Etude d'Avant-projet détaillé pour la réalisation d'un système d'Approvisionnement en Eau Potable Multi-Village (AEP-MV) au profit de Néboun et de Livara dans la commune de Bieha, région du Nando (ex Centre-Ouest), au Burkina Faso

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

SPECIALITE : GENIE DE L'EAU, DE L'ASSAINISSEMENT ET DES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES

Présenté et soutenu publiquement le 21 janvier 2026 par

Déborah Carol Delphine Kiswend-Sida BERE (N° 20200175)

Directeur de mémoire : Pr Lawani A. MOUNIROU, Enseignant-chercheur en hydraulique, Maitre de Conférences CAMES

Encadrant 2iE : Pr Lawani A. MOUNIROU, Enseignant-chercheur en hydraulique, Maitre de Conférences CAMES

Maître de stage : M. Poyie Casimir SOME, Ingénieur du Génie Rural à la DGEP

Structure d'accueil du stage : Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Ousmane Roland YONABA

Membres et correcteurs : M. Souleymane OUEDRAOGO
M. Hilaire SAWADOGO

Promotion [2025/2026]

Dédicace

Je dédie ce mémoire, avant tout,

A DIEU, pour sa grâce, sa protection et la force qu'il m'a donnée tout au long de ce parcours.

A ma famille,

Pour son soutien et son accompagnement tout au long de mon parcours.

A mes parents, pour leurs sacrifices, leur patience et leur amour.

A mes frères et sœurs, pour leurs prières, et particulièrement à ma petite sœur BERE Hélla, dont la douceur et la joie de vivre ont été une source de motivation et d'inspiration.

CITATION

« Sans eau, il n'y a ni santé, ni développement. »

Kofi Annan

REMERCIEMENTS

Au terme de ces cinq (05) années de formation à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), la réalisation de ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'appui et l'accompagnement de nombreuses personnes. Je leur exprime ici ma sincère reconnaissance. Je tiens notamment à remercier :

- L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour la qualité de la formation dont j'ai bénéficié tout au long de mon parcours ;
- Dr. Lawani Ajdadi MOUNIROU, mon encadrant 2iE, pour son accompagnement rigoureux, sa disponibilité et l'expertise qu'il m'a généreusement apportée pour la conduite de ce travail ;
- La Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP), en particulier le Service de la Planification, du Suivi et de l'Évaluation (SPSE), pour m'avoir chaleureusement accueillie, guidée et conseillée ;
- M. Poyié Casimir SOME, mon maître de stage, pour son soutien constant, son encadrement attentif et la qualité de ses conseils tout au long de ce stage ;
- Mes camarades, pour leur aide précieuse, leur soutien, les moments de partage et de bonne humeur. Je ne peux vous citer individuellement, mais je vous souhaite à toutes et à tous une brillante continuation ;
- À tout un chacun, qui d'une manière ou d'une autre m'a apporté son aide, vivement merci.

RESUME

L'accès durable à une eau potable est un droit fondamental de l'homme (OMS). Les villages de **Néboun** et de **Livara**, situés dans la commune de Bieha, sont principalement alimentés par des Pompes à Motricité Humaine (PMH), insuffisantes pour répondre aux besoins. Le présent mémoire porte sur la réalisation d'une étude d'Avant-Projet Détaillé (APD) pour la mise en place d'un système **d'Adduction en Eau Potable Multi-Village (AEP-MV)** au profit de Néboun et de Livara. La population de ces villages est estimée à **7 578 habitants (hbts)** en 2019 (INO 2019) et atteindra environ **14 509 hbts** à l'horizon **2040**, avec un taux d'accroissement annuel de **3,14%**. La méthodologie a porté sur l'état des lieux, l'étude de faisabilité technique, l'analyse financière et l'évaluation des impacts environnementaux et sociaux. Le taux de desserte projeté est de **80%**, conduisant à une demande journalière de pointe de **366,72 m^3/j.** La ressource en eau mobilisée est un forage existant, exploité à un débit de **14 m^3/h**. Le système de pompage, dimensionné sur une HMT de **70 m**, évoluera à **24 m^3/h** à l'horizon du projet. Le pompage est assuré par une pompe immergée **GRUNDFOS SP14-17**. L'énergie d'alimentation est assurée par un système hybride solaire-thermique, comprenant un champ solaire de **7,2 kW** et un groupe électrogène de **15 kVA**. Nous avons un réseau de distribution de type mixte. Le système comprend une conduite de refoulement de **603,21 m** en PEHD PE 100 PN10 de **DN 110 mm**, un château de **100 m^3** implanté à une côte de 327 m, avec une hauteur sous radier de **11 m**, ainsi qu'un réseau de distribution de **13 003,33 m** de diamètres compris entre DN **63 mm** et DN **200 mm**. Les points de desserte sont constitués de **11 BF** et **813 BP** projetés. Le coût total de l'investissement est estimé à **399 564 040 CFA TTC**. Les impacts du projet sont globalement positifs. Les impacts négatifs identifiés ont fait l'objet de mesure d'atténuation à travers l'élaboration d'un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES).

Mots Clés :

1- **Approvisionnement en Eau Potable Multi-Village (AEP-MV)**
2- **Affermage**
3- **Distribution mixte**
4- **Forage**
5- **Villages de Néboun et Livara**

ABSTRACT

Sustainable access to potable drinking water is a fundamental human right and an essential condition for health and development (OMS). The villages of **Neboun** and **Livara**, located in the commune of Bieha, Sissili province, Nando region, are primarily supplied by hand pumps, which are insufficient to meet their needs. This report focuses on conducting a preliminary design study for the implementation of a **multi-village drinking water supply system** for Néboun and Livara. The population of these villages was estimated at **7,578 inhabitants** in 2019 (2019 census) and is projected to reach approximately **14,509 hbt** by **2040**, with an annual growth rate of **3.14%**. The projected service rate is **80%**, for a specific consumption of **20 l/day/hbt** in the BF and **25 l/day/hbt** at the BP, leading to a peak daily demand of 366.72 m³/day. The water resource used is an existing borehole operated at a rate of **14 m³ / h**, with a dynamic head of **45 m**. The pumping system, sized for a Total Manometric Head of **70 m**, will operate at **24 m³ / h** by the project deadline, with a pumping duration of 16 h/day. Pumping is provided by a **GRUNDFOS SP14-17 submersible pump**. The power supply is provided by a hybrid solar-thermal system, comprising a **7.2 kW solar array and a kW15 kVA**kW generator. Given the semi-dispersed spatial configuration of the dwellings, we have a hybrid distribution network. The system includes a **603.21 m** long PE 100 PN10 HDPE (high-density polyethylene) discharge pipeline with **a DN 110 mm** diameter, a **100 m³ water tower** located at an elevation of 327 m with a base height of **11 m, and a 13,003.33 m** distribution network with diameters ranging from DN **63 mm** to DN **200 mm**. The service points consist of **11 planned BF (low-flow)** and **813 BP (**low-flow) connections. The total investment cost is estimated at **399 564 040 CFA TTC**. The environmental and social impact assessment, classified as category B, highlighted the overall positive impacts of the project. The identified negative impacts have been addressed through mitigation measures in an Environmental and Social Management Plan.

Keywords :

1- **Multi-Village Drinking Water Supply (AEP-MV)**
2- **Leasehold**
3- **Distribution**
4- **Borehole**
5- **Villages of Neboun and Livara**

SIGLES ET ABREVIATIONS

2iE	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
AEP-MV	Approvisionnement en Eau Potable Multi-Village
ANEEVE	Agence Nationale des Evaluations Environnementales
AUE	Association des Usagers de l'Eau
APD	Avant-Projet Détaillé
BF	Borne Fontaine
BNDT	Base Nationale des Données du Territoire
BP	Branchement Particulier
CS	Consommation Spécifique
DGEP	Direction Générale de l'Eau Potable
DN	Diamètre Nominal
GPS	Global Positionning System
Hg	Hauteur Géométrique
HMT	Hauteur Manométrique totale
INO	Inventaire National des Ouvrages
INSD	Institut National de la Statistique et de la Démographie
kW	kiloWatt
kVA	kiloVoltAmpère
Mce	Mètre Colonne d'Eau
MEEA	Ministère de l'Environnement de l'eau et de l'Assainissement
ND	Niveau Dynamique
ODD	Objectif de Développement Durable
ONEA	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
PCD	Plan Communal de Développement
PMH	Pompe à Motricité Humaine
PN-AEP	Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable
PN	Pression Nominale
PEHD	Polyéthylène Haute Densité
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitation
SIG	Système d'Information Géographique
TDR	Termes de Références
TN	Terrain Naturel
TTC	Toutes Taxes Comprises
TVA	Taxe sur la Valeur Ajoutée

SOMMAIRE

Dédicace i

CITATION ii

REMERCIEMENTS iii

RESUME iv

ABSTRACT v

SIGLES ET ABREVIATIONS vi

SOMMAIRE vii

LISTE DES TABLEAUX ix

LISTE DES FIGURES xi

FICHE TECHNIQUE DU PROJET xii

I. INTRODUCTION 1

II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL 2

II.1 Parcours institutionnel et mission de la Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP) 2

II.2 Organisation Générale de la DGEP 2

III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 5

III.1 Milieu physique 5

III.2 Milieu humain 10

IV. PRESENTATION DU PROJET 14

IV.1 Objectifs de l'étude 14

IV.2 Résultats attendus 14

V. METHODOLOGIE DE L'ETUDE 16

V.1 Recherche documentaire et collecte de données 16

V.2 Matériel 16

V.3 Méthode de conception du système 16

V.4 Méthodologie de dimensionnement 22

V.5 Méthode de simulation EPANET 36
V.6 Equipements hydrauliques et annexes 36
V.7 Analyse financière 37
V.8 Mode de gestion et prix de vente de l'eau 37
VI. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE 39
VI.1 Estimation des besoins de Néboun et Livara à l'horizon 2040 39
VI.2 Réseau de distribution 41
VI.3 Modélisation du réseau avec EPANET 44
VI.4 Dimensionnement du réservoir de stockage 47
VI.5 Réseau d'adduction 49
VI.6 Etude financière 56
VI.7 Choix du mode de gestion de l'AEP-MV 59
VI.8 Etude impact environnemental et social 60
VII. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 65
VII.1 Conclusion 65
VII.2 Recommandations 66
Bibliographie xiii
Liste des annexes xv

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Paramètres climatiques de la station couvrant la zone d'étude 8

Tableau 2 : Espèces végétales dominants dans la zone d'étude 8

Tableau 3 : Répartition de la population dans différents quartiers..... 10

Tableau 4 : Consommation spécifique des BF et BP 18

Tableau 5 : Taux de desserte du PN-AEP 18

Tableau 6 : Variation du coefficient de pointe horaire en fonction de la taille de la population 20

Tableau 7 : Capacité utile du réservoir avec la méthode forfaitaire..... 30

Tableau 8 : Hypothèse de dimensionnement de l'AEP-MV de Néboun et Livara 39

Tableau 9 : Estimation du taux d'accroissement de la population..... 40

Tableau 10 : Population à desservir 40

Tableau 11 : Besoin journalier et de pointe de Néboun et Livara 41

Tableau 12 : Débit de dimensionnement hydraulique..... 43

Tableau 13 : Dimensions des fouilles en fonction du diamètre 44

Tableau 14 : Calcul de la capacité du réservoir avec la méthode forfaitaire..... 48

Tableau 15 : Calcul de la capacité du réservoir avec la méthode analytique 48

Tableau 16 : Caractéristiques du traitement de l'eau 49

Tableau 17 : Débit de refoulement 49

Tableau 18 : Diamètre de la conduite de refoulement..... 52

Tableau 19 : Vérification du coup de bélier 53

Tableau 20 : Diamètres des colonnes d'exhaure et montante 53

Tableau 21 : Caractéristiques de la pompe..... 54

Tableau 22 : Caractéristiques des panneaux photovoltaïques 55

Tableau 23 : Choix de l'onduleur 56

Tableau 24 : Caractéristiques du groupe électrogène..... 56

Tableau 25 : Investissement du projet..... 57

Tableau 26 : Dotation aux amortissements et charges d'exploitations 58

Tableau 27 : Prix de vente théorique du mètre cube d'eau 59

Tableau 28 : Système d'exploitation des AEP au Burkina Faso 60

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de la Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP 2025) 4

Figure 2 : Présentation de la zone d'étude 6

Figure 3 : Evolution de la pluviométrie de la commune de Bieha (source PCD/ZAT de Bieha) 7

Figure 4 : Carte hydrographique 9

Figure 5 : Tracé du réseau de distribution sur Google Earth 42

Figure 6 : Simulation EPANET des vitesses et pressions 45

Figure 7 : Analyse comparative des vitesses calculées et simulées 45

Figure 8 : Coefficient de détermination des vitesses 46

Figure 9 : Analyse comparative des pressions 46

Figure 10 : Coefficient de détermination des pressions 47

Figure 11 : Courbe des besoins en eau et capacité de production 50

Figure 12 : Tracé des linéaments 51

Figure 13 : Détermination de points potentiels 52

Figure 14 : Point de fonctionnement de la pompe 55

FICHE TECHNIQUE DU PROJET

LOCALISATION : Latitude : **N 11°18'26,38''** ; Longitude : **O 1°52'34,31''**	
Région/Province/Commune/Village	Nando/Sissili/Bieha/Néboun et Livara
DONNEES SOCIO ECONOMIQUES	
Population en 2019 (hbts)	Néboun = 5486 et Livara = 2092, total= 7578
Taux d'accroissement (%)	3,14%
Population à l'horizon du projet (2040)	14 509
Taux de desserte de l'AEP-MV	80%
Consommation spécifique	20 l/j/pers aux BF et 25 l/j/pers aux BP
Demande du jour de pointe (m3/j)	366,72
Débit en tête du réseau (m3/h)	20,05
RESSOURCE EN EAU DU FORAGE EXISTANT	
Côte du forage (m)	324
Débit d'exploitation (m3/h)	14
Niveau dynamique (m)	45
CARACTERISTIQUE GRUNDFOS (SP14-17)	
Débit de pompage (m3/h)	14
Hauteur Manométrique Totale (HMT) (m)	70
Rendement de la pompe	69,90%
SOURCE D'ENERGIE	
Nature	Solaire/Thermique
Puissance du champ solaire (W)	7200
Puissance du groupe électrogène (kVA)	15
CONDUITE D'ADDUCTION	
Longueur (m)	603,21
Nature	PEHD PE 100 PN10
Diamètre nominal (DN) (mm)	110
CHÂTEAU D'EAU	
Nature/Forme	Métallique/Cylindro-Conique
Volume (m^3)	100
Côte TN m/ Hauteur sous radier (m)	327 m / 12 m
RESEAU DE DISTRIBUTION GRAVITAIRE	
Longueur (m)	13003,33
Nature	PEHD PE 100 PN10
Diamètre nominaux	De DN 63 mm à DN 200 mm
POINTS DE DESSERTES	
Nombre de bornes Fontaines (BF)	11 soit 07 à Néboun et 04 à Livara
Nombre de branchements particuliers (BP)	Projeté 813
FINANCES ET GESTION	
Investissements TTC (CFA)	399 564 040
Prix de vente du m3 d'eau (CFA)	300 au BF et 350 au BP
Mode de gestion	Affermage
ETUDE ENVIRONNEMENTALE	
Catégorie du projet	B
Type d'étude	(NIES)

I. INTRODUCTION

L'accès à l'eau potable constitue un maillon essentiel pour l'amélioration de la santé publique, du développement socio-économique et de manière générale des conditions de vie des populations. La gestion durable des ressources naturelles demeure un défi et un enjeu national (Politique Sectorielle 2018-2027, 2018). C'est pourquoi ce volet a toujours été une des principales priorités dans le cadre des politiques sectorielles du Burkina Faso. En effet, en 2024 le taux d'accès à l'eau potable était de 71,5% en milieu rural (DGEP, 2025). Depuis 2006, le Burkina Faso s'est engagé dans l'élaboration et la mise en œuvre de l'ambitieux Programme National d'Approvisionnement en eau Potable et Assainissement (PN-AEPA). Ce programme est arrivé à terme en 2015 et un Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP) 2016-2030 a été formulé. Le PN-AEP a pour objectif de satisfaire durablement les besoins en eau potable des populations, en quantité et en qualité. Il vise à contribuer à la réalisation des Objectifs du Développement Durable (ODD), notamment l'objectif 6 qui consiste à « Garantir l'accès de tous à des services d'approvisionnement en eau et d'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau ». Un des objectifs spécifiques du PN-AEP est d'assurer un accès universel des populations aux services d'eau potable conformément à l'approche fondée sur les droits humains (AFDH).

Dans la province du Sissili, de nombreux villages font face à des difficultés d'accès à l'eau potable. Les villages de Néboun et Livara illustrent cette situation, avec respectivement 20,3% et 59,4% de la population ne disposant pas d'un accès à l'eau potable (DGEP D. G., 2024). Afin de relever ces défis, le gouvernement du Burkina Faso a engagé un programme de réalisation d'infrastructures d'approvisionnement en eau potable en milieu rural dans 13 régions du pays, incluant la province du Sissili.

C'est dans cette dynamique que s'inscrit le présent mémoire, dont l'objectif global est de réaliser une étude d'avant-projet détaillé (APD) pour la mise en place d'un système d'adduction en eau potable multi-village (AEP-MV) à Néboun et Livara. De manière spécifique, cette étude vise à établir l'état des lieux des infrastructures d'approvisionnement en eau potable à Néboun et Livara, en relevant les forces et les faiblesses, réaliser une étude de faisabilité technique pour la mise en place d'un système d'AEP-MV, faire une étude financière du système d'AEP-MV, réaliser une notice d'impact environnemental et social du système AEP-MV et proposer un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES).

II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

II.1 Parcours institutionnel et mission de la Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP)

La Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP), dont le siège est situé à Ouaga 2000, en face de la salle des banquets, est l'une des divisions centrales du Ministère en charge de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement (MEEA). Sa structure et ses attributions sont précisés par l'arrêté n°2023-407/MEEA/CAB du 04 Mai 2023. Sa mission principale consiste à concevoir et assurer le suivi de la politique nationale ainsi que les stratégies relatives à l'approvisionnement en eau potable, en collaboration avec les différents acteurs du secteur. En effet, elle coordonne les programmes et schémas directeurs élaborés par les collectivités, apporte un appui technique aux services déconcentrés et supervise la réhabilitation des infrastructures hydrauliques. La DGEP élabore également des plans d'action visant à renforcer et développer durablement le service d'accès à l'eau potable sur l'ensemble du territoire national.

II.2 Organisation Générale de la DGEP

La Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP) est placée sous la responsabilité d'un Directeur Générale désigné par un décret pris en Conseil des Ministres. Elle est structurée autour de huit (08) services d'appui, de deux (02) directions de service qui regroupent cinq (05) services techniques. À ces entités s'ajoutent plusieurs projets et programmes rattachés. Elle comprend également des chargés d'appui technique qui viennent renforcer ses missions.

Nous avons eu l'opportunité d'effectuer notre stage au sein du Service de la Planification, du Suivi et de l'Évaluation (SPSE). Cette division est dirigée par un chef de service désigné par arrêté ministériel, sur proposition du Directeur Général. Ses principales missions sont notamment :

- élaborer le programme et le bilan des activités de la Direction Générale de l'Eau Potable ;
- contribuer à l'élaboration et au suivi des programmes d'eau potable sur la base des programmes régionaux correspondant et des plans de développement des collectivités territoriales ;
- organiser le plaidoyer pour la recherche de financement et assurer la gestion des accords et conventions de financements en AEP ;
- élaborer et suivre la mise en œuvre du budget programme par objectifs ;

- assurer l'organisation et la mise en œuvre du Suivi-évaluation des activités de la Direction Générale de l'Eau Potable ;
- contribuer à la mise en place et à la promotion au niveau national, du monitoring et de la régulation du service public de l'eau potable ;
- assurer la mise à jour de la base de données sur l'eau potable ;
- assurer la mise à jour des statistiques sur l'eau potable ;
- élaborer les normes, critères et standards d'accès à l'eau potable et au suivi de leur application ;
- élaborer les indicateurs et outils de Suivi-évaluation des performances des projets et programmes ;
- assurer l'appui-conseil aux structures déconcentrées, aux collectivités et à tous les autres acteurs, en matière de programmation et de Suivi-évaluation des projets et programmes d'eau potables ;
- mener toutes études, activités ou travaux en rapport avec ses attributions ;
- élaborer les rapports périodiques incombant à la DGEP ;
- élaborer le tableau de bord mensuel des activités de la DGEP ;
- coordonner l'animation des cadres de concertation de la DGEP ;
- produire les rapports de performances de la DGEP et d'organiser les séances de validation ;
- assurer la capitalisation et la gestion des connaissances en matière de fournitures de services d'eau potable performants ;
- élaborer les rapports périodiques en rapport avec ses attributions ;
- exécuter toute autre activité connexe dans le cadre règlementaire.

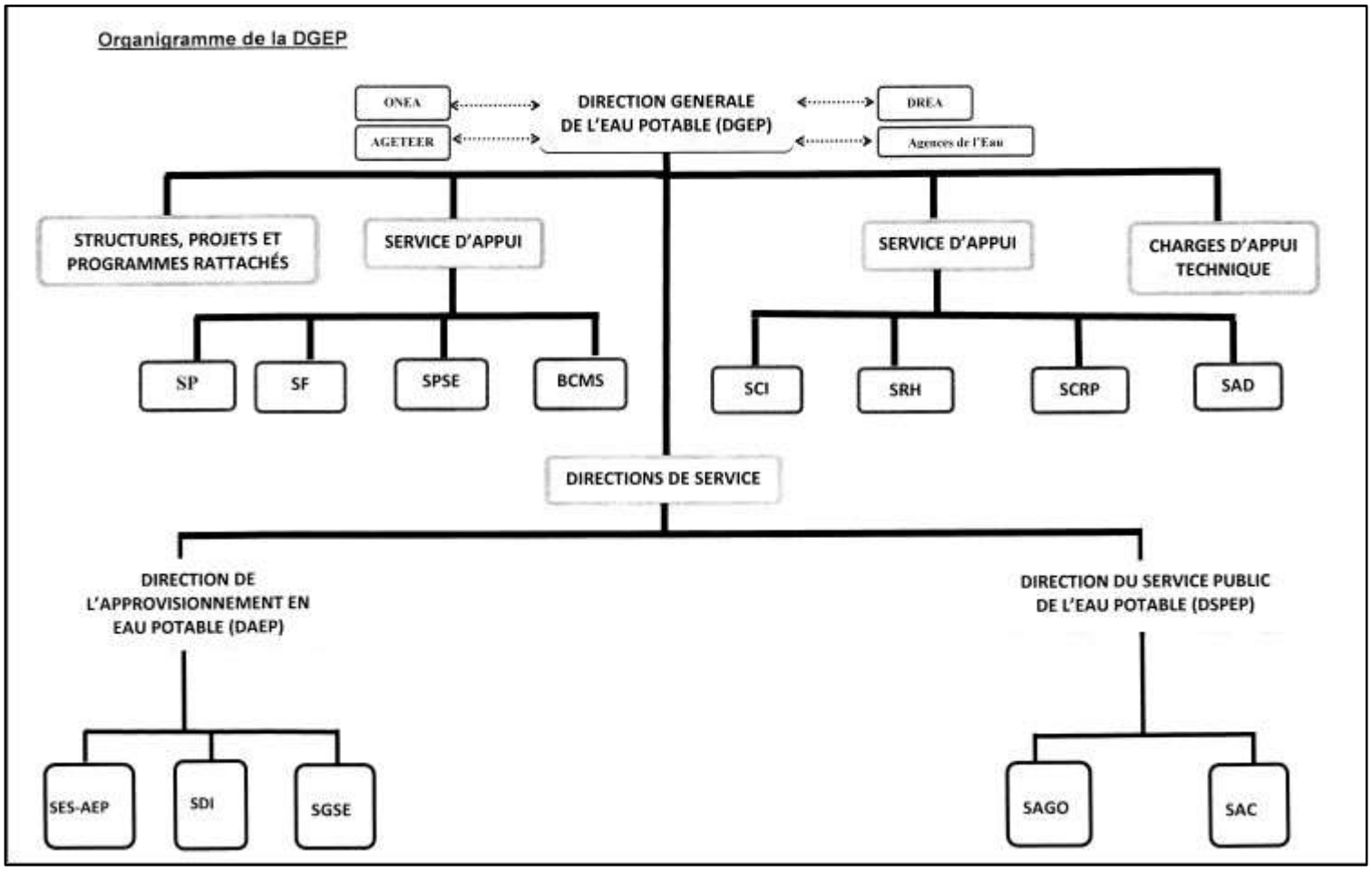


Figure 1 : Organigramme de la Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP 2025)

III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

III.1 Milieu physique

III.1.1 Situation géographique

Bieha est une commune rurale de la région du NANDO ex-Centre-Ouest. Elle fait partie des sept (7) communes que compte la Sissili et compte vingt-deux (22) villages administratifs dont elle est le chef-lieu. Elle est située entre les coordonnées 1°25' et 2°03' de longitude Ouest et 10°58' et 11°23' de latitude Nord soit une distance de 42 km environ du Nord au Sud et 67 km d'Est en Ouest. Sa superficie est d'environ 1 746,91 km^2. La route nationale n°6 (Ouaga – Sapouy - Léo – frontière du Ghana) traverse la commune de Biéha par les villages de Néboun et Yallé. À partir de Léo, Biéha est accessible par la route départementale D°120. La commune est limitée :

- Au Nord par les communes de Cassou et de Sapouy (province du Ziro) ;
- À l'Est par les communes de Guiaro et de Po (province du Nahouri) ;
- À l'Ouest par les communes de Léo et To (province de la Sissili) ;
- Et au Sud par le Ghana, pays limitrophe anglophone.

Les villages de Néboun et Livara sont situés au Nord-Ouest de Bieha. Néboun (Latitude : N 11°18'26,38'' ; Longitude : O 1°52'34,31'') est à environ 130 km de la capitale Ouagadougou et à 40 km du village de Bieha chef-lieu de la commune de Bieha. Livara est distant de 4 Km du village de Néboun et distant de 47 Km du chef-lieu. Ces deux villages sont entourés par les villages de Yalé, Bimiou et Bori.

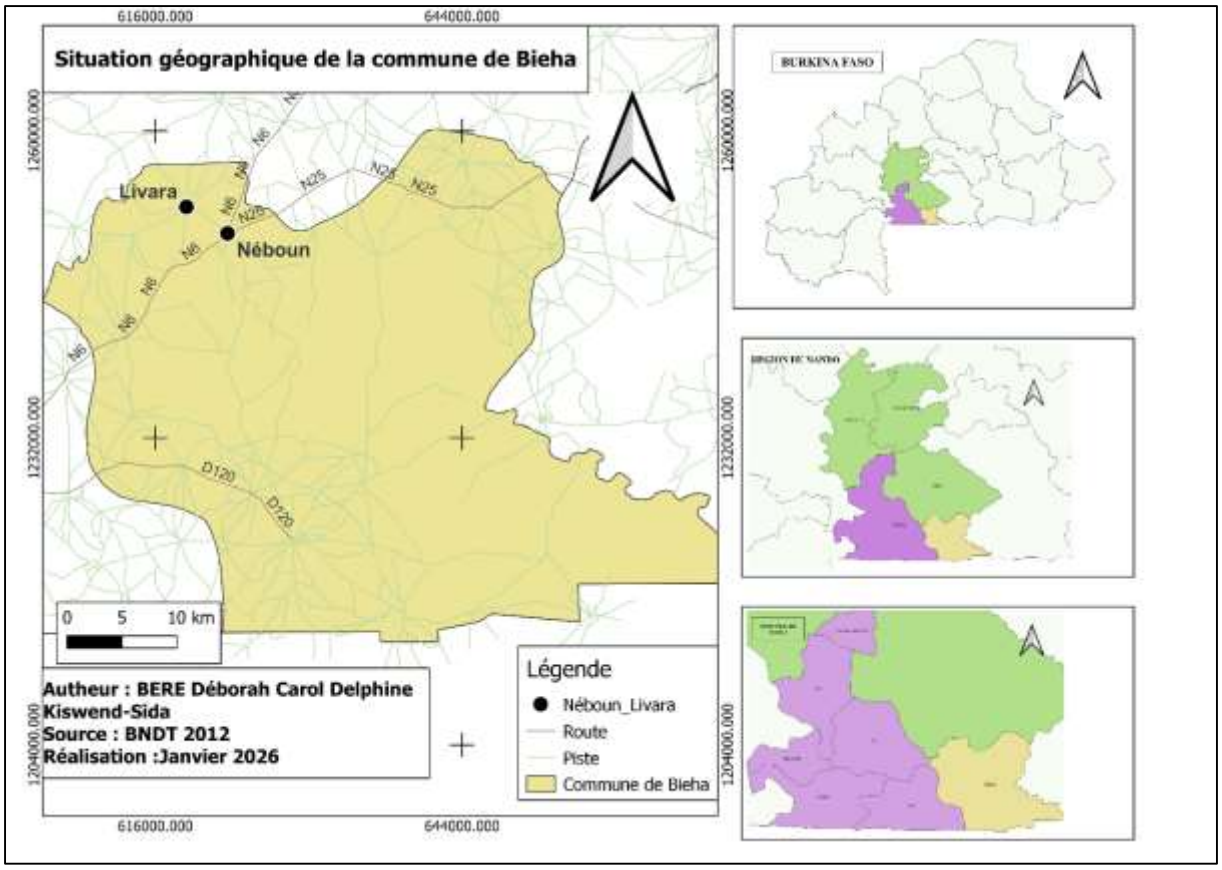


Figure 2 : Présentation de la zone d'étude

III.1.2 Relief et sol

Les sols de la commune de Bieha dont fait partie les villages de Néboun et de Livara, sont dominés par les sols de type ferrugineux tropicaux peu lessivés sur matériaux sableux, sablo-argileux et argilo-sableux. Ces sols se caractérisent par une richesse en oxyde et hydroxyde de fer. Du fait du caractère ancien des matériaux qui les composent, ces sols sont pauvres en calcium, potassium et phosphore. Leur capacité de rétention en eau est moyennement bonne car ces sols sont profonds. En fonction de la position topographique, ils se répartissent en 3 types :

- Les sols limoneux, argileux ou argilo-sableux qu'on retrouve au niveau des bas-fonds et le long des cours d'eau. Ils occupent les parties occidentales et orientales de la commune ;
- Les sols gravillonnaires qui occupent les pentes fortes ;
- Les sols argilo- sableux à valeur agronomique moyenne prédominent dans les parties méridionales, centrales et un peu partout dans la commune.

Soumis à une forte pression foncière, la fertilité de ces sols connait une dégradation constante.

III.1.3 Climat

Le climat des villages de Néboun et Livara est du type soudano-sahélien délimité par l'isohyète 900mm. Il y a deux (02) types de saison : une saison pluvieuse pouvant atteindre souvent cinq à six mois (de mai à Octobre) et une saison sèche. La saison sèche comporte deux périodes :

- Une période sèche et froide qui commence en novembre avec les vents d'harmattan soufflant du nord-est vers le sud-ouest. Le mois de décembre est le plus froid avec des températures minimales journalières avoisinant 15°C.
- Une période sèche et chaude avec des températures maximales d'environ 40°C particulièrement au mois avril.

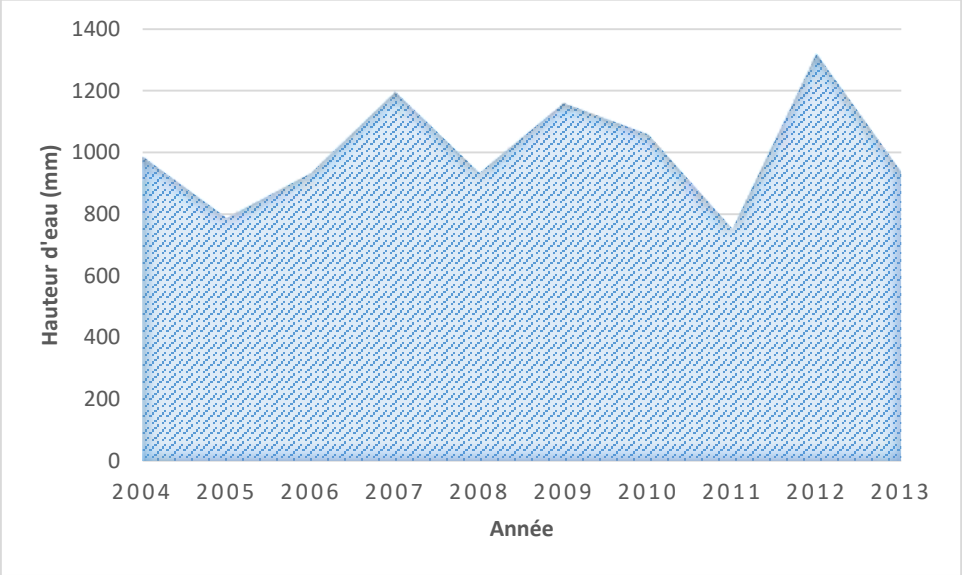


Figure 3 : Evolution de la pluviométrie de la commune de Bieha (source PCD/ZAT de Bieha)

Les villages de Néboun et Livara sont recouverts par la station synoptique de Boromo. Ainsi, les informations complémentaires sur certains paramètres climatiques sont dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Paramètres climatiques de la station couvrant la zone d'étude

Année		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Tempé	Mois plus chaud	Avril	Avril	Avril	Mars	Avril	Avril	Mars,Avr	Avril	Mars	Avril
	T. mens. Max	39,5	40,6	41,3	41	42,9	40,3	40,1	40,8	39,4	40,5
	Mois moins chaud	Déc	Déc	Jan	Janv	Janv	Déc	Janv	Janv	Janv	Déc
	T. mens. Min	17,1	15,7	17,5	17	15,8	15,9	16,7	17,6	16,9	16,5
Hauteur de pluie annuelle (mm)		1136	823	932	883	1024	1039	849	798	1044	732
Nombre annuel de jours de pluie		82	77	77	76	93	75	77	81	82	81
Humidité relative maximum (%)		71	66	70	68	74	71	71	72	76	76
humidité relative minimum (%)		32	31	32	31	36	32	31	33	36	35
vitesse moyenne du vent (m/s)		1,2	1,1	1	1	1	1	0,9	1	1	2
Durée moyenne journalière de l'insolation (h)		8,3	8,1	7,8	8	7,9	8,2	7,9	8	8	8
Evaporation (mm)		2551	2633	2446	2431	2336	2475	2566	2618	2466	2527

Source : Annuaire des Statistiques de l'Environnement 2023 (MEEA, 2023)

III.1.4 Faune et Végétation

Selon le découpage phytogéographique du Burkina Faso, Néboun et Livara appartiennent au domaine soudanien. Leur végétation est dominée par des savanes parc, arbustive et arborée ou boisée. Toutefois, cette végétation se dégrade continuellement à cause des feux de brousse tardifs, du défrichement non contrôlé renforcé avec la présence des nouveaux acteurs et du surpâturage (DREA, 2021). On y rencontre des espèces végétales telles que :

Tableau 2 : Espèces végétales dominants dans la zone d'étude

Noms scientifiques	Noms usuels	Nom local (Nuni)
Vittelaria paradoxa	Karité	Chong
Lannea microcarpa	Raisinier	Kakion
Parkia biglobosa	Néré	Soungou
Diospyros mespiliformis	Ebenier ouest africain	Kano
Azadirachta indica	Neem	Tchapia
Detarium microcarpum	Detar	Dankolo
Anogeissus leiocarpus	Bouleau d'Afrique	Louwo
Vitex doniana	Prunier noir	Kanyonon
Bombax costatum	Kapokier	Koufon
Gardenia erubescens	Gardenia	Kantwan
Saba senegalensis	Liane	Loo
Adansonia digitata	Baobab	Kounou
Ximenia americana	Prunier de mer	Miou
Ziziphus mauritiana	Jujubier	Sinsan
Khaya senegalensis	Caïlcédrat	Pinou

SOURCE : Plan Communal de développement de Bieha (Mairie, 2015)

Ces villages sont riches en gibier. Nous y rencontrons principalement des animaux tels que le lièvre, francolin, tourterelle, pintade commune, éléphant, buffle, python de Seba, varan du Nil, céphalophe, cynocéphale. Les singes sont assez souvent signalés dans les champs d'arachides et de maïs (Mairie, 2015).

III.1.5 Hydrographie et ressource en eau

Le réseau hydrographique des deux villages se caractérise par des cours d'eau irréguliers. L'eau des rivières dure jusqu'au mois de mars (DREA, 2021). Nous y avons des PMH et des forages. L'analyse hydrogéologique des localités de Néboun et de Livara montre que la majorité des forages réalisés présentent des débits de production compris entre **1 et 15 m^3/h**, traduisant un potentiel aquifères variable mais globalement exploitable. Les données complémentaires indiquent que les épaisseurs d'altération varient entre **12 et 32 m**, ce qui constitue un horizon favorable au stockage de l'eau souterraine. Les profondeurs de forage sont comprises entre **49 et 73 m**, permettant d'atteindre des zones fracturées du socle. Le niveau statique de la Nappe se situe entre **7,5 et 21,5 m** traduisant une accessibilité relativement satisfaisante (OMES, 2023).

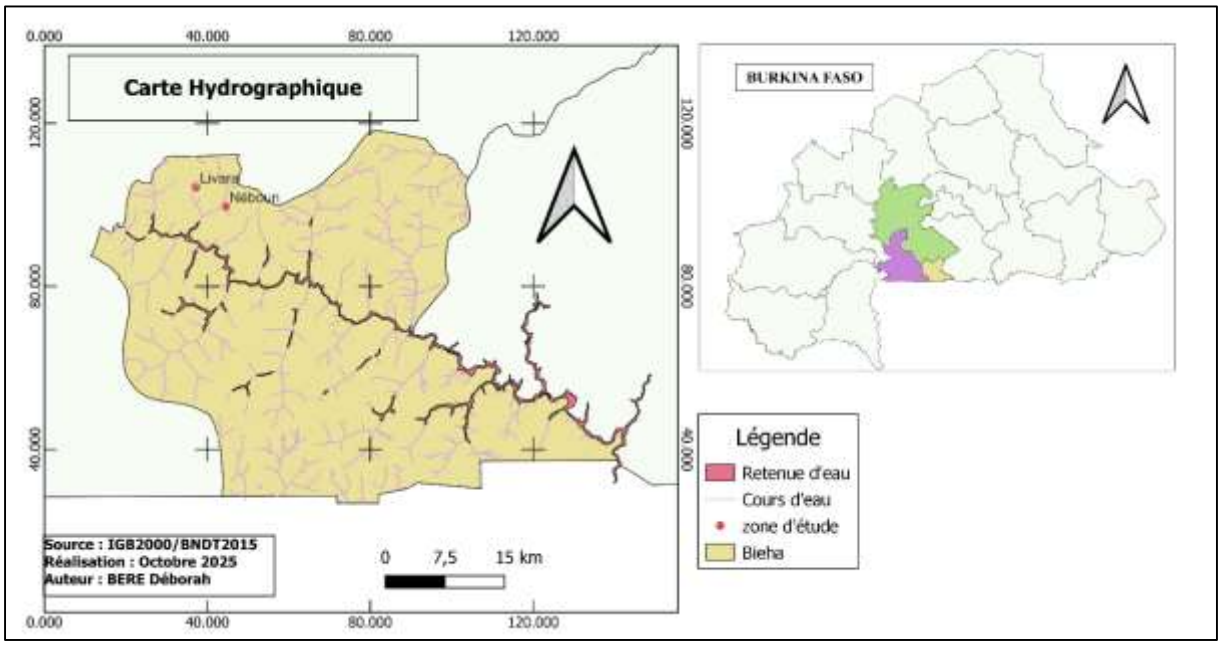


Figure 4 : Carte hydrographique

III.1.6 Géologie

Du point de vue géologique, la province du Sissili, à laquelle appartiennent les villages de Néboun et de Livara, est caractérisée par des formations appartenant au socle cristallin précambrien (BNDT, 2012). Ce socle ancien est constitué de roches migmatites. Les formations

variées peuvent être regroupées en deux grands groupes géologiques d'âge protérozoïque : le groupe plutonique et le groupe volcano-sédimentaire. En termes d'hydrogéologie, la productivité hydraulique est déterminée par la formation géologique. Les formations plutoniques, telles que les granodiorites, les tonalités et les diorites quartzifères, présentent la productivité hydraulique la plus élevée, avec un débit permanent pouvant dépasser 20 m³/h. Les formations volcano-sédimentaires présentent généralement de faibles productivités hydrauliques. Celles-ci peuvent dépasser 5 m³/h, mais chuter en raison d'obstructions (FAYE, 2020). Ainsi, la géologie de type socle précambrien et dominées par des roches migmatites, confère à la zone un potentiel aquifère contrôlé essentiellement par les phénomènes de fracturation et d'altération.

III.2 Milieu humain

III.2.1 Organisation sociale

La commune de Bieha compte au total 52 733 habitants soit 26 014 d'hommes et 26 719 femmes. La population est constituée en majorité de jeunes avec 82% des habitants qui ont moins de 35 ans. Les villages de Néboun et Livara issus de cette commune comptent respectivement 5 486 habitants et 2092 habitants avec environ 50,4% et 52,2% de femmes (INSD, 2019). Il y a au total onze (11) quartiers à Néboun et quatre (04) à Livara.

Tableau 3 : Répartition de la population dans différents quartiers

Villages	Quartiers	Population 2019	Population 2023	Pourcentage
Neboun	Bavéliassan 1	611	670	11%
	Sanhi	545	597	10%
	Ouala	545	597	10%
	Nedoualayou	553	606	10%
	Baveliassan 2	553	606	10%
	Kounkorayou 1	558	612	10%
	Niamatoulaye	558	612	10%
	Kounkorayou 2	558	612	10%
	Ban	292	320	5%
	Wanemanégré	591	648	11%
	Ratoulaye/Peulh	122	134	2%
	Total	**5486**	**6014**	**100%**
Livara	San-Yi	507	556	24%
	Livara-Diyou	489	536	23%
	Boudjero	489	536	23%
	Offiliessan	434	476	21%
	Peulh	173	190	8%
	Total	**2092**	**2294**	**100%**

Source : INO ((DGEP), 2023)

Ces villages sont majoritairement constitués de femmes et de jeunes. Le statut des femmes est marqué par les prescriptions de la tradition et des religions. La femme n'a qu'un droit d'usage sur la terre. Elle peut exploiter des portions du champ familial pour son propre compte et participer activement aux opérations culturales dans le champ familial. La femme crée les alliances entre ou à l'intérieur des familles, s'occupe de l'éducation des enfants, du ménage et des autres travaux domestiques. Tout ce qui concerne les grandes préoccupations des villages relève du pouvoir de décision des hommes. Les femmes ne sont pas ouvertement conviées aux instances de décision. Elles se contentent d'exécuter les décisions prises par les structures masculines. Quant aux jeunes, on note qu'ils restent sous l'autorité des aînés des familles et exploitent aussi des portions de terres familiales. C'est aux jeunes qu'il revient, dans le processus de production agricole, le sarclage, le semis, le labour, etc. Ils sont dynamiques et constituent un atout pour le développement des villages. Les jeunes sont le vecteur et le reflet des différentes mutations sociales, culturelles et économiques. Mais nous pouvons dire que la situation des jeunes est sensiblement la même que celle des femmes. Ils sont des exécutants des grandes décisions familiales. Et Leurs problèmes majeurs sont l'analphabétisme, le manque d'appuis financiers et matériels, et le manque d'activités de contre-saison ou chômage (Mairie, 2015).

Ces villages (Néboun et Livara) ne sont pas lotis et ne disposent pas d'un plan de lotissement. L'habitat est de type semi-groupé. Il est en majorité semi-moderne, avec des bâtiments construit en matériaux définitifs. Ils sont sous la gestion politico-religieuse d'un chef de village et d'un chef de terre. Le chef de village est garant de la cohésion intravillageoise. Il veille à garantir l'harmonie de la vie sociale et règle les éventuels conflits sociaux. En général, il est issu de la famille la plus anciennement installée dans la localité. Le chef de terre, lui, assure les fonctions de prêtre de la terre. Il se charge des sacrifices pour adorer l'esprit des ancêtres afin d'attirer sur le village leur pardon, le bonheur et la paix (Mairie, 2015).

Les religions pratiquées sont l'Islam, le Christianisme (catholiques et protestants) et l'Animisme. Elles sont pratiquées par tous les groupes ethniques tels que les Moosé, les Ouala (Dagari Dioula) et les Peulh (DREA, 2021). Les adeptes de ces religions participent au développement des villages à travers la mobilisation sociale et la participation aux activités communautaires. De plus, les lieux de cultes sont par moment des canaux pour diffuser les informations et sensibiliser les populations.

III.2.2 Activités socio-économiques

Dans les deux villages, les principales activités socio-économiques sont principalement l'agriculture et l'élevage. D'autres activités y sont pratiquées mais sont peu développées c'est le cas du commerce où c'est le village de Néboun qui dispose d'un marché, l'artisanat, la cueillette, etc.

III.2.2.1 Agriculture

A l'image de la commune, l'activité agricole des deux villages concerne trois groupes de spéculations à savoir les céréales (sorgho rouge et blanc, maïs, mil, riz de bas-fonds), les tubercules (patate, igname et manioc) et les cultures de rente (coton, arachide, niébé, voandzou, soja et sésame). Deux systèmes y sont pratiqués à savoir le système traditionnel et le système semi-moderne. Le système traditionnel utilise des outils rudimentaires comme la daba et la houe. Les productions sont essentiellement les céréales (mil, sorgho blanc, maïs), les légumineuses (niébé et voandzou) ainsi que sur les oléagineux comme l'arachide et le sésame. Une autre caractéristique de ce système est la faible utilisation de fertilisants car les sols ont déjà une bonne fertilité. Le système semi-moderne, tend à remplacer progressivement le premier système. En effet, le secteur agricole connait de plus en plus l'utilisation d'équipements modernes de production (tracteurs, charrues, butteurs, sarcleurs…). L'introduction des équipements modernes dans l'agriculture est aussi le résultat de l'agro-business qui, bien que contribuant à accroître la production agricole, a favorisé les défrichements incontrôlés et la pression foncière.

Outre, les cultures pluviales, on y trouve des cultures maraîchères produites dans des sites partiellement aménagés. Les principales spéculations rencontrées, comme l'indique le tableau ci-dessous sont la tomate, l'oignon bulbe, le chou et l'aubergine. Les périodes de productions de ses spéculations se situent entre octobre et mars. Le maraîchage est cependant confronté au manque de retenues d'eau et au tarissement précoce des puits nécessaires à la pratique de l'activité (Mairie, 2015).

Le diagnostic du secteur de l'agriculture dans ces villages révèle les contraintes suivantes : absence de retenues d'eau et de barrages pour les activités de contre-saison, absence de canal efficace d'approvisionnement des intrants (engrais, pesticides etc.), réduction du couvert végétal, insuffisance de magasin de stockage des céréales, cohabitation difficile entre éleveurs et agriculteurs, etc (DREA, 2021).

III.2.2.2 Elevage

De même que la commune de Bieha, l'élevage à Néboun et Livara concerne par ordre d'importance numérique la volaille, les bovins, les caprins, les ovins et les porcins. L'élevage est pratiqué par tous les groupes ethniques. Toutefois, l'activité est dominée par les peulhs qui, outre leurs propres troupeaux, s'occupent parfois de ceux des autres groupes ethniques.

Malgré son importante contribution à l'amélioration des conditions de vie des ménages, les pratiques d'élevage demeurent traditionnelles de type extensif, variant selon la saison. Il existe deux systèmes d'élevage prédominants : (1) le système traditionnel extensif sédentaire, qui associe l'élevage à l'agriculture et concerne plus les agropasteurs ; (2) et le système traditionnel extensif transhumant, caractérisé par des migrations cycliques à la recherche de pâturages, de points d'eaux et de l'alimentation (Mairie, 2015).

Les principales contraintes liées à cette activité présentent les caractéristiques suivantes : insuffisance d'eau d'abreuvement, persistance des maladies, absence d'aire d'abattage, faible maîtrise des techniques d'embouche, départ d'importants troupeaux vers le Ghana, etc (DREA, 2021)

III.2.2.3 Equipements socio-collectifs

Dans le village de Néboun, comme équipements collectifs nous avons deux (02) écoles primaires, un (01) centre de santé et de promotion sociale (CSPS), un (01) marché et quelques services sur l'Agricultures (ZAT), l'environnement et l'élevage. Quant au village de Livara il dispose d'un (01) CSPS, d'une (01) école primaire et d'un (01) petit marché.

Concernant la ressource en eau, nous avons au total 20 points d'eau modernes (PEM) dans le village de Néboun dont 15 fonctionnels et répartis comme suit : onze (11) forages communautaires équipés de pompes dont un (1) en panne et deux (02) non équipés, cinq (05) forages privés équipés de pompe, un (01) puit moderne communautaire et forage communautaire abandonné. Ces ouvrages ont un taux de fonctionnalité de 93,8% et demeurent leur principale source d'approvisionnement en eau, leur offrant donc un taux d'accès de **79,7%.** A Livara nous disposons de 10 PEM au total dont 7 sont fonctionnels à savoir six (06) forages communautaires équipés de pompe, deux (02) forages privés dont un est abandonné et deux (02) puits abandonnés. Cela correspond à la principale source d'approvisionnement en eau des habitants de Livara avec des taux de fonctionnalité de 87,5% leur offrant un taux d'accès de **59,4%** (DGEP D. G., 2024)**.**

IV. PRESENTATION DU PROJET

Pour concrétiser ces politiques tels que le PN-AEP, le gouvernement du Burkina Faso collabore avec des partenaires au développement afin de réaliser des infrastructures d'Approvisionnement en Eau Potable (AEP). Ces projets sont systématiquement précédés d'études d'Avant-projet détaillé (APD) pour en assurer le succès.

Dans ce cadre, des études APD sont prévues pour la réalisation de quatorze (14) systèmes d'Approvisionnement en Eau Potable Simplifiés et Multi-Villages, et la réhabilitation d'un (01) autre dans les provinces du Boulkiemdé, du Sanguié, de la Sissili et du Ziro.

L'objet de notre étude est de contribuer à l'exécution d'une étude d'Avant-projet détaillé (APD) pour un système d'Approvisionnement en Eau Potable Multi-Villages (AEP-MV) à Néboun et Livara, dans la commune de Bieha, région du Nando (ex Centre-Ouest), au Burkina Faso. Ces villages sont situés à environ **130 km** de Ouagadougou et sont distants de **4 km.** Selon le (INSD, 2019), le village de Néboun compte **5 486** habitants et le village de Livara **2 092** habitants, avec respectivement des taux d'accès totaux de **79,7%** et **40,7%** (DGEP D. G., 2024). Toutefois, ces taux concentrent la majorité des PMH dans certains quartiers, et les taux de couverture sont encore plus bas. Il devient donc urgent et nécessaire de mettre en place un système d'AEP afin d'améliorer durablement leur niveau d'accès à l'eau potable.

IV.1 Objectifs de l'étude

L'objectif général de notre travail est d'améliorer les conditions d'accès à l'eau potable à Néboun et Livara dans la commune de Bieha, région du Nando (ex Centre-Ouest), au Burkina Faso.

Les objectifs spécifiques suivants découlent de l'objectif général :

- Établir l'état des lieux des infrastructures d'approvisionnement en eau potable à Néboun et Livara en relevant les forces et les faiblesses ;
- Réaliser une étude de faisabilité technique pour la mise en place d'un système d'AEP-MV à Néboun et Livara ;
- Faire une étude financière et une notice d'impact environnemental et social du système d'AEP-MV de Néboun et Livara.

IV.2 Résultats attendus

Dans cette présente étude, nous aurons :

- L'état des lieux des infrastructures d'approvisionnement en eau potable à Néboun et Livara en relevant les forces et les faiblesses est établit ;
- Une étude de faisabilité technique pour la mise en place d'un système d'AEP-MV à Néboun et Livara est réalisée ;
- Une étude financière et une notice d'impact environnemental et social du système d'AEP-MV de Néboun et Livara est faite.

V. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

V.1 Recherche documentaire et collecte de données

Elle a permis de rassembler les informations nécessaires à la conception du système. Elle s'est basée sur les cours, les normes techniques et les mémoires d'études en rapport avec la zone et le domaine. Tous les documents utilisés ont été référenciés dans la bibliographie. Cette méthode a contribué à orienter le dimensionnement sur le choix des différentes formules, ainsi que sur le mode de gestion et l'analyse financière.

V.2 Matériel

Comme matériel nous avons utilisé :

- **Google Earth Pro** : pour la visualisation spatiale et l'analyse géographique des zones desservies ;
- **GPS :** pour relever les coordonnées géographiques des ouvrages ;
- **Pack Microsoft Office** : pour le dimensionnement, la rédaction et la présentation ;
- **QGIS :** pour la cartographie ;
- **Zotero :** pour la gestion des références bibliographiques ;
- **AutoCAD :** pour l'élaboration des plans techniques ;
- **EPACAD et EPANET** : pour la simulation du réseau hydraulique.

V.3 Méthode de conception du système

V.3.1 Type de réseau

Le système d'AEP-MV est constitué d'un système de captage, d'un réseau de refoulement, d'un réservoir de stockage et d'un réseau de distribution.

Nous avons choisi un réseau de distribution de type mixte, combinant les configurations maillées et ramifiées. Cela s'explique par la morphologie du village, les résultats socio-économique et l'analyse du plan cadastral de la localité. Il comporte des BF et des BP, dont l'implantation a été réalisée par la population pendant l'enquête socio-économique, afin d'assurer une accessibilité équitable et conforme aux besoins réels des habitants.

V.3.2 Horizon du projet et évolution de la population

Les termes de références de l'étude énoncent clairement les objectifs à long terme avec comme horizon du projet l'année 2040 qui équivaut à une durée de vie de 14 ans a compté de 2026.

Grâce au dernier Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH, 2019), la population de nos deux villages a été estimé à 5 486 habitants pour le village de Néboun et à 2

092 habitants pour le village de Livara. Ce qui donne un total de 7 578 habitants en 2019 pour les deux villages.

L'évolution démographique des villages de Néboun et Livara jusqu'à l'horizon du projet a été estimée à partir de la moyenne entre le taux d'accroissement régional et celui de la province. En effet, le contexte sécuritaire actuel a entrainé des perturbations dans la répartition de la population, ce qui rend certains taux de la commune et des villages peu représentatifs de la réalité. Ainsi, pour obtenir une estimation plus cohérente et réaliste, il a été jugé pertinent d'adopter cette approche de moyenne présentant des valeurs proches du taux d'accroissement national. Les différents taux ont été déterminés par la formule de calcul du taux d'accroissement communal appliquée par l'INSD (KABORE) :

$$\tau = \frac{1}{2019-2006} \times \ln\left(\frac{P_{RGPH_{2019}}}{P_{RGPH_{2006}}}\right) \quad (1)$$

τ[%] : taux d'accroissement

$P_{RGPH_{2019}}$**[hbt]** : population en 2019

$P_{RGPH_{2006}}$ **[hbt]**: population en 2006

La population de Néboun et Livara à l'horizon du projet a été calculée à partir du modèle de croissance géométrique de Malthus :

$$P_n = P_0 * (1+\tau)^n \quad (2)$$

P_n [**hbt**]: population à l'année n

P_0**[hbt]** : population à l'année de référence

n **:** nombre d'année d'écart

V.3.3 Consommation spécifique

La consommation spécifique qui désigne la quantité moyenne d'eau consommée par personne et par jour, est l'un des principaux critères de planification ((MEA), mai 2016). Elle dépend des habitudes culturelles et change lorsqu'on passe d'un mode à un autre (Zoungrana, 2003). Dans le cadre de cette étude, les consommations spécifiques ont été déterminées en se basant principalement sur les recommandations du PN-AEP ainsi que sur le (DECRET N° 2024 - __/PRES/PM/MEEA/MATM/MEF/MAHSN /MS/ MEBAPLN portant définition des règles, critères et indicateurs d'accès à l'eau potable en situation de développement et d'urgence au Burkina Faso). Toutefois, ces deux sources présentent des écarts notables, pouvant entrainer un risque de surdimensionnement ou de sous dimensionnement. Afin d'obtenir une estimation prudente et à peu près équilibrée, nous avons retenu les valeurs du PN-AEP, auxquelles une majoration de 5 litre/pers/jour a été appliquée.

Tableau 4 : Consommation spécifique des BF et BP

Désignation	PN-AEP	Décret	Valeur retenue
Consommation spécifique BF [litre/pers/jour]	15	25	20
Consommation spécifique BP (l/pers/jour)	20	40	25

V.3.4 Les taux de desserte

Les taux de desserte représentent la proportion de la population qui a accès à un service d'eau potable dans une zone. La principale référence adoptée pour leur définition est le PN-AEP, qui fixe un objectif de couverture universelle en eau potable d'ici 2030, avec une répartition cible de 80% pour les systèmes d'AEP et 20% pour les PEM. Toutefois, les villages de Néboun et Livara ne disposent pas encore de système d'AEPS. Dans ce contexte et compte tenu du fait que notre projet s'inscrit dans une perspective plus longue allant jusqu'en l'horizon 2040, nous avons fixé le taux de 80% à l'horizon 2040 dont 56% pour les BP et 24% pour les BF.

Tableau 5 : Taux de desserte du PN-AEP

Année	AEP	BP	BF
2015	9%	0,30%	8,70%
2020	32,70%	9,80%	22,90%
2025	56,40%	28,20%	28,20%
2030	80%	56%	24%

Source : PN-AEP

Dans le cadre de notre étude et conformément aux recommandations du PN-AEP (2016-2030), un BP a été considéré comme desservant en moyenne **10 personnes**, tandis qu'une BF a été estimée capable de desservir **500 personnes**.

V.3.5 Les variations cycliques de la demande

Les consommations varient en terme quantitatif suivant les saisons, les jours de la semaine et les heures de la journée. Ces variations ont une influence directe sur les dimensions des installations. Il est donc important de les tenir en compte dans le dimensionnement du réseau c'est-à-dire en appliquant des coefficients d'ajustement (Zoungrana, 2003).

V.3.5.1 Les variations saisonnières

Les variations saisonnières ont une influence sur la demande globale et les dimensions du système. Ce coefficient est déterminé par le rapport de la consommation journalière moyenne

calculée sur l'année et de la consommation journalière moyenne de la période de pointe. Il varie en situation normale entre 1.10 en zone tropicale humide où les ressources en eau sont abondantes et les températures stables, et 1.20 en zone sahélienne où le tarissement cyclique des ressources alternatives se conjuguent avec les fortes chaleurs (Zoungrana, 2003).

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

C_{ps}: coefficient de pointe saisonnier

D_{jmp} **[m³/j]** : Demande journalière moyenne du mois de pointe

D_{jm} **[m³/j] :** Demande journalière moyenne annuelle **(3)**

V.3.5.2 Les variations hebdomadaires

Le coefficient de pointe journalière exprime le retour de façon cyclique du comportement des usagers au cours de la semaine. Il s'enregistre en général, les jours de grandes festivités et de repos général (SOME, 2024). Il varie entre 1.05 et 1,15. Il est déterminé par la formule suivante :

$$C_{pj} = \frac{D_{jp}}{D_{jmp}}$$

C_{pj}: coefficient de pointe journalier

D_{jp} **[m³/j]** : Demande de jour de pointe

D_{jmp} **[m³/j]** : Demande journalière moyenne du mois de pointe **(4)**

V.3.5.3 Les variations horaires

Le coefficient de pointe horaire rend compte de la pointe de la consommation au cours de la journée. Il exprime donc les habitudes du consommateur au cours de la journée. Son estimation se fait de manière statistique ou par le biais de relations empiriques. Formule empirique dite du « Génie Rural » (France). (Faye)

$$C_{ph} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{mh}}}$$

C_{ph}: coefficient de pointe horaire

Q_{mh} **[m³/j]** : débit moyen horaire **(5)**

Le coefficient de pointe horaire varie entre 1,5 et 3 selon la taille de la localité. Nous avons dans le tableau 5 les variations des coefficients de pointe horaire :

Tableau 6 : Variation du coefficient de pointe horaire en fonction de la taille de la population

Population (hbts)	Cph
<10 000	2,5 à 3
10 000 à 50 000	2 à 2,5
50 000 à 200 000	1,5 à 2
>200 000	1,5

Source : Faye 2021

V.3.6 Rendement du réseau

Il est un indicateur de performance hydraulique qui traduit le volume d'eau réellement disponible pour les usagers. Il prend en compte l'ensemble des pertes physiques et apparentes pouvant survenir depuis la source de production jusqu'aux points de distribution. Comme pertes nous avons :

Les pertes au refoulement : qui correspondent aux pertes de traitement. La moyenne admissible des pertes se situe entre 4 et 5% (Zoungrana, 2003). Dans le cadre de notre étude nous prendrons une valeur de 2%. Cette valeur relativement faible s'explique par la nature souterraine de la ressource en eau, généralement de bonne qualité, ne nécessitant qu'une faible chloration.

