291	10,21 94463	-4,8110 1E-09		-4,8110 1E-06	-0,6177 4032
		N3-N5	633,26	300,463	0,671 5202	0,484 07729	0,7042 421	-0,0007 04242	29,94 443	63	55,4	0,2921 54494	16185 ,359	0,001 80505	0,030 52215	0,1593 6863	226,2 98077	-4,8110 1E-09		-4,8110 1E-06	0,7042 3729
		N2-N3	83,09	305,428	0,088 11012	1,612 0472	1,5113 3646	-0,0015 11336	43,86 67682	63	55,4	0,6269 77203	34734 ,537	0,001 80505	0,027 16127	0,0857 004	56,70 50454	-4,8110 1E-09		-4,8110 1E-06	1,5113 3165
		N16-N2	160,58	305,408	0,170 2819	1,701 00358	1,6454 8733	-0,0016 45487	45,77 22573	63	55,4	0,6826 29623	37817 ,6811	0,001 80505	0,026 87571	0,1942 6839	118,0 6131	-4,8110 1E-09		-4,8110 1E-06	1,6454 8252
															Somme	7,7929 E-06	809,902079			
																dq1	-4,811 E-09			

❖ Tableau 2 : Résultats de dimensionnement des conduites de distribution

Tronçons	Longueur (m)	Côte TN (m)	Qroute (l/s)	0.55Qroute (l/s)	Qaval (l/s)	Dth (mm)	Dint (mm)	DN (mm)	Vréel (m/s)	ΔH (m)	ΣΔH (m)	Zimp (m)	Pr(m)
CE-24	260,6	294,084	0,000	13,88533	13,8853	132,96	158,6	180	0,70	0,894	0,894	304,978	24,20
N24-N23	21,84	291,051	0,023	0,01266	8,2400	102,51	158,6	180	0,42	0,028	0,922	301,973	27,20
N23-BF10	24,44	291,461	0,026	0,01417	0,4500	24,31	55,4	63	0,19	0,029	0,951	302,412	26,76
N23-N19	741,6	292,141	0,782	7,41252	6,9827	97,15	158,6	180	0,38	0,787	1,709	303,850	25,33
N19-N20	44,08	292,798	0,046	0,02555	1,8753	49,20	66	75	0,56	0,291	1,078	303,876	25,30
N20-BF7	184,9	297,199	0,195	0,10718	0,4500	26,63	55,4	63	0,23	0,304	1,382	308,581	20,60
N20-N21	422,68	294,832	0,445	1,02993	0,7849	36,21	55,4	63	0,43	2,136	3,214	308,046	21,13
N21-BF8	317,8	290,591	0,335	0,18421	0,4500	28,42	55,4	63	0,26	0,661	3,875	304,466	24,71
N19-N18	571,23	296,828	0,602	0,33111	7,0289	96,80	158,6	180	0,37	0,598	2,308	309,136	20,04
N18-N12	133,56	301,137	0,141	0,07742	6,8882	94,17	158,6	180	0,35	0,126	2,434	313,571	15,61
N12-N13	66,46	299,718	0,070	0,03852	2,6874	58,91	79,2	90	0,55	0,346	2,780	312,498	16,68
N13-N14	56,32	299,715	0,059	2,66082	2,6282	58,21	79,2	90	0,54	0,280	3,060	312,775	16,40
N14-N1	199,57	305,588	0,210	1,54553	1,4299	44,36	79,2	90	0,31	0,363	3,423	319,011	10,17
N1-N2	130,53	305,288	0,138	0,07566	1,2899	41,70	66	75	0,40	0,466	3,889	319,177	10,00
N2-N16	160,58	305,408	0,169	2,05214	1,9591	51,12	79,2	90	0,42	0,493	3,137	318,545	10,63
N16-N17	42,49	300,876	0,045	0,02463	3,5967	67,90	96,8	110	0,49	0,138	2,644	313,520	15,66
N17-N12	17,4	301,107	0,018	0,01009	4,1124	72,45	96,8	110	0,56	0,072	2,506	313,613	15,56
N14-N15	431,68	295,162	0,455	0,25022	0,5219	43,87	79,2	90	0,31	0,754	3,814	308,976	20,20
N15-NBF9	68,2	294,963	0,072	0,03953	0,4500	45,77	79,2	90	0,33	0,139	3,953	308,916	20,26
N16-N11	87,5	301,16	0,092	0,05072	1,3678	42,50	66	75	0,41	0,335	2,979	314,139	15,04
N11-N10	106,69	302,968	0,112	0,06184	1,2536	40,93	66	75	0,38	0,355	3,335	316,303	12,87
N10-N9	371,86	297,958	0,392	0,21555	0,8565	36,95	55,4	63	0,44	2,024	5,359	313,317	15,86
N9-N8	231,37	297,958	0,244	0,13411	0,6083	30,74	55,4	63	0,31	0,641	6,000	313,958	15,22

N8-N6	7,72	300,138	0,008	0,00447	0,5992	27,72	55,4	63	0,25	0,015	6,014	316,152	13,02
N5-N6	31,83	300,138	0,034	0,61774	0,5993	28,05	55,4	63	0,26	0,063	6,077	316,215	12,96
N3-N5	633,26	300,463	0,667	0,70424	0,3372	29,94	55,4	63	0,29	1,594	7,671	318,134	11,04
N2-N3	83,09	305,428	0,088	0,04816	1,4632	43,87	66	75	0,44	0,358	3,470	318,898	10,28
N16-N2	160,58	305,408	0,169	1,99549	1,9024	50,41	79,2	75	0,41	0,468	3,112	318,520	10,66
N3-BF5	18,14	305,082	0,019	0,01051	0,4500	24,21	55,4	63	0,19	0,021	3,491	318,573	10,60
N6-BF4	10	300,138	0,011	0,45580	0,4500	24,09	55,4	63	0,19	0,011	3,502	313,640	15,54
N21-BF8	317,8	290,591	0,335	0,18421	0,4500	28,42	55,4	63	0,26	0,661	4,152	304,743	24,43
N24-N25	400,39	285,884	0,422	5,43244	5,2004	83,17	110,2	125	0,57	1,453	2,347	298,231	30,95
N25-N26	142,01	289,496	0,150	1,06632	0,9840	36,85	55,4	63	0,44	0,765	3,112	302,608	26,57
N26-N27	256,5	289,105	0,270	0,14868	0,7137	33,14	55,4	63	0,36	0,935	4,047	303,152	26,02
N27-BF12	250,19	287,846	0,264	0,14502	0,4500	27,52	55,4	63	0,25	0,464	4,511	302,357	26,82
N25-N29	529,66	283,628	0,558	0,30701	3,5085	69,70	96,8	110	0,52	1,896	4,243	297,871	31,31
N29-BF1	42,97	284,939	0,045	0,02491	0,4500	24,59	55,4	63	0,20	0,053	4,296	299,235	29,94
N29-N32	558,66	285,482	0,589	0,32382	2,4244	59,15	79,2	90	0,56	2,949	6,668	302,150	27,03
N32-N33	260,49	291,287	0,275	0,15099	0,8059	34,90	55,4	63	0,40	1,149	7,817	309,104	20,07
N33-N34	244,52	283,404	0,258	0,14173	0,5482	29,64	55,4	63	0,29	0,593	8,410	301,814	27,36
N34-N35	86,52	282,438	0,091	0,05015	0,4570	25,41	55,4	63	0,21	0,120	8,530	300,968	28,21
N35-BF3	6,65	282,34	0,007	0,45385	0,4500	24,04	55,4	63	0,19	0,008	8,538	300,878	28,30
N32-N37	146,47	284,301	0,154	1,27454	1,1896	40,28	66	75	0,37	0,460	8,278	302,579	26,60
N37-BF2	38,58	285,379	0,041	0,47236	0,4500	24,52	55,4	63	0,20	0,047	8,325	303,704	25,47
N37-BF11	236,25	281,529	0,249	0,58694	0,4500	27,34	55,4	63	0,24	0,427	8,957	300,486	28,69
N17-BF6	19	301,568	0,020	0,46101	0,4500	24,23	55,4	63	0,19	0,022	2,528	314,096	15,08

Annexe 24 : Résultats du dimensionnement des butées

Évaluation des Butées															
	Dext/int	**Dint (mm)**	**D(mm)**	**d (mm)**	**S (cm²)**	**plus grande surface (cm²)**	**plus pétite surface (cm²)**	**Coeffient K**	**Pression d'essai (bars)**	**Force de poussée (DaN)**	**Vbutée (m3)**	**L (m)**	**l (m)**	**h (m)**	**V (m3)**
Té	180/158,6	180			254,469			1	5	1272,35	1,097	1,1	1	1	1,1
	180/158,6	180			254,469					1272,35	1,097	1,1	1	1	1,1
	180/158,6	180			254,469					1272,35	1,097	1,1	1	1	1,1
	180/158,6	180			254,469					1272,35	1,097	1,1	1	1	1,100
	125/110,2	125			122,718					613,59	0,529	1	0,9	0,6	0,540
	110/96,8	110			95,033					475,17	0,410	1	0,9	0,6	0,54
	110/96,8	110			95,033					475,17	0,410	1	0,9	0,6	0,54
	90/79,2	90			63,617					318,09	0,274	1	0,6	0,6	0,36
	90/79,2	90			63,617					318,09	0,274	0,8	0,6	0,6	0,288
	90/79,2	90			63,617					318,09	0,274	0,8	0,6	0,6	0,288
	75/63	75			44,179					220,89	0,190	0,7	0,6	0,5	0,21
	75/63	75			44,179					220,89	0,190	0,7	0,6	0,5	0,21
	75/63	75			44,179					220,89	0,190	0,7	0,6	0,5	0,21
	63/55,4	63			31,172					155,86	0,134	0,6	0,5	0,5	0,15
	63/55,4	63			31,172					155,86	0,134	0,6	0,5	0,5	0,15
Réducteur	90/75		90	75		63,617	44,179			0,00	0,000	0,6	0,5	0,5	0,15
	75/63		75	63		44,179	31,172			0,00	0,000	0,5	0,5	0,5	0,125
Coude 90°	90/79,2	90			63,617			1,4142		449,84	0,388	1,3	1,3	1,2	2,028
	63/55,4	63			31,172					220,42	0,190	0,7	0,7	0,6	0,294
	63/55,4	63			31,172					220,42	0,190	1,3	1,3	1,2	2,028
	63/55,4	63			31,172					220,42	0,190	0,7	0,7	0,6	0,294
	63/55,4	63			31,172					220,42	0,190	0,6	0,6	0,6	0,216
	Volume total (m3)														13,021

Annexe 25 : Dévis estimatif

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
FRAIS GENERAUX				
Installation et Repli de chantier	Forfait	1	4 000 000	4 000 000
Dossier de récolement des travaux	Forfait	1	1 500 000	1 500 000
Essai de fonctionnement général	Forfait	1	1 500 000	1 500 000
TOTAL FRAIS GENERAUX				**7 000 000**
Electropompes immergées et accessoires de raccordement				
Fourniture et installation d'une électropompe immergée hybride (Grundfos SP5A-33, Q=5 m3/h, HMT =135m), y compris accessoires et toutes sujétions	u	1	4 000 000	4 000 000
Fourniture et installation d'une électropompe immergée hybride (Grundfos SP5A-25, Q=5 m3/h, HMT =105m), y compris accessoires et toutes sujétions	u	1	4 000 000	4 000 000
Fourniture, pose et raccordement d'une colonne d'exhaure en PEHD DN 63 PN 16 (y compris attaches)	ml	108	4 000	433 000
Fourniture et pose de raccord union inox/PEHD DN 63/50	u	2	60 000	120 000
Fourniture et pose de câble de sécurité en acier galvanisé de 6 mm^2	ml	114	5 000	571 250
Fourniture et pose de support pour tête de forage	u	2	100 000	200 000
Fourniture et installation d'électrode de niveau (haut, bas et intermédiaire)	u	6	60 000	360 000
Fourniture, pose et raccordement d'un coffret étanche contenant un disjoncteur moteur calibré au courant du moteur, une horloge programmable (programme du temps de pompage recommandé), les relais de commande de contrôle et de protection, de bouton poussoir et voyant de présence tension et de défaut.	u	2	500 000	1 000 000
Fourniture et installation d'un système permettant l'arrêt automatique de la pompe et sa reprise en cas de remplissage du château	Forfait	2	250 000	500 000

Fourniture et installation d'un système permettant l'arrêt automatique de la pompe et sa reprise en cas de remplissage du château	forfait	2	250 000	500 000
Fourniture et pose de câble U 1000 R 02 V 4 x 16 mm2 Cu (Onduleur/inverseur au coffret électrique du forage)	ml	50	6 000	300 000
Fourniture et pose de câble U 1000 R 02 V 4 x 25 mm2 Cu (Coffret -forage)	ml	20	10 000	200 000
Fourniture et pose de câble submersible 4 x 4 mm2 Cu (forage)	ml	110	3 500	385 000
Fourniture et pose de fil électrique submersible 1x1, 5 mm2 pour électrodes	ml	360	2 500	900 000
Fourniture et pose de câble 2 x 2, 5 mm2 pour mano-pressostat	ml	20	3 000	60 000
Fourniture et pose d'une boîte de jonction étanche	u	2	50 000	100 000
Fourniture et pose de tuyau galva DN 50/60	barre	2	20 000	40 000
Fourniture et pose de coude galva MF 1/4 DN 50/60	u	6	6 000	36 000
Fourniture et pose de purgeur DN 40	u	2	25 000	50 000
Fourniture et pose de compteur mécanique, DN 50 à brides, ratio R = 160	u	2	200 000	400 000
Fourniture et pose de Clapet anti-retour, DN 50/60	u	2	15 000	30 000
Fourniture et pose de vanne d'arrêt ¼ DN 50/60	u	2	175 000	350 000
Fourniture et pose de mamelon galvanisé DN 50/60	u	2	10 000	20 000
Fourniture et pose de ventouse avec robinet	u	2	100 000	200 000
Fourniture et pose mano-pressostat (0 - 10 bars)	u	2	100 000	200 000
Fourniture et pose de filtre à tamis DN 50	u	2	100 000	200 000
Fourniture et pose de robinet de puisage DN15/21	u	2	3 500	7 000
Fourniture, pose et raccordement d'un parafoudre DC 800 V y compris toutes sujétions	u	2	300 000	600 000
Fourniture, pose et raccordement d'un coupe circuit CC pour la partie continu compris toutes sujétions	u	2	100 000	200 000
Poire de détection de niveau (bas, moyen, haut) pour château	u	2	250 000	500 000
Puit de terre équipé et mise à la terre de tous les équipements y compris toutes sujétions	u	2	500 000	1 000 000
Fourniture et pose d'inverseur manuel	u	2	300 000	600 000

TOTAL Electropompes immergées et accessoires de raccordement				**17 562 250**
REFOULEMENT				
Fouilles et remblai pour pose de conduites PEHD de diamètre inférieur ou égal à 110 mm en terrain de toute nature	ml	1 931	2 000	3 862 000
Fourniture et pose de canalisation PEHD DN 63 PN 16 y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	1 376	6 000	8 256 000
Fourniture et pose de canalisation PEHD DN 75 PN 16 y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	555	8 000	4 440 000
Essai de pression, lavage, désinfection et rinçage des canalisations	ml	1 931	375	724 125
Fourniture et pose de pièces spéciales de raccordement (coudes, Té, …)	ens	1	400 000	400 000
Fourniture et pose d'une ventouse et d'une vidange sur la conduite de refoulement	ens	1	750 000	750 000
Mise en place de butées en béton	m^3	2,2	80 000	176 000
Construction de bornes d'indication des passages des conduites pour le réseau de refoulement	u	18	10 000	180 000
TOTAL REFOULEMENT				**14 926 125**
RESEAU DE DISTRIBUTION				
Fouilles et remblais pour tout type de terrain pour conduites de diamètre supérieur à 110 mm en terrain de toute nature	ml	2 129	3 000	6 387 000
Fouilles et remblais pour tout type de terrain pour conduites de diamètre inférieur ou égal à 110 mm en terrain de toute nature	ml	7 021	2 000	14 042 000
Fourniture et pose de tuyau PEHD de 63 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	4 131	4 500	18 589 500
Fourniture et pose de tuyau PEHD de 75 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	759	5 000	3 795 000
Fourniture et pose de tuyau PEHD de 90 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	1 541	5 500	8 475 500
Fourniture et pose de tuyau PEHD de 110 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	590	8 200	4 838 000

Fourniture et pose de tuyau PEHD de 125 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	400	8 700	3 480 000
Fourniture et pose de tuyau PEHD de 180 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	ml	1 729	12 000	20 748 000
Essai de pression, lavage, désinfection et rinçage des canalisations	ml	9 150	375	3 431 250
Fourniture et pose de té fonte réduit DN 180 PN 10	u	4	35 000	140 000
Fourniture et pose de té fonte réduit DN 125 PN 10	u	1	32 000	32 000
Fourniture et pose de té fonte réduit DN 110 PN 10	u	2	30 000	60 000
Fourniture et pose de té fonte réduit DN90 PN10	u	3	22 000	66 000
Fourniture et pose de té fonte réduit DN75 PN10	u	3	20 000	60 000
Fourniture et pose de té fonte réduit DN 63 PN 10	u	2	17 000	34 000
Fourniture et pose d'adaptateur à brides fonte/PVC DN 180 PN 10	u	4	35 000	140 000
Fourniture et pose d'adaptateur à brides fonte/PVC DN 160 PN 10	u	2	35 000	70 000
Fourniture et pose d'adaptateur à brides fonte/PVC DN 140 PN 10	u	2	32 000	64 000
Fourniture et pose d'adaptateur à brides fonte/PVC DN 125 PN 10	u	8	30 000	240 000
Fourniture et pose d'adaptateur à brides fonte/PVC DN 110 PN 10	u	8	27 500	220 000
Fourniture et pose d'adaptateur à brides fonte/PVC DN 90 PN 10	u	2	25 000	50 000
Fourniture et pose d'adaptateur à brides fonte/PVC DN 75 PN 10	u	8	22 500	180 000
Fourniture et pose d'adaptateur à brides fonte/PVC DN 63 PN 10	u	49	22 000	1 078 000
Fourniture et pose de joints plats caoutchouc fibres DN 180	u	4	1 400	5 600
Fourniture et pose de joints plats caoutchouc fibres DN 140	u	2	1 200	2 400
Fourniture et pose de joints plats caoutchouc fibres DN 125	u	8	1 000	8 000
Fourniture et pose de joints plats caoutchouc fibres DN 110	u	8	1 000	8 000
Fourniture et pose de joints plats caoutchouc fibres DN 90	u	2	750	1 500
Fourniture et pose de joints plats caoutchouc fibres DN 75	u	8	750	6 000
Fourniture et pose de joints plats caoutchouc fibres DN 63	u	40	500	20 000
Fourniture et pose de boulons acier 16/80	u	332	650	215 800

Coude 1/4 à emboîtement DE 90/75	u	1	10 000	10 000
Coude 1/4 à emboîtement DE 90	u	1	8 000	8 000
Coude 1/4 à emboîtement DE 75/63	u	1	4 000	4 000
Coude 1/4 à emboîtement DE 63	u	4	4 000	16 000
Fourniture et pose de robinet - vanne DN 180	u	4	160 000	640 000
Fourniture et pose de robinet - vanne DN 125	u	1	150 000	150 000
Fourniture et pose de robinet - vanne DN 110	u	3	145 000	435 000
Fourniture et pose de robinet - vanne DN 90	u	5	130 000	650 000
Fourniture et pose de robinet - vanne DN 75	u	7	120 000	840 000
Fourniture et pose de robinet - vanne DN 63	u	20	80 000	1 600 000
Fourniture et pose de ventouse 3 fonctions sur conduite PehD DN 63 à DN 180 PN 10 y compris la construction de regards en maçonnerie	u	4	200 000	800 000
Fourniture et pose d'équipements de **VIDANGE** DN 110 y compris la construction de regards en maçonnerie	u	1	400 000	400 000
Fourniture et pose de tube allonge pour robinet vanne	u	5	1 200	6 000
Construction de massif de butée et/ou d'ancrage dosé à 350 kg/m3	ens	22	150 000	3 300 000
Réalisation de branchements particuliers	u	906	150 000	135 900 000
Fourniture et pose de pièces de robinetterie et de raccordement de bornes fontaines (collier de prise, réduction, robinet d'arrêt bouche à clé, adapteur galva/PVC, tuyauteries galva, robinet-vanne, compteur, robinets de puisage, etc…).	u	20	200 000	4 000 000
Fourniture et pose de bornes d'indication des conduites sur réseau de distribution	ens	1	400 000	400 000
TOTAL RESEAU DE DISTRIBUTION		**9 150**		**235 646 550**
TRAITEMENT				
Fourniture de filtre doseur	forfait	1	950 000	950 000
Fournitures de pièces et travaux de plomberie	ens	1	600 000	600 000

Fourniture de désinfectant alimentaire chlore en pastille (fût de 45kg)	ens	1	450 000	450 000
Fourniture et pose de support et hangar de protection	ens	1	750 000	750 000
Fouille et remblais pour installation	ens	1	250 000	250 000
Main d'œuvre (plomberie et mise en service)	forfait	1	1 500 000	1 500 000
Formation des techniciens pour l'exploitation	forfait	1	750 000	750 000
TOTAL TRAITEMENT				**5 250 000**
GENIE CIVIL ET SYSTÈME D'ECLAIRAGE				
Construction d'une clôture (25mx25m) en maçonnerie d'agglos creux pour l'ensemble des locaux (tête de forage, local bureau/magasin, local groupe électrogène, station solaire et latrine VIP et douche), avec un portail à deux battants et un portillon, y compris une longrine et toutes sujétions.	forfait	2	5 000 000	10 000 000
Construction du local technique Bureau/magasin, fourniture et pose des accessoires, appareillages électriques (fileries, lampes, interrupteurs, prises, etc.) pour électrification du local, y compris toutes sujétions.	ens	2	3 000 000	6 000 000
Construction de local de gardiennage	u	2	1 500 000	3 000 000
Construction d'un ensemble Latrine VIP-douche, avec un regard et un puisard, fourniture et pose des accessoires, appareillages électriques (fileries, lampes, interrupteurs, prises, etc.) pour électrification, y compris toutes sujétions	u	2	1 000 000	2 000 000
Construction de regards de 1,5 m x 1,5 m x 1,5 m pour vannes et ventouse	u	8	450 000	3 600 000
Construction des bornes fontaines, y compris toutes sujétions conformément au plan fourni	u	12	800 000	9 600 000
Fourniture et pose d'un dispositif de vidange	u	2	500 000	1 000 000
Fourniture et pose de lampadaire solaire à côté des bornes fontaines	u	12	200 000	2 400 000
Construction du local groupe électrogène pouvant contenir le groupe électrogène, l'extincteur et l'armoire électrique y compris les installations électriques intérieures et toutes sujétions.	forfait	2	3 000 000	6 000 000
Mise en place d'une clôture grillagée de 25m *25 m, maille 5mm*5 mm, hauteur 2m y compris support et portail d'entrée pour les installations solaires	forfait	2	2 500 000	5 000 000

Structure support trianglée en aluminium inclinée à 15°	u	2	400 000	800 000
Protection des conduites au niveau des ravins (fourreautage +gabions) y compris toutes sujétions	ml	200	15 000	3 000 000
TOTAL GENIE CIVIL ET SYSTÈME D'ECLAIRAGE				**52 400 000**
CHÂTEAUX D'EAU				
Fourniture et pose d'un château d'eau métallique de 130 m3, hc=11 m y compris :	forfait	1	62 000 000	62 000 000
-l'ensemble des canalisations -				
Alimentation -distribution -				
Vidange trop plein-compteur, dispositif de by-pass entre la conduite de refoulement et de distribution				
-l'ensemble des pièces de				
Raccordement selon plan joint - Indicateur d'eau				
té - coude - vanne - flotteur-essai d'étanchéité et toutes sujétions				
Etudes de sol et fondation du château d'eau	forfait	1,00	500 000	500 000
TOTAL CHÂTEAU D'EAU				**62 500 000**
ENERGIE				
Fourniture et pose d'un groupe électrogène de 17 KVA	u	2	5 000 000	10 000 000
Fourniture, pose, raccordement et essai d'un onduleur RSI 5,5 KVA	u	1	650 000	650 000
Fourniture, pose, raccordement et essai d'un onduleur RSI 7,5 KVA	u	1	750 000	750 000
Fourniture, pose et essai de panneaux solaire poly cristallin de 300 Wc 24V y compris toutes sujétions de pose et de raccordement pour chaque forage	u	40	190 000	7 600 000
Aménagement d'une station photo - voltaïque (charpente métallique composée de : portiques en tube carré (70x70x5) galva et pannes en Z (H:60; B_d:30; B_g:32; C:15; épaisseur : 3mn) galva et accessoires), avec une hauteur minimale de 2,50mètres, y compris toutes sujétions.	u	2	2 000 000	4 000 000
TOTAL ENERGIE				**23 000 000**

FORMATIONS DES BENEFICIAIRES				
Formation des acteurs communaux sur les questions d'eau et d'assainissement	ens	1	2 000 000	2 000 000
Formation des bénéficiaires sur le fonctionnement des équipements du réseau	ens	1	1 000 000	1 000 000
TOTAL FORMATIONS DES BENEFICIAIRES				**3 000 000**
MONTANT TOTAL HTVA DE SML DE (SAPALA/ISSAPOUGO/KERA/TIEMA)				**421 284 925**
SUIVI ET CONTRÔLE DES TRAVAUX		**5%**		**21 064 246**
TOTAL GENERAL HTVA				**442 349 171**
MONTANT DE LA TVA (18%)				**79 622 851**
MONTANT TOTAL TTC				**521 972 022**
IMPREVU		2%		**10 439 440**
MONTANT GENERAL DU PROJET				**532 411 463**

Annexe 26 : Calcul des amortissements et des charges d'exploitations

Dotation aux amortissements [FCFA]			
Désignation	**Durée de vie [ans]**	**Flux d'investissement [FCFA]**	**Amortissement [FCFA/an]**
Electropompe	10	8 000 000	800 000
Bornes fontaines	10	9 600 000	1 600 000
Onduleur	5	1 400 000	460 000
Groupe électrogène	10	10 000 000	1 500 000
Accessoires	5	9 562 250	2 816 400
Total		**38 562 250**	**4 952 450**
Total horizon du projet (sur 25 ans)			**123 811 250**
Charge du personnel			
Désignation	**Personnel**	**Salaire et prime mensuels [FCFA]**	**Montant annuel [FCFA]**
Chef du réseau	1	70 000	840 000
Agent de Maintenance	1	50 000	600 000
Agent de gardiennage	2	45 000	1 080 000
Fontainier	12	50 000	7 200 000
Total annuel			**9 720 000**
Total horizon du projet (sur 25 ans)			**243 000 000**
Charges de fonctionnement			
Désignation	**Fréquence**	**Durée [par ans]**	**Montant annuel [FCFA]**
Entretien du réseau	3 mois	4	200 000
Entretien du château	3 mois	4	200 000
Entretien du forage	3 mois	4	200 000
Carburant pour groupe électrogène (Jour)	56,1	20 477	13 821 638
Entretien groupe électrogène	3 mois	4	200 000
Maintenance du champ photovoltaïque	3 mois	4	200 000
Chloration (Kg)	0,6	219	3 723 000
Autres frais	FCFA	FCFA	6 000 000
Total charges de fonctionnement			**24 544 638**
Total horizon du projet (sur 25 ans)			**613 615 938**
Total charges d'exploitation horizon du projet			**856 615 938**

Annexe 27: Differents modes de gestion des AEPS au Burkina-Faso

Mode de gestion	**Avantages**	**Inconvenneints**	**Conditions de mise en oeuvre**
La régie directe	Création d'emplois	Tous les risque pèsent sur la commune	Réalisation d'une étude de faisabilité
	Maitrise de l'exploitation des ouvrages	Augmantation des charges de travail	Personnel qualifié et competent
	Proximité de service Souplesse dans les choix	Risque d'impact politique sur les choix	Déliberation du conseil municipal Présence d'infrastructures et de ressources humaines
	Valorisation de l'expertise locale	Lourdeur dans les procédure d'acquisition des biens	Existence d'un fond de roulement
	Moins de charges Dividende politique		Fonctinalité des installations
La régie autonome	Création d'emplois	Tous les risque pèsent sur la commune	Réalisation d'une étude de faisabilité
	Maitrise de l'exploitation des ouvrages Proximité de service Fluidité dans les décisions Valorisation de l'expertise locale	Augmantation des charges de travail Risque d'impact politique sur les choix Lourdeur dans les procédures d'acquisition des biens	Personnel qualifié et competent Déliberation du conseil municipal Disponibilité d'infrastructures et de moyen de travail Existence d'un fond de roulement
Affermage	Moins de charges et de risques	Maitrise d'ouvrage non complètement assurée	Réaliser d'une étude de faisabilité

	Moins de contrainte dans les démarches d'achat Disponibilité du personnel qualifié Qualité du service	Possibilité de rupture du contrat par le fermier Partage des bénéfices éventuels La capacité et la probité du fermier ne sont pas garanties	Appel à concurrence pour le choix du fermier Inventaires des installations Obtenir une délibération du conseil municipal
Concession	Les resultats sont finalements attribués à la commune qui n'est pas garantie	Les conséquences n'apparaissent qu'à la fin de la concession	Il faut obtenir l'approbation du conseil municipal
	Evacuation complète de la commune Les taxes perçues pour la commune	En général les infrastructures laissées à la fin sont inocupées La croissance de l'expertise communale est faible	Rechercher un prestataire public ou privé dans le domaine Signataire d'un contrat

Annexe 28 : Surveillance environnementale

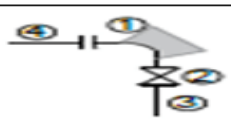
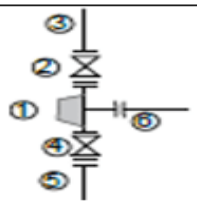
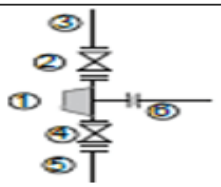
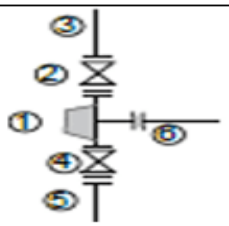
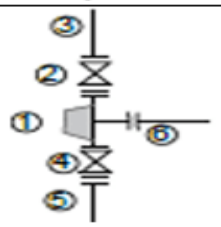
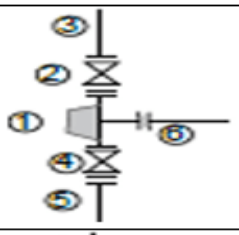
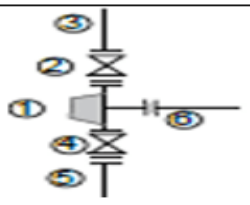
Mesures d'atténuation	Indicateurs	Fréquence de mesure	Responsable	Moyen de vérification
Arrosage fréquent de la piste d'accès et des emprises des zones de circulation des engins	Degré des pollutions enregistrés au cours des travaux	Quotidienne	Structure de contrôle	Rapport d'incident
Entretien régulier des engins (machines et engins) pour corriger les émissions de gaz	Degré des pollutions et nuisances enregistrées au cours des travaux	Quotidienne	Structure de contrôle	Rapport d'incident
Fournir les EPI aux travailleurs et les rendre obligatoire pendant les travaux	Nombre des EPI offerts	Quotidienne	Entreprise d'exécution ; Structure de Contrôle	Rapport de chantier
Baliser les tranchées par des rubans avertisseurs	Nombre de tranchées barricadés	Quotidienne	Entreprise d'exécution ; Structure de Contrôle	Rapport de chantier
Utilisation de machines et engins minimisant les vibrations	Absence de bruits	Quotidienne	Structure de contrôle	Rapport de chantier
Installation de panneaux avertisseurs et de limitation de vitesse	Nombre d'incidents enregistrés au cours de la réalisation du projet	Hebdomadaire	Entreprise ou Structure de contrôle	Rapport d'incidents
Recrutement de la main d'œuvre locale	Nombre d'ouvriers recrutés par l'entreprise au sein de la population locale	Mensuelle	Entreprise d'exécution des travaux	Rapport de chantier

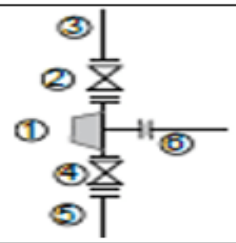
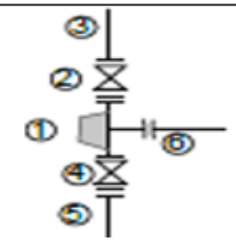
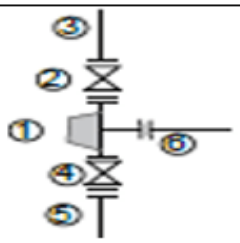
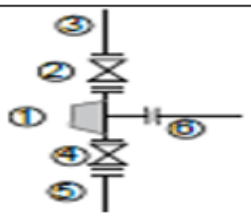
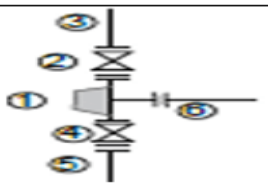
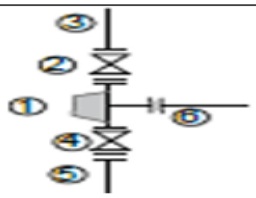
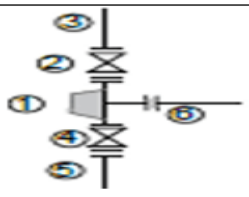
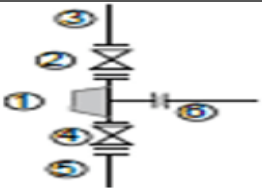
Séances de sensibilisation sur les IST et le VIH/SIDA	Nombre de personnes sensibilisés sur les IST et le VIH/SIDA et nombre d'affiches réalisées et de préservatifs offerts	Hebdomadaire	Entreprise d'exécution des travaux	Rapport de chantier
Maintien d'une bonne collaboration avec les comités villageois de développement (CVD) et des conseillers locaux pour gérer les éventuels conflits ou désagréments	Nombre de conflits gérés	Hebdomadaire	Entreprise d'exécution des travaux	Rapport d'incident
Réalisation de plantations d'arbressur les sites concernés en vue de compenser les déboisements consécutifs aux travaux.	Nombre d'arbres plantés	Fin des travaux	Structure de contrôle	Procès – verbaux de réception définitive
Nettoyage et remise en état du site à la fin des travaux	Absence de déchets sur le site, Nombre de tranchées ouvertes et remises en état ;	Fin des travaux	Structure de contrôle	Procès – verbaux de réception définitive

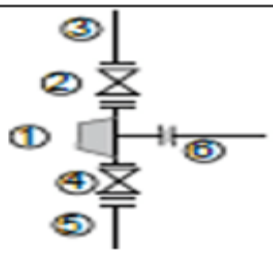
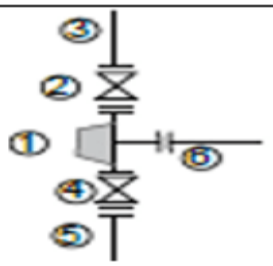
Annexe 29 : Suivi environnemental

Impacts	Indicateurs de suivi	Paramètres de suivi	Fréquence de mesure	Responsables	Source de vérification
Gestion du système d'approvisionnement en eau potable	Nombre de personnes formées	Quantité d'eau vendue, recettes de l'eau vendue	Trimestrielle	Entreprise de suivi et d'exécution des travaux	Rapport de formation
Qualité de l'eau distribuée	Quantité de bactéries trouvées, valeur des paramètres (pH, turbidité, température de l'eau	Analyses physico-chimiques, organoleptiques et bactériologiques	Mensuelle	Laboratoires, gestionnaire et le ministère de la santé	Fiches d'analyse
Santé	Nombre de personnes atteints de maladies hydriques	Cas de maladies enregistrés	Trimestrielle	Le ministère de la santé, le ministère de la santé et le bureau de suivi des mésures d'atténuation	Rapport de santé des Centres de Santé et des Centres Hospitaliers Régionaux
Déforestation	Nombre de plantes existants	Nombre de plantes fannées	Trimestrielle	Le bureau de suivi des mésures d'atténuation	Rapport du bureau de suivi de suivi

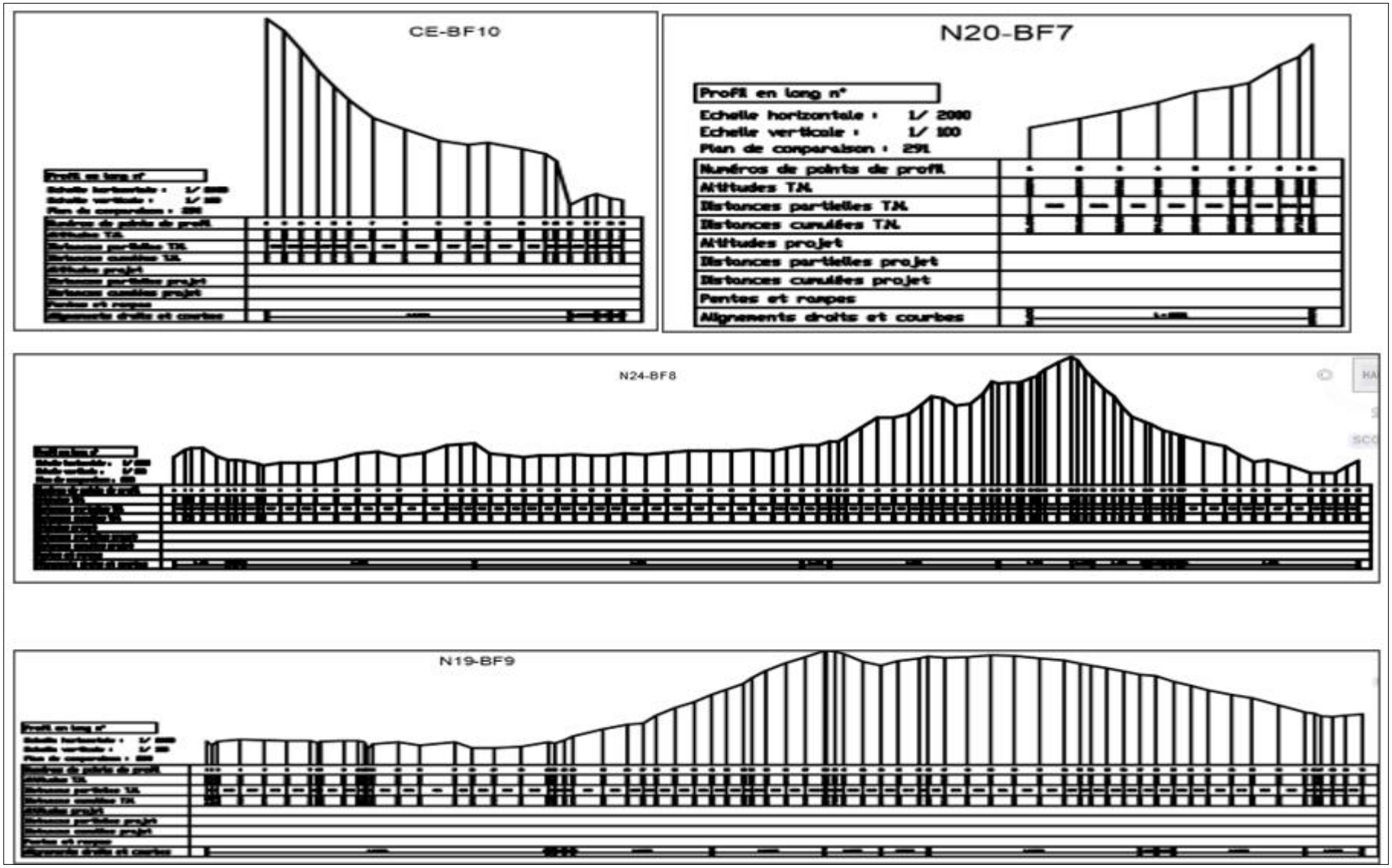
Annexe 30 : Carnet des nœuds

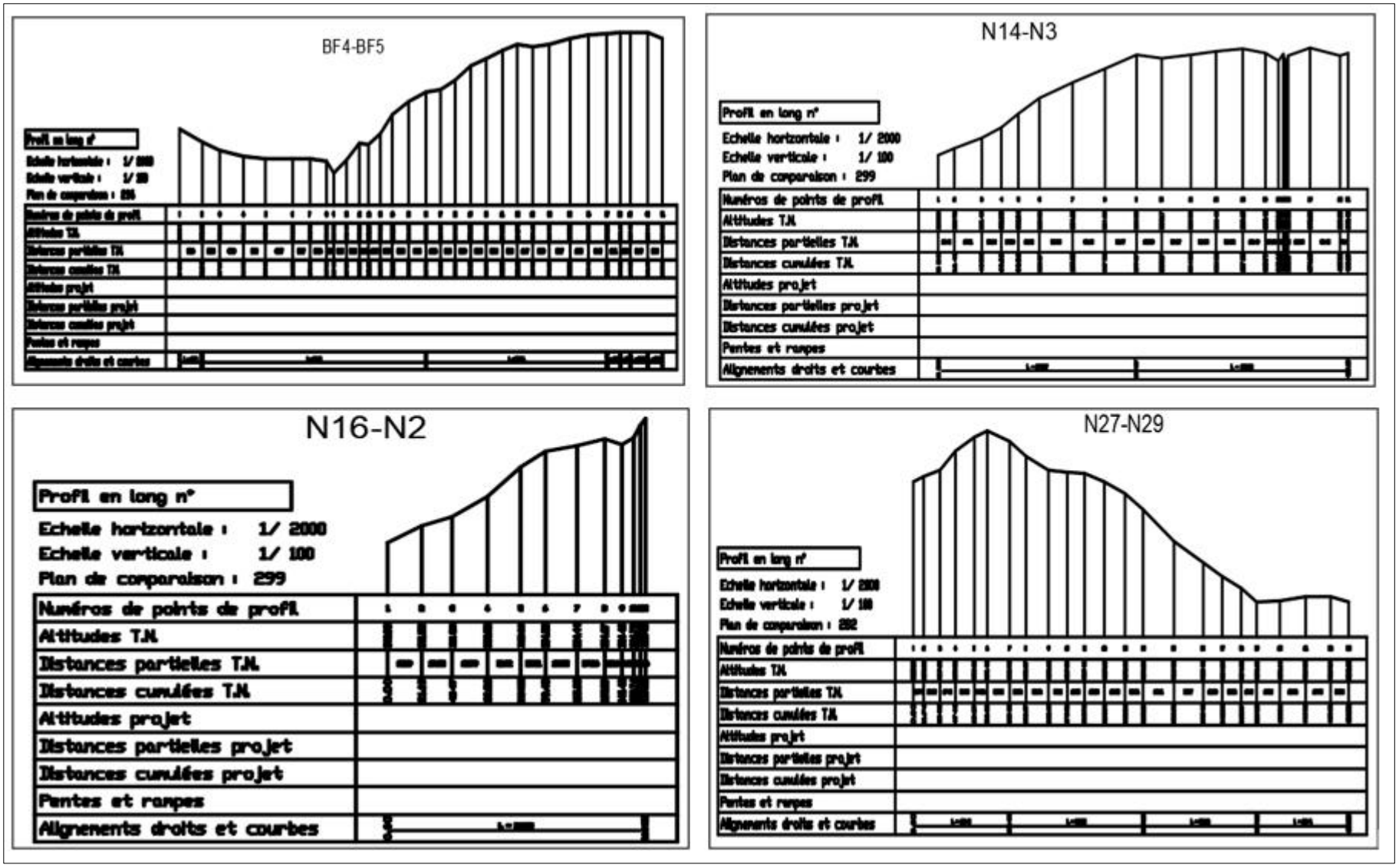
Noeud	Schéma	Nomenclature	Nombre
5 ;6 ;9 ;15 ;34		1-Coude ¼ DN63 2-Vanne de sectionnement DN63 3-Conduite+adapteur à bride DN63 4-Conduite+adapteur à bride DN63	4 4 4 4
1		1-Coude ¼ DN90/75 2-Vanne de sectionnement DN90 3-Conduite+adapteur à bride DN90 4-Conduite+adapteur à bride DN63	1 1 1 1
1		1-Coude ¼ 2-Vanne de sectionnement DN90 3-Conduite+adapteur à bride DN90 4-Conduite+adapteur à bride DN90	1 1 1 1
3 ;20 ;37		1-Té à bride DN75/63/63 2.Vanne de sectionnement DN75 3-Conduite+adapteur à bride DN75 4-Vanne de sectionnement DN63 5-Conduite+adapteur à bride DN63 6-Conduite+adapteur à bride DN63	3 3 3 3 3 3
2		1-Té à bride DN75/75/90 2-Vanne de sectionnement DN75 3-Conduite+adapteur à bride DN75 4-Vanne de sectionnement DN75 5-Conduite+adapteur à bride DN75 6-Conduite+adapteur à bride DN90	1 1 1 1 1 1
12		1-Té à bride DN180/110/90 2-Vanne de sectionnement DN90 3-Conduite+adapteur à bride DN90 4-Vanne de sectionnement DN110 5-Conduite+adapteur à bride DN110 6-Conduite+adapteur à bride DN180	1 1 1 1 1 1
14		1-Té à bride DN90/75/75 2-Vanne de sectionnement DN75 3-Conduite+adapteur à bride DN75 4-Vanne de sectionnement DN75 5-Conduite+adapteur à bride DN75 6-Conduite+adapteur à bride DN90	1 1 1 1 1 1
16		1-Té à bride DN110/90/75 2-Vanne de sectionnement DN90 3-Conduite+adapteur à bride DN90 4-Vanne de sectionnement DN110 5-Conduite+adapteur à bride DN110 6-Conduite+adapteur à bride DN75	1 1 1 1 1 1
17		1-Té à bride DN110/110/63 2-Vanne de sectionnement DN110 3-Conduite+adapteur à bride DN110 4-Vanne de sectionnement DN110 5-Conduite+adapteur à bride DN110 6-Conduite+adapteur à bride DN63	

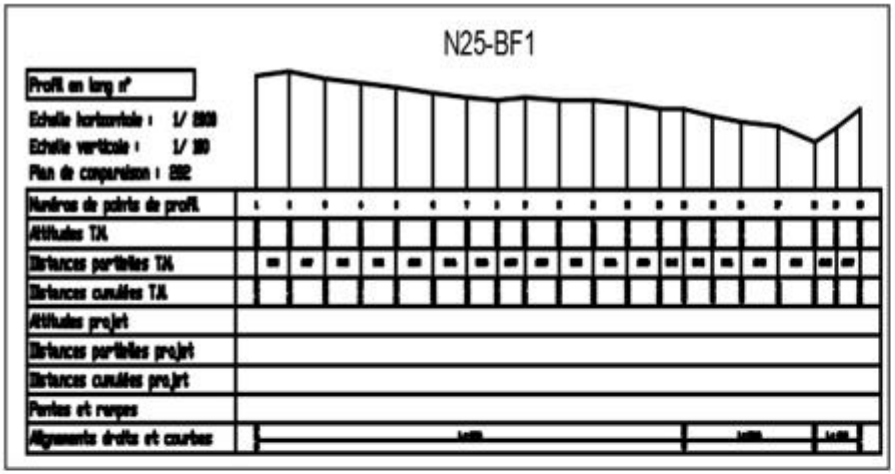
12		1-Té à bride DN180/110/90 2-Vanne de sectionnement DN90 3-Conduite+adapteur à bride DN90 4-Vanne de sectionnement DN110 5-Conduite+adapteur à bride DN110 6-Conduite+adapteur à bride DN180	1 1 1 1 1 1
14		1-Té à bride DN90/75/75 2-Vanne de sectionnement DN75 3-Conduite+adapteur à bride DN75 4-Vanne de sectionnement DN75 5-Conduite+adapteur à bride DN75 6-Conduite+adapteur à bride DN90	1 1 1 1 1 1
16		1-Té à bride DN110/90/75 2-Vanne de sectionnement DN90 3-Conduite+adapteur à bride DN90 4-Vanne de sectionnement DN110 5-Conduite+adapteur à bride DN110 6-Conduite+adapteur à bride DN75	1 1 1 1 1 1
17		1-Té à bride DN110/110/63 2-Vanne de sectionnement DN110 3-Conduite+adapteur à bride DN110 4-Vanne de sectionnement DN110 5-Conduite+adapteur à bride DN110 6-Conduite+adapteur à bride DN63	1 1 1 1 1 1
19		1-Té à bride DN180/180/75 2-Vanne de sectionnement DN180 3-Conduite+adapteur à bride DN180 4-Vanne de sectionnement DN180 5-Conduite+adapteur à bride DN180 6-Conduite+adapteur à bride DN75	1 1 1 1 1 1
23		1-Té à bride DN180/180/75 2-Vanne de sectionnement DN180 3-Conduite+adapteur à bride DN180 4-Vanne de sectionnement DN180 5-Conduite+adapteur à bride DN180 6-Conduite+adapteur à bride DN63	1 1 1 1 1 1
24		1-Té à bride DN180/180/125 2-Vanne de sectionnement DN180 3-Conduite+adapteur à bride DN180 4-Vanne de sectionnement DN125 5-Conduite+adapteur à bride DN125 6-Conduite+adapteur à bride DN180	1 1 1 1 1 1
25		1-Té à bride DN110/63/63 2-Vanne de sectionnement DN63 3-Conduite+adapteur à bride DN63 4-Vanne de sectionnement DN110 5-Conduite+adapteur à bride DN110 6-Conduite+adapteur à bride DN63	1 1 1 1 1 1

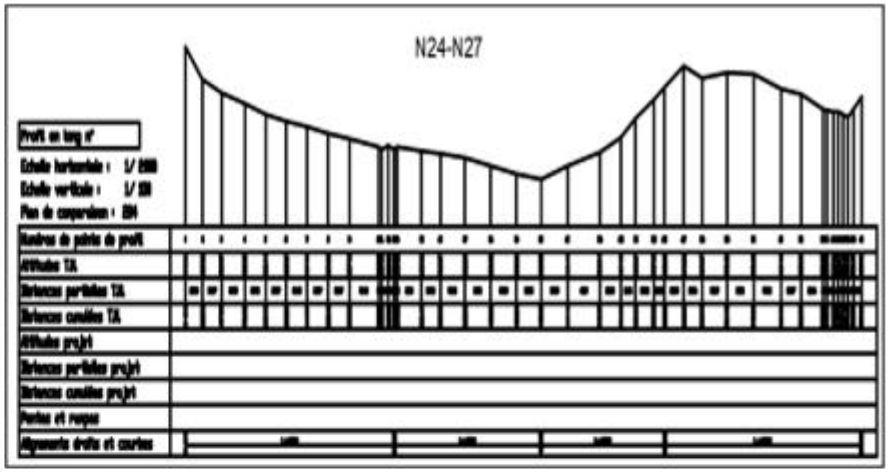
29		1-Té à bride DN110/90/63 2-Vanne de sectionnement DN110 3-Conduite+adapteur à bride DN110 4-Vanne de sectionnement DN90 5-Conduite+adapteur à bride DN90 6-Conduite+adapteur à bride DN63	1 1 1 1 1 1
32		1-Té à bride DN90 2-Vanne de sectionnement DN90 3-Conduite+adapteur à bride DN90 4-Vanne de sectionnement DN75 5-Conduite+adapteur à bride DN75 6-Conduite+adapteur à bride DN63	1 1 1 1 1 1

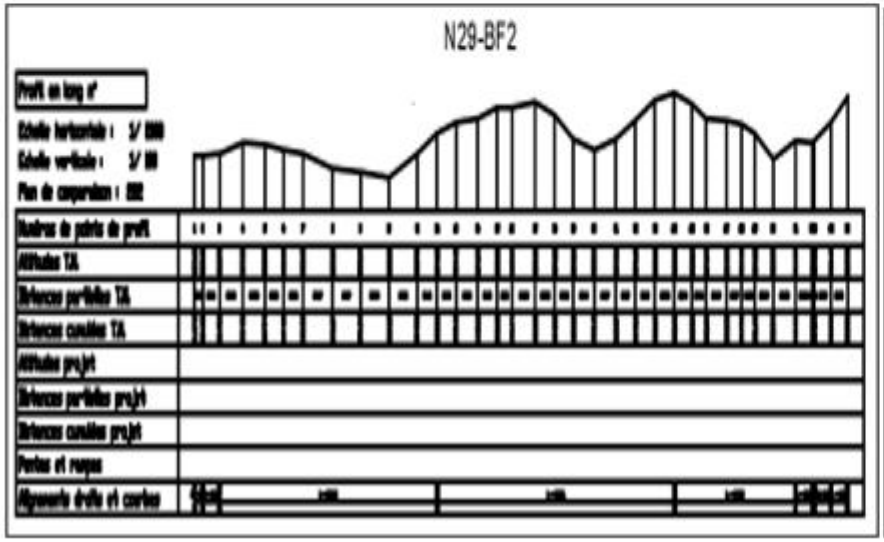
Annexe 31 : Profil en long

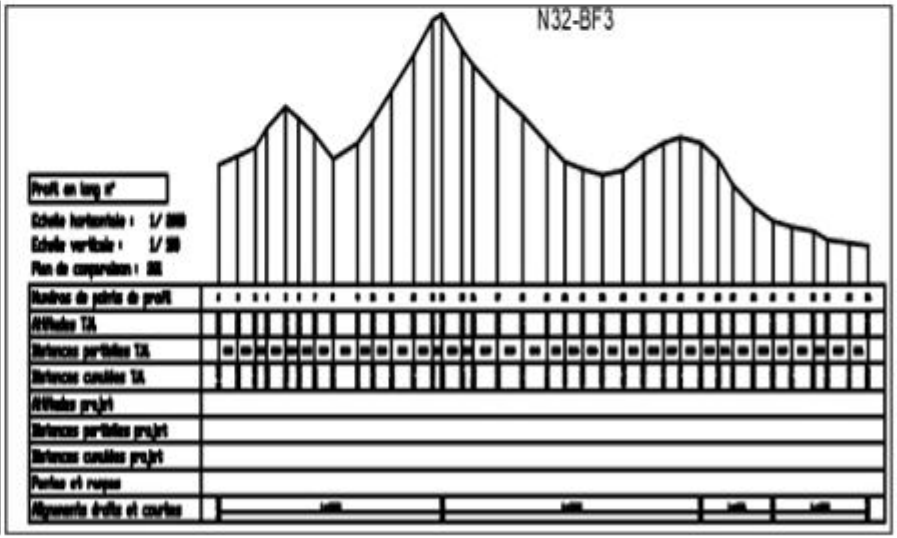


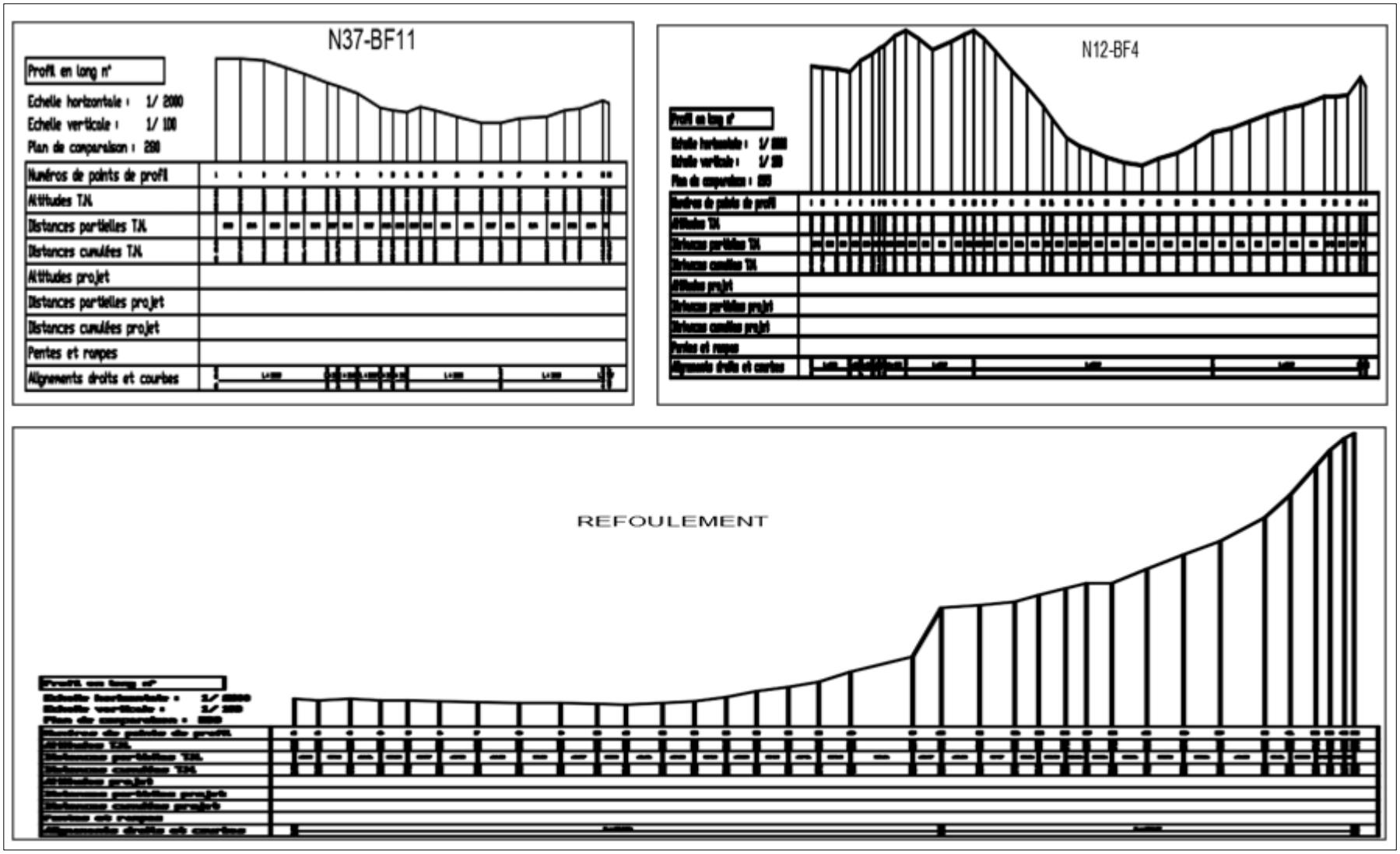

BF4-BF5
N14-N3
Profil en long n°
Echelle horizontale : 1/ 2000
Echelle verticale : 1/ 100
Plan de comparaison : 299
Numéros de points de profil
Altitudes T.N.
Distances partielles T.N.
Distances cumulées T.N.
Altitudes projet
Distances partielles projet
Distances cumulées projet
Pentes et rampes
Alignements droits et courbes
N16-N2
N27-N29


N25-BF1


N24-N27

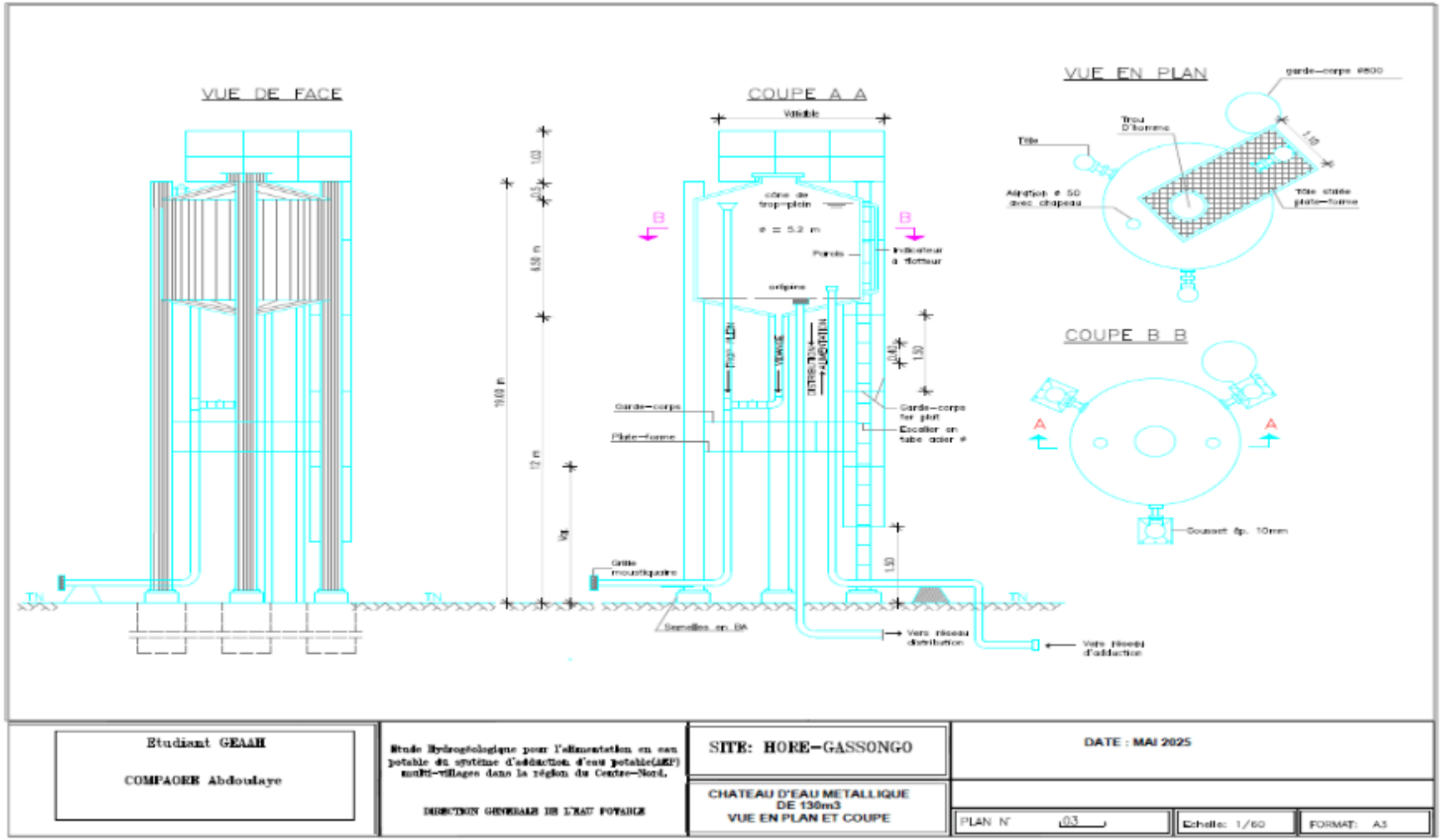

N29-BF2


N32-BF3

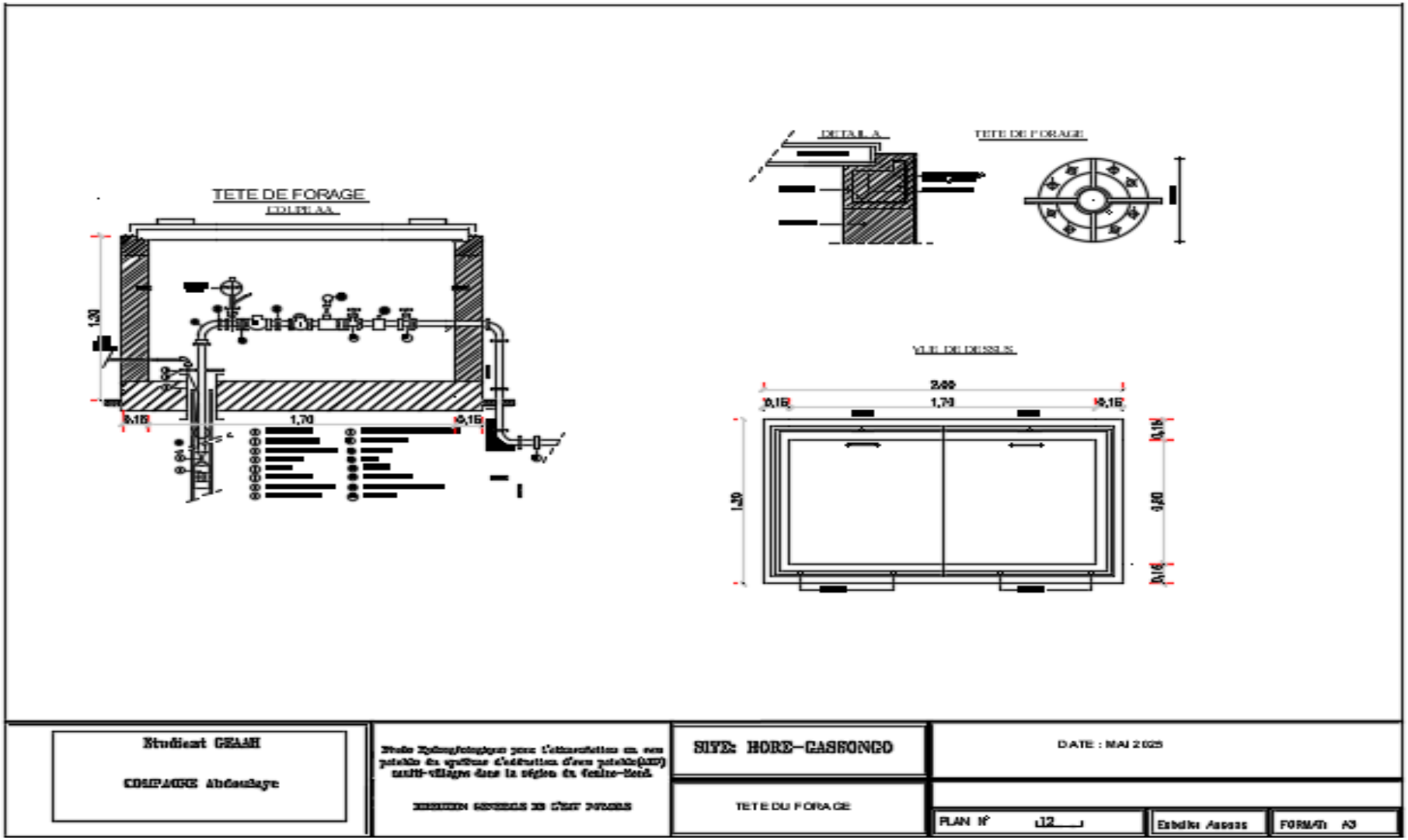

N37-BF11
Profil en long n°
Echelle horizontale : 1/ 2000
Echelle verticale : 1/ 100
Plan de comparaison : 280
Numéros de points de profil
Altitudes TN
Distances partielles TN
Distances cumulées TN
Altitudes projet
Distances partielles projet
Distances cumulées projet
Pentes et rampes
Alignements droits et courbes
N12-BF4
REFOULEMENT

ANNEXE 32 : PLANS DES OUVRAGES

Graphique 1 : Chateau d'eau LVIII
Graphique 2 : Tete de forages LX
Graphique 3 : Regard By-Pass LXI
Graphique 4 : Ouvrages du Réseau LXII
Graphique 5 : Borne fontaine LXIII
Graphique 6 : Local panneau solaire LXIV
Graphique 7 : Cloture champ solaire LXV
Graphique 8 : Local groupe électrogene LXVI
Graphique 9 : Local bureau agasin LXVII

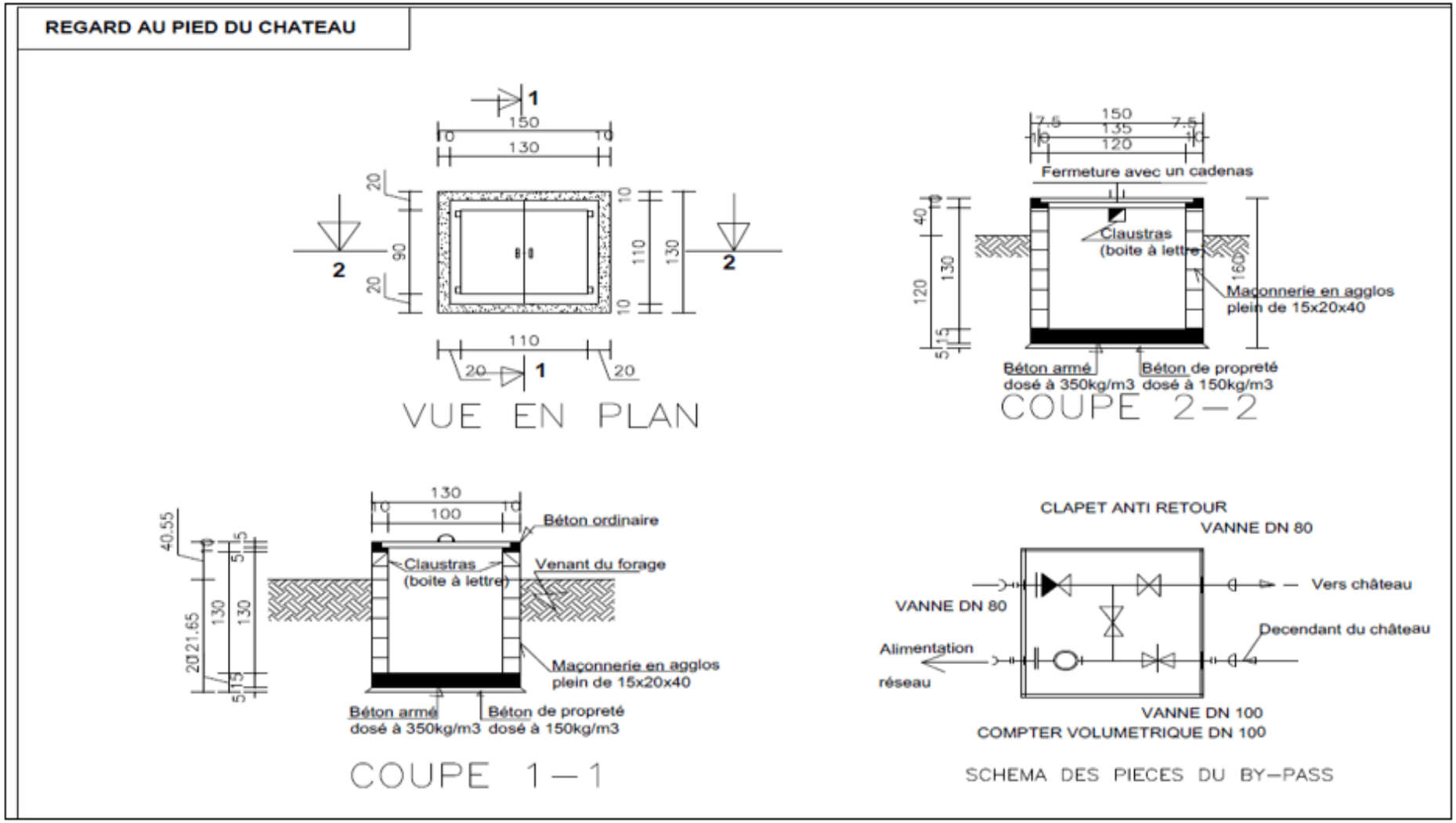


Graphique 1 : Château d'eau

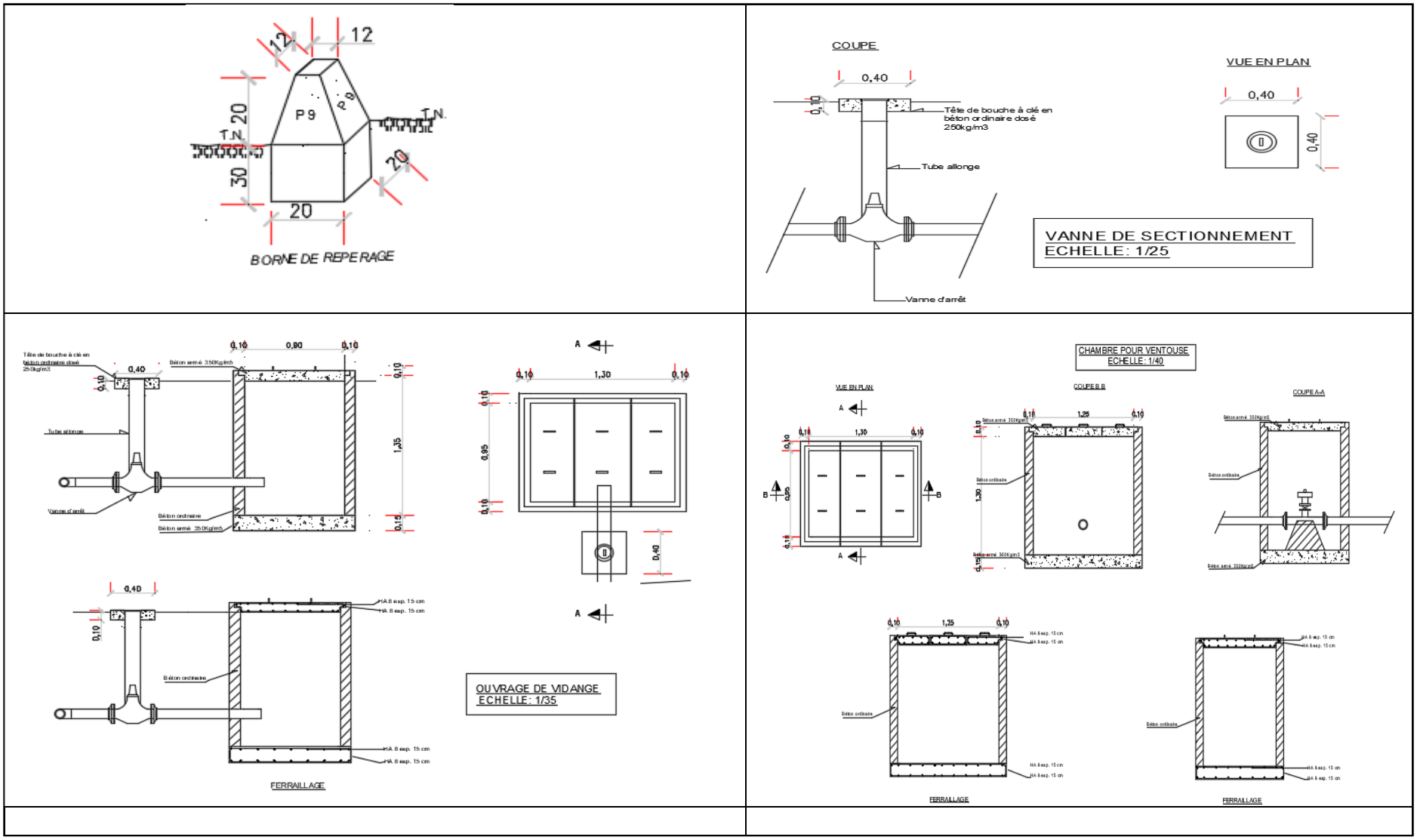


Graphique 2 : Tête de forages

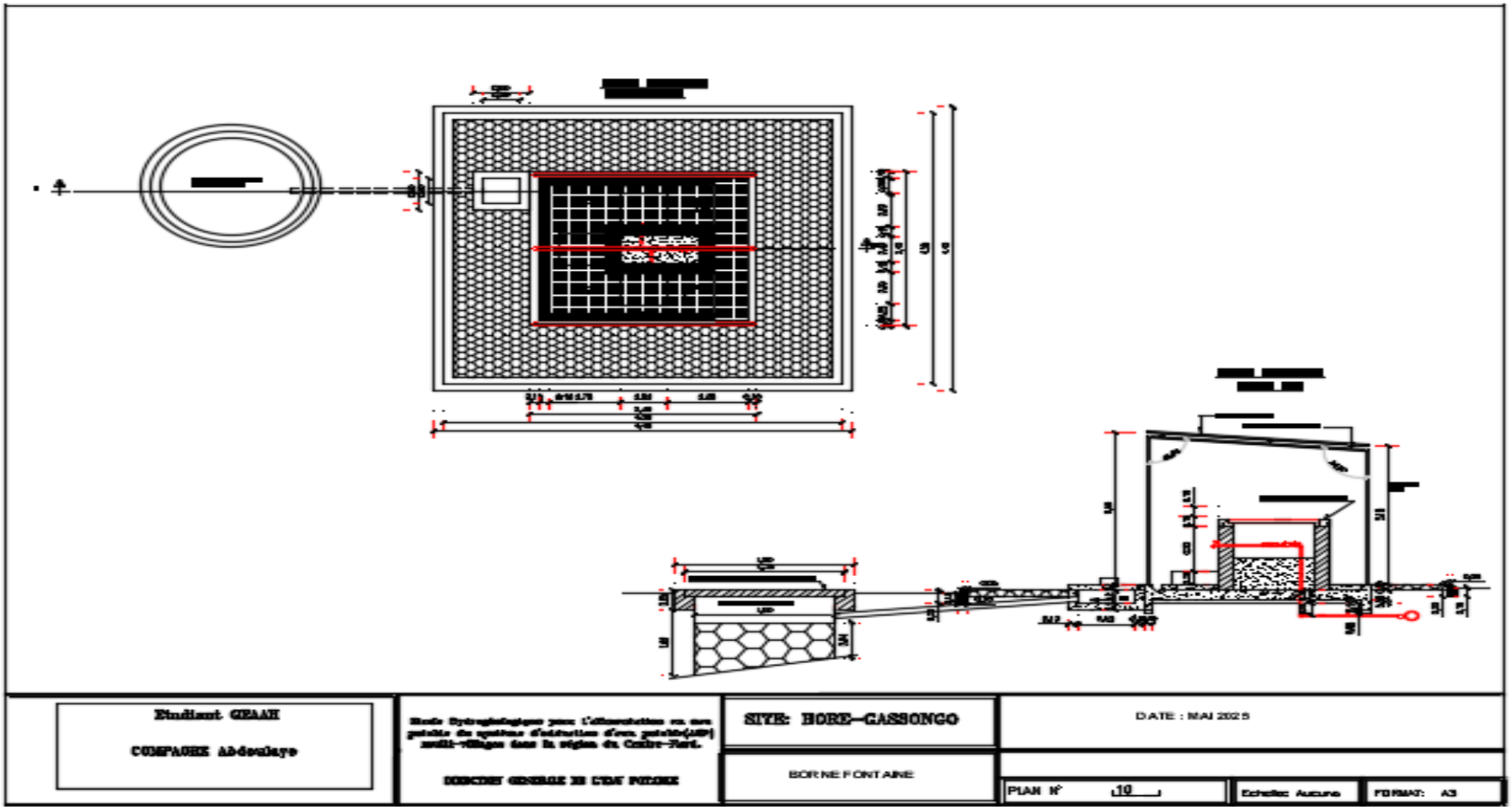
LX



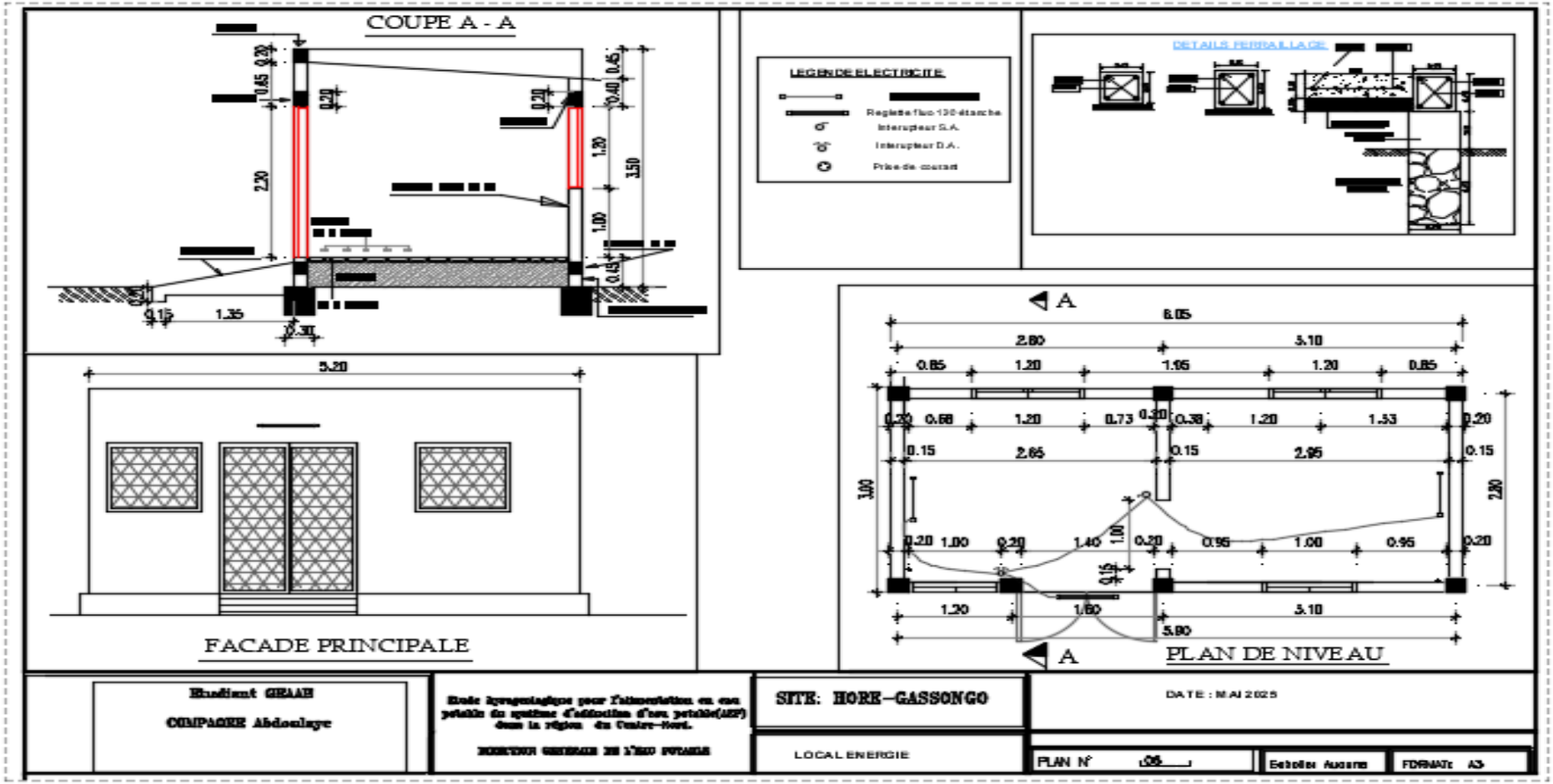
Graphique 3 : Regard by-pass



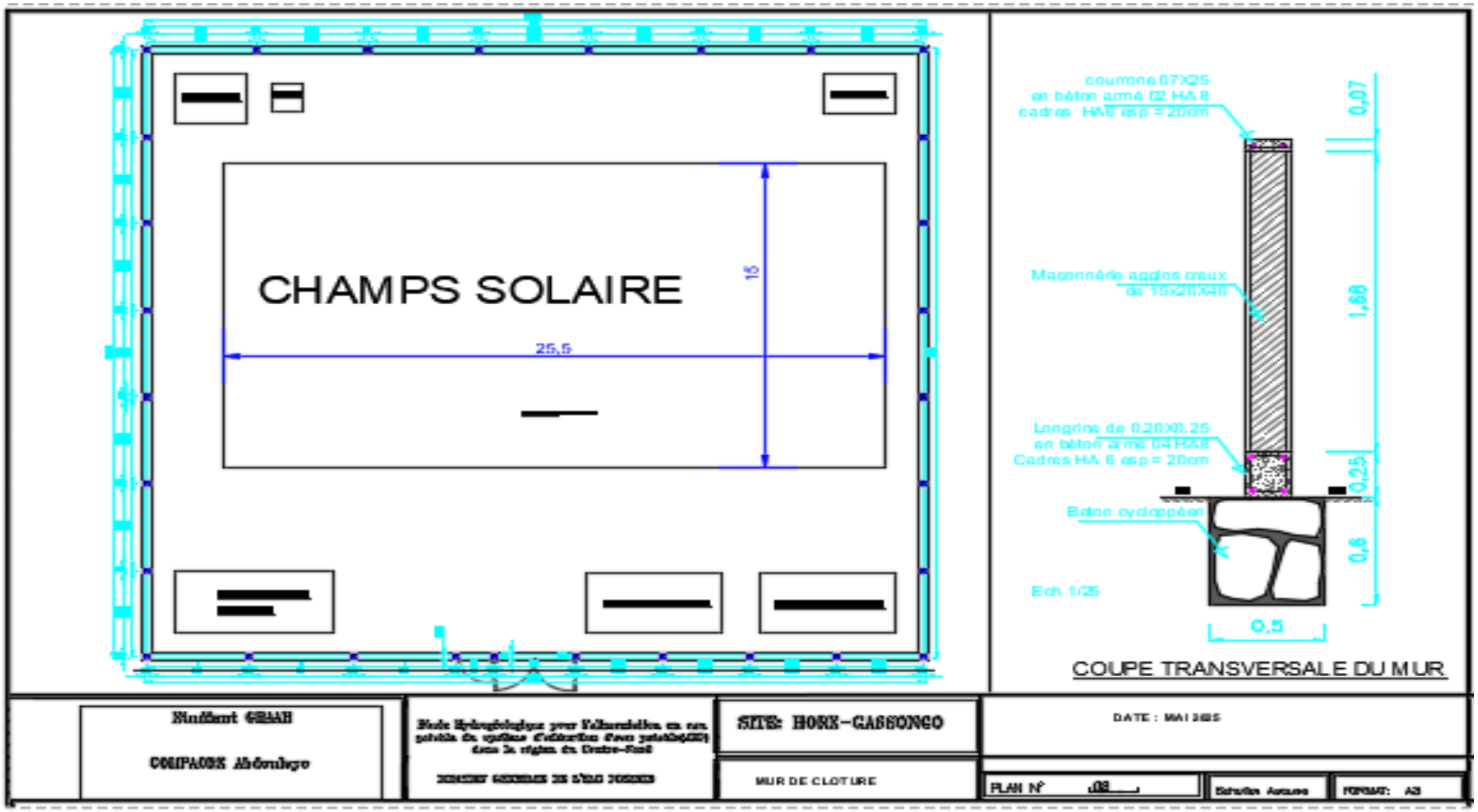
Graphique 4 : Ouvrages du réseau



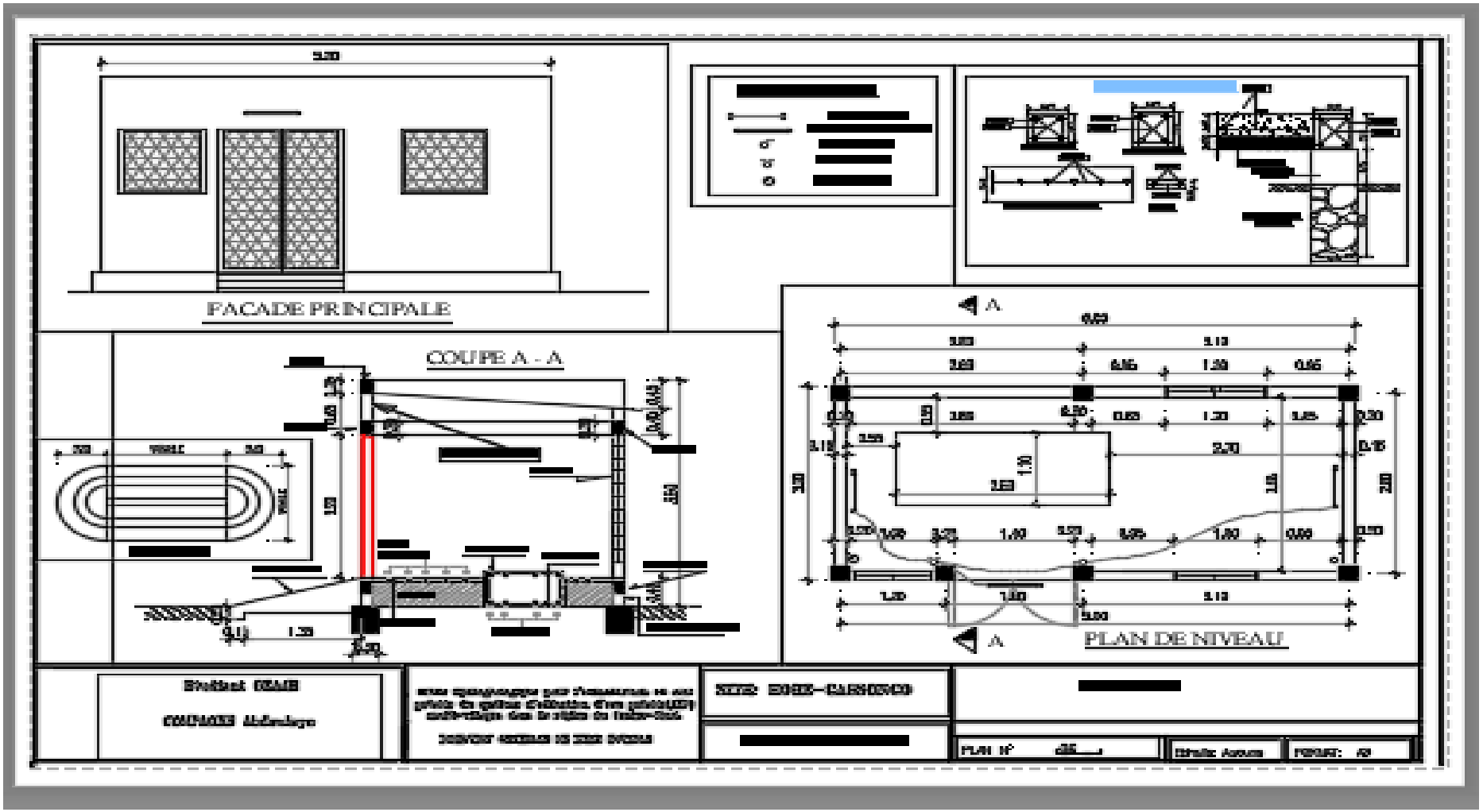
Graphique 5 : Borne fontaine



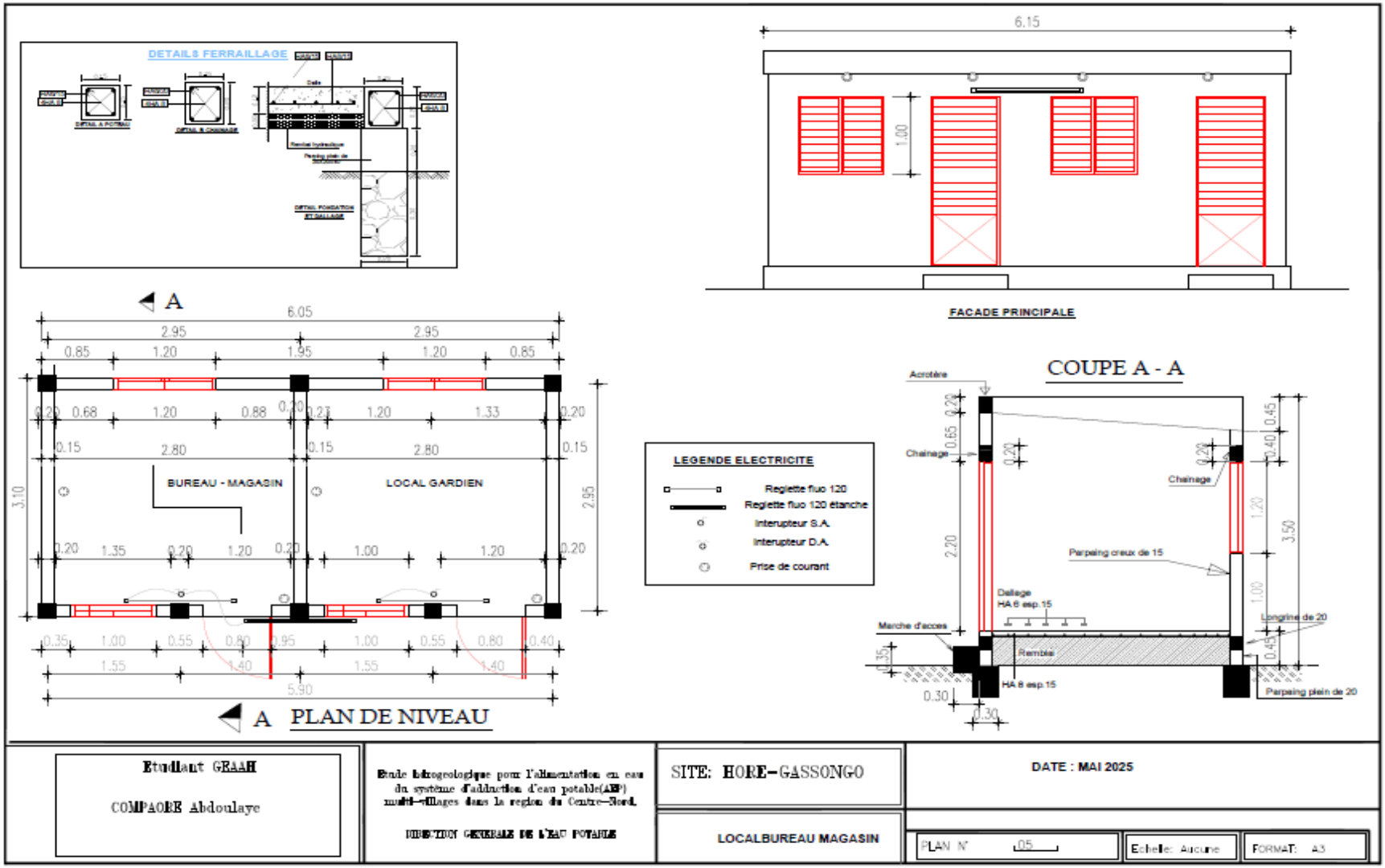
Graphique 6 : Local panneau solaire



Graphique 7 : Cloture champ solaire



Graphique 8 : Local groupe électrogène



Graphique 9 : Local Bureau Magasin