



ETUDE TECHNIQUE D'AVANT PROJET DETAILLE (APD) DU SYSTEME
D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE SIMPLIFIE (AEPS) A RONDO,
DANS LA COMMUNE DE KALSAKA REGION DU NORD-BURKINA FASO

MÉMOIRE PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGÉNIEUR 2iE AVEC
GRADE DE MASTER
SPÉCIALITÉ : GÉNIE DE L'EAU, DE L'ASSAINISSEMENT ET DES AMÉNAGEMENTS
HYDRO-AGRICOLES

Présenté et soutenu publiquement le 24/01/2025 par

M. BADO Geoffroy Dominique

(20100988)

**Directeur de mémoire : Dr. Angelbert Chabi BIAOU, Maitre de Conférences (CAMES),
Enseignant-Chercheur 2iE**

**Encadrant 2iE : Dr. Lawani Adjadi MOUNIROU, Maitre-Assistant (CAMES),
Enseignant-Chercheur 2iE**

Maitre de stage : **M. Kouliga KABRE**, Ingénieur du Génie Rural, Directeur Général de GREEN-DIC

Structure d'accueil du stage : GREEN-DIC

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Pr Yacouba KONATE (*Président de jury*)

Membres et correcteurs :

M. Hilaire SAWADOGO (*Examineur*)

M. Souleymane OUEDRAOGO (*Examineur*)

Promotion [2024/2025]

DEDICACE

Je dédie ce travail :

À ma famille qui m'a toujours soutenue et encouragée dans mes entreprises.

REMERCIEMENTS

Je voudrais exprimer ma profonde gratitude et adresser mes remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui ont apporté leur soutien et contribué à la réalisation de ce mémoire de fin de cycle. Je tiens à exprimer ma reconnaissance particulière à l'ensemble du corps enseignant, du personnel de recherche et de l'administration de l'Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (2IE) pour leur sérieux, leur engagement et la qualité exceptionnelle de leur travail, ainsi que pour le précieux encadrement dont j'ai bénéficié tout au long de mon parcours académique. J'adresse également mes plus sincères remerciements :

- ❖ Pr. El Hadji Bamba DIAW, Directeur Général de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE) ;
- ❖ Pr. Mahamadou KOITA, Directeur des Enseignements et des Affaires Académiques ;
- ❖ Dr. Harinaivo Anderson ANDRIANISA, Chef du département Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-agricoles (GEAAH) ;
- ❖ Dr. Lawani Adjadi MOUNIROU, Enseignant chercheur en Hydraulique et Hydrologie, mon directeur de mémoire pour sa disponibilité malgré ses responsabilités et ses occupations, et surtout pour son enseignement de qualité ;
- ❖ M. Kouliga KABRE, Directeur général de GREEN-DIC, mon maitre de stage pour m'avoir offert l'opportunité de travailler dans son entreprise. Je l'apprécie pour son accueil chaleureux, son soutien et son partage de connaissances quotidien ;
- ❖ L'ensemble des membres du jury pour les contributions pour l'amélioration de la qualité du document
- ❖ Je tiens à remercier chaleureusement tout le personnel de GREEN-DIC pour son accueil, son soutien et son professionnalisme.

Je tiens aussi à remercier sincèrement mes camarades étudiants et mes collègues stagiaires pour les merveilleux moments que nous avons vécu ensemble.

RESUME

Dans le but d'améliorer les conditions d'accès à l'eau potable à Rondo, village ayant le plus faible taux d'accès à l'eau potable de la commune de Kalsaka, situé dans la province du Yatenga, dans la région du Nord au Burkina Faso, le présent mémoire propose une étude technique détaillée pour la réalisation d'un système d'Approvisionnement en Eau Potable Simplifié (AEPS).

La population du village à l'horizon du projet (**2050**) est estimée à **7571 habitants** avec une consommation spécifique de **25 l/j/habitant** aux **bornes-fontaines** et de **40 l/j/habitant** aux **branchements privés**.

Les besoins du jour de pointe sont estimés à 305,91 m³ en 2050, qui sont obtenus à travers un forage de 5 m³/h (temps de pompage = 16h/j) avec un besoin de renforcement de la source d'eau par 2 forages de débit minimum 5 m³/h chacun à partir de 2030.

1471 m de tuyauterie PEHD 90 PN16 alimentent un réservoir métallique cylindrique de 10 m au-dessus du sol, d'une capacité de 50 m³. Le pompage est assuré par une pompe immergée GRUNDFOS SP5A-21, capable de vaincre une hauteur manométrique totale (HMT) de 95 m.