Les pertes de distribution : Ce sont les fuites constatées sur le réseau de distribution lui-même et avant compteur sur les branchements. Il est communément admis que le ratio technico-économique de perte au cours du transport et de la distribution varie entre 10% à 20%. (Zoungrana, 2003). Dans le cadre de notre étude nous prendrons 8%, compte tenu de la taille modérée du réseau et du nombre élevé de BF limitant les fuites.

Rendement global du réseau : la totalité des pertes est évaluée à 10%, ce qui correspond à un rendement global du réseau de 90% à l'horizon du projet. Toutefois, considérant que le vieillissement et l'usure des installations s'accentuent progressivement au fil du temps, il a été supposé que les pertes seraient limitées à 5% la première année d'exploitation, pour augmenter graduellement et atteindre 10% à terme.

V.3.7 Besoin en eau

Il correspond à la quantité d'eau nécessaire pour satisfaire les usages d'une population donnée, en tenant compte de la consommation domestique et celle non domestique couramment appelé besoin annexe.

La consommation domestique compose 60 à 80% de la consommation en eau (Zoungrana, 2003) et correspond à la quantité d'eau potable utilisé au quotidien par les ménages à savoir boisson, cuisine, hygiène. Elle est obtenue à partir de la formule suivante :

$$C_d = \frac{(Pop_{BF} * Cs_{BF}) + (Pop_{BP} * Cs_{BP})}{1000}$$

C_d**[m³/j]** : consommation domestique
Cs **[l/j/hbt]** : consommation spécifique
Pop_{BF} **[hbt] :** population desservie au BF
Pop_{BP} **[hbt] :** population desservie au BP

(6)

Les besoins annexes regroupent l'eau potable utilisée par les infrastructures collectives, les activités économiques, l'abreuvoir, etc. Nous avons choisi une valeur forfaitaire de 10% pour notre étude. Nous obtenons donc comme besoin en eau :

$$C_a = 10\% * C_d$$

C_a**[m³/j]** : consommation annexe

(7)

Nous déduisons le besoin moyen journalier total par la formule suivante :

$$B_{jm} = C_a + C_d$$

B_{jm}**[m³/j]** : besoin journalier moyen

(8)

V.3.8 Demande de jour de pointe

La capacité de production de l'AEP-MV doit couvrir la demande maximale journalière. La demande de jour de pointe est le volume d'eau nécessaire pour satisfaire les besoins de la population tout en intégrant les pertes hydrauliques enregistrées entre la production et la distribution. Elle est calculée par la formule suivante :

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

D_{jp}**[m³/j]** : coefficient de pointe horaire
B_{jp} **[m³/j]** : besoin du jour de pointe
$\eta_{rés}$ **:** rendement du réseau

(9)

V.3.9 Temps de pompage et temps de distribution

Dans le dimensionnement de l'adduction, le temps théorique de pompage a été fixé à **16h/j** afin d'offrir une marge technique pour les arrêts liés à l'entretien ou aux aléas d'exploitation.

Quant à la distribution, un temps de distribution de 10h par jour a été retenu pour les BF, avec une couverture de 6h à 18h, incluant une pause de 2h. Cette organisation vise à faciliter la

supervision et le suivi des activités. Pour les BP, un temps de distribution de 16h par jour a été adopté tout en conservant une fenêtre de 8h pour la reconstitution partielle du stockage.

V.3.10 Vitesse et pression

Pour assurer une distribution optimale, il est essentiel que l'eau circule dans les conduites avec une vitesse située dans les plages recommandées. En effet, une vitesse trop faible favorise des dépôts solides et à l'inverse provoque des pertes de charges importantes. La vitesse de circulation de l'eau doit être comprise entre 0,3 m/s < V < 1 m/s (Zoungrana, 2003)

La pression de service est la pression minimale à laquelle l'eau est fournie à l'usager pour un confort d'utilisation. Elle doit permettre à l'usager d'opérer des prélèvements d'eau depuis la canalisation, sans efforts particuliers. La valeur requise pour les AEP classiques est comprise entre 10 à 20[mCE] (Faye, Mai 2021).

V.4 Méthodologie de dimensionnement

V.4.1 Ressource en eau et système de captage

V.4.1.1 Ressource en eau disponible

La ressource en eau correspond au point de départ de tout système d'adduction d'eau potable, sa connaissance est donc d'une importance capitale. Le choix s'est porté sur les eaux souterraines, en raison de leur moindre exposition à la pollution et de la simplicité de leur traitement, qui nécessite uniquement comme produit chimique le chlore. Dans les deux villages, 16 forages communautaires sont dénombrés. Pour notre système d'AEP, un de ces forages a fort débit a été réquisitionné comme point de captage, avec un débit de 15 m3/h**.** Toutefois en attendant les essais de pompage et le développement du forage, nous avons trouvé prudent de considéré que ce forage fournira environ **95%** de ce débit. A cela nous avons considéré **14 m^3/h** comme débit d'exploitation.

Pour le nombre de forage supplémentaire nécessaire nous avons fait une comparaison entre le débit d'exploitation et le débit théorique de pompage calculé qui prend en compte la demande de pointe. Le débit théorique est calculé comme suit :

$$Q_{tp} = \frac{D_{jp}}{T_{tp}}$$

N_f : nombre de forage

Q_{tp} ($[m^3/h]$): débit théorique de pompage

D_{jp}($[m^3/j]$) : demande de jour de pointe

T_{tp}(h/j) : temps théorique de pompage

Q_{exp} $[m^3/h]$: débit d'exploitation

(10)

V.4.1.2 Système de pompage

Un système de pompage répond à un besoin : celui de transporter, d'un point A vers un point B, une certaine quantité de liquide, tous les mois, ou tous les jours, ou toutes les heures. C'est le moyen le plus économique et est constitué d'un ensemble d'ouvrages dont les plus importants sont les pompes et les tuyauteries (Mounirou, Janvier 2018).

- **Type de pompe hydraulique**

Une pompe est une machine élévatoire servant à élever le niveau d'énergie d'un fluide sans en faire varier l'état et la composition (Mounirou, Janvier 2018). Le choix de la pompe hydraulique immergée a été effectué en fonction du débit d'exploitation et de la Hauteur Manométrique Totale (HMT) calculée. Nous avons opté pour la marque GRUNDFOS, reconnue pour sa fiabilité, sa large disponibilité sur le marché local et sa capacité à fournir des pompes adaptées aux débits élevés, ce qui en fait une solution à la fois performante et durable pour notre système.

La HMT a été déterminée par la formule suivante :

$$HMT = H_{géo} + \Delta H$$

HMT**[m]** : Hauteur Manométrique Totale

$H_{géo}$ **[m]** : Hauteur géométrique

ΔH**:** Pertes de charge

(11)

Les formules ci-après permettent d'obtenir les différentes puissances de la pompe :

$$\begin{cases} Ph = \dfrac{\rho * g * Q * HMT}{1000} \\ P_a = \dfrac{\rho * g * Q * HMT}{1000 * \eta_p} \\ P_{eam} = \dfrac{\rho * g * Q * HMT}{1000 * \eta_p * \eta_M} \end{cases}$$

P_H**[kW]** : Puissance hydraulique fournie par la pompe

P_a **[kW]** : Puissance absorbée par la pompe

P_{eam}**:** Puissance absorbée par le moteur

η_p **:** Rendement de la pompe

η_M **:** Rendement du moteur

(12)

- **Source d'énergie**

Le système d'alimentation hybride associant énergie solaire photovoltaïque et énergie thermique a été retenu afin d'assurer une alimentation continue et fiable des différents équipements électromécaniques. Ce choix a pour but de réduire les coûts d'exploitation, de favoriser l'autonomie et d'avoir une source d'appoint en cas de faible ensoleillement.

❖ **Energie solaire photovoltaïque**

Afin de garantir un dimensionnement optimal du champ solaire adapté aux conditions locales, une évaluation préalable du potentiel solaire de la zone a été réalisée, prenant en compte le temps d'ensoleillement, l'intensité moyenne de l'insolation ainsi que l'orientation des panneaux. La station synoptique de Boromo, qui couvre nos deux villages présente un temps d'ensoleillement moyen journalier de 8,03 heures. Par prudence et pour tenir compte des variations climatiques, un temps d'ensoleillement de 7 heures a été retenu dans les calculs. L'intensité moyenne d'insolation a été estimé à 5,15kWh/m^2/jour et les panneaux solaires seront orientés plein sud avec une inclinaison de 15°.

Puissance crête :

La puissance crête qui est la capacité maximale théorique d'un panneau solaire à produire de l'énergie, s'obtient par la formule suivante :

$$Pc(Wc) = \frac{\rho * g * Q * HMT * T_{ens}}{3600 * \eta_p * \eta_M * \eta_{ond} * \gamma_i} \quad \textbf{(13)}$$

P_c**[Wc]** : Puissance crête du générateur

T_{ens}**:** Temps d'ensoleillement journalière

η_{ond} **:** Rendement de l'onduleur

γ_i $[kW/m2/j$ **:** intensité d'insolation journalière

Disposition et nombre de panneaux :

Le nombre de panneau solaire a été calculé par la formule :

$$N_{mod} = \frac{P_C}{P_{c,mod}} \quad \textbf{(14)}$$

N_{mod} : Nombre de module

$P_{c,mod}$ $[Wc]$**:** Puissance crête d'un module

Nos modules seront associés selon une configuration série-parallèle, afin d'obtenir la tension et la puissance souhaitées pour le bon fonctionnement du système. La configuration optimale a été déterminée à partir des relations suivantes :

$$\begin{cases} N_{mod,s} \leq \dfrac{U_{max,ond}}{U_{cc,mod}} \\ Nmod,p \leq \dfrac{Pc}{P_{c,mod} * N_{mod,s}} \end{cases}$$

$N_{mod,s}$: Nombre de module en série

$N_{mod,p}$ **:** Nombre de module en parallèle

$U_{max,ond}$ (V)**:** Tension max entrée de l'onduleur

$U_{cc,mod}$ **(V) :** Tension de court-circuit du module

(15)

L'onduleur :

L'onduleur encore appelé convertisseur permet de convertir le courant continu en courant alternatif. Sa puissance est calculée comme suit :

$$P_{ond} = \frac{P_p * K}{\cos\varphi * \eta_p}$$

P_{ond} $[kVA]$: Puissance de l'onduleur

P_p $[kW]$**:** Puissance de l'électropompe

K : coefficient de correction = **1,05**

$\cos\varphi$: facteur de puissance de l'onduleur

(16)

❖ **Groupe électrogène**

Afin d'assurer une continuité du service en cas d'insuffisance d'énergie solaire ou de défaillance du système, un groupe électrogène a été prévu en appui. Il doit être dimensionné de manière à supporter le courant de démarrage de l'électropompe. Sa puissance est déterminée à partir de la relation suivante :

$$P_{app} = max \begin{cases} 2 * \dfrac{\rho * g * Q * HMT}{3600 * \eta_p * \eta_M * \cos\varphi} \\ 2 * \dfrac{\sqrt{3} * U_M * I_M * \cos\varphi}{1000} * 1.25 \end{cases}$$

P_{app} $[kVA]$: Puissance apparente du groupe

U_M $[V]$**:** Tension du moteur

$I_{M\,(A)}$: coefficient de correction

$\cos\varphi$: facteur de puissance

(17)

V.4.1.3 SIG et télédétection

La télédétection consiste à acquérir des informations sur la surface terrestre à distance généralement à l'aide d'image satellitaire. Elle a été utilisée pour l'identification des zones favorables à la présence des eaux souterraines à partir des linéaments. Les linéaments sont des structures linéaires visibles sur une image satellitaire. Ils sont considérés comme d'importants indicateurs tectoniques et structuraux permettant de déterminer les tendances tectoniques régionales et les zones de fractures dans les roches (Miyouna, 2020). Nous avons procédé comme suit :

- Acquisition des images satellitaires : les images landsat 8 ont été téléchargées depuis la plateforme United States Geological Survey (USGS), en raison de leur bonne résolution spectrale et de leur disponibilité gratuite ;
- Prétraitement des images sous ENVI : qui a consisté à renforcer la lisibilité des structures géologiques à travers la composition colorée, l'Analyse en Composante Principale (ACP), les ratios des bandes et les bandes brutes afin d'améliorer le contraste.
- Filtrage directionnel Sobel : qui a été appliqué selon plusieurs orientations NE-SW, NS, EW, NW-SE afin de rehausser les linéaments ;
- Extraction et compilation des linéaments ;
- Elaboration de la carte des linéaments à partir de QGIS, analyse des linéaments et analyse des zones potentielles de captage.

V.4.2 Réseau d'adduction

L'adduction est le transfert de l'eau de la source naturelle ou de la station de traitement vers les réservoirs de distribution. Il est généralement sous pression (Faye, Mai 2021). Il existe deux types d'adduction à savoir. Nous avons l'adduction gravitaire qui consiste à amener l'eau d'un point haut vers un point bas et l'énergie potentielle disponible est suffisante pour le transport du débit souhaité au point bas. Et l'adduction par refoulement qui consiste à amener l'eau d'un point bas vers un point haut en apportant de l'énergie au point bas pour vaincre la dénivelée et les pertes de charges (Bega, 2005). Dans le cadre de notre étude nous avons un écoulement par refoulement.

V.4.2.1 Débit horaire d'adduction par refoulement

Ce débit correspond au débit de production car nous avons un système d'adduction direct. Il se calcule à partir de la formule ci-après :

$$Q_{ref} = \frac{D_{jp}}{T_p} = \frac{B_{jm} \times C_{pj}}{\eta_{ad} \times T_p} \quad \textbf{(18)}$$

Q_{ref} **[m³/h]** : débit de refoulement

T_p **[h]:** temps de pompage journalier

η_{ad} : rendement de l'adduction

V.4.2.2 Equipement de la conduite de refoulement

Les matériaux les plus couramment utilisés pour les conduites sont le polychlorure de vinyle (PVC), le polyéthylène haute densité (PEHD), l'acier, la fonte, le béton, etc. Pour notre projet, le choix s'est porté sur le PEHD en raison de sa facilité de mise en œuvre, de sa grande

disponibilité sur le marché local et de sa résistance à la corrosion avec une pression nominale de 10 bars.

Les diamètres des conduites ont été déterminées à partir d'une analyse comparative des diamètres théoriques obtenus par différentes formules empiriques. Le choix s'est également orienté vers des diamètres économiquement viables, ne nécessitant pas un investissement excessif, tout en garantissant des performances hydrauliques satisfaisantes. En effet, minimiser les pertes de charge par augmentation du diamètre de la conduite, permet d'optimiser l'efficacité énergétique du système au détriment de l'investissement sur les conduites. Mais, maximiser les pertes de charges par diminution du diamètre de la conduite, permet de minimiser l'investissement au détriment d'une flambée des charges d'exploitation énergétique (SOME, 2024). Les différentes formules empiriques pour le calcul des diamètres sont :

$$\begin{aligned}
&\boldsymbol{Bonin}: \ \boldsymbol{D_{th} = \sqrt{Q} \times 1000} \\
&\boldsymbol{de\ Bresse}: \ \boldsymbol{D_{th} = 1,5 \times \sqrt{Q} \times 1000} \\
&\boldsymbol{Bendjaoui}: \ \boldsymbol{D_{th} = 1,27 \times \sqrt{Q} \times 1000} \\
&\boldsymbol{Bresse - modif}\text{é}: \boldsymbol{D_{th} = 0,8 \times \sqrt[3]{Q} \times 1000} \\
&\boldsymbol{Munier}: \ \boldsymbol{D_{th} = (1 + 0,02\, T_p) \times \sqrt{Q} \times 1000}
\end{aligned}$$

$\boldsymbol{Q}$**[m³/s]** : Débit de pompage

$\boldsymbol{T_p}$ **[h]** : temps de pompage **(19)**

Le choix du diamètre final s'est orienté sur le respect de la condition de flamant :

$$\boldsymbol{V \leq 0,6 + D_{ext}}$$

$\boldsymbol{V}$**[m/s]** : vitesse

$\boldsymbol{D_{ext}}$ **[m]** : diamètre extérieur **(20)**

V.4.2.3 Conduite d'exhaure et montante

La conduite d'exhaure qui part de la pompe à la tête du forage permet d'évacuer l'eau pompée dans la conduite de refoulement. Le matériau utilisé est du PEHD PE 100, avec un diamètre calculé par la relation suivante :

$$\boldsymbol{D_{exh} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V_{exh}}}}$$

$\boldsymbol{D_{exh}}$**[m]** : Diamètre conduite d'exhaure

$\boldsymbol{V_{exh}}$**[m/s]** : vitesse dans l'exhaure **(21)**

Quant à la conduite montante qui est reliée à la conduite de refoulement, elle permet d'alimenter le réservoir. Celle descendante est raccordée à la conduite de distribution. Le matériau utilisé pour les deux est de l'acier inoxydable et leur diamètre est obtenu par la relation suivante :

$$\boldsymbol{D_{mont} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V_{mont}}}}$$

$\boldsymbol{D_{mont}}$**[m]** : Diamètre conduite montante

$\boldsymbol{V_{mont}}$**[m/s]** : vitesse dans la montante **(22)**

V.4.2.4 Pertes de charge à l'adduction

Les pertes de charge représentent des pertes d'énergie hydraulique qui se produisent lors de l'écoulement de l'eau dans les conduites. Elles sont principalement dues au frottement de l'eau contre les parois internes des tuyaux, dépendant du diamètre, de la longueur, la rugosité de la conduite et également des singularités. Il y a généralement deux types de pertes de charge dans un système d'adduction : les pertes de charge linéaires et les pertes de charge singulières.

Les pertes de charge linéaires peuvent être évaluées à l'aide de formules empiriques telles que celles de Chézy (1775), Manning-Strickler, Hazen-Williams, Calmon-Lechapt et Darcy Weisbach (1775). Quant aux pertes de charges singulières, ils peuvent être estimées en une fraction des pertes de charge linéaires soit 5% pour les conduites d'adduction équipées de peu de singularité (Zoungrana, 2003).

Pour notre étude, nous avons choisis d'évaluer les pertes de charges linéaires avec la formule de Darcy-Weisbach car elle offre plus de précision et avons considéré une majoration de 5% pour les pertes de charges singulières.

$$\Delta H = 1,05 * \frac{8 * Q^2 * \lambda}{\pi^2 * D^5 * g} * L \quad \textbf{(23)}$$

$\Delta H[m]$: Pertes de charge
λ **:** coefficient de résistance
L $[m]$: longueur de la conduite
g [m/s2] : accélération de pesanteur
D **[m] :** diamètre intérieur de la conduite

La relation de Colebrook White nous a permis de déterminer le coefficient de résistance (λ), que nous avons insérer sur Excel pour des itérations dans le tableur Visual Basic.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \log\left(\frac{k}{3.71D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}}\right) \quad \textbf{(24)}$$

k : Rugosité de la conduite
Re **:** Nombre de Reynods

V.4.2.5 Coup de bélier

Les coups de bélier sont les variations de pression provoquées par une prompte modification du régime d'un liquide s'écoulant à l'intérieur d'une canalisation. C'est donc un phénomène oscillatoire de la pression (entre surpressions et dépressions) dont les causes sont la fermeture instantanée d'une vanne et l'arrêt brutal d'une pompe (Mounirou, 2024). Il est susceptible d'entraîner la rupture du tuyau d'où la nécessité de l'évaluer. La formule de Jouvoski-Aliévi permet de déterminer les variations de pressions. Nous avons :

$$\Delta P = \pm c * \frac{U_0}{g} \; avec \; c = \sqrt{\frac{1}{\rho\left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{D}{Ee}\right)}}$$

(25)

$c[m/s]$: célérité de l'onde

U_o $[m/s]$ **:** vitesse d'écoulement

ε **[N/m²]** : élasticité de l'eau

E [N/m²] : élasticité du matériau

e **[m] :** épaisseur de la conduite

Un coup de bélier est considéré comme préjudiciable, lorsqu'il respecte les conditions suivantes :

$$\begin{cases} H_{max} \geq PMA \; avec \; H_{max} = HMT + \Delta P - NDmax \\ H_{min} \leq P_{atm} \; avec \; H_{min} = HMT - \Delta P - NDmax \end{cases}$$

(26)

$H_{max}[m]$: pression maximale

PMA $[m]$ **:** Pression max admissible ≈ 1.2*Pression nominal

H_{min} **[m]** : pression minimale

P_{atm} **[m] :** pression atmosphérique

V.4.3 Réservoir de stockage

Le stockage dans les systèmes de distribution est l'accumulation en un point de quantité d'eau pour résoudre un problème technique et/ou un problème économique (coût de l'énergie) (Zoungrana, 2003). Au point de vue technique, les fonctions fondamentales assurées par les réservoirs sont au nombre de cinq (Bega, 2005) :

- **Fonction de régulation** : il est un ouvrage régulateur de débit qui permet d'adapter la production à la consommation. Il joue un rôle tampon entre l'offre et la demande ;
- **Fonction de sécurité d'approvisionnement** : dans l'éventualité d'un incident sur les équipements d'alimentation du réseau de distribution ;
- **Fonction de mise en pression du réseau et de régulation de pression** : du fait de sa position dominante du réseau de distribution il permet le maintien d'une pression sur le réseau ;
- **Fonction de simplification de l'exploitation** : dans la simplification des problèmes d'exploitation en permettant les arrêts pour entretien ou réparation de certains équipements ;
- **Fonction de réacteur participant au traitement** : en assurant un temps de contact suffisant entre l'agent désinfectant et l'eau.

V.4.3.1 Calcul de la capacité utile du réservoir

La capacité utile du réservoir est un volume qui puisse permettre de stocker les excédents de pompage pendant les heures de faible consommation ou de compenser le déficit entre le pompage et la consommation (Faye, Mai 2021). En effet, elle est fonction du débit d'adduction et des fluctuations du débit de distribution. Trois méthodes sont employées pour approcher son volume (Zoungrana, 2003) :

La méthode analytique : qui consiste à simuler le fonctionnement du système au cours d'une journée afin de déceler à des pas de temps prédéterminés les déficits et les surplus de volume non consommés. La réserve de distribution est la somme de la plus grande valeur positive et de la valeur absolue de la plus faible valeur négative ;

La méthode graphique : il s'agit d'abord de se fixer un temps de pompage journalier, les périodes de pompage et le débit de pompage. Ensuite, de représenter successivement l'adduction, la distribution, les courbes de cumul des débits précédents, la superposition des courbes de cumul des débits pour une journée (24 heures). Enfin, de réaliser une translation parallèle de la courbe d'adduction pour envelopper la courbe de distribution afin de visualiser les deux écarts maxima. La somme de ces deux écarts indique le volume de la réserve de distribution ;

La méthode simplifiée : est le résultat de l'expérience de chaque pays. Au Burkina Faso, la capacité utile du réservoir est déterminée par une fraction de la demande du jour et des conditions d'exploitation. Nous avons :

Tableau 7 : Capacité utile du réservoir avec la méthode forfaitaire

Conditions d'exploitation	Capacité utile
Adduction nocturne	90 %Djp
Adduction avec pompage solaire	50 %Djp
Distribution continue	30 %Djp
Adduction de jour, durant les périodes de consommation	[10 % ; 30 %]Djp

Source : statistique de centres d'AEP

La méthode analytique et forfaitaire seront utilisées pour évaluer la capacité utile du réservoir. De plus, nous avons opté pour un réservoir métallique de forme cylindro-conique à cause de sa robustesse, sa facilité d'installation et le coût d'investissement modéré.

V.4.3.2 Hauteur sous radier

La hauteur sous radier du réservoir est déterminée à partir des charges minimales calculées à chaque nœud résultant de la somme des pertes de charge, la pression de service, la différence

d'altitude entre le réservoir et les nœuds. En effet, la pression dans le réseau est généralement influencée par la hauteur du réservoir par rapport aux nœuds et par la variation du débit dans les conduites (SOME, 2024). La valeur maximale de la charge calculée à chaque nœud s'impose au réservoir et est considérée comme la ligne de charge(Z_{radier}). A partir de cette ligne de charge, il est déduit de la côte du terrain naturel du réservoir ($Z_{TN_rés}$) la hauteur sous radier (H_{radier}).

$$\begin{cases} \boldsymbol{H_{i,min} = \Delta H_{i,res} + Z_{i,aval} + P_{ser}} \\ \boldsymbol{Z_{radier} = Max(H_{i,min})} \\ \boldsymbol{H_{radier} = Z_{radier} - Z_{TN_rés}} \end{cases}$$

$\boldsymbol{H_{i,min}[m]}$: charge minimale au nœud i

$\boldsymbol{\Delta H_{i,res}[m]}$ **:** perte de charge au nœud i

$\boldsymbol{Z_{i,aval}}$ **[m]** : côte du nœud aval i

$\boldsymbol{P_{ser}}$ **[m] :** pression de service **(27)**

$\boldsymbol{Z_{radier}}$ **[m] :** côte du radier

$\boldsymbol{H_{radier}}$**[m] :** Hauteur sous radier

$\boldsymbol{Z_{TN_rés}}$**[m] :** Côte TN du réservoir

V.4.3.3 Traitement de l'eau

Le mode de traitement de l'eau dépend étroitement de la nature de la ressource utilisée. Dans notre cas, l'eau provient d'une nappe souterraine, généralement de bonne qualité. Toutefois, durant le transport et le stockage, elle peut être exposée à des risques de contamination. Pour garantir la potabilité de l'eau distribuée, il est donc nécessaire d'effectuer un traitement de désinfection. A cet effet, une injection de chlore sera réalisée au niveau du réservoir à l'aide d'une pompe doseuse. La capacité et le débit d'injection de cette pompe sont calculés comme suit :

$$\begin{cases} \boldsymbol{q = \dfrac{d * Q}{c}} \\ \boldsymbol{V = q * T} \end{cases}$$

$\boldsymbol{q[l/h]}$: débit d'injection de la pompe doseuse

$\boldsymbol{d}$ $\boldsymbol{[mg/l]}$ **:** dose de traitement

$\boldsymbol{Q}$ **[m^3/h]** : débit d'eau à traiter

$\boldsymbol{c}$ **[g/l] :** concentration de la solution de chlore **(28)**

$\boldsymbol{V}$ **[l] :** volume du bac

$\boldsymbol{T}$ **[h] :** temps de fonctionnement par jour

- **Temps de contact du chlore**

Certains désinfectants comme le chlore ont besoin d'un temps minimum de contact pour l'efficacité de leur action : généralement on retient deux (02) heures minimums (Faye, Mai 2021). Ce temps est déterminé par la formule suivante :

$$T_c = \frac{C_u}{Q_{ph}} \geq 2\ heures \quad (29)$$

T_c**[h]** : temps de contact du chlore
C_u**[m³]** : capacité utile du réservoir
Q_{ph} **[m³/s] :** débit de pointe horaire

- **Durée d'efficacité du traitement**

Le chlore est un désinfectant avec un pouvoir rémanent qui permet la protection de l'eau contre les pollutions extérieures (Bega, 2005). Cependant, le chlore étant volatile, son efficacité diminue considérablement. Généralement on retient 48 heures soit deux (02) jours au plus pour son évaporation (Faye, Mai 2021). Cette durée est vérifiée à partir de la relation suivante :

$$T_s = \frac{C_u}{Q_{mh}} < 2\ jours \quad (30)$$

T_s**[j]** : temps de contact du chlore
B_{jp} **[m³/s] :** demande du jour de pointe

V.4.4 Réseau de distribution

Le système de distribution est le dernier maillon de la chaîne du système d'approvisionnement en eau potable. Son rôle est de transporter l'eau du stockage jusque chez les usagers et d'en assurer la livraison. Cependant, pour un fonctionnement optimal, quatre exigences sont recherchées, à savoir : l'accessibilité technique et financière aux usagers, une qualité de l'eau répondant aux normes de potabilité, la continuité du service et le respect des normes de vitesse et pression de service (Zoungrana, 2003).

Comme mentionné précédemment, le réseau de distribution adopté est de type mixte comprenant comme point de desserte des BP et des BF. Le tracé du réseau a été défini à partir des résultats des levés topographiques, en veillant à implanter le réservoir de stockage au point le plus élevé du site. Ce choix permet d'optimiser la distribution gravitaire et d'assurer une répartition uniforme de l'eau sur l'ensemble du réseau.

V.4.4.1 Matériau et conditions d'écoulement

Le matériau retenu pour les conduites du réseau de distribution est le PEHD PN10. Ce choix s'explique par le contexte rural du projet, caractérisé par des zones non loties, où la flexibilité, la légèreté et la résistance du PEHD offrent une solution à la fois économique et durable.

Dans le cadre de notre étude, nous avons pris en compte plusieurs paramètres hydrauliques essentiels, à savoir (Bega, 2005) :

- Le réseau est calculé avec les débits de l'heure de pointe ;
- Les vitesses admissibles retenues sont comprises entre **[0,3 m/s – 1 m/s] ;**
- Les pressions de services doivent être comprises entre **[10 m – 40 m].**

V.4.4.2 Les débits à la distribution

Le débit de pointe horaire de distribution est le débit maximum que le réseau de distribution doit pouvoir fournir pendant l'heure le plus sollicité de la journée. Il regroupe le débit de pointe horaire des BF et celui des BP.

- **Débit de pointe horaire des bornes fontaines**

Au Burkina Faso, les robinets de BF sont généralement conçus sur la base de valeurs de référence de débit comprises entre 0,25 l/s, 0,30l/s et 0,5 l/s. Dans le cadre de notre étude, chaque BF sera équipée de trois robinets, avec un débit unitaire de puisage de 0,25 l/s par robinet. Cela équivaut à un débit total de pointe horaire de 0,75 l/s par borne fontaine ($\boldsymbol{Q_{ph/BF}}$). Le débit total de pointe horaire de distribution fourni par les BF est obtenu par le relation suivante :

$$\boldsymbol{Q_{ph_BF} = N_{BF} * Q_{ph/BF}} \quad \textbf{(31)}$$

$\boldsymbol{Q_{ph_BF}}$ $[\boldsymbol{m^3/h}]$**:** débit de pointe horaire des BF

$\boldsymbol{N_{BF}}$: Nombre total de BF

$\boldsymbol{Q_{ph/BF}}[\boldsymbol{m^3/h}]$**:** temps théorique de pompage

- **Débit de pointe horaire des Branchements Particuliers**

Ce débit est calculé à partir de la formule suivante :

$$\boldsymbol{Q_{ph_BP} = \frac{D_{jp_BP} * C_{ph}}{T_{dist_BP}}} \quad \textbf{(32)}$$

$\boldsymbol{Q_{ph_BP}}$ $[\boldsymbol{m^3/h}]$**:** débit de pointe horaire des BP

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

$\boldsymbol{D_{jp_BP}}[\boldsymbol{m^3/j}]$**:** temps théorique de pompage

$\boldsymbol{T_{dist_BP}}$ $\boldsymbol{[h]}$ **:** temps de distribution au BP

- **Débit de desserte des tronçons**

Dans les réseaux AEP ; il existe deux modes de desserte à savoir : la desserte ponctuelle correspondant aux tronçons qui assurent uniquement une fonction de transport et la desserte

uniforme correspondant aux tronçons qui assurent à la fois une fonction de transport et de distribution (Zoungrana, 2003). Pour les tronçons avec une desserte uniforme, nous avons déterminé les débits en route de chaque tronçon à partir des relations ci-après :

$$\begin{cases} Q_{ml} = \dfrac{Q_{ph_BP}}{L_{T.tronçt_d}} \\ Q_{route} = Q_{ml} \times L_{tronçt_d} \end{cases}$$

Q_{ml} [l/m]: débit linéique

$L_{T.tronçt_d}$ [m]: longueur totale tronç. de transp et dist (33)

A l'issus de ce débit, nous avons déterminé les débits soutirés, amont et aval de chaque tronçon, par les relations suivantes :

$$\begin{cases} Q_{soutiré,BF} = Q_{route} + Q_{BF} \\ Q_{amont,i} = Q_{soutiré,i} + Q_{aval,i} \\ Q_{aval,i} = Q_{amont,i} - Q_{soutire,i} \end{cases} \quad (34)$$

Pour faciliter les calculs des conduites, on recherche le débit fictif de calcul qui entraîne la même perte de charge (Zoungrana, 2003). Il est obtenu par la formule suivante :

$$Q_{fictif,i} = 0,55Q_{amont,i} + 0,45Q_{aval,i} \quad (35)$$

V.4.4.3 Diamètres et pertes de charges des conduites

– **Diamètre des conduites**

L'équation de continuité nous a permis dans un premier temps de déterminer le diamètre théorique des conduites. Nous avons :

$$D_{théo,i} = \sqrt{\frac{4 * Q_{fictif,i}}{\pi * V}}$$

$D_{théo,i}$ [m]: diamètre théorique

$Q_{fictif,i}$ [m^3/s]: débit fictif de tronçon

V [m/s] : vitesse hypersonique (36)

Dans un second temps, grâce au catalogue des tubes nous avons choisis le diamètre commercial qui est la valeur immédiatement supérieure au diamètre théorique.

Les conduites du réseau doivent être enterrées afin d'assurer leur protection et leur sécurité. La réalisation des tranchées doit être soigneusement adaptée, car leur dimension dépend directement du diamètre des conduites.

Nous avons :

$$\begin{cases} P_{fouille} = 0,8 + D_N \\ l_{fouille} = 0,4 + D_N \end{cases}$$

$P_{fouille}$ [m]: profondeur de fouille

$l_{fouille}$ [m]: longueur de fouille

D_N [m] : diamètre nominal

(37)

– **Pertes de charges**

Deux approches ont été utilisées pour évaluer nos pertes de charges : celle de Darcy-Weisbach comme pour le réseau d'adduction et celle de Manning Strickler (MS). Au niveau de la distribution nous avons estimé les pertes de charges singulières à 10% des pertes de charges linéaires. La formule de Manning Strickler est donnée par la relation suivante :

$$\Delta H = 1,1 * \frac{4^{\frac{10}{3}} \times Q_{fictif}^2 \times L_{troncon}}{\pi^2 \times Ks^2 \times D_c^{\frac{16}{3}}}$$

ΔH [m]: perte de charge

K_S : coefficient de rugosité interne de MS

D_c [m] : diamètre commercial interne

(38)

– **Réseau maillé**

La méthode de Hardy-Cross a été utilisée pour le dimensionnement des sections maillées de notre réseau. Cette approche itérative permet d'équilibrer les débits dans les conduites jusqu'à atteindre un certains nombres de conditions. Pour le dimensionnement de la maille, nous avons adopté la démarche suivante :

- Une répartition initiale arbitraire des débits tout en respectant la loi des nœuds, selon laquelle la somme des débits entrants est égale à la somme des débits sortants ;
- Affecté un sens de circulation à la maille ;
- Déterminé les diamètres correspondants.

Dans notre étude nous avons choisi le sens de circulation des aiguilles d'une montre. La méthode de Hardy-Cross repose sur la relation suivante :

$$\begin{cases} \Delta Q_{Mi} = -\frac{\sum_{Mi} \Delta H_i}{2 * \sum_{Mi} \frac{\Delta H_i}{Q_i}} * 1000, |\Delta Q| \leq 10^{-3}\ l/s \\ \sum_{Mi} \Delta H_i \leq 10^{-4}\ m \end{cases}$$

ΔQ_{Mi} [l/s]: correction de débit de la maille

(39)

A chaque itération, les débits sont corrigés jusqu'à atteindre les conditions citées. Nous avons :

$$Q_{corri,i} = Q_i + \Delta Q_{Mi} \quad \textbf{(40)}$$

V.4.4.4 Vitesse et Pressions

L'équation de continuité servira également au calcul de la vitesse d'écoulement dans les conduites, nous avons :

$$V = \frac{4 * Q_{fictif}}{\pi * D_{int}^2} \quad \left| \; \boldsymbol{V}\ \textbf{[m/s]:} \text{ vitesse de l'eau dans la conduite} \right. \qquad \textbf{(41)}$$

Les pressions au niveau des nœuds sont évaluées par les différentes formules suivantes :

$$\begin{cases} H_{i,aval} = Z_{radier} - \sum_{i}^{rés} \Delta H \\ P_{réel,i} = H_{i,aval} - Z_i \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} \boldsymbol{H_{i,aval}}\ [\boldsymbol{m}]\textbf{:} \text{ charge avale du nœud} \\ \boldsymbol{P_{réel,i}}\ \textbf{[m] :} \text{ pression réel au nœud} \\ \boldsymbol{Z_i}\ \textbf{[m] :} \text{ altitude du TN au nœud} \end{array} \right. \qquad \textbf{(42)}$$

V.5 Méthode de simulation EPANET

La simulation hydraulique du réseau a été effectuée à l'aide du logiciel EPANET pour l'analyse de la robustesse et la solidité de réseau de distribution. Nous avons utilisé la méthode statique pour la simulation qui est une méthode qui analyse le réseau en régime permanent avec des débits constants aux nœuds, afin de déterminer les pressions, les vitesses et les pertes de charges. Nous avons choisi cette méthode pour vérifier le bon fonctionnement hydraulique du réseau. Les paramètres du réseau tels que la longueur, le diamètre, l'altitude, débits etc, ont été introduits dans le modèle afin d'obtenir une représentation réaliste du fonctionnement. Les résultats obtenus ont été ensuite comparés avec ceux calculés avec le logiciel Excel.

V.6 Equipements hydrauliques et annexes

V.6.1.1 Equipements de protection

Pour le bon fonctionnement du réseau, les équipements de protection jouent un rôle essentiel dans la sécurité, la régulation et la maintenance du système. Ces dispositifs comprennent notamment :

- **Les ventouses** : elles permettent le dégazage de l'air accumulé dans les points hauts ;
- **Les vidanges** : ils permettent de temps à autre, de vider l'adduction en entraînant ainsi l'ensemble des dépôts qui obstrue les tuyaux, installés aux points bas du réseau ;
- **Les robinets-vannes** : ils permettent d'isoler des sections du réseau pour réaliser des travaux, réparations ou interventions.
- **Les clapets anti-retour** : ils empêchent le retour d'eau dans les conduites ;
- **By-pass :** permet d'assurer la continuité de la distribution d'eau pendant les opérations de maintenance.

- **Pressostat** : permet l'arrêt de pompage à une forte pression lorsque le réservoir est plein, il est situé à la tête du forage ;
- **Compteur de sectorisation** : mesure les débits dans chaque zone du réseau pour détecter les fuites ;
- **Manomètres et débitmètres** : permettent de suivre en temps réel la pression et le débit pour détecter toutes anomalie.

V.6.1.2 ANNEXES

Pour permettre au personnel commis à la gestion du système de mieux s'acquitter de ses obligations de gérant, un bâtiment d'exploitation en matériaux définitifs sera construit. Ce bâtiment comprendra : le local pour le coffret et commandes électriques, le bureau pour l'exploitant, le magasin pour stocker et mettre en sécurité les matériels et matériaux nécessaires à la gestion et à la maintenance du système, les toilettes pour le personnel et les visiteurs éventuels.

V.7 Analyse financière

Cette partie vise à évaluer la viabilité économique et la durabilité du système mis en place. Elle consiste à estimer l'ensemble des coûts liés à la réalisation et à l'exploitation du projet, notamment les coûts d'investissements, d'exploitation et de maintenance, ainsi que les recettes attendues issues de la vente d'eau. Le coût global du système s'est basé sur le Mercuriale des prix de 2025 du Burkina Faso. Cette analyse permet de déterminer la rentabilité du projet et d'apprécier sa capacité à couvrir les charges d'exploitation. Elle facilite également la prise de décision concernant le mode de gestion le plus adapté et la tarification à appliquer.

V.8 Mode de gestion et prix de vente de l'eau

Le mode de gestion par affermage a été privilégié en vue d'une gestion déléguée plus efficiente. Le prix de revient de l'eau est fonction des charges d'exploitations et des dotations aux amortissements des équipements dont la durée de vie est estimée à moins de 15 ans (SOME, 2024). Une marge bénéficiaire de 10% a été ajoutée pour avoir le prix de vente de l'eau. Il s'obtient par la formule suivante :

$$P_{vente} = 10\% * \frac{C_{ex} \times D_{am}}{V} \quad (43)$$

P_{vente} [$FCFA$]: prix de vente du m^3

C_{ex} **[FCFA] :** charge d'exploitation

D_{am} **[FCFA] :** dotation aux amortissement

Les charges d'exploitations correspondent à toutes les dépenses récurrentes nécessaires pour garantir la production. Il s'agit des charges liées à l'énergie, charges du personnel (salaires, formations, etc), à l'entretien et maintenance (petites réparations, achats de pièces) et des produits et consommables (désinfectant).

Quant aux amortissements des équipements, ils sont obtenus par la formule suivante :

$$D_{am} = \frac{P_{acq}}{N} \quad \text{(44)}$$

P_{acq} [$FCFA$]: prix d'acquisition de l'équipement

N [-] : durée de vie de l'équipement

VI. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

VI.1 Estimation des besoins de Néboun et Livara à l'horizon 2040

VI.1.1 Hypothèses de dimensionnement retenues

Pour le dimensionnement du système, les hypothèses de calcul suivantes ont été considérées :

Tableau 8 : Hypothèse de dimensionnement de l'AEP-MV de Néboun et Livara

Désignation	Valeur
Horizon du projet	**2 040**
Population de référence RGPH 2019 [hbts]	**7 578**
Taux de desserte par l'AEPS à l'horizon du projet	**80%**
Taux de desserte au niveau des Bornes Fontaines	**24%**
Taux de desserte au niveau des Branchements particuliers	**56%**
Consommation spécifique BF [litre/pers/jour]	**20**
Consommation spécifique BP [litre/pers/jour]	**25**
Pourcentage des Besoins annexes	**10%**
Rendement du réseau à l'horizon du projet	**90%**
Coefficient de pointe Journalière	**1,1**
Coefficient de pointe horaire	**2,5≤ Cph ≤3**
Temps théorique de pompage journalier [h]	**16**
Temps de distribution journalière des BF [h]	**10**
Temps de distribution journalière des BP [h]	**14**
Nombre de personnes par BF [hbts]	**500**
Nombre de personnes par BP [hbts]	**10**
Vitesse des conduites de distribution [m/s]	**0,3≤ V ≤1,2**
Pression de service [mCE]	**10≤ P ≤40**
Nature des conduites de refoulement/distribution	**PEHD**

Le système d'AEP-MV est conçu pour assurer la desserte des localités de Néboun et Livara à l'horizon **2040**, soit **80%** de la population projetée. Les consommations spécifiques retenues sont établies à partir d'une majoration de **5 l/j/pers** des valeurs recommandées par le PN-AEP.

La distribution s'effectue sur une durée journalière de **14h** pour les BP et de **10h** pour les BF, chacun desservant **10 habitants** par BP et **500 habitants** par BF. Le temps de pompage a été fixé à **16h/j**, réparties entre 7h d'alimentation solaire et 9h de fonctionnement du groupe électrogène.

Les conduites sont réalisées en **PEHD** avec un rendement global du système de **90%** à l'échéance du projet.

VI.1.2 Taux de croissance de la population de Néboun et Livara

Grâce au modèle géométrique de Malthus et des RGPH de 2006 et 2019 de notre zone d'étude, nous avons obtenus les taux suivants :

Tableau 9 : Estimation du taux d'accroissement de la population

Subdivision Administrative	RGPH 2006	RGPH 2019	Taux de croissance
Burkina Faso	14 017 262	20 505 155	2,93%
Région du Nando	1 186 566	1 660 135	2,58%
Province du Sissili	208 409	337 078	3,70%
Commune de Bieha	30 112	52 733	4,31%
Village de Neboun	1 670	5 486	9,15%
Village de Livara	1 206	2 092	4,24%
Livara et Neboun	2 876	7 578	7,45%
Moyenne Région et Province			**3,14%**

Nous avons retenu la moyenne entre le taux d'accroissement de la région et celui de la province, soit **3,14%,** car elle se rapproche le plus du taux d'accroissement national. Cela permet une estimation plus réaliste.

VI.1.3 Population à l'échéance du projet

A partir du taux d'accroissement retenu, nous avons pu estimer la population à l'horizon du projet avec la formule de Malthus, où nous avons déduit la population à desservir à l'horizon du projet. Nous avons obtenu :

Tableau 10 : Population à desservir

	Année	2019	2026	2030	2035	2040
Population	[hbts]	**7 578**	**9 410**	**10 649**	**12 430**	**14 509**
Taux de desserte	[%]	-	60%	66%	73%	80%
Population desservie	[hbts]	-	5 646	6 998	9 056	**11 607**

En 2040 nous atteindrons **14 509 habitants** au total pour nos deux villages, dont **11 607 habitants** qui seront desservis.

VI.1.4 Evaluation des besoins en eau de la population

L'AEP-MV va desservir conformément au PN-AEP 24% de la population en BF et 56% en BP. Les résultats des différents besoins en eau sont les suivants :

Tableau 11 : Besoin journalier et de pointe de Néboun et Livara

		Unités	2026	2030	2035	2040
Taux de desserte aux	**BF**	[%]	50%	30%	26%	24%
Population à desservir aux		[hbts]	4 705	3 195	3 232	3 482
Nombre théorique de		U	10	7	7	7
Nombre de BF à réaliser		U	11	11	11	11
Nombre réel de personnes par		[hbts]	428	290	294	317
Besoin domestique aux		[m³/j]	**94,1**	**63,9**	**64,6**	**69,6**
Taux de desserte aux	**BP**	[%]	10%	36%	47%	56%
Population à desservir aux		[hbts]	941	3 803	5 824	8 125
Nombre théorique de		U	95	381	583	813
Besoin domestique aux		[m³/j]	**23,5**	**95,1**	**145,6**	**203,1**
Besoin domestique	**BF+BP**	[m³/j]	**117,6**	**159,0**	**210,2**	**272,8**
Besoin annexe		[m³/j]	11,76	15,90	21,02	27,28
Besoins moyen journalier		[m³/j]	**129,4**	**174,9**	**231,3**	**300,0**
Besoins du jour de pointe		[m³/j]	**142,3**	**192,4**	**254,4**	**330,1**
Rendement du réseau		[%]	95%	93%	91%	90%
Demande du jour de pointe		**[m³/j]**	**149,82**	**206,84**	**279,56**	**366,72**

A l'horizon 2040, les besoins en eau domestique sont estimés à **69,6 m³/j** pour les BF et **203,1 m³/j** pour les BP. En tenant compte des besoins annexes ainsi que des pertes du réseau, la demande en jour de pointe s'élève à **366,72 m³/j**. Sur la base des calculs théoriques, **07 BF** étaient initialement prévues. Cependant, à la suite des enquêtes socio il est retenu **04 BF** afin de mieux répondre aux réalités spatiales et démographiques des localités.

VI.2 Réseau de distribution

Le dimensionnement du réseau de distribution a été réalisé dans le but de garantir une desserte continue, un bon niveau de pression et une répartition équitable de l'eau au sein de Néboun et Livara. Le réseau de distribution dispose d'un château d'eau placé à la plus haute altitude et bien centré, de **11 bornes fontaines** reparties suivant les normes (être distant d'au moins 500m), de conduites et d'équipements de protection. La longueur totale du réseau de distribution est de **13003,33 m.**

Nous avons un réseau mixte, qui est le suivant :



Figure 5 : Tracé du réseau de distribution sur Google Earth

Nous constatons qu'une partie de la conduite de refoulement se confond avec le réseau de distribution. Pour cette partie, nous aurons la réalisation de fouilles double correspondant respectivement à la conduite de refoulement et à la conduite de distribution, afin de garantir une mise en œuvre conforme aux exigences techniques.

VI.2.1 Débit en route

Le réseau de distribution assure à la fois le transport de l'eau à travers les conduites et la desserte aux points de consommation, notamment les BF et les BP. Dans ce réseau, certaines conduites jouent uniquement le rôle de transport tandis que d'autres assurent à la fois le transport et la distribution. Pour les BF nous avons opté pour trois (03) robinets par BF, chacun délivrant **0,25 l/s**, soit un débit total de **0,75 l/s** par BF. Le débit total des BF est de **8,25 l/s**. Concernant les BP, le débit total estimé est de **13,55 l/s** pour une longueur de **9 026,06 m**, ce qui correspond à un débit linéique de **0,00150 l/m**. A partir de ce débit linéique, nous avons déterminé le débit propre à chaque tronçon du réseau. Ces résultats ont ensuite permis de calculer les débits amont et aval de chaque nœud, ainsi que les débits fictifs utilisés pour le dimensionnement.

Tableau 12 : Débit de dimensionnement hydraulique

Tronçon	Longueur [m]	Débit en route [l/s]	N° Nœud	Débit Soutiré [l/s] 0,75	Qamont [l/s]	Qaval [l/s]	Qfictif [l/s]	Qfictif [m3/s]
R_N1	25,27	0,00	N1	0,00	21,80	21,80	21,80	0,02180
N1_N2	432,94	0,00	N2	0,00	15,27	15,27	15,27	0,01527
N2_N3	946,2	0,00	N3	0,00	15,27	15,27	15,27	0,01527
N3_BF1	76,93	0,12	**BF1**	0,87	0,87	0,75	0,81	0,00081
N3_N4	682,32	0,00	N4	0,00	14,40	14,40	14,40	0,01440
N4_N5	477,38	0,72	N5	0,72	8,29	7,58	7,97	0,00797
N5_N6	735,36	1,10	N6	1,10	4,18	3,08	3,68	0,00368
N6_BF2	217,47	0,33	**BF2**	1,08	1,08	0,75	0,93	0,00093
N6_N7	708,34	1,06	N7	1,06	2,00	0,94	1,52	0,00152
N7_BF3	124,34	0,19	**BF3**	0,94	0,94	0,75	0,85	0,00085
N5_N8	414,22	0,62	N8	0,62	3,40	2,78	3,12	0,00312
N8_BF4	291,18	0,44	**BF4**	1,19	1,19	0,75	0,99	0,00099
N8_N9	370,84	0,56	N9	0,56	1,59	1,03	1,34	0,00134
N9_N10	276,48	0,41	N10	0,41	1,03	0,62	0,85	0,00085
N10_BF5	323,76	0,49	**BF5**	1,24	1,24	0,75	1,02	0,00102
N10_N11	462,39	0,69	N11	0,69	1,31	0,62	1,00	0,00100
N11_N12	522,43	0,78	N12	0,78	3,99	3,21	3,64	0,00364
N12_BF6	316,38	0,47	**BF6**	1,22	1,22	0,75	1,01	0,00101
N12_N13	424,07	0,64	N13	0,64	1,98	1,35	1,70	0,00170
N13_BF7	397,49	0,60	**BF7**	1,35	1,35	0,75	1,08	0,00108
N11_N4	534,87	0,80	N4	0,80	6,11	5,30	5,75	0,00575
N1_N14	930,16	0,00	N14	0,00	6,53	6,53	6,53	0,00653
N14_BF8	206,66	0,31	**BF8**	1,06	1,06	0,75	0,92	0,00092
N14_N15	960,38	0,00	N15	0,00	5,47	5,47	5,47	0,00547
N15_N16	173,7	0,26	N16	0,26	3,59	3,33	3,47	0,00347
N16_BF9	229,46	0,34	**BF9**	1,09	1,09	0,75	0,94	0,00094
N16_BF10	990,57	1,49	**BF10**	2,24	2,24	0,75	1,57	0,00157
N15_BF11	751,74	1,13	**BF11**	1,88	1,88	0,75	1,37	0,00137

VI.2.2 Dimensionnement hydraulique

Le réseau étudié étant de type mixte, le dimensionnement a été réalisé successivement sur les parties ramifiées et maillées. Pour les tronçons ramifiés, nous avons déterminé les diamètres, vitesses, charges et pertes de charges conformément aux exigences hydrauliques. Concernant la maille, nous avons effectué la répartition des débits fictifs, puis fixé le sens d'écoulement et vérifié la loi des nœuds. Nous avons effectué des itérations pour satisfaire les itérations

mentionnées à la formule 39, l'équilibre étant atteint à la 17eme itération. Le détail complet des calculs est présenté en annexe.

A partir des charges obtenues aux nœuds, la côte minimale d'implantation du réservoir a été estimée à **339,28 m**. Compte tenu de l'altitude réelle du site de 327 m, la hauteur sous radier nécessaire est de **11 m**.

Le dimensionnement final a permis de retenir 08 diamètres nominaux, variant de 63 mm à 200 mm, des pressions comprises entre **10 et 33 mCE,** ainsi que des vitesses situées entre **0,13 et 0,82 m/s.** Nous avons le récapitulatifs des dimensions des tranchés en fonction du diamètre dans le tableau 24 :

Tableau 13 : Dimensions des fouilles en fonction du diamètre

DN [mm]	L [m]	Dimensions calculées		Dimensions rétenues	
		Profondeur[m]	Largeur[m]	Profondeur[cm]	Largeur[cm]
200	2086,73	1,00	0,60	100	60
160	1407,54	0,96	0,56	100	60
140	1495,25	0,94	0,54	100	60
110	735,36	0,91	0,51	100	60
90	2242,76	0,89	0,49	90	50
63	5035,69	0,86	0,46	90	50
	13003,33				

Nous avons des dimensions de tranché de **100*60 cm** pour les diamètres allant de **110 mm** à **200 mm** et des dimensions de tranché de **90*50 cm** pour les conduites allant de **63 à 90 mm**.

VI.3 Modélisation du réseau avec EPANET

La simulation hydraulique du réseau sous EPANET, réalisée à l'aide de la méthode statique a permis d'analyser le comportement global du réseau en régime permanent et de vérifier le respect des critères hydrauliques, notamment les pressions aux nœuds et les vitesses d'écoulement dans les conduites. Les résultats obtenus sont les suivants :

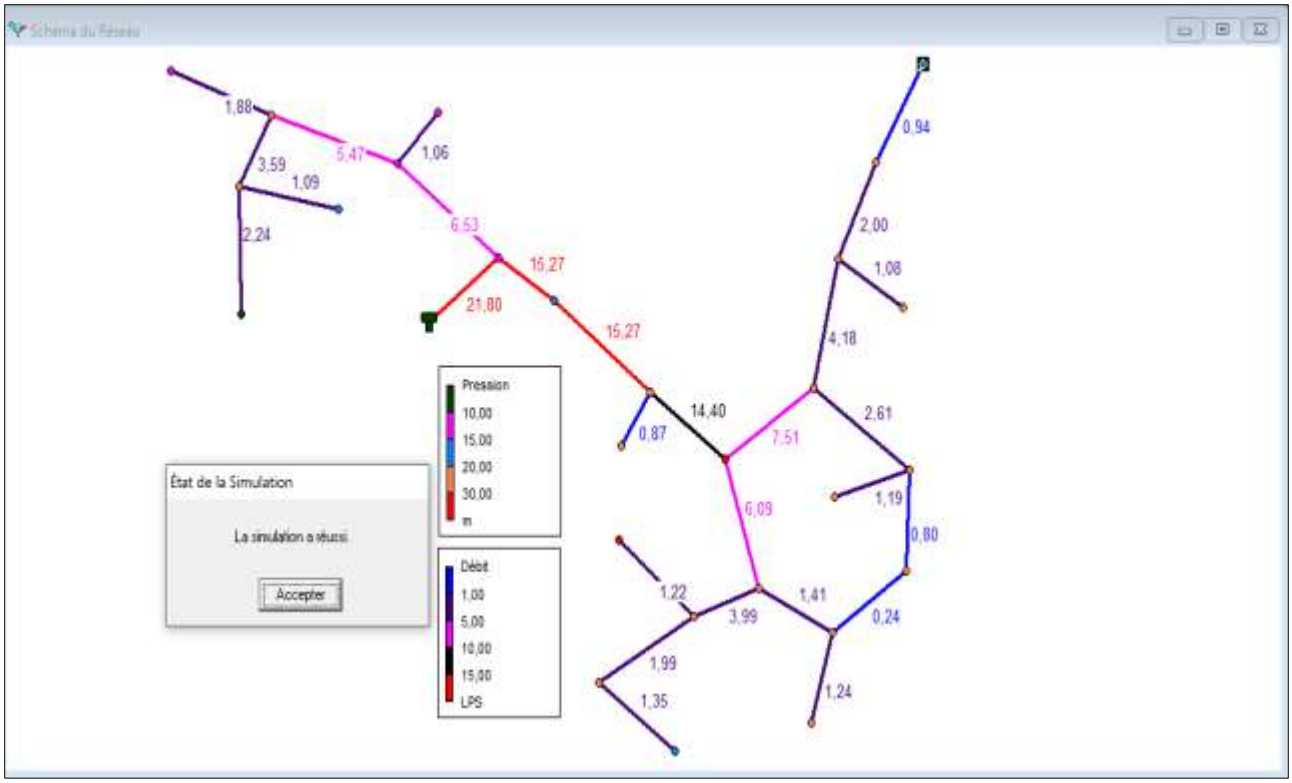


Figure 6 : Simulation EPANET des vitesses et pressions

Les résultats de l'analyse comparative entre les vitesses et pressions calculées et celles issues de la simulation sous EPANET sont présentés ci-après :

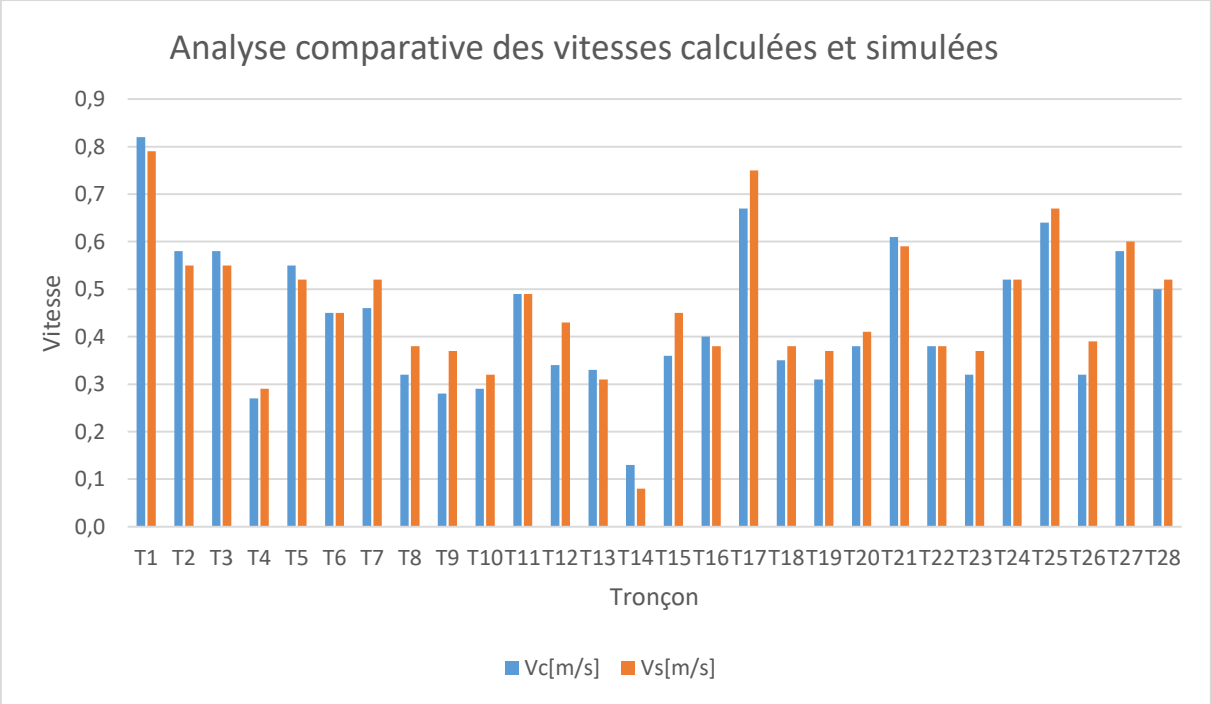


Figure 7 : Analyse comparative des vitesses calculées et simulées

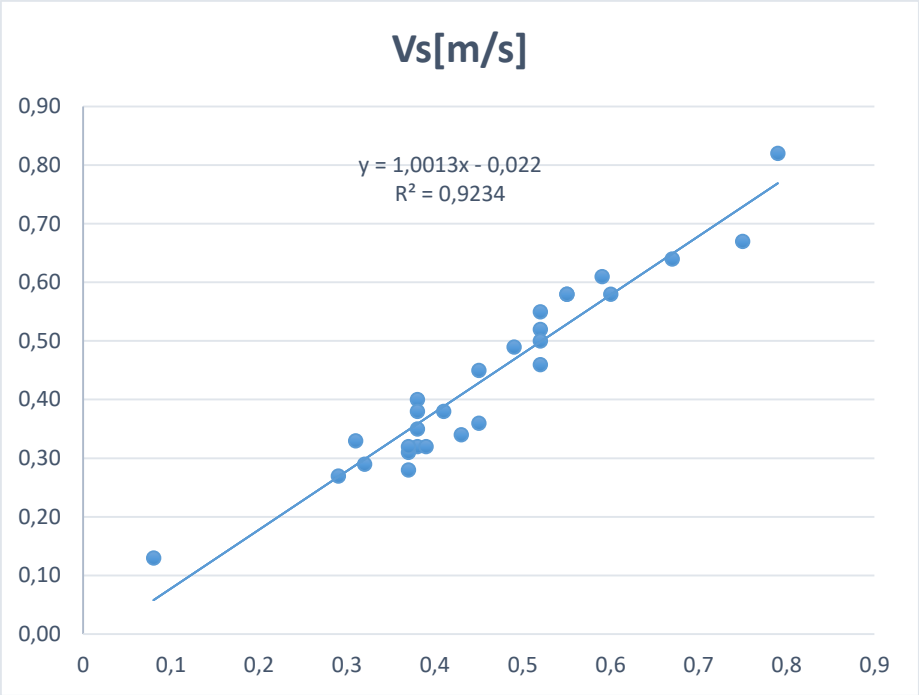


Figure 8 : Coefficient de détermination des vitesses

Les résultats obtenus de la comparaison entre la vitesse calculée et simulée montrent une forte concordance entre les deux approches. Cette concordance est confirmée par la valeur élevée du coefficient de détermination, qui est de **0,9234**. Ce coefficient traduit une très bonne corrélation entre la valeur calculée et simulée.

Pour l'analyse comparative des pressions nous avons :

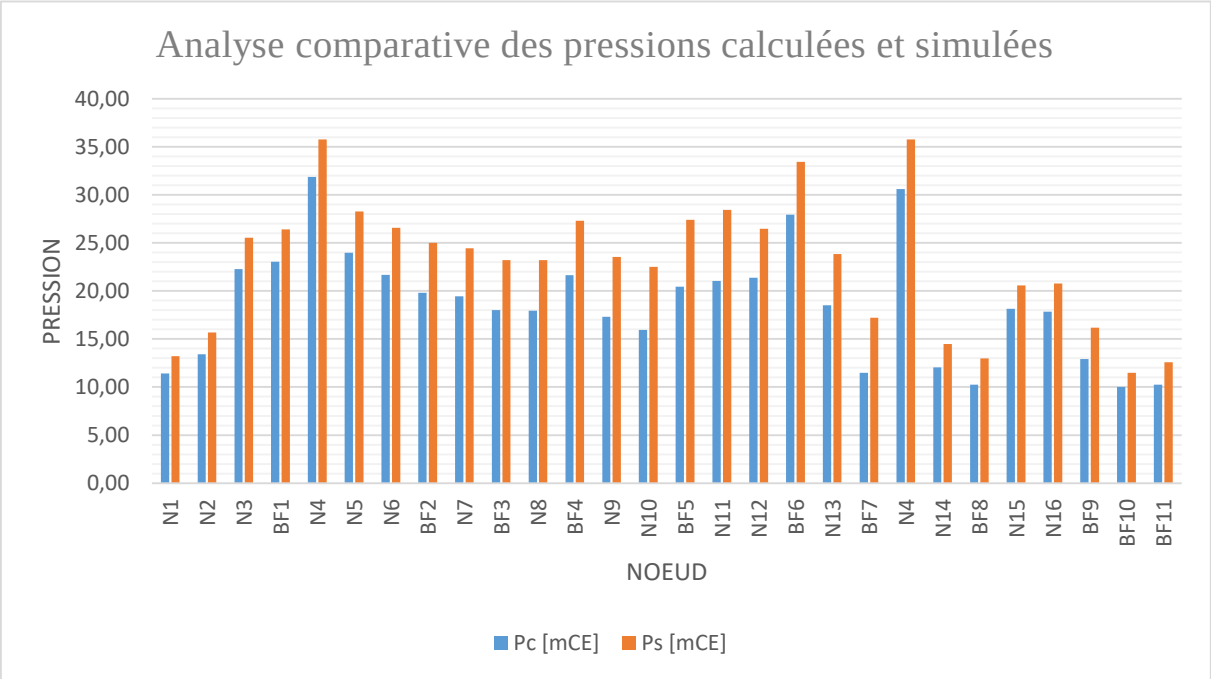


Figure 9 : Analyse comparative des pressions

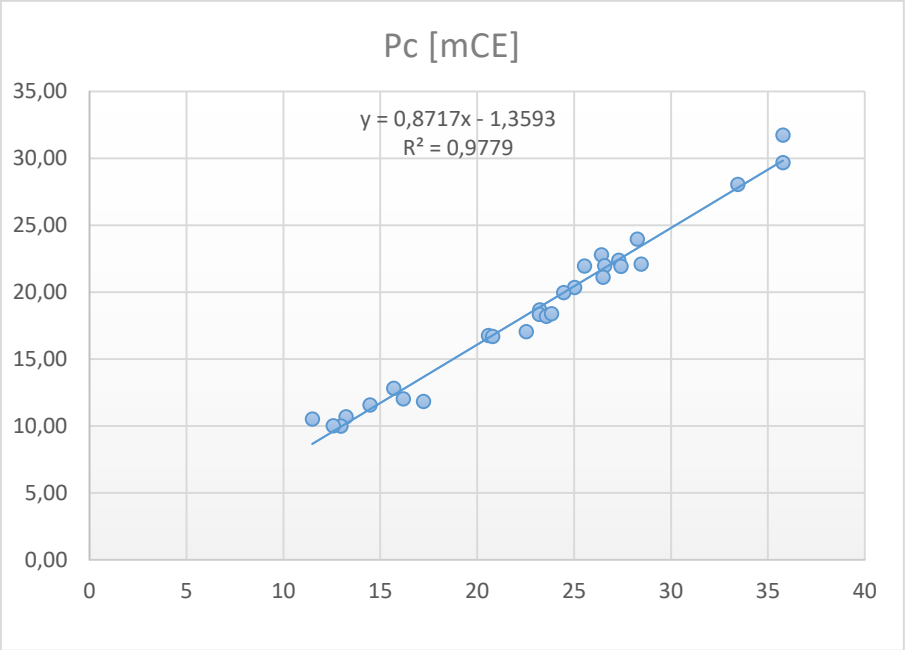


Figure 10 : Coefficient de détermination des pressions

Les résultats obtenus de la comparaison entre la vitesse calculée et simulée montrent une forte concordance entre les deux approches. Cette concordance est confirmée par la valeur élevée du coefficient de détermination, qui est de **0,9779**.

Nous avons également déterminé l'écart moyen entre les valeurs calculées et simulées à partir du RMSE (racine de l'erreur quadratique moyenne). L'évaluation de ses écarts montre une bonne concordance. Le RMSE sur les vitesses est de **0,066 m/s**, traduisant une faible erreur moyenne. Le RMSE sur les pressions est de **4,64 mCE**, une limite acceptable . Ces résultats confirment la pertinence et la fiabilité du modèle hydraulique.

VI.4 Dimensionnement du réservoir de stockage

VI.4.1 Volume utile du réservoir

- **Méthode forfaitaire**

Notre réservoir sera alimenté par adduction de jour, durant les périodes de consommation. Nous aurons donc le volume du réservoir en prenant 30% de la demande du jour de pointe. Les dimensions du réservoir sont :

Tableau 14 : Calcul de la capacité du réservoir avec la méthode forfaitaire

Désignation	Unité	Valeur
Demande du jour de pointe	[m³]	**366,72**
Volume utile du Réservoir	[m³]	**91,68**
Hauteur de la cuve du château (fixée)	[m]	**6**
Diamètre de la cuve	[m]	**5**
Côte du château (Hce)	[m]	**338,93**
Cote terrain naturel du château (Zce)	[m]	**327,00**
Hauteur sous-Radier du château (Hradier)	[m]	**12**

Méthode analytique

Cette méthode permet d'évaluer les volumes excédentaire et déficitaire qui pourraient être produits en absence du réservoir. Les résultats sont les suivants :

Tableau 15 : Calcul de la capacité du réservoir avec la méthode analytique

Période	0h-6h	6h-9h	9h-11h	11h-14h	14h-16h	16h-18h	18h-22h	22h-24h
Duree (d)	6	3	2	3	2	2	4	2
Coéficient de consommation (K)	0,1	1,5	1	0,5	1	1	0,5	0,1
Débit (Q)	0	24	24	24	24	24	24	0
V entrant (Ve=Q*d)	0	72	48	72	48	48	96	0
Ve cumulé Vec	0	72	120	192	240	288	384	384
Q distribuée (Qd=Qs*K)	2	33	22	11	22	22	11	2
V distribuée (Vd=Qd*d)	13	98	44	33	44	44	44	4
Vd cumulé Vdc	13	111	155	187	231	275	318	323
Vec-Vdc	-13	-39	-35	5	9	13	66	61
Capacité Utile (CU) du réservoir	**|déficitMax| + excédentMax**					**105**		**[m³]**

Pour la capacité utile du réservoir, la méthode forfaitaire a donné **91,68 m³** et la méthode analytique **105 m³**. Afin d'obtenir une estimation équilibrée, nous avons retenu environ la moyenne des deux résultats. Ainsi, la capacité utile adoptée pour le projet est de **100 m³**.

Nous aurons donc un réservoir de **100 m³,** de forme cylindro-conique et en métallique. Il sera surélevé de **12 m** du sol, avec un regard by-pass à sa base.

VI.4.2 Chloration de l'eau

Pour l'injection de la dose de chlore, nous utiliserons une pompe doseuse de type Dosatron placé au pied du réservoir. Les résultats du dimensionnement de cette station de potabilisation sont :

Tableau 16 : Caractéristiques du traitement de l'eau

Désignation	Unité	Valeur
Débit de pointe horaire de distribution	[m³/h]	49,21
Demande du jour de pointe	[m³]	366,72
Volume du réservoir retenu (Cu)	[m³]	100
Temps de contact du Chlore	**[h]**	**2,03 > 02h**
Temps de séjour	**[J]**	**0,27 < 02j**
Dose de traitement (d)	[mg/l]	2
Débit d'eau à traité (Q)	[m³/h]	24
Concentration de la solution de chlore (C)	[g/l]	5
Débit d'injection de la pompe doseuse (q)	**[l/h]**	**9,6**
Temps de fonctionnement par jour (T)	[h]	15
Volume du bac (V)	**[l]**	**144**
Volume du bac retenu (V)	**[l]**	**150**
Masse journalière de chlore (M)	[g]	720
Masse annuelle de chlore	**[kg]**	**262,8**

La pompe doseuse aura une capacité de **150 l** et utilisera **720 g** de chlore par jour avec un débit de **9,6 l/h** pour la désinfection de l'eau. De plus, les dimensions du réservoir permettent d'avoir des temps de contact et de séjour respectivement de **2,03 h** et **0,27 j**. Ces temps sont suffisants et respectent les conditions pour le traitement avec le chlore.

VI.5 Réseau d'adduction

VI.5.1 Débit de refoulement

Le réseau d'adduction utilise comme ressource en eau un forage existant. Ce forage est de 14 m^3/h avec un niveau dynamique de 45 m. Nous avons :

Tableau 17 : Débit de refoulement

	Unité	2026	2030	2035	2040
Débit théorique de pompage	[m³/h]	9,36	12,93	17,47	22,92
Débit d'exploitation du forage	[m³/h]	**14**			
Nombre de forages additionnel de 5 [m³/h]	U	0	0	1	2
Débit réel de pompage	[m³/h]	14	14	19	24
Temps réel de pompage	[h]	11	15	15	16

Le forage existant utilisé est localisé aux coordonnées **X : 11°19'18.35"N** et **Y : 1°53'34.44"O**. Il présente un débit de 15 m^3/h pour un niveau dynamique de 45 m. Dans l'attente des résultats des essais de pompage et du développement, un débit d'exploitation de **14 m^3/h** a été retenu. Le système fonctionnera avec un temps de pompage de **16h/j**.

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution de la demande en eau comparée à la capacité de production du forage :

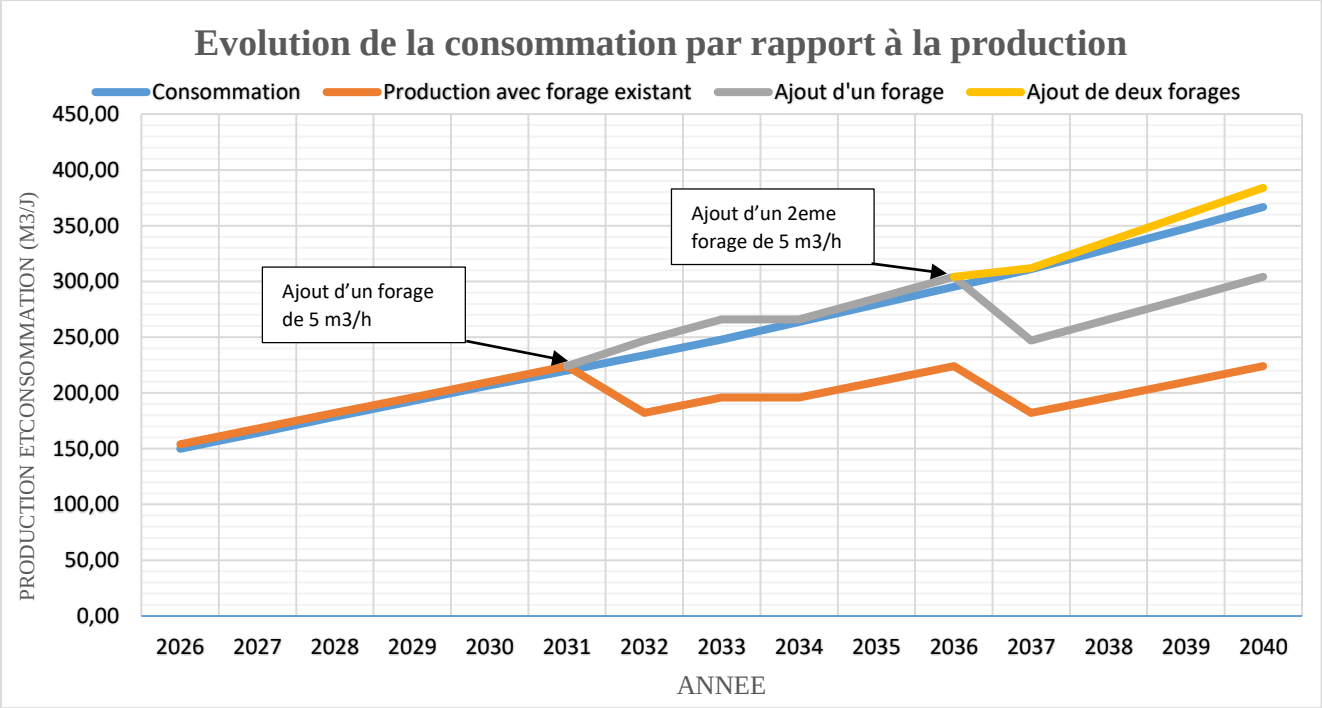


Figure 11 : Courbe des besoins en eau et capacité de production

Ce graphique montre qu'avec un débit d'exploitation initial de **14 m^3/h**, la ressource disponible ne permet pas de couvrir l'ensemble des besoins en eau de la population à l'horizon du projet. Le déficit commence en 2031. Pour cette échéance, il est prévu de récupérer un forage existant offrant un débit de **5 m^3/h**, ce qui permettra d'assurer l'alimentation en eau jusqu'en 2036 où commence un autre déficit. Alors à partir de cette période, grâce aux prospections géophysiques, nous aurons la réalisation d'un nouveau forage additionnel de **5 m3/h** pour satisfaire la population jusqu'à l'horizon du projet. Cette stratégie progressive permet de sécuriser la ressource en eau, d'assurer la continuité du service et l'adaptation de notre système.

VI.5.2 SIG et télédétection : Point favorable

L'analyse de la capacité du forage a montré qu'il ne permettait pas de satisfaire les besoins en eau projetés à l'horizon du projet. D'ici 2036 un nouveau forage complémentaire est nécessaire. Afin donc d'identifier de nouveaux points potentiels pour l'implantation du forage

complémentaire, nous avons eu recourt aux outils de SIG et de Télédétection. Cela nous a permis d'explorer les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques de notre zone d'étude en vue de localiser les secteurs les plus favorables à la présence de ressource en eau souterraine.

Après les étapes de traitement et de filtrage directionnel sous ENVI, nous avons identifié et tracé manuellement les linéaments visibles. Cette extraction a été réalisée en tenant des différentes orientations. Nous avons obtenu un ensemble de linéaments représentatifs des principales directions de fracturation.

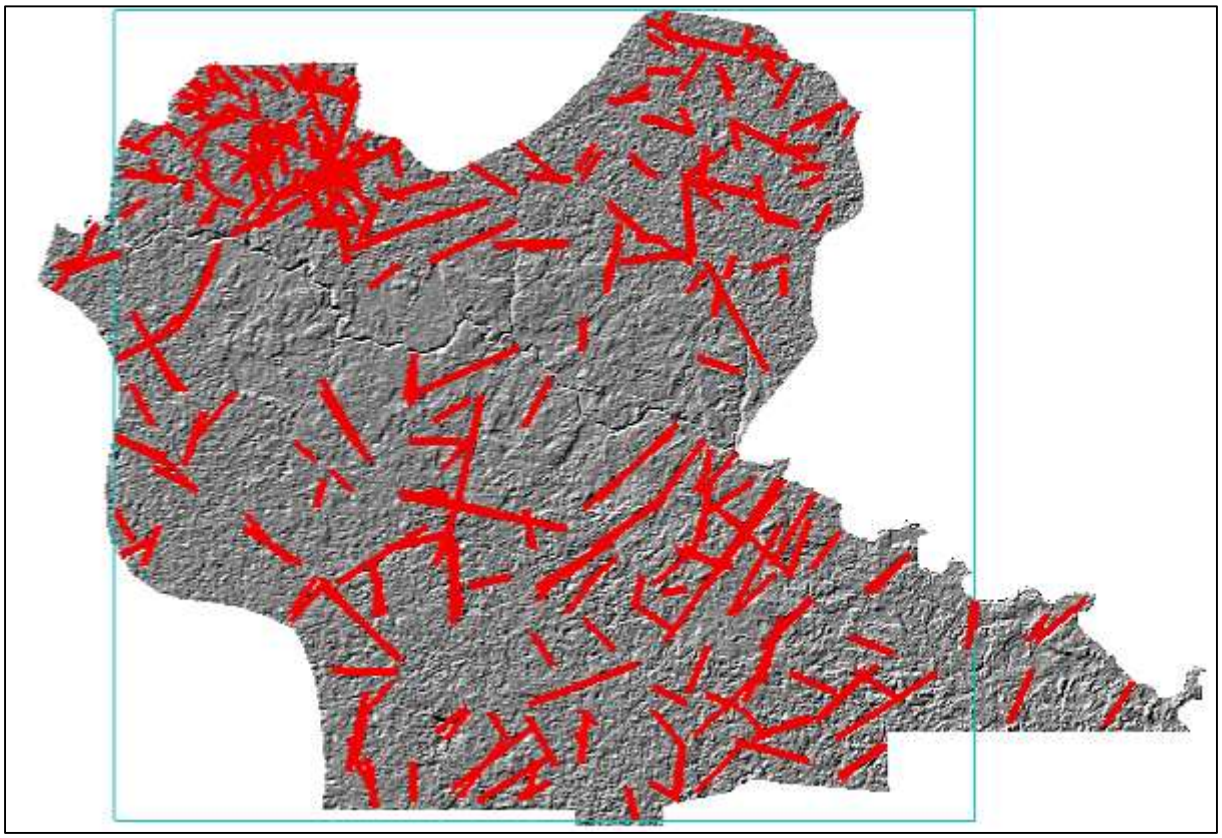


Figure 12 : Tracé des linéaments

Le tracé et l'extraction des linéaments réalisés sous ENVI nous ont permis d'élaborer la carte des linéaments, que nous avons ensuite exploité sur QGIS. L'analyse des linéaments sur QGIS, nous a permis d'identifier deux zones potentiellement favorables à l'implantation de forages.
Le choix de ces zones repose principalement sur la présence de croisements de plusieurs linéaments de directions différentes, qui traduisent généralement des zones de forte fracturation.
Deux points potentiels ont été retenus :

Un point dans le village de Livara de coordonnées **X :1°54'35,71'' Ouest et Y : 11°19'45,37''Nord.**

Un point dans le village de Néboun de coordonnées **X : 1°52'42,79''Ouest et Y : 11°18'44,71''Nord.**

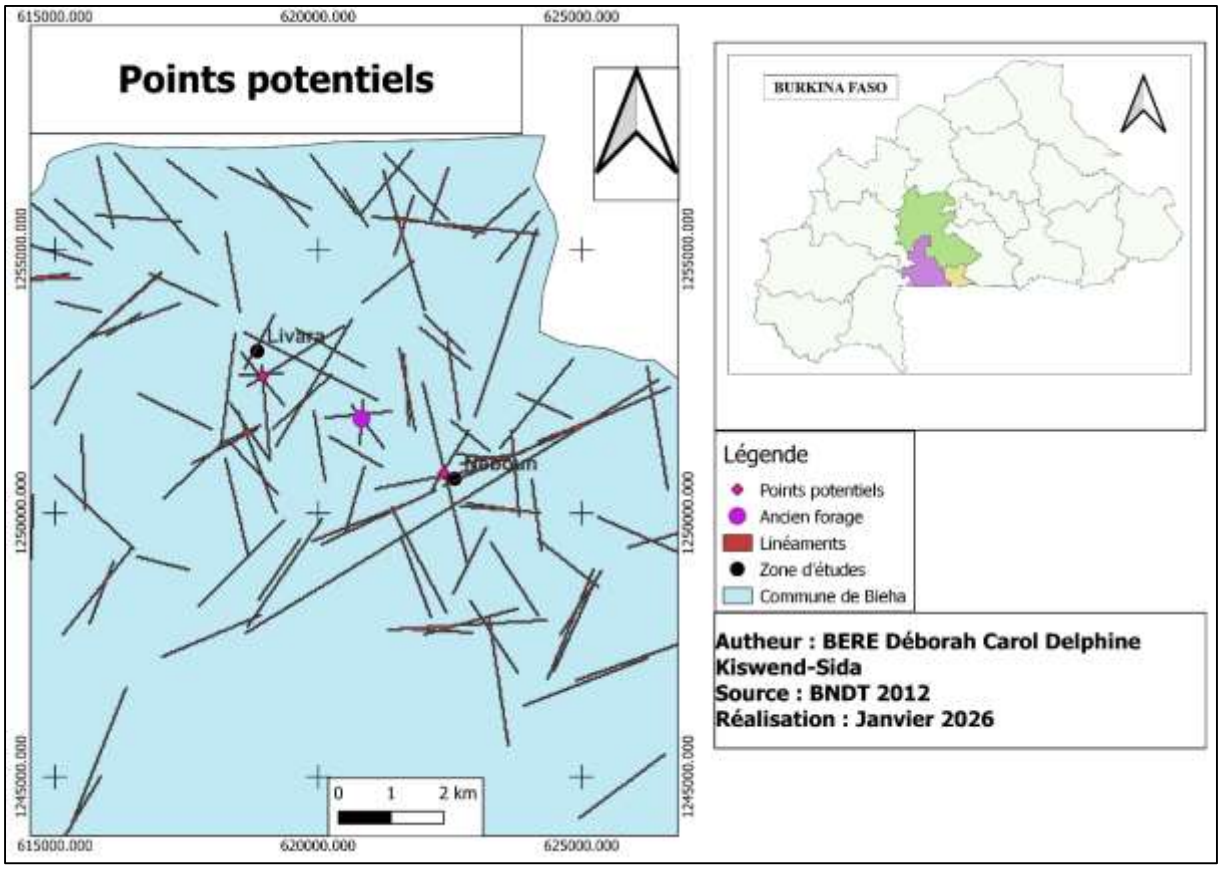


Figure 13 : Détermination de points potentiels

VI.5.3 Diamètre de la conduite de refoulement

Grâce aux formules empiriques en 19 et la condition de flamant, nous avons pu choisir le diamètre de la conduite au niveau du refoulement qui est en PEHD PE 100, PN16. Nous avons :

Tableau 18 : Diamètre de la conduite de refoulement

Formule	Dth [mm]	Dnint [mm]	DN [mm]	Uref [m/s]	Condition Flamant	Lambda	ΔH [m]
Bresse	93,54	102,2	125	0,47	Oui	0,02455	1,83
Bresse_Modifiée	125,81	130,80	160	0,29	Oui	0,02500	0,54
Bonnin	62,36	73,60	90	0,91	Non	0,02451	9,41
Meunier	82,32	90,00	110	0,61	Oui	0,02446	3,28
Bedjaoui	79,20	90,00	110	0,61	Oui	0,02446	3,43

La majorité des formules respectent la condition de flamant. Toutefois, le choix du diamètre ne s'est pas limité à ce critère, mais également sur l'aspect économique. Le choix s'est donc porté sur Meunier et Bedjaoui. Après analyse, la formule de **Meunier** a été retenue, car en plus de fournir des diamètres réduisant les coûts d'investissement, elle intègre le temps de pompage

dans son approche. Nous avons donc **DN110** avec une longueur de **603m** et une pression nominale de **16 bars** en PEHD.

VI.5.4 Dispositif anti-bélier

La formule 25 a permis d'évaluer la nécessité d'installer ou non un dispositif anti-bélier, afin de vérifier si les variations de pression restent dans les limites admissibles. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

Tableau 19 : Vérification du coup de bélier

Désignation	Unité	Valeur
Débit de refoulement	[m³/h]	14
Longueur de refoulement	[m]	603
Diamètre intérieur retenu	[mm]	96,80
Vitesse initiale	[m/s]	0,53
Lambda λ		0,0245
Pertes de charge ΔH	[m]	2,28
Hauteur Manométrique Totale	[m]	70
Celerité de l'onde	[m/s]	285,91
Variation de pression ΔP	[m]	15,40
Surpression Hmax	**[m]**	**38,68**
Depression Hmin	**[m]**	**12 ,88**
Pression Nominale	[m]	100
Pression Atmosphérique (Pa)	**[m]**	**10,33**
PMA=1,2*PN	**[m]**	**120**

D'après nos calculs, la surpression Hmax reste inférieure à la pression maximale admissible, indiquant que la surpression n'est pas préjudiciable pour la conduite. De même, la dépression Hmin demeure supérieure à la pression atmosphérique, ce qui signifie qu'elle n'est pas préjudiciable pour la conduite. Ainsi, le phénomène de coup de bélier n'est pas préjudiciable pour la conduite et l'installation de dispositif de protection anti-bélier n'est pas nécessaire. Toutefois, par mesure de sécurité et pour renforcer la fiabilité du réseau, il faut prévoir une soupape de décharge pour la protection des conduites.

Au niveau de la tête du forage, nous avons le dimensionnement des colonnes d'exhaure et montante dans le tableau suivant :

Tableau 20 : Diamètres des colonnes d'exhaure et montante

	Dth	Dint	DN
Exhaure	49,76	66	**75**
Montante	49,76	66	**75**

VI.5.5 Dimensionnement des pompes immergées

VI.5.5.1 Type de pompe immergée

A partir du débit d'exploitation et de la hauteur manométrique totale nous avons pu faire le choix de la pompe. Nous avons :

Tableau 21 : Caractéristiques de la pompe

Type	N_t[mm]	Moteur	U[V]	η_p	η_M	Pn[KW]
SP 14-17	**2900**	**MS4000**	**400**	**69,90%**	**78,25%**	**4**
Intensité nominale (In) [A]	Cosρ	Id	Puissance électrique absorbée par le moteur (Peam)[KW]	Puissance mécanique absorbée par la pompe (Pm)[KW]	Puissance hydraulique fournie par la pompe (Ph)[KW]	Intensité nominale calculée (Ic)[A]
9,6	**0,8**	**480%**	**4,88**	**3,82**	**2,67**	**7,22**

Pour notre forage nous avons une pompe GRUNDFOS SP en acier inoxydable de type **SP14-17**, avec un moteur triphasé MS4000 de diamètre 4 pouces.

VI.5.5.2 Point de fonctionnement de la pompe

Le point de fonctionnement correspond au point d'intersection entre la courbe caractéristique de la pompe et la courbe du réseau, représentant le débit et la pression que fournit la pompe dans ses meilleures conditions.

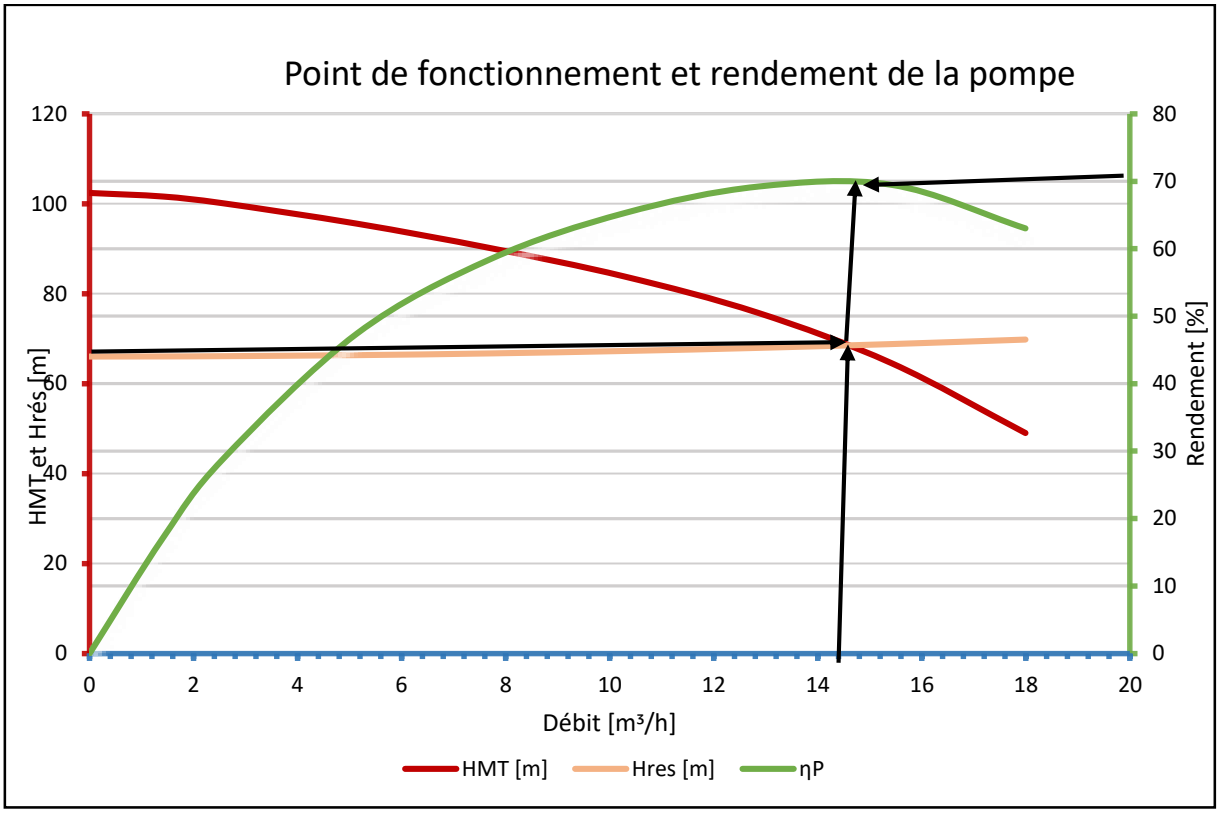


Figure 14 : Point de fonctionnement de la pompe

La pompe fournira un débit d'environ **14,4 m³/h** pour une élévation de **69m**, avec un rendement de **70%**. Ce sont des valeurs sensiblement proches de nos valeurs calculées.

VI.5.6 Source d'énergie

VI.5.6.1 Energie solaire

L'énergie solaire constitue la principale source d'alimentation de notre système de pompage. L'installation solaire est dimensionnée pour assurer un fonctionnement de 6h de pompage. Les résultats du dimensionnement se présentent comme suit :

Tableau 22 : Caractéristiques des panneaux photovoltaïques

T_{ens} [h]	γ_i [kWh/m²/j]	$\eta_{ond.}$	P_C [Wc]	$P_{mod.}$ [Wc]	$N_{mod.}$ [U]	$U_{max,ond.}$	$U_{cc,mod.}$	$N_{mod.,s}$	$N_{mod.,p}$	$P_{réelle}$ [Wc]
6	5,15	90%	**7373**	300	25	48	12	**4**	**6**	**7200**

Nous aurons des panneaux solaires de **300 Wc**. La puissance crête des panneaux solaires calculée est de **7,373 kW** qui est supérieure à la puissance électrique absorbée par le moteur de **4,88 kW**. Cela montre que les panneaux sont correctement en mesure d'alimenter la pompe. Ces panneaux seront associés en série **(4)** et en parallèle **(6)**, pour une puissance crête retenue de **7,2 kW**.

Pour le choix du transformateur, nous avons un onduleur de marque GRUNDFOS et de type Renewable Solar Inverter (RSI). Ces caractéristiques sont les suivants :

Tableau 23 : Choix de l'onduleur

Pt[KW]	**K**	**Ŋp[%]**	**Cosj[%]**	**$P_{ond.\ [kVA]}$**	**$P_{ond.\ [kW]}$**
4	1,05	69,90%	0,8	**8**	**6,4**
Choix de l'onduleur					
Type				RSI IP66	
Puissance Nominale [KW]				5,5	
Tension Nominale [V]				3x380-440	
Tension Nominale d'entrée DC [V]				800	
Fréquence [Hz]				50/60	
Tension nominale de sortie AC [V]				380	
Courant nominale de sortie AC [A]				12	



VI.5.6.2 Energie thermique

Les caractéristiques du groupe électrogène dimensionné sont les suivants :

Tableau 24 : Caractéristiques du groupe électrogène

P_{eam} [Kw]	**Cosφ**	**U [V]**	**In [A]**	**P_{app} [Kva]**
4,88	80%	400	9,6	**13**

Nous aurons un groupe électrogène fonctionnant en triphasé de **50 Hz**, avec une puissance apparente retenue de **15 kVA**.

VI.6 Etude financière

VI.6.1 Coût du projet

A l'aide de la mercuriale des prix des infrastructures hydrauliques du Nando ex Centre-Ouest de Koudougou (Mercuriale Koudougou, 2025) et des anciens devis portant sur les systèmes d'AEP, nous avons pu établir le devis quantitatif et estimatif de notre système d'AEP-MV. Nous avons :

Tableau 25 : Investissement du projet

N°	DESIGNATION / CARACTERISTIQUES DES TRAVAUX	MONTANT
1	DEPLACEMENT-INSTALLATION DU CHANTIER	4 800 000 CFA
2	OUVRAGES DE CAPTAGE, POMPE ET EXHAURE	8 070 000 CFA
3	ENERGIE ET RACCORDEMENTS	26 817 500 CFA
4	RESEAU D'ADDUCTION	8 264 668 CFA
5	POMPE DOSEUSE ET ACCESSOIRES	4 890 000 CFA
6	CHÂTEAU D'EAU DE 100 m^3	97 000 000 CFA
7	RESEAU DE DISTRIBUTION	167 071 425 CFA
8	CONSTRUCTION DES LOCAUX DIVERS ET SYSTÈME D'ECLAIRAGE	21 700 000 CFA
MONTANT TOTAL HORS TAXES		**338 613 593 CFA**
TVA (18%)		**60 950 447 CFA**
TOTAL TTC		**399 564 040 CFA**

Nous obtenons un coût global d'investissement du projet toutes taxes comprises de **trois cent quatre-vingt-dix-neuf millions cinq cent soixante-quatre milles quarante francs CFA (399 564 040 francs).**

VI.6.2 Calculs des charges d'exploitation et des dotations aux amortissements

Les charges d'exploitation sont constituées essentiellement des dépenses de fonctionnement et la rémunération du personnel que nous avons fixé à 2% comme évolution annuelle. Quant à l'amortissement d'un équipement, il est la perte progressive de sa valeur jusqu'à son obsolescence (SOME, 2024). Nous avons les résultats dans le tableau ci-après :

Tableau 26 : Dotation aux amortissements et charges d'exploitations

Dotation aux amortissements	**Désignation**	**Durée de vie [an]**	**montant d'investissement [CFA]**	**Annuité [FCFA/an]**
	Pompe	5	6 500 000	1 300 000
	Groupe électrogène	5	7 000 000	1 400 000
	Convertisseur	5	2 000 000	400 000
	Accessoire	5	9 817 500	1 963 500
	Amortissement annuel			**5 063 500**
Charges d'exploitation	**Désignation**	**Personnel**	**Salaire mensuels [FCFA]**	**Montant annuel [FCFA]**
	Chef de centre (maj 2%)	1	95 000	1 140 000
	Fontainier (maj 2%)	11	50 000	6 600 000
	Maintenancier (maj 2%)	1	65 000	780 000
	Vigiles (maj. 2%)	2	60 000	1 440 000
	Charge annuelle du personnel			**9 960 000**
	Désignation	**Fréquence**	**Durée [par ans]**	**Montant annuel [FCFA]**
	Entretien du groupe (3mois)	3mois	4	240 000
	Maintenance du champ PV	1mois	12	150 000
	Carburant (j)	18,72	6 833	4 612 140
	Chloration (Kg)	0,6	219	3 723 000
	Charge annuelle de production			**8 725 140**
	Charges d'exploitation annuelles totale			**18 685 140**

Nous avons le total des amortissements annuels qui s'élève à **cinq millions soixante-trois mille cinq cent francs CFA (5 063 500 CFA)** et les charges d'exploitation sur une année à **dix-huit millions six cent quatre-vingt-cinq mille cent quarante francs CFA (18 685 140 CFA)**.

VI.6.3 Prix de vente du mètre cube d'eau

Le volume d'eau consommé a été estimé à 90% du volume produit. Le prix du mètre cube a ensuite été calculé en intégrant les charges d'amortissement et d'exploitation. Une marge bénéficiaire de 20% a été appliqué au prix de revient pour garantir la viabilité financière du système.

Tableau 27 : Prix de vente théorique du mètre cube d'eau

Désignation	Total sur 14 ans
Dotations aux amortissements	70 889 000 F CFA
Charges d'exploitation	294 394 392 F CFA
Volume total d'eau produit	1 873 955 m^3
Volume total d'eau vendu	1 686 559 m^3
Prix de revient du m^3 d'eau	217 F CFA
Prix de vente du m3 d'eau	**260 F CFA**

Le prix de vente théorique du mètre cube d'eau a été évalué à **260 francs CFA**. Cependant, les tarifs pratiqués par un opérateur local de la région (KARMA) (INO,2023) sont de 350 francs CFA/m^3 pour les BP et 400 francs CFA/m^3 pour les BP. En tenant compte de cela, nous avons optés pour des tarifs moyens, soit **300 francs CFA/m^3** pour les BP et **350 francs CFA/m^3** pour les BF.

VI.6.4 Analyse financière

L'analyse financière du projet a été menée sur une période de 14 ans, avec un taux d'actualisation de 10%. Nous avons obtenu une Valeur Actuelle Net (VAN) positive de **deux cent trois millions neuf cent quatre-vingt-deux mille cinq cent quatre-vingt-dix-sept francs CFA (203 982 597 CFA).** Le taux de rentabilité interne (TRI) est estimé à **13% > 10%** (taux d'actualisation)**.** Cela montrent que le projet est financièrement viable et économiquement pertinent.

VI.7 Choix du mode de gestion de l'AEP-MV

L'eau est une ressource précieuse et sa gestion constitue un impératif national. La gestion de l'eau a pour but, dans le respect de l'environnement et des priorités définies par la loi, d'assurer l'alimentation en eau des populations.

Au Burkina Faso, la loi N°002-2001/AN mentionne au niveau de son article 43, que l'état peut déléguer certaines de ces responsabilités en matière de gestion et d'utilisation de l'eau à une collectivité territoriale. Il existe plusieurs modes de gestion des systèmes d'adduction en eau. Ainsi le choix du mode de gestion est une étape stratégique car il influence directement la performance du système.

A partir de l'INO 2024, plusieurs modes de gestion ont été identifiés, notamment :

Tableau 28 : Système d'exploitation des AEP au Burkina Faso

Mode de gestion	Définitions	Proportion
Affermage	Le maître d'ouvrage délègue l'exploitation de l'ouvrage à un opérateur privé, appelé fermier, qui prend en charge la gestion à ses propres risques	**20,80%**
Association	Assurer par une association locale légalement constituée, souvent communautaire	**9%**
Association des Usagers de l'Eau (AUE)	structure communautaire regroupant les bénéficiaires du service d'eau par délégation de la commune.	**4,50%**
Concession	Gestionnaire privé qui assume non seulement l'exploitation, mais aussi les investissements de renouvellement ou d'extension	**2,10%**
Exploitant	Exploitant individuel recruté par contrat	**1,40%**
Groupement	Unions d'associations, d'opérateurs ou de collectivités	**0,90%**
Régie	Gestion directe par la commune ou une structure publique	**9,60%**
Autre	Catégories regroupant les formes non standardisées (coutumières, comités informels, etc.)	**46%**

Source : (DGEP D. G., 2024)

De l'analyse du tableau, il ressort que 46% des ouvrages disposent d'un mode de gestion non standardisé. Parmi les modes formalisés, l'affermage représente la proportion la plus élevée avec 20,8% et donc le plus répandu. De plus, ce mode présente plusieurs atouts tels que : une implication renforcée des communes, l'opérateur assume les risques financiers liés à l'exploitation, un contrat clair et structurant (Tiendrébeogo, 2025). Nous avons donc opté, pour le mode de gestion par affermage pour notre système, qui apparait comme mode de gestion à la fois fiable, maitrisé et adapté.

VI.8 Etude impact environnemental et social

La mise en œuvre des infrastructures de notre système AEP-MV au profit de Néboun et Livara, s'accompagne d'une interaction directe ou indirecte avec l'environnement naturel et humain. Alors, l'élaboration d'une étude environnementale et sociale constitue une étape essentielle. Cette étude vise à identifier les éléments sensibles de l'environnement, à apprécier les impacts susceptibles de survenir et à proposer des mesures d'atténuation, de compensation et de bonification. Cela permet de garantir que le projet soit mis en œuvre dans le respect des principes de durabilité, de protection de l'écosystème et d'amélioration des conditions de vie.

VI.8.1 Catégorisation du projet

Pour la catégorisation de notre projet, nous nous sommes référé au décret (N°2015-1187/PRES-TRANS/PM/MERH/MATD/MME/MS/MARHASA/MRA/MICA/MHU/MIDT/MCT) portant conditions et procédures de réalisation et validation de l'évaluation environnementale stratégique, de l'étude et de la notice d'impact environnemental et social. L'article 4 de ce décret stipule que les projets sont classés en trois catégories : A, B et C, en fonction de l'ampleur de leurs impacts. Etant donné que notre projet porte sur un forage et la mise en place d'un système AEP, il est considéré comme générant des impacts modérés. Il est donc classé en Catégorie B et requiert la réalisation d'une Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES).

VI.8.2 Cadre politique, juridique et institutionnel

Nous nous sommes orienté aux documents de politique nationale en matière d'accès à l'eau potable et aux objectifs du Plan National de Développement Economique et Social (PNDES). Sur le cadre juridique, cela a concerné la Constitution, le Code de l'environnement, le Code forestier du Burkina, la loi sur le foncier rural, le Code des Collectivités territoriales, ainsi que les différents décrets.

VI.8.3 Description sommaire des phases et composantes du projet

La description détaillée du projet, avec ses objectifs, composantes et résultats attendus, a été présentée précédemment dans la partie présentation du projet. Les phases de travaux du projet sont :

- Pose du château d'eau ;
- Pose et installation des équipements au niveau du captage (pompe, énergie, etc.) ;
- Construction de bornes fontaines ;
- Pose des canalisations ;
- Travaux divers (génie civil, menuiserie, etc.).

VI.8.4 Identification et analyse des risques et impacts du projet

Risques

Le projet présente certains risques environnementaux, notamment la dégradation de l'environnement due aux poussières, fumées et perturbations liées aux travaux. Des risques de pollution et de mauvaise gestion des ressources en eau entrainant la stagnation d'eaux usées. De plus, les activités du chantier peuvent générer des déchets et occasionner des accidents de travail.

Impacts

❖ **Positifs**

Au titre des impacts positifs du projet, les infrastructures qui seront réalisées vont améliorer :

- Le taux d'accès à l'eau potable ;
- La réduction des corvées d'eau ;
- La diminution de la mortalité infantile ;
- La disponibilité d'une eau potable de qualité ;
- L'amélioration des conditions de vie et de la santé ;
- Le développement socio-économique et la création d'emploi.

Ce projet contribuera à l'atteinte des ODD à l'horizon 2030 et permettra le développement des compétences locales en matière de conservation et de gestion de l'eau, par la mise en place de systèmes locaux d'organisations et de gestion des ressources en eau.

❖ **Négatifs**

Les impacts négatifs se résument à :

- L'altération de la qualité de l'air et du bruit, à la perte de quelques espèces végétales ;
- La perte de portion de champs ;
- La perturbation de la texture du sol ;
- La variation du débit des eaux souterraines ;
- Conflits entre consommateurs liés à l'exploitation de l'eau et de la répartition des infrastructures.

VI.8.5 Mesures d'atténuations et de bonifications

Afin de minimiser les impacts négatifs du projet et de renforcer ses effets positifs, des mesures d'atténuation et de bonification sont proposées. Elles visent à réduire les risques environnementaux et sociaux. Nous avons :

- Respecter la règlementation en matière de traitement des employés ;
- Veiller à former la main-d'œuvre prise dans la localité pour leur permettre d'être autonome ;
- Respecter la règlementation en matière de sécurité sociale et de traitement salarial ;
- Donner des consignes relatives à la limitation de vitesse ;
- Informer au préalable les populations sur la nature et la durée des travaux ;

- Exiger les équipements de protection individuels (EPI) à tout le personnel et visiteur du chantier ;
- S'assurer de l'entretien périodique des engins et de la bonne gestion des déchets ménagers ;
- Racler immédiatement la partie souillée du sol en cas de déversement accidentel ;
- Interdire les vidanges sur le site du projet ;
- Effectuer un reboisement d'au moins 20 arbres qui seront repartie au tour de l'emplacement de chaque infrastructure ;
- L'entreprise chargée des travaux doit mettre à la disposition des ouvriers des toilettes pour éviter la défécation à l'air libre ;
- Prévoir un arrosage régulier surtout en saison sèche ;
- Prévoir des panneaux de signalisation sur et aux alentours du site du projet ;
- Sensibiliser la population environnante sur les effets de la poussière et les mesures qu'ils devront adopter.

VI.8.6 Plan de gestion environnemental et social (PGES)

Le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) est un instrument d'application du processus d'évaluation environnementale (Sawadogo, 2022). Il est essentiel au rapport de la NIES car il permet d'évaluer la conformité aux normes environnementales et sociales nationales, tout en s'assurant que les mesures proposées sont efficaces.

❖ **Programme de suivi environnemental**

Le suivi environnemental est une opération à caractère scientifique servant à mesurer les impacts réels de la réalisation d'un projet et à évaluer la justesse des mesures d'atténuation proposées (Sawadogo, 2022). Son objectif est d'apprécier régulièrement le degré de mise en œuvre ou d'exécution des mesures d'atténuation. Il permet d'ajuster, d'orienter ou d'adapter certaines mesures en fonction de l'évolution du projet et des spécificités des composantes du milieu. Les détails du programme sur le suivi environnemental sont mentionnés en annexe.

❖ **Programme de surveillance environnementale**

La surveillance environnementale consiste à contrôler la bonne mise en œuvre des mesures pendant la durée de vie du projet et à détecter toute perturbation non prévue. Elle relève du promoteur, qui doit veiller au respect de ses engagements, avec l'appui de l'ANEVE. Ce suivi est essentiel pour s'assurer que les prévisions d'impacts sont correctes et que les mesures de

prévention et d'atténuation atteignent les résultats attendus. Le programme de surveillance est détaillé en annexe.

VII. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

VII.1 Conclusion

La présente étude a permis de proposer un système d'Adduction d'Eau Potable Multi-Village (AEP-MV) au profit des villages de Néboun et de Livara, visant à améliorer durablement l'accès à l'eau potable des populations. A l'horizon 2040, le système doit satisfaire les besoins d'une population estimée à **14 509 hbts**, avec une demande journalière de pointe de **366,72 m^3/j.**

Le projet repose sur l'exploitation d'un forage existant, avec un débit de refoulement initial de **14 m^3/h**, évoluant à **24 m^3/h** à l'horizon du projet, pour un temps de pompage de 16h/j. Le stockage est assuré par un réservoir de **100 m^3** fonctionnant sous une hauteur manométrique totale de **70 m,** et desservant **11** bornes fontaines et **813** branchements particuliers. L'alimentation énergétique du système est assuré par une combinaison d'énergie solaire de **7,2 kW** et thermique de **15 kVA**, garantissant la continuité du service.

L'investissement globale du projet est estimé à **399 564 040 CFA TTC**, avec un prix de vente de l'eau fixé à **300 FCFA/m^3** pour les BF et **350 FCFA/m^3** pour les BP.

L'analyse environnementale montre que les impacts du projet sont globalement positifs, malgré quelques effets négatifs potentiels, pour lesquels des mesures d'atténuations ont été prévues à travers le Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES).

Ainsi, le projet apparait techniquement réalisable et socialement bénéfique pour les populations concernées.

VII.2 Recommandations

A l'issue de cette étude d'avant-projet détaillé, nous avons formulée quelques recommandations afin d'assurer la mise en œuvre efficace du système d'AEP-MV. Nous avons :

- **Au maître d'ouvrage**
  - Procéder à une actualisation des coûts d'investissement avant le lancement des travaux, afin de tenir compte des fluctuations ;
  - Assurer la sécurisation foncière des sites d'ouvrages, afin de prévenir les conflits ;
  - Mettre en place un processus rigoureux dans le choix du fermier basé sur des critères techniques ;
  - Sensibiliser la population sur la gestion de l'eau ;
  - Organiser des campagnes régulières de contrôle de la qualité de l'eau.
- **Au maître d'œuvre**
  - Veiller au respect des normes techniques et environnementales lors de l'exécution des travaux ;
  - Associer les chefs locaux, coutumières et communales à toute étape du projet.
- **Au gestionnaire**
  - Mettre en place un moyen local de prévention et de gestion des plaintes ;
  - Assurer un entretien régulier et préventif des ouvrages ;
  - Encourager progressivement les ménages à opter pour les branchements particuliers ;
  - Procéder au curage régulier des conduites présentant de faibles vitesses de circulation ;
  - Assurer un suivi régulier du forage pour anticiper d'éventuelles mesures correctives.

Bibliographie

(s.d.).

(DGEP), D. G. (2023). *Inventaire National des Ouvrages hydrauliques du Burkina Faso .*

(DGEP), D. G. (2024). *Inventaire National des Ouvrages hydrauliques du Burkina Faso.*

(DREA), D. R. (2021). *Enquêtes socio-économiques.*

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

Bega. (2005). *Ouvrages constitutifs de systèmes d'AEP.*

DGEP. (2019). *DECRET N° 2024 -__/PRES/PM/MEEA/MATM/MEF/MAHSN /MS/ MEBAPLN portant définition des règles, critères et indicateurs d'accès à l'eau potable en situation de développement et d'urgence au Burkina Faso.*

DGEP. (2025). *Inventaire national des ouvrages d'approvisionnement en eau potable.*

FAYE, B. S. (2020). *Compréhension de la pollution de l'eau souterraine du sous bassin versant de la Sissili au Burkina Faso.*

Faye, M. (Mai 2021). *Ingénierie des réseaux eau potable.*

Financiers, D. G. (2025). *Mercuriale Koudougou.*

INSD. (2019). *Recensement Général de la Population et de l'Habitation.*

KABORE, M. (s.d.). *Projection de population des communes en l'absence de données d'état-civil au Burkina Faso.*

Mairie. (2015). *Plan Communal de Developpement de Bieha .*

MEEA. (2023). *Annuaire des Statistiques de l'Environnement 2023.*

MERH. (2015). *N°2015-1187/PRES-TRANS/PM/MERH/MATD/MME/MS/MARHASA/MRA/MICA/MHU/MIDT/MCT .*

Ministère de l'Environnement, d. l. (2023). *Annuaire des Statistiques de l'Environnement 2023.*

Miyouna, B. T. (2020). *Cartographie par traitement d'image satellitaire des linéaments du groupe de l'Inkisi en République du Congo : implications hydrogéologique et minière.*

Mounirou, L. (2024). *Essentiel de dimensionnement des stations de pompage.*

Mounirou, L. (Janvier 2018). *Essentiel de pompes et stations de pompage.*

Politique Sectorielle : Environnement, Eau et Assainissement, 2018-2027. (2018).

Sawadogo, O. (2022). *Notice Impact Environnementale et Social du projet de réalisation des systèmes d'adduction d'eau potable simplifiée.*

SOME, P. C. (2024). *Etude de faisabilité technique et financière d'un système d'approvisionnement en eaopotable simplifié à Sogpelsé dans la commune de Thyou au Burkinan Faso.*

Tiendrébeogo, J. (2025). *Etude de faisabilité technique pour la réalisation d'un système d'approvisionnement en eau potable simplifier dans le village de Dounghin-Ouantanghin a Tenkodogo.*

Zoungrana. (2003). *Approvisionnement en eau potable.*

Liste des annexes

Annexe 1: dernière ittération du réseau maillé..... xvi

Annexe 2 : Dimensionnement du réseau de distribution..... xvii

Annexe 3: Analyse comparative de la simulation EPANET de la pression et la vitesse..... xxi

Annexe 4 : Devis estimatif et comparatif..... xxii

Annexe 5 : Evaluation des impacts positifs xxix

Annexe 6 : Evaluation des impacts négatifs..... xxx

Annexe 7 : Mesure d'atténuation et de compensation des impacts..... xxxi

Annexe 8 : Carnet des nœuds..... xxxiii

Annexe 9 : Pièces graphiques..... xxxiv

Annexe 10 : Profil en long xxxvi

Annexe 1: dernière ittération du réseau maillé

Itération	tronçon	longueur	débit(m3/s)	Diamètre-th (m)	Diamètre-th (mm)	Diamètre-int (mm)	Diamètre-int (m)	Diamètre-nomi (m)	Vitesse	Reynolds	eps=k/D	lambda	delta H(m)	delta H/q	dq(m3/s)	dq(l/s)	Q_corrigé
30	**N3_N4**	682,32	0,0144	0,135	135,41	176,2	0,1762	200	0,591	9,05E+04	5,68E-04	0,0209	1,58	109,7			0,0144
	N4_N5	477,38	0,0076	0,098	98,48	141	0,141	160	0,488	5,98E+04	7,09E-04	0,0226	1,02	133,9	6,E-19	6,E-16	0,0076
	N5_N8	414,22	0,0028	0,059	59,32	79,2	0,0792	90	0,561	3,86E+04	1,26E-03	0,0256	2,36	853,7	6,E-19	6,E-16	0,0028
	N8_N9	370,84	0,0010	0,035	35,40	55,4	0,0554	63	0,408	1,97E+04	1,81E-03	0,0295	1,85	1876,1	6,E-19	6,E-16	0,0010
	N9_N10	276,48	0,0005	0,025	25,01	55,4	0,0554	63	0,204	9,82E+03	1,81E-03	0,0336	0,39	796,0	6,E-19	6,E-16	0,0005
	N10_N11	462,39	-0,0014	0,042	41,53	55,4	0,0554	63	0,562	2,71E+04	1,81E-03	0,0281	-4,15	3064,6	6,E-19	6,E-16	-0,0014
	N11_N4	534,87	-0,0061	0,088	88,13	123,4	0,1234	140	0,510	5,47E+04	8,10E-04	0,0232	-1,47	240,2	6,E-19	6,E-16	-0,0061
												somme	-8,E-15	6964,4	6,E-19	6,E-16	0,0000
												dq		6,E-19			

Annexe 2 : Dimensionnement du réseau de distribution

Tronçons	N° Nœud	L [m]	Qfict [m³/s]	Dt [mm]	Dc [mm]	DN [mm]	Vr [m/s]	Alt. [m]	Lambda	ΔH (D-W) [m]	ΔHcdw [m]	Hmin [m]	Haval [m]	Pdisp [mCE]	ΔH(M-S) [m]	ΔHcms [m]	Hmin [m]	Haval [m]	Pdisp [mCE]
R_N1	N1	25,27	0,022	166,59	176,2	200	0,89	327	0,02	0,11	0,11	337,11	338,40	11,40	0,10	0,10	337,099	337,767	10,77
N1_N2	N2	432,94	0,015	139,42	176,2	200	0,63	324	0,02	0,98	1,09	335,09	337,42	13,42	0,83	0,93	334,932	336,934	12,93
N2_N3	N3	946,2	0,015	139,42	176,2	200	0,63	313	0,02	2,14	3,23	326,23	335,28	22,28	1,82	2,75	325,754	335,113	22,11
N3_BF1	**BF1**	76,93	0,001	32,18	55,4	63	0,34	**312**	0,03	0,24	3,47	325,47	335,04	23,04	0,20	2,95	324,955	334,912	22,91
N3_N4	N4	682,32	0,014	135,41	176,2	200	0,59	302	0,02	1,39	4,62	316,62	333,89	31,89	1,17	3,92	315,922	333,944	31,94
N4_N5	N5	477,38	0,008	98,48	141	160	0,49	309	0,02	0,91	5,529	324,53	332,98	23,98	0,751	4,673	323,673	333,194	24,19
N5_N6	N6	735,36	0,004	68,48	96,8	110	0,50	309	0,02	2,32	7,845	326,85	330,67	21,67	2,010	6,683	325,683	331,184	22,18
N6_BF2	**BF2**	217,47	0,001	34,40	55,4	63	0,39	**310**	0,03	0,86	8,708	328,71	329,80	19,80	0,743	7,425	327,425	330,441	20,44
N6_N7	N7	708,34	0,002	44,01	79,2	90	0,31	310	0,03	1,22	9,065	329,06	329,45	19,45	0,963	7,646	327,646	330,221	20,22
N7_BF3	**BF3**	124,34	0,001	32,95	55,4	63	0,35	**311**	0,03	0,42	9,489	330,49	329,02	18,02	0,357	8,003	329,003	329,863	18,86

N5_N8	N8	414,22	0,003	59,32	79,2	90	0,56	313	0,02	2,04	7,572	330,57	330,94	17,94	1,859	6,532	329,532	331,335	18,34
N8_BF4	**BF4**	291,18	0,001	35,51	55,4	63	0,41	**308**	0,03	1,29	8,863	326,86	329,65	21,65	1,129	7,660	325,660	330,206	22,21
N8_N9	N9	370,84	0,0010	35,40	55,4	63	0,41	312	0,03	1,63	9,198	331,20	329,31	17,31	1,420	7,951	329,951	329,915	17,92
N9_N10	N10	276,48	0,000	25,01	55,4	63	0,20	313	0,03	0,36	9,559	332,56	328,95	15,95	0,264	8,215	331,215	329,652	16,65
N10_BF5	**BF5**	323,76	0,001	35,99	55,4	63	0,42	**307**	0,03	1,50	11,063	328,06	327,45	20,45	1,324	9,539	326,539	328,328	21,33
N10_N11	N11	462,39	0,001	41,53	55,4	63	0,56	308	0,02	3,56	9,472	327,47	329,04	21,04	3,353	8,374	326,374	329,493	21,49
N11_N12	N12	522,43	0,004	68,07	79,2	90	0,74	307	0,02	4,20	10,117	327,12	328,39	21,39	4,065	9,086	326,086	328,781	21,78
N12_BF6	**BF6**	316,38	0,001	35,88	55,4	63	0,42	**299**	0,03	1,45	11,571	320,57	326,94	27,94	1,279	10,364	319,364	327,502	28,50
N12_N13	N13	424,07	0,002	46,48	79,2	90	0,34	309	0,02	0,88	11,001	330,00	327,51	18,51	0,717	9,803	328,803	328,064	19,06
N13_BF7	**BF7**	397,49	0,001	37,05	55,4	63	0,45	**314**	0,03	2,05	13,046	337,05	325,47	11,47	1,826	11,629	335,629	326,237	12,24

N11_N4	N4	534,87	0,006	88,13	123,4	140	0,51	302	0,02	1,29	5,916	317,92	332,60	30,60	1,099	5,021	317,021	332,846	30,85
N1_N14	N14	930,16	0,007	91,18	141,00	160	0,42	325	0,02	1,34	1,452	336,45	337,06	12,06	1,075	1,174	336,174	336,692	11,69
N14_BF8	**BF8**	206,66	0,001	34,24	55,4	63	0,38	**326**	0,03	0,81	2,258	338,26	336,25	10,25	0,692	1,867	337,867	336,000	10,00
N14_N15	N15	960,38	0,005	83,45	123,4	140	0,46	317	0,02	1,92	3,367	330,37	335,14	18,14	1,586	2,760	329,760	335,106	18,11
N15_N16	N16	173,7	0,003	66,51	79,2	90	0,71	316	0,02	1,29	4,654	330,65	333,86	17,86	1,232	3,992	329,992	333,874	17,87
N16_BF9	**BF9**	229,46	0,001	34,58	55,4	63	0,39	**320**	0,03	0,93	5,581	335,58	332,93	12,93	0,800	4,793	334,793	333,074	13,07
N16_BF10	**BF10**	990,57	0,002	44,68	55,4	63	0,65	**314**	0,02	9,86	14,511	338,51	324,00	10,00	9,622	13,614	337,614	324,252	10,25
N15_BF11	**BF11**	751,74	0,001	41,77	55,4	63	0,57	**319**	0,02	5,90	9,269	338,27	329,24	10,24	5,581	8,341	337,341	329,525	10,53
		13003		**Dmin**	**63**	**Vmin**	**0,20**	**299**		**34,919**	**Zradier**	**338,51**	**Pmin**	**10,00**	**30,63**	**Zradier**	**337,87**	**Pmin**	**10,00**
				Dmax	**200**	**Vmax**	**0,89**	**327**			**Hradier**	**12**	**Pmax**	**31,89**		**Hradier**	**11**	**Pmax**	**31,94**

Annexe 3: Analyse comparative de la simulation EPANET de la pression et la vitesse

Tronçons	N° Nœud	Tronçon	L [m]	DN [mm]	Vc[m/s]	Vs[m/s]	Pc [mCE]	Ps [mCE]
R_N1	N1	**T1**	25,27	200	0,82	0,79	10,70	13,22
N1_N2	N2	**T2**	432,94	200	0,58	0,55	12,84	15,69
N2_N3	N3	**T3**	946,2	200	0,58	0,55	21,97	25,53
N3_BF1	**BF1**	**T4**	76,93	63	0,27	0,29	22,81	26,41
N3_N4	N4	**T5**	682,32	200	0,55	0,52	31,74	35,78
N4_N5	N5	**T6**	477,38	160	0,45	0,45	23,97	28,26
N5_N6	N6	**T7**	735,36	110	0,46	0,52	22,00	26,57
N6_BF2	**BF2**	**T8**	217,47	63	0,32	0,38	20,37	25,02
N6_N7	N7	**T9**	708,34	90	0,28	0,37	19,99	24,46
N7_BF3	**BF3**	**T10**	124,34	63	0,29	0,32	18,69	23,22
N5_N8	N8	**T11**	414,22	90	0,49	0,49	18,35	23,2
N8_BF4	**BF4**	**T12**	291,18	63	0,34	0,43	22,40	27,3
N8_N9	N9	**T13**	370,84	63	0,33	0,31	18,22	23,56
N9_N10	N10	**T14**	276,48	63	0,13	0,08	17,06	22,52
N10_BF5	**BF5**	**T15**	323,76	63	0,36	0,45	21,94	27,42
N10_N11	N11	**T16**	462,39	75	0,40	0,38	22,11	28,45
N11_N12	N12	**T17**	522,43	90	0,67	0,75	21,13	26,49
N12_BF6	**BF6**	**T18**	316,38	63	0,35	0,38	28,06	33,44
N12_N13	N13	**T19**	424,07	90	0,31	0,37	18,39	23,83
N13_BF7	**BF7**	**T20**	397,49	63	0,38	0,41	11,84	17,23
N11_N4	N4	**T21**	534,87	125	0,61	0,59	29,70	35,78
N1_N14	N14	**T22**	930,16	160	0,38	0,38	11,58	14,47
N14_BF8	**BF8**	**T23**	206,66	63	0,32	0,37	10,00	12,97
N14_N15	N15	**T24**	960,38	125	0,52	0,52	16,78	20,58
N15_N16	N16	**T25**	173,7	90	0,64	0,67	16,70	20,79
N16_BF9	**BF9**	**T26**	229,46	63	0,32	0,39	12,03	16,19
N16_BF10	**BF10**	**T27**	990,57	63	0,58	0,6	10,53	11,49
N15_BF11	**BF11**	**T28**	751,74	63	0,50	0,52	10,03	12,57

Annexe 4 : Devis estimatif et comparatif

Poste N°	DESIGNATION / CARACTERISTIQUES DES TRAVAUX	Unité	Qté	P.U (FCFA)	P. T (FCFA)
1	**DEPLACEMENT-INSTALLATION DU CHANTIER**				
1.1	Installation et Repli du chantié	ff	1	3 000 000	3 000 000
1.2	Frais de fonctionnement des installations de base	Mois	4	300 000	1 200 000
1.3	Etablissement de dossier d'exécution et plans de recollement de l'ensemble du réseau	ff	1	600 000	600 000
	SOUS TOTAL 1				**4 800 000**
2	**POMPE ET EXHAURE**				
2.1	Developpement du forage	u	1	200 000	200 000
2.2	Pompage d'essai (par palier, longue durée)	u	1	630 000	630 000
2.3	Analyse de l'eau (chimique et bactériologique)	u	1	140 000	140 000
2.4	Génie civil tête de forage	forfait	1	600 000	600 000
2.5	Fourniture, pose et raccordement d'électropompes immergées (SP14-17) de 14 [m³/h], HMT 70 [m] y compris câble de sécurité en acier inoxydable et toutes sujétions	u	1	6 500 000	6 500 000
	SOUS TOTAL 2				**8 070 000**
3	**ENERGIE ET RACCORDEMENTS**				
3.1	Fourniture, pose, raccordement et mise en service d'un groupe électrogène diésel triphasé à service continu, non insonorisé de 15 kVA, 3PH+N 230/400V 50HZ à démarrage électrique (menu d'un dispositif spécial de démarrage comme les Altivar ou Altistar) avec possibilité de démarrage par manivelle, y compris pièces de rechange et outillages spécifiques et toutes sujétions.	u	1	7 000 000	7 000 000
3.2	Fourniture, pose et raccordement d'une cuve journalière de 250 litres équipée de pompe manuelle type JAPPY, y compris toutes sujétions	u	1	800 000	800 000
3.3	Fourniture et pose d'un bac à sable de 50 litres avec une pelle, y compris et toutes sujétions	u	1	220 000	220 000
3.4	Fourniture et pose d'un extincteur + support de fixation, y compris toutes sujétions.	u	1	180 000	180 000
3.5	Rallonge du tuyau d'échappement hors du local groupe électrogène et calorifugeage, y compris toutes sujétions	ens.	1	80 000	80 000

3.6	Convertisseur C/A triphasé de 8kVA, 380V avec recherche de MPPT, y compris toutes sujétions.	u	1	2 000 000	2 000 000
3.7	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique U1000 R02V de 4x6mm² pour raccordement onduleur-inverseur-Groupe Elec et Inverseur-coffret de commande y compris toutes sujétions	ml	100	9 000	900 000
3.8	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique U1000 R02V de 4x4mm² enterré sous PVC et signalé par grillage avertisseur pour l'alimentation de la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage à partir de l'armoire électrique, y compris toutes sujétions	ens	1	410 000	410 000
3.9	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique à immersion permanente de 4x4 mm² pour l'alimentation de l'électropompe à partir de la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage, y compris toutes sujétions	ml	100	2 400	240 000
3.10	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique U1000 R02V de 3x1,5mm² pour l'asservissement surpression de l'électropompe du pressostat à la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage, y compris toutes sujétions	ml	80	1 200	96 000
3.11	Fourniture, pose et raccordement des câbles d'électrodes de niveau à immersion permanente de 1x1,5mm² des électrodes dans le forage à la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage, y compris toutes sujétions	ml	130	700	91 000
3.12	Fourniture et pose d'une boîte de raccordement pour le raccordement de l'électropompe au câble de puissance, y compris toutes sujétions	u	1	57 000	57 000
3.13	Fourniture, pose et raccordement d'un coffret étanche équipée de bornes de jonction pour le raccordement des câbles dans l'abri de la tête de forage câble de 4x2,5 mm² , y compris toutes sujétions	u	1	57 500	57 500
3.14	Fourniture, pose et raccordement de sonde de détection de niveau, y compris toutes sujétions	u	1	235 000	235 000
3.15	Fourniture, pose et raccordement d'une armoire électrique d'automatisme équipée conformément au descriptif pour l'alimentation, la commande et l'asservissement d'une électropompe immergée, y compris toutes sujétions	u	1	2 000 000	2 000 000
3.16	Fourniture, pose et raccordement d'un avertisseur sonore, y compris toutes sujétions	u	1	240 000	240 000
3.17	Puits de terre équipé et mise à la terre des masses des équipements électriques des locaux, y compris toutes sujétions	u	1	240 000	240 000

3.18	Fourniture, pose et réglage d'un robinet flotteur sur le château d'eau pour le contrôle de la surpression, y compris toutes sujétions	u	1	800 000	800 000
3.19	Fourniture, pose et raccordement d'un pressostat double seuil pour l'asservissement de la surpression (de classe 0/16 bars), y compris toutes sujétions	u	1	310 000	310 000
3.20	Fourniture et pose d'une station solaire complète de 7,2 kw (plateforme, panneaux photovoltaïques, régulateur de charge solaire, accessoires, etc), y compris pièces de rechange et outillages spécifiques, y compris toutes sujétions.	ens.	1	10 000 000	10 000 000
3.21	Fourniture, pose et raccordement de câble électrique U1000 R02V de 2x16mm² enterré sous PVC et signalé par grillage avertisseur pour l'alimentation du convertisseur à partir de la boîte de raccordement des plaques solaires, y compris toute sujétion	ml	100	2 600	260 000
3.22	Installation électrique d'éclairage, câbles et canalisations, prises, réglettes, y compris toutes sujétions	ens.	1	361 000	361 000
3.23	Fourniture et pose d'un inverseur de source solaire/GE, y compris toutes sujétions.	u	1	240 000	240 000
	SOUS TOTAL 3				**26 817 500**
4	**RESEAU D'ADDUCTION**				
4.1	Fourniture et installation de pièces conformes au plan pour l'équipement de la tête de forage: tuyau galva, Clapet anti retour, y compris raccordements à la pompe (foraduc) et au réseau de tuyaux PEHD,…	ens	1	740 000	740 000
4.2	Excavation et remblai pour pose de tuyau PEHD De 110 mm tout terrain confondu	m	603	2 000	1 206 420
4.3	Fourniture et pose de tuyau PEHD De 110 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	m	603	7 800	4 705 038
4.4	Fourniture et pose de pièces spéciales de raccordement (coudes, …)	ens	1	300 000	300 000
4.5	Mise en place de bornes de repérage des conduites	u	55	10 000	550 000
4.6	Essais de pression	m	603	500	301 605
4.7	Mise en place de butées en béton	m^3	2	80 000	160 000
4.8	Rinçage et désinfection.	m	603	500	301 605
	SOUS TOTAL 4				**8 264 668**
5	**POMPE DOSEUSE ET ACCESSOIRES**				

5.1	Fourniture et pose d'un bac mélangeur (Kit comprenant un bac en polyéthylène avec trappe de remplissage, bouchon de vidange et fond spécifiquement moulé pour limiter la perte de produit. Equipé d'un agitateur en inox 316 L (ou agitateur en PVC) et d'un moto-réducteur surélevé à rotation lente (48 tours/min)) d'au moins 120 litres pour préparation de solution), tuyau de raccordement avec le bac surmonté de la pompe doseuse et autres accessoires insdipensable pour l'installation, y compris toutes sujétions.	u	1,00	800 000	800 000
5.2	Fourniture du Filtre doseur	ff	1,00	900 000	900 000
5.3	Fournitures des pièces et travaux de plombérie	ff	1,00	600 000	600 000
5.4	Fourniture de désinfectant alimentaire chlore en pastille (fût de 45 kg)	ff	1,00	440 000	440 000
5.5	Fourniture et pose de supert et hangar de protection	ff	1,00	500 000	500 000
5.6	Fouille et remblais pour installation	ff	1,00	250 000	250 000
5.7	Main d'œuvre (plomberie et mise en service)	ff	1,00	1 000 000	1 000 000
5.8	Formation des techniciens pour l'exploitation	ff	1,00	400 000	400 000
	SOUS TOTAL 5				**4 890 000**
6	**CHÂTEAU D'EAU DE 100 m^3**				
6.1	Études géotechniques	ff	1	900 000	900 000
6.2	Fabrication et pose de la cuve métallique de 100m3 + tour, toutes sujétions comprises (équipements de robinetterie intérieurs : crépines; et extérieurs : clapet anti retour, robinet vanne; échelle de lecture, peinture anti rouille et peinture alimentaire intérieure, peinture extérieure, désinfection, divers,…).	ens	1	95 000 000	95 000 000
6.3	Construction d'un regard au pied du château (by pass).	u	1	500 000	500 000
6.4	Equipement complet regard By-pass Adduction/Distribution (Compteur, vanne, Clapet anti retour, pièces et raccords en fonte ductile)	u	1	600 000	600 000
	SOUS TOTAL 6				**97 000 000**
7	**RESEAU DE DISTRIBUTION [Tuyauterie, robinetterie et Bornes fontaines (BF)]**				
7.1	Excavation et remblai pour pose de tuyau PEHD Dext<=200 mm en terrain de toute nature	m	13 003	2 000	26 006 660
7.2	Fourniture et pose de tuyau PEHD De 200 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	m	2 087	12 000	25 040 760

7.3	Fourniture et pose de tuyau PEHD De 160 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	m	1 408	12 000	16 890 480
7.4	Fourniture et pose de tuyau PEHD De 125 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	m	1 495	12 000	17 943 000
7.5	Fourniture et pose de tuyau PEHD De 110 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	m	735	7 800	5 735 808
7.6	Fourniture et pose de tuyau PEHD De 90 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	m	2 243	5 700	12 783 732
7.7	Fourniture et pose de tuyau PEHD De 75 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	m	462	5 500	2 543 145
7.8	Fourniture et pose de tuyau PEHD De 63 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...)	m	4 573	4 700	21 494 510
7.9	Essais de pression, y compris toutes sujétion	m	13 003	500	6 501 665
7.10	Rinçage et Désinfection, y compris toutes sujétions	m	13 003	500	6 501 665
7.11	Compteur volumetrique DN 90	u	1	245 000	245 000
7.12	Vannes de sectionnement DN 63	u	12	100 000	1 200 000
7.13	Vannes de sectionnement DN 90	u	19	100 000	1 900 000
7.14	Equipement complet regard By-pass	ens	1	800 000	800 000
7.15	Equipement complet vidange	ens	1	600 000	600 000
7.16	Equipement complet ventouse	ens	1	500 000	500 000
7.17	Fourniture et pose de pièces spéciales (coudes, té,…)	ens	1	300 000	300 000
7.18	Construction de chambre (vidange, ventouse…), y compris toutes sujétions	u	2	500 000	1 000 000
7.19	Génie Civil de BF, y compris toutes sujétions conformément au plan fourni	u	11	1 500 000	16 500 000
7.120	Fourniture et pose de pièces de robinetterie et de raccordement de BF (collier de prise, réduction, robinet d'arrêt bouche à clé, adapteur galva/PVC, tuyauteries galva, robinet-vanne, compteur, robinets de puisage, etc…).	u	11	235 000	2 585 000
	SOUS TOTAL 7				**167 071 425**
8	**CONSTRUCTION DES LOCAUX DIVERS ET SYSTÈME D'ECLAIRAGE**				

8.1	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.	u	1	4 500 000	4 500 000
8.2	Construction du local Bureau/magasin, fourniture et pose des accessoires, appareillages électriques (fileries, lampes, interrupteurs, prises, etc.) pour électrification du local, y compris toutes sujétions.	u	1	2 500 000	2 500 000
8.3	Construction d'un ensemble Latrine VIP-douche, avec un regard et un puisard, fourniture et pose des accessoires, appareillages électriques (fileries, lampes, interrupteurs, prises, etc.) pour électrification, y compris toutes sujétions	ens	1	2 100 000	2 100 000
8.4	Aménagement d'une clôture (15mx20m) 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.	ens	1	3 700 000	3 700 000
8.5	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.	ens	1	3 500 000	3 500 000
8.6	Construction d'un local de dosage en chlore, fourniture et pose des accessoires, appareillages électriques (fileries, lampes, interrupteurs, prises, etc.) pour électrification du local, fourniture et pose de dispositif de mise en hauteur du bac mélangeur et du bac supportant la pompe doseuse (voir dossier plan), y compris toutes sujétions.	u	1	3 000 000	3 000 000
8.7	Système d'éclairage (fourniture et pose de filerie, appareillage d'éclairage, 2 panneaux solaires de 50 W_c, y compris deux batteries de 12 voltes et un système de convertisseur) de l'ensemble des locaux, y compris la cour et toutes sujétions	ens.	1	900 000	900 000
8.8	Installation électrique d'éclairage, câbles et canalisations, prises, réglettes, y compris toutes sujétions	ens.	1	1 500 000	1 500 000
	SOUS TOTAL 8				**21 700 000**
TOTAL HORS TVA					**338 613 593**
TVA					**60 950 447**

TOTAL TTC	**399 564 040**

Annexe 5 : Evaluation des impacts positifs

Phase du projet	Activités/ Source d'impact	Composante du milieu	Description de l'impact	Intensité			Etendue			Durée			Importance		
				F	M	Fo	P	L	R	C	M	L	Mi	Mo	Ma
Installation et construction	Emploi de main d'œuvre pour les travaux de fouilles, débroussaillage, etc.	Humain	• Baisse du chômage et amélioration des conditions de vie ; • Acquisition d'expériences												
	Achat de matériels	Humain	Création des opportunités d'affaires en termes de fourniture de biens et services pour les populations et prestataires locaux												
	Développement des activités économiques et commerciales	Humain	Développement d'activités autour du chantier tels que des restaurants, des boutiques, etc.												
Exploitation et maintenance	Mise en service des infrastructures hydrauliques	Humain	• Amélioration de la santé publique ; • Augmentation du taux d'accès à l'eau potable ; • Amélioration des conditions de vie des populations en majorité des femmes et enfants												

Annexe 6 : Evaluation des impacts négatifs

Phase du projet	Activités/ Source d'impact	Composante du milieu	Description de l'impact	Intensité			Etendue			Durée			Importance		
				F	M	Fo	P	L	R	C	M	Lo	Mi	Mo	Ma
Installation et construction	Installation du chantier, excavation, déblais et constructions	Humain	Pollution de l'atmosphère (poussière, gaz, etc);												
	Circulation des engins et déversement accidentel d'hydrocarbure	Humain	Nuisance sonore; pollution des sols												
	Débroussaillage et coupe d'arbres/arbustes	Humain	Destruction du couvert végétal; Pertes d'espèces végétales												
	Fouille et pose des conduites	Humain	Perturbation de la circulation; Risques d'accident; Erosion du sol												
Exploitation et maintenance	Mise en service des infrastructures hydrauliques	Humain	Mécontentement d'une partie de la population												

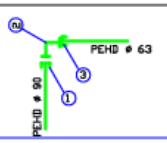
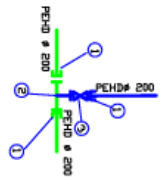
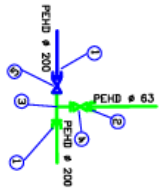
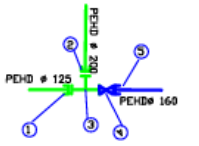
Légende = F : Faible, **M :** Moyen, **Fo :** Forte, **P :** Ponctuelle, **L :** Local, **R :** Régionale, **C :** Courte, **Lo :** Longue, **Mi :** Mineur, **Mo :** Moyen, **Ma :** Majeur.

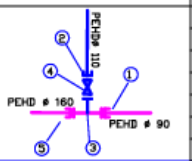
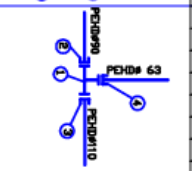
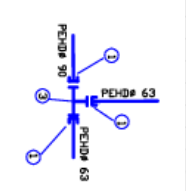
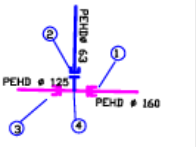
Annexe 7 : Mesure d'atténuation et de compensation des impacts

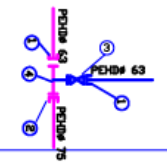
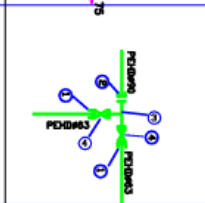
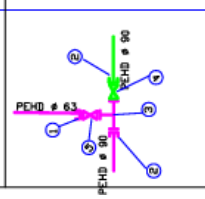
Composante du milieu affectée	Caractérisation de l'impact	Mesures d'atténuation	Acteur de mise en œuvre	Période de mise en œuvre	Moyens de vérifications
Air	Soulèvement de poussières; Emissions de fumée des engins	• Limiter la vitesse sur le site ; • Maintenance des véhicules ; • Arroser régulièrement le chantier	Entreprise Bureau de contrôle	Début des travaux	• Fiches de maintenances des véhicules ; • Point de vue des populations sur le niveau de vitesse ; • Rapport de gestion des plaintes ; • Présence de panneaux de signalisation
Ambiance sonore	Emission de bruits et vibrations	• Elaborer un programme de travail de 6h à 18h ; • Recommander des engins moins bruyants	Entreprise; Bureau de contrôle; commune	Tous les deux jours	• Rapport de gestion des plaintes ; • Observation du site
Sols	Contamination des sols par les hydrocarbures et risque d'érosion du sol	• Elaborer un plan de gestion des déchets ; • Obliger les entreprises à faire des visites techniques ; • Prévoir un système de collecte et de gestion des déchets	Entreprise; Bureau de contrôle; commune	Une fois par semaine	• Fiches d'inspections ; • Plaintes

Faune	Dégradation ou perte de leur habitat	• Interdire la chasse ; • Mettre en état les habitats fauniques	Entreprise; Bureau de contrôle; commune	Pendant la première saison pluvieuse après le début des travaux	Rapport de la campagne de reboisement
Flore	Coupe d'espèces végétales	• Réaliser un reboisement ; • Epargner autant que possible les arbres situés hors emprise des infrastructures	Entreprise; SDEEA	Pendant la saison hivernale après la réalisation de l'AEP	• Taux de suivi des plans ; • Nombre de plantess reboisés
Ressource en eau	Pression négative sur la qualité de la ressource en eau; Pollution de la ressource en eau	• Procéder à l'analyse préalable des eaux ; • Veiller à utiliser la ressource que si vraiment nécessaire	Entreprise; Bureau de contrôle; commune	Début des travaux	• Etat de l'assainissement sur le site ; • Fiches d'inspection
Santé, sécurité et hygiène	Accidents de travail; Maladies; défécation à l'air libre; Prolifération des moustiques	• Mettre en place un système de collecte des déchets ; • Doter tous les travailleurs d'EPI ;	Entreprise; Bureau de contrôle; commune	Durant toute la phase du projet	• Etat de salubrité du site ; • Etat de santé des travailleurs et de la population

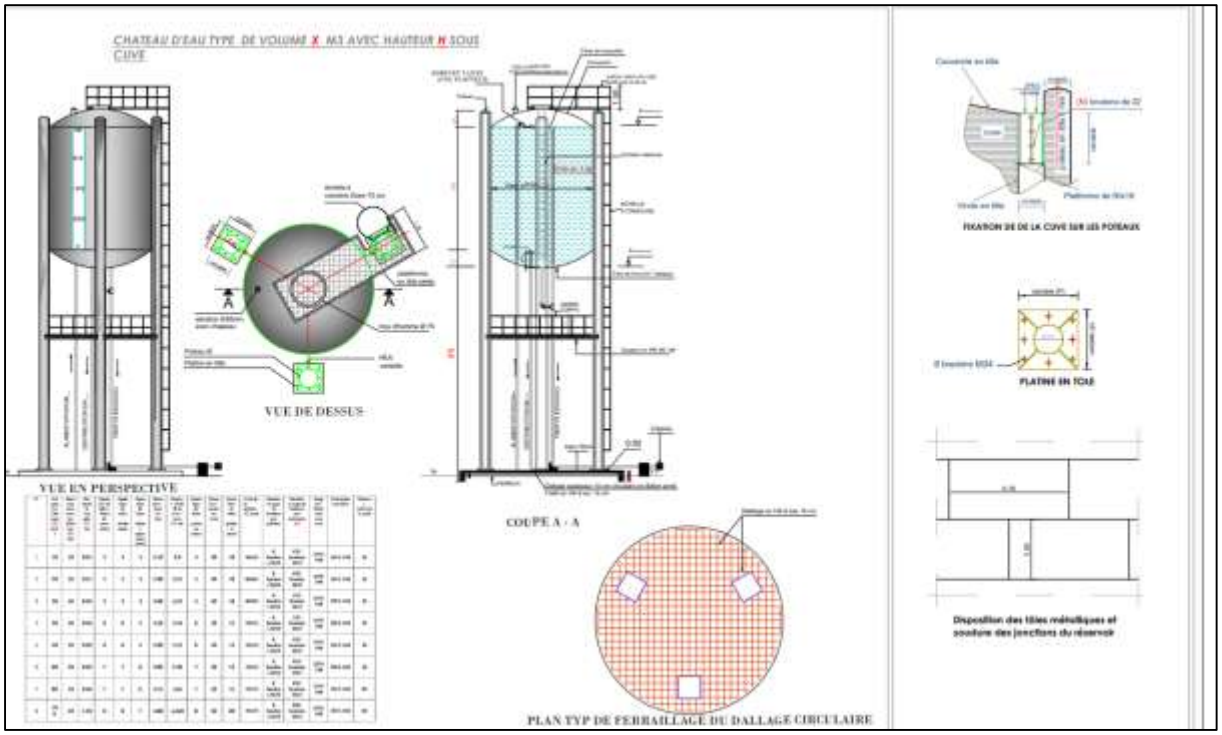
Annexe 8 : Carnet des nœuds

N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
07 13		1	adaptateur à bride DN 80	01
		2	Réducteur fonte à 2 Brides DN80/50	01
		3	adaptateur à bride DN 50	01
			Boulon 16/80	12
			bloc de butée	01
01		1	adaptateur à bride DN 200	03
		2	Té fte réduit à 3 Brides DN200	01
		3	Robinet Vanne à 2 Brides DN 200	01
			Boulon DN200	20
			bloc de butée	01
03		1	adaptateur à bride DN 200	02
		2	adaptateur à bride DN 50	01
		3	Té fonte à 3 Brides DN 200/50	01
		4	Robinet Vanne à 2 Brides DN 60	01
		5	Robinet Vanne à 2 Brides DN 200	01
			Boulon 20/90	36
			bloc de butée	01
04		1	adaptateur à bride DN 125	01
		2	adaptateur à bride DN 200	01
		3	Té fonte à 3 Brides DN200/150/100	01
		4	Robinet Vanne à 2 Brides DN 150	01
		5	adaptateur à bride DN 150	01
			Boulon 20/90	32
			bloc de butée	01

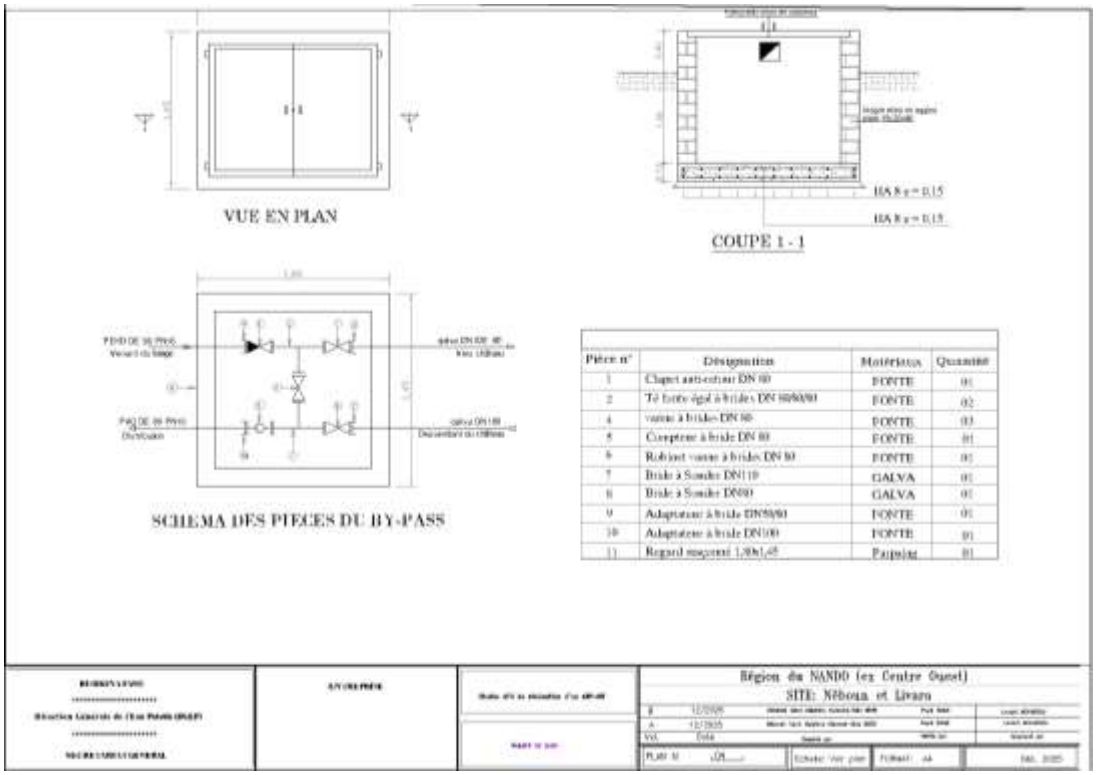
N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
05		1	adaptateur à bride DN 80	01
		2	adaptateur à bride DN 100	01
		3	Té fte réduit à 3 Brides DN150/100/80	01
		4	Robinet Vanne à 2 Brides DN 60	01
		5	adaptateur à bride DN 150	01
			Boulon 29/90 et 16/80	24
			bloc de butée	01
06		1	Té fonte à 3 Brides DN100/80/50	01
		2	adaptateur à bride DN 80	01
		3	adaptateur à bride DN 100	01
		4	adaptateur à bride DN 50	01
			Boulon 16/80	20
			bloc de butée	01
16		1	adaptateur à bride DN 50	02
		2	adaptateur à bride DN 80	01
		3	Té fonte à 3 Brides DN 80/50	01
			Boulon 16/80	16
			bloc de butée	01
14		1	adaptateur à bride DN 150	01
		2	adaptateur à bride DN 50	01
		3	adaptateur à bride DN 100	01
		4	Té fte réduit à 3 Brides DN150/100/50	01
			Boulon 20/80	20
			bloc de butée	01

N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
10		1	adaptateur à bride DN 50	02
		2	adaptateur à bride DN 65	01
		3	Robinet Vanne à 2 Brides DN 50	01
		4	Té fte réduit à 3 Brides DN65/50	01
			Boulon 16/80	22
			bloc de butée	01
08		1	adaptateur à bride DN 50	02
		2	adaptateur à bride DN 80	01
		3	Té fte réduit à 3 Brides DN80/50	01
		4	Robinet Vanne à 2 Brides DN 50	02
			Boulon 20/90	28
			bloc de butée	01
11		1	adaptateur à bride DN 100	01
		2	adaptateur à bride DN 80	01
		3	Té fonte à 3 Brides DN100/80/65	01
		4	Robinet Vanne à 2 Brides DN 65	01
		5	Robinet Vanne à 2 Brides DN 80	01
		6	adaptateur à bride DN 65	01
			Boulon 16/80	40
			bloc de butée	01
12		1	adaptateur à bride DN 50	01
		2	adaptateur à bride DN 80	02
		3	Té fonte à 3 Brides DN 80/50	01
		4	Robinet Vanne à 2 Brides DN 80	01
		5	Robinet Vanne à 2 Brides DN 50	01
			Boulon 16/80	40
			bloc de butée	01

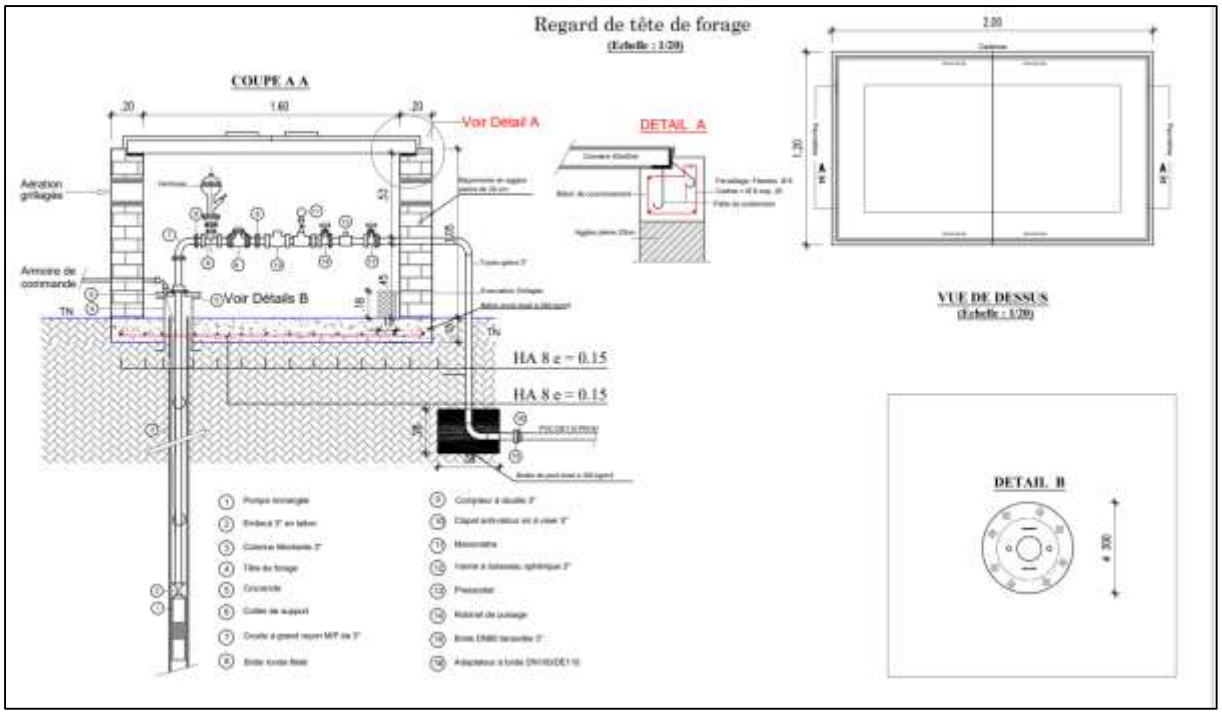
Annexe 9 : Pièces graphiques



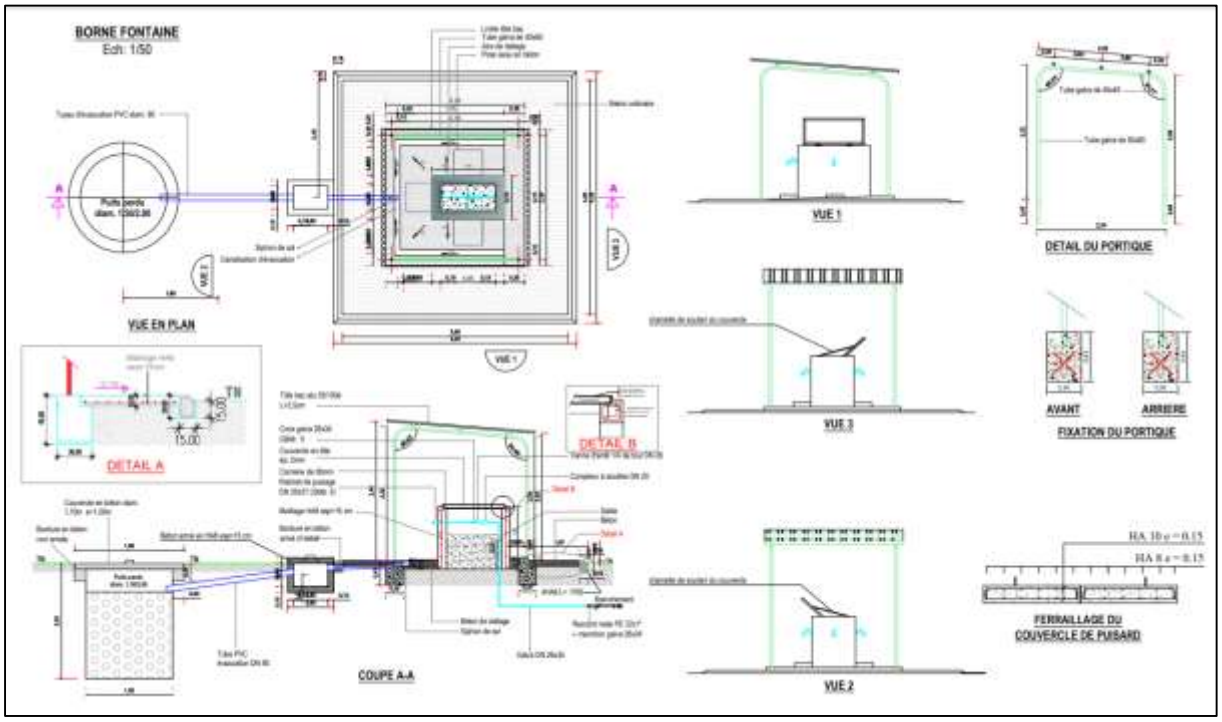
Graphique 1 : Château d'eau



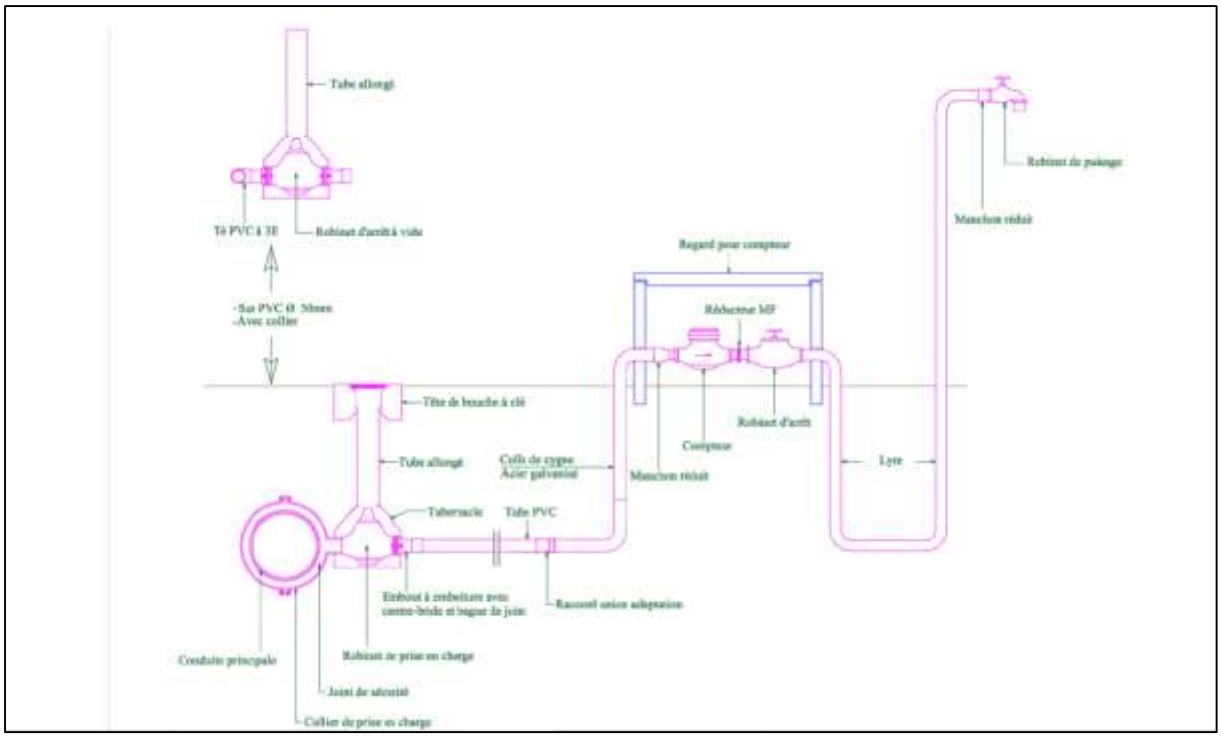
Graphique 2 : Regard by pass



Graphique 3 : Tête de forage



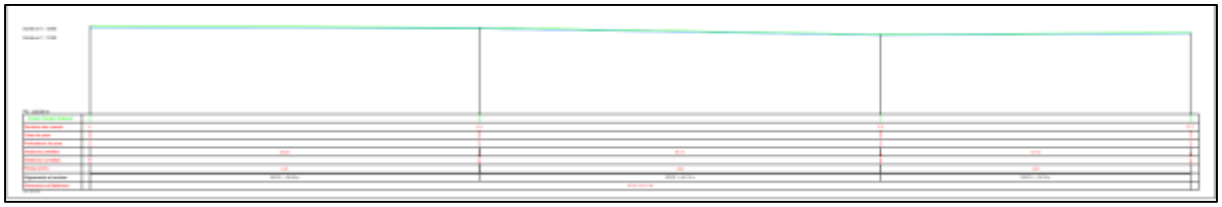
Graphique 4 : Borne fontaine

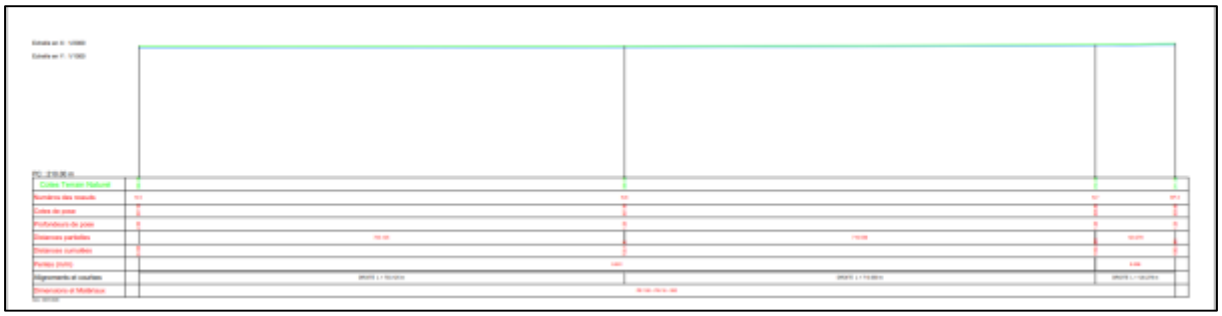


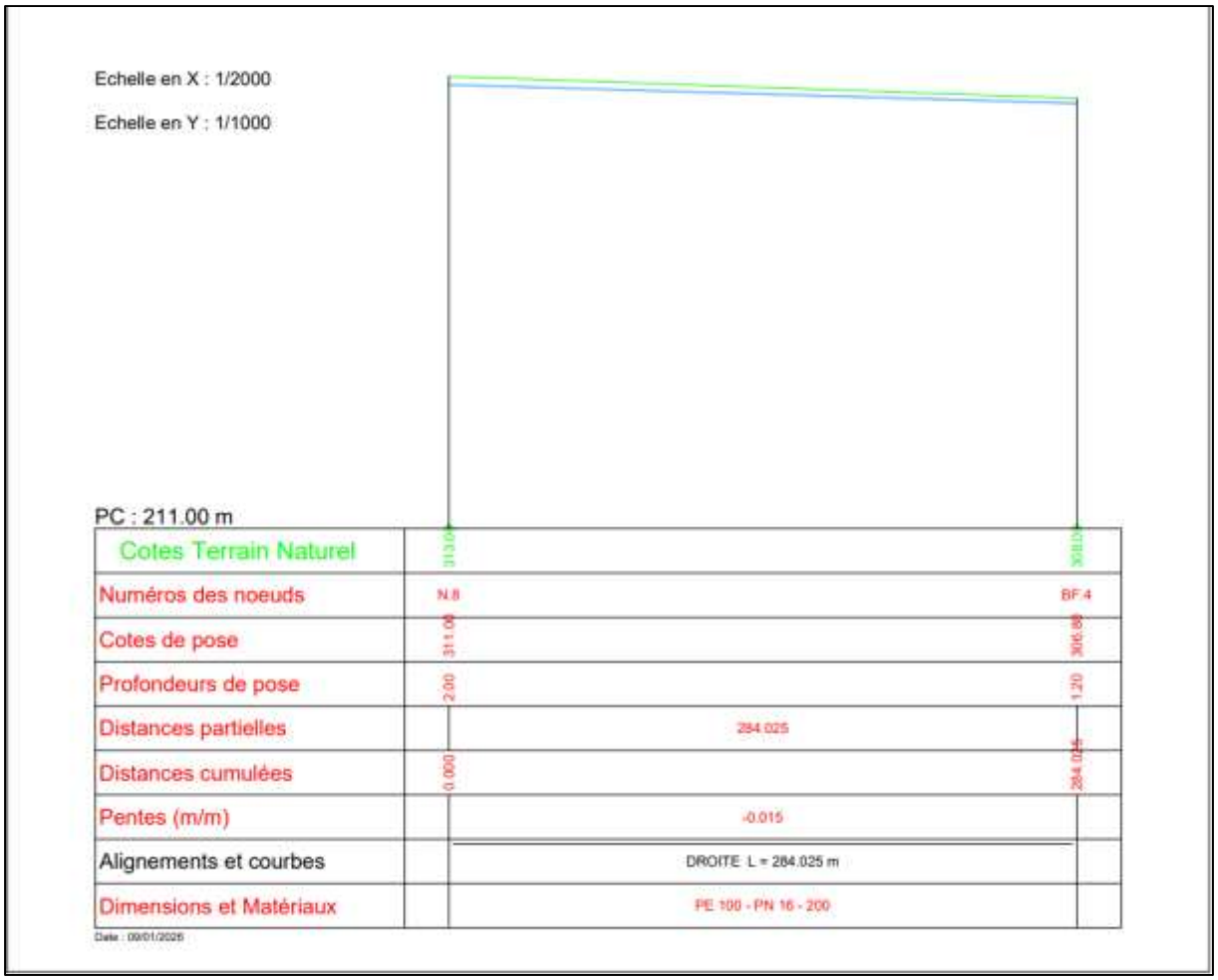
Graphique 5 : Branchement particulier

Annexe 10 : Profil en long



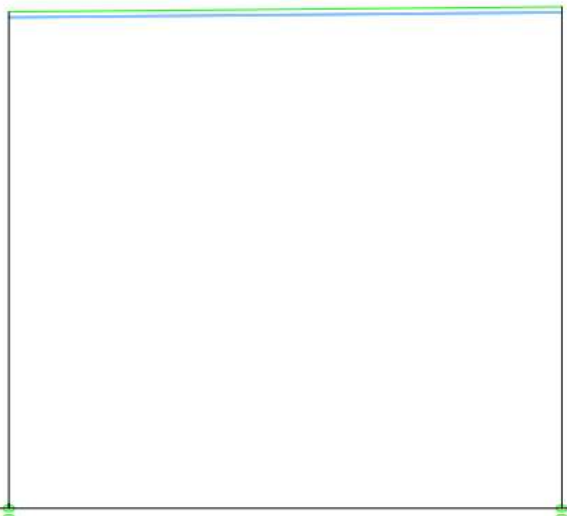





Echelle en X : 1/2000
Echelle en Y : 1/1000
PC : 211.00 m
Cotes Terrain Naturel
Numéros des noeuds
N.8
BF.4
Cotes de pose
311.00
306.80
Profondeurs de pose
2.00
1.20
Distances partielles
284.025
Distances cumulées
0.000
284.025
Pentes (m/m)
-0.015
Alignements et courbes
DROITE L = 284.025 m
Dimensions et Matériaux
PE 100 - PN 16 - 200

Echelle en X : 1/2000

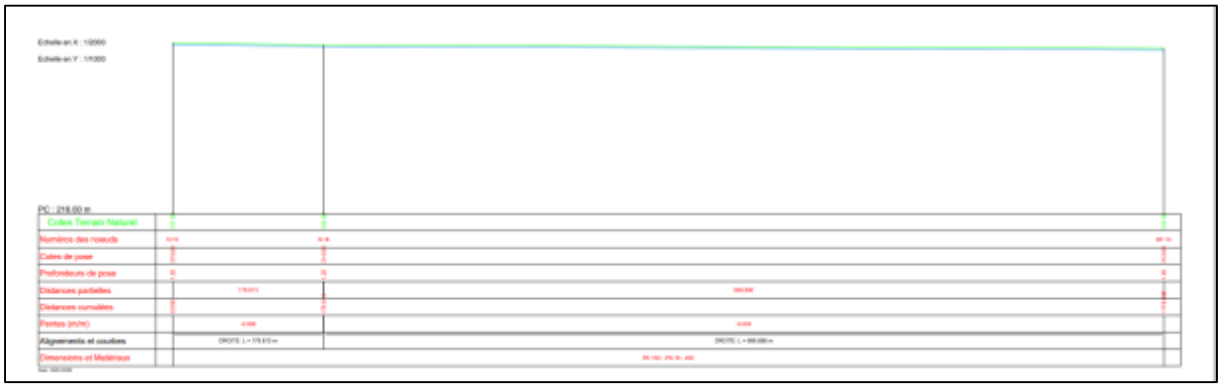
Echelle en Y : 1/1000



PC : 210.00 m

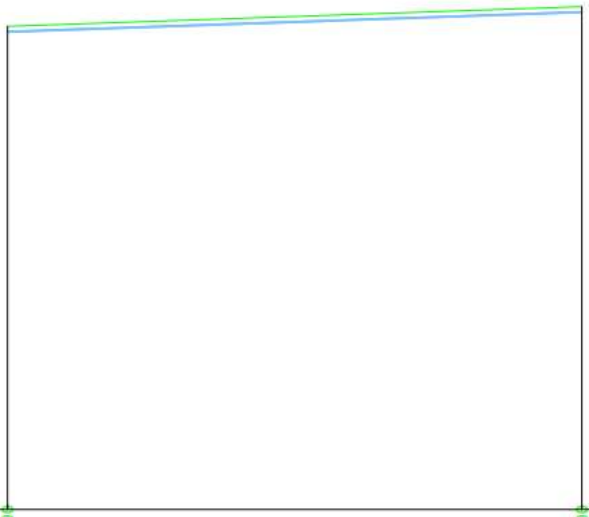
Cotes Terrain Naturel	309.00	310.00
Numéros des noeuds	N.6	BF.2
Cotes de pose	307.80	308.80
Profondeurs de pose	1.20	1.20
Distances partielles	220.969	
Distances cumulées	0.000	220.969
Pentes (m/m)	0.005	
Alignements et courbes	DROITE L = 220.969 m	
Dimensions et Matériaux	PE 100 - PN 16 - 200	

Date : 09/01/2026



Echelle en X : 1/2000

Echelle en Y : 1/1000

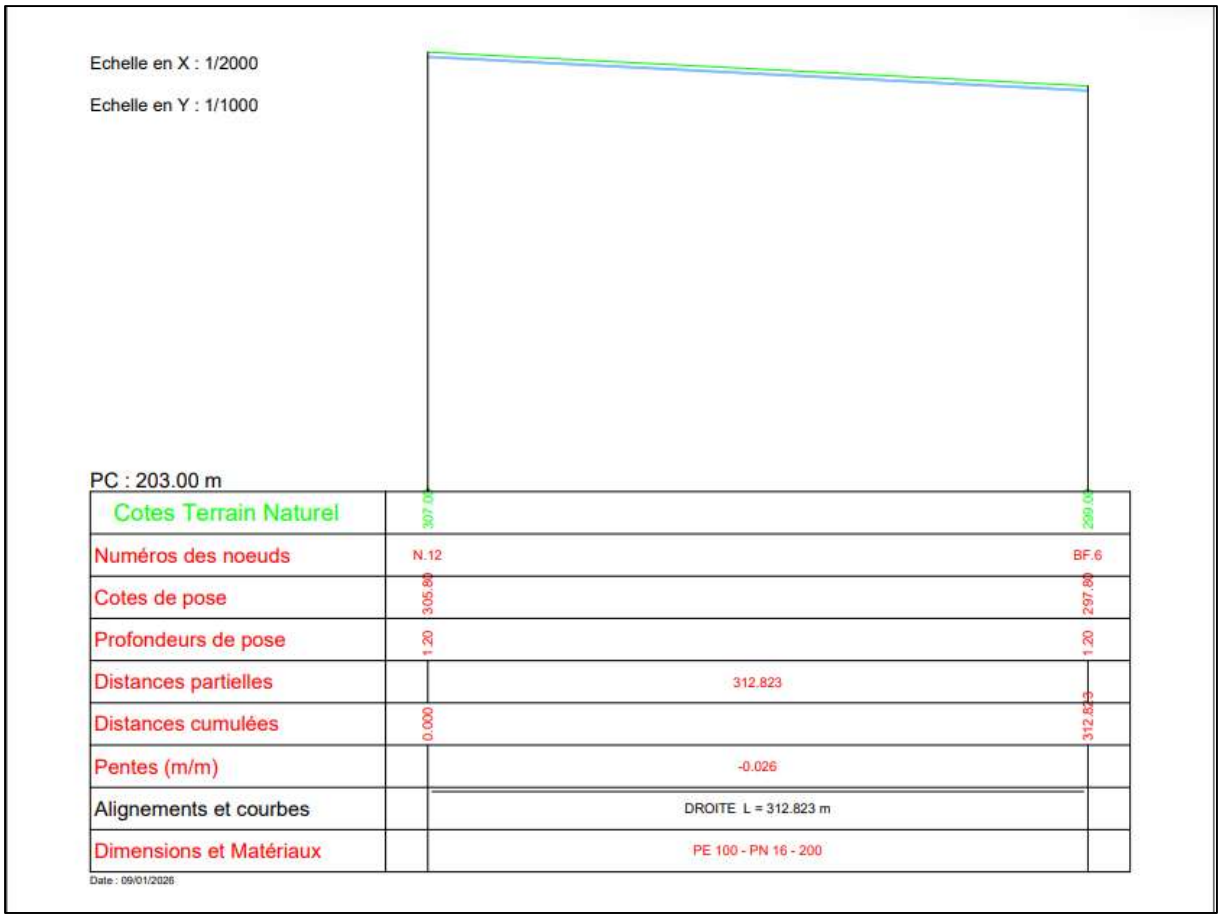


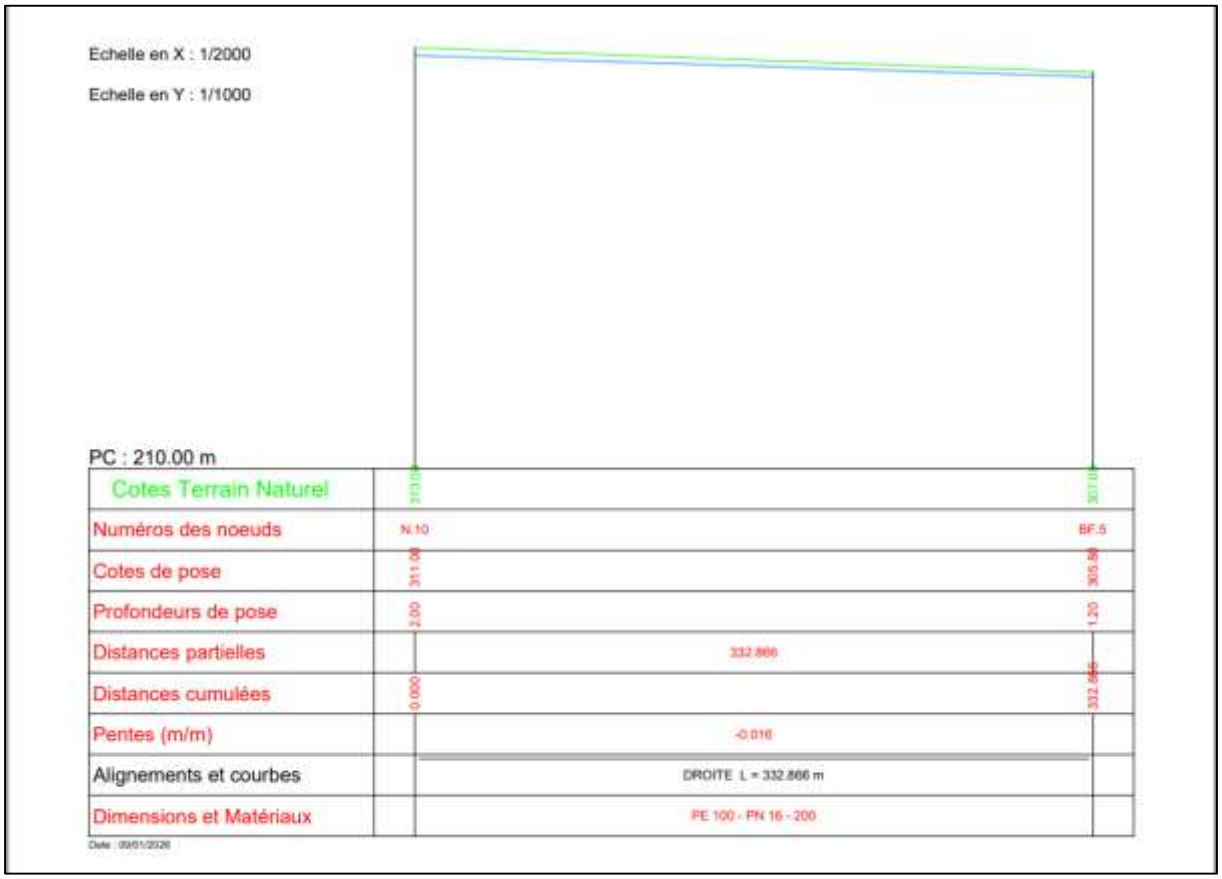
PC : 218.00 m

Cotes Terrain Naturel	316.01	320.01
Numéros des noeuds	N.16	BF.9
Cotes de pose	314.80	318.80
Profondeurs de pose	1.20	1.20
Distances partielles	233.388	
Distances cumulées	0.000	233.388
Pentes (m/m)	0.017	
Alignements et courbes	DROITE L = 233.388 m	
Dimensions et Matériaux	PE 100 - PN 16 - 200	

Date : 09/01/2026

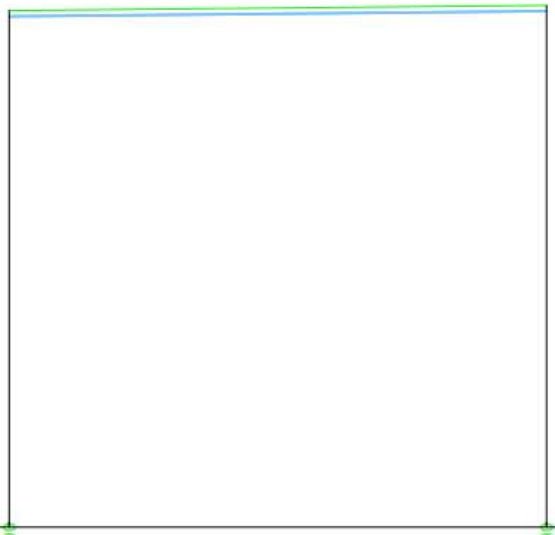



Echelle en X : 1/2000
Echelle en Y : 1/1000
PC : 203.00 m
Cotes Terrain Naturel
307.00
299.00
Numéros des noeuds
N.12
BF.6
Cotes de pose
305.80
297.80
Profondeurs de pose
1.20
1.20
Distances partielles
312.823
Distances cumulées
0.000
312.823
Pentes (m/m)
-0.026
Alignements et courbes
DROITE L = 312.823 m
Dimensions et Matériaux
PE 100 - PN 16 - 200
Date : 09/01/2026


Echelle en X : 1/2000
Echelle en Y : 1/1000
PC : 210.00 m
Cotes Terrain Naturel
313.00
301.00
Numéros des noeuds
N.10
BF.5
Cotes de pose
311.00
305.80
Profondeurs de pose
2.00
1.20
Distances partielles
332.866
Distances cumulées
0.000
332.866
Pentes (m/m)
-0.018
Alignements et courbes
DROITE L = 332.866 m
Dimensions et Matériaux
PE 100 - PN 16 - 200

Echelle en X : 1/2000

Echelle en Y : 1/1000



PC : 226.00 m

Cotes Terrain Naturel	325.00	326.00
Numéros des noeuds	N.14	BF.8
Cotes de pose	323.80	324.80
Profondeurs de pose	1.20	1.20
Distances partielles		206.386
Distances cumulées	0.000	206.386
Pentes (m/m)		0.005
Alignements et courbes		DROITE L = 206.386 m
Dimensions et Matériaux		PE 100 - PN 16 - 200

Date : 09/01/2026