Le réseau de distribution, il est de type ramifié avec une longueur totale de 4591,2m. Pour l'alimentation en énergie de l'adduction, il est prévu une source d'énergie hybride constituée par l'énergie publique (SONABEL) et une source d'énergie alternative solaire de puissance 4,32 kWc. La régulation du système photovoltaïque est assurée par un onduleur hybride de type GRUNDFOS RSI de 3 kW.

L'évaluation financière du projet propose un coût de réalisation à 188 362 470 F CFA. L'étude de rentabilité financière révèle que le projet n'est pas rentable pour un coût de 300 F CFA/m³. Cependant, au-delà de la rentabilité financière, le projet aura un fort impact social positif sur l'amélioration du service de l'eau et l'assainissement.

Mots Clés :

-
- 1 - Approvisionnement en Eau Potable simplifié
 - 2 - pompage hybride
 - 3 – Rondo
 - 4– Réseau ramifié
 - 5– Rentabilité du système AEPS

ABSTRACT

With the aim of improving access to drinkable water in Rondo, the village with the lowest rate of access to drinking water in the commune of Kalsaka, located in the province of Yatenga, in the northern region of Burkina Faso, this brief proposes a detailed technical study to establish a streamlined water supply system for drinking purposes (SDWS).

The population of the village at the time of the project (2050) is estimated at 7571 inhabitants with a specific consumption of 25 l/d/inhabitant at the standpipes and 40 l/d/inhabitant at the private connections.

Peak day requirements are estimated at 305,91 m³ by 2050, which will be obtained from a 4 m³/h borehole (pumping time = 16h/d), with a need to reinforce the water source with 2 boreholes, each with a minimum flow rate of 5 m³/h, from 2030.

1471 m of PHED 90 PN16 piping feed a cylindrical metal tank 10 m above ground, with a capacity of 50 m³. Pumping is provided by a GRUNDFOS SP5A-21 submersible pump capable of handling a Total Manometric Head (TMH) of 95 m.

The distribution network is branched, with a total length of 4 591,2 m. A hybrid energy source made up of public energy (SONABEL) and an alternative solar energy source with a capacity of 4.32 kWp is planned to supply the system with energy. The photovoltaic system is regulated by a GRUNDFOS RSI 3 kW hybrid inverter.

The financial evaluation of the project proposes a construction cost of 188,362,470 CFA francs. The financial profitability study shows that the project is not profitable at a cost of 300 F CFA/m³. However, beyond the financial profitability, the project will have a strong positive social impact on improving water and sanitation services.

Key words:

-
- 1 - Simplified Drinking Water Supply
 - 2 - hybrid pumping
 - 3 – Rondo
 - 4– Branched network
 - 4– Profitability of the AEPS system

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
AEP	Adduction en Eau Potable
AEPS	Adduction en Eau Potable Simplifiée
BNDT	Base Nationale des Données Topographiques
DN	Diamètre Nominal
DRCI	Délai de Récupération du Capital Investi
EBE	Excédent Brut d'Exploitation
FT	Flux de Trésorerie
Hab	Habitant
HMT	Hauteur Manométrique Totale
IGB	Institut Géographique du Burkina
INOH	Base de recensement national des ouvrages hydrauliques
INSD	Institut en charge des Statistique et de la Démographie
NIES	Notice sur l'impact environnemental et social
PEA	Poste « Eau autonome »
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habita
SONABEL	Société Nationale de l'Électricité du Burkina Faso
TRI	Taux de Rentabilité Interne
VAN	Valeur Actuelle Nette

SOMMAIRE

DEDICACE	I
REMERCIEMENTS	II
RESUME	III
ABSTRACT	IV
Liste des abreviations	V
SOMMAIRE	VI
Liste des tableaux	VIII
Liste des figures	IX
Liste des annexes	X
FICHE DE PROJET	XI
I INTRODUCTION	1
II PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE	2
II.1 Localisation de la zone d'étude	2
II.2 Description du milieu physique	4
II.2.1 Hydrologie et ressources en eau	4
II.2.2 Ressource forestière	4
II.3 Situation économique et sociale	4
II.3.1 Les habitations	4
II.3.2 Les communautés culturelles	5
II.3.3 les flux et migrations	6
III DESCRIPTION DE NOTRE PROJET	7
III.1 Le contexte et la justification	7
III.2 Objectifs de notre étude	8
III.2.1 Objectif principal	8
III.2.2 Objectifs spécifiques	8
III.2.3 Attentes	8
III.3 Situation actuelle de l'accès à l'eau à Rondo	8
III.4 Synthèse des données de base	9
III.4.1 Horizon de dimensionnement	9
III.4.2 Consommation spécifique (CS)	10
III.4.3 Résultats de l'analyse de la consommation spécifique des études socio-économiques	10
III.4.4 Consommation spécifique proposée par le PN-AEP	10
III.4.5 Consommation spécifique définie par le décret	10
III.4.6 Choix de la consommation spécifique du projet	10
III.4.7 Données socioéconomiques	11
III.4.8 Données topographiques	11
III.4.9 Pression de service	11
IV METHODOLOGIE DE CONCEPTION	12
IV.1 Outils	12
IV.2 Approche méthodologique de réalisation de l'étude technique	12
IV.2.1 Etat des lieux de l'alimentation en eau potable dans le village de Rondo	12
IV.2.2 Synthèse de études de base	13
IV.2.3 Données géophysiques	13
IV.2.4 Evaluation des besoins domestiques	13
IV.2.5 Taux de desserte	13
IV.2.6 Fluctuation de la demande et coefficient de pointe	14
IV.2.7 Rendement du réseau	15
IV.2.8 Évaluation des besoins non domestiques	15

IV.2.9 Les besoins moyens journaliers	15
IV.2.10 Estimation des consommations journalières maximales	15
IV.2.11 L'estimation des débits	15
IV.2.12 Dimensionnement du réseau de refoulement	16
IV.2.13 Protection contre le coup de bélier	16
IV.2.14 Autres équipements de protection	17
IV.2.15 Calcul des pertes de charge	17
IV.2.16 Calcul de la hauteur manométrique totale et choix de la pompe	17
IV.2.17 Source d'énergie	18
IV.2.18 Dimensionnement du réservoir	20
IV.2.19 Traitement de l'eau	20
IV.2.20 Dimensionnement du réseau de distribution	20
IV.3 Approche méthodologique de l'analyse financière	23
IV.3.1 Devis quantitatif et estimatif	23
IV.3.2 Charge d'exploitation	23
IV.3.3 Estimation du prix du mètre cube d'eau	23
IV.3.4 rentabilité financière du projet	24
V RESULTATS DE L'ETUDE TECHNIQUE	27
V.1 Estimation des besoins en eau et du débit de dimensionnement	27
V.2 Disponibilité des ressources en eau	29
V.2.1 Adéquation des besoins en eau et ressource disponible	29
V.3 Dimensionnement du réseau hydraulique	29
V.3.1 Le réseau de refoulement	29
V.3.2 La protection anti-bélier	30
V.3.3 Le réseau de distribution	30
V.4 Dimensionnement du réservoir	34
V.5 Les équipements électromécaniques	34
V.5.1 Le dimensionnement de la pompe	35
V.5.2 Dimensionnement de la source d'énergie	37
V.6 Besoin en chlore	40
VI ANALYSE DES COUTS ET RENTABILITE FINANCIERE DU PROJET	41
VI.1 Devis quantitatif et estimatif	41
VI.2 Coûts d'exploitation et d'entretien	45
VI.2.1 Recettes du projet	48
VI.2.2 Analyse des critères de rentabilité financière	49
VIII SYNTHESE DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	52
VIII.1 La démarche adoptée	52
VIII.2 L'évaluation des impacts	53
IX CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	56
BIBLIOGRAPHIE	XIII
ANNEXES	XIV

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Infrastructures socio-économiques de Rondo.....	5
Tableau 2 : Ménages et ethnies enquêtés.....	5
Tableau 3 : Emplacement des PMH dans le village de Rondo.....	8
Tableau 4 : Caractéristiques du forage	9
Tableau 5: Evolution de la population de Rondo de 2019 à 2024.....	9
Tableau 6 : répartition de la desserte cible par BF, BP et forages.....	14
Tableau 7 : les différents modes de gestion existants.....	26
Tableau 8 : Estimation de la demande solvable en eau	28
Tableau 9 : Estimation des besoins en renforcement	29
Tableau 10 : résultats du dimensionnement de la conduite de refoulement.....	29
tableau 11 : Estimation des débit de dimensionnement.....	31
Tableau 12 : Conduites de distribution du réseau PEHD PN10 (horizon 2050)	32
Tableau 13 : Etat des pressions et des vitesses (horizon 2050)	32
Tableau 14: Caractéristiques des fouilles	34
Tableau 15 : Caractéristiques du réservoir	34
Tableau 16 : Données de calcul de la HMT	35
Tableau 17 : Résultats de calcul de la HMT.....	35
Tableau 18 : les paramètre de désinfection au chlore.....	40
Tableau 19 : Besoins en chlore.....	40
Tableau 20 : Echéanciers des investissements et des renouvellements en milliers de FCFA	42
Tableau 21 : Amortissement en milliers FCFA.....	43
Tableau 22 : Charges d'exploitation en milliers de FCFA.....	47
Tableau 23 : Recettes du projet AEP en milliers de F CFA	48
Tableau 24 : Charges et produits en milliers de F CFA	50
Tableau 25 : Valeurs actuelles en milliers de F CFA	51
Tableau 26 : Prix de revient du m ³ d'eau (FCFA).....	51
Tableau 27 : les principaux enjeux environnementaux et sociaux du projet.....	52
Tableau 28 : résumé des impacts et leur évaluation	53
Tableau 29 : Résumé des couts des mesures du plan de gestion environnemental et social.....	54

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation du village de Rondo	3
Figure 2 : Résultats de simulation du réseau avec EPANET	33
Figure 3 : Point de fonctionnement de la pompe	36
Figure 4 : schéma de câblage du tableau électrique	39

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : caractéristique de la pompe et point de fonctionnement-----	xiv
Annexe 2 : Valeurs aux nœuds du réseau de distribution de l'AEPS de Rondo-----	xvi
Annexe 3 : résultats du dimensionnement du réseau de distribution-----	xvii
Annexe 4 : Comparaison entre valeurs calculées avec Excel et valeurs simulées avec EPANET-----	xix
Annexe 5 : carnet des neouds-----	xx
Annexe 6 : Plan de masse -----	xxiii
Annexe 7 : Profil en long du réseau de refoulement -----	xxiv
Annexe 8 : Profil en long du réseau de distribution -----	xxv
Annexe 9 : Plan de borne fontaine -----	xxvii
Annexe 10 : branchement privé -----	xxviii
Annexe 11 :Tête de forage -----	xxix
Annexe 12 : Clôture grillagée -----	xxx
Annexe 13 : local pompe doseuse-----	xxxi
Annexe 14 : schémas type du système de chloration-----	xxxii
Annexe 15 : Plan d'installation du champ solaire -----	xxxiii
Annexe 16 : fiches d'analyse de la qualité de l'eau du forage -----	xxxiv
Annexe 17 : fiches de forage -----	xxxvii
Annexe 18 : Devis quantitatif et estimatif -----	xxxviii

FICHE DE PROJET

LOCALISATION	
Région / Province / Commune/ Village	Nord/ Yatenga/ Kalsaka/Rondo
Distance par rapport à Ouahigouya (km)	80 km
DONNEES SOCIOECONOMIQUES	
Population actuelle (habitants)	3787
Population en 2050 (habitants)	7571
Taux d'accroissement de la commune de Kalsaka	2,7%
Type d'habitat	Semi groupé – centre non loti
BESOIN EN EAU	
Demande en eau du système à l'horizon du projet (m ³ /J)	210
Taux d'accès en eau potable projeté (%)	100%
Consommation spécifique système en (l/j/pers)	25 l/j/pers pour à la BF (horizon 2050) 40 l/j/pers pour au BP (horizon 2050)
SITE DU FORAGE	
Coordonnées UTM Z30	X=614887,95 m Y=1464253,3 m
Diamètre d'équipement (en pouce) projeté	4"1/2
Débit d'exploitation (m ³ /h)	4
ELECTROPOMPE	
Débit de pompage (m ³ /h)	4
Hauteur Manométrique Totale (HMT)	95 m
SOURCE D'ENERGIE	
Configuration	Combinaison du réseau électrique public et de l'énergie solaire photovoltaïque
Puissance à installé	Abonnement triphasé 380 V, 10 A / Station solaire d'une capacité de 4 kWc
CHATEAU D'EAU	
Type	Structure métallique de forme cylindrique
Côte TN	389,60 m
Hauteur du radier (m)	10
Volume (m ³)	50
CONDUITE DE REFOULEMENT	
Longueur totale (m)	1471
Nature	PEHD / PN16

Diamètre (mm)	90 mm
CONDUITE DE DISTRIBUTION	
Longueur totale (m)	4 591 m
Nature	PEHD / PN10
Conduite Ø 50 mm	436,22 m
Conduite Ø 63 mm	2575,43 m
Conduite Ø 90 mm	453,44 m
Conduite Ø 110 mm	940 ,95 m
Conduite Ø 140 mm	184,6 m
BORNES FONTAINES	07 BF à l'horizon 2050
COUTS DES TRAVAUX	159 629 212 F CFA HTVA et 188 362 470 F CFA TTC
PRIX DE REVIENT DU m³ D'EAU	300 FCFA

I INTRODUCTION

L'accès à l'eau potable et à l'assainissement reste un défi majeur au niveau mondial et national, en particulier dans les zones rurales des pays en développement. En effet, selon l'ONU (2021), plus de 2 milliards de personnes dans le monde ne bénéficient toujours pas d'une eau de bonne qualité, ce qui constitue un obstacle important au développement durable. Des facteurs tels que l'accroissement de la population, les modifications climatiques et une gestion insuffisante des ressources en eau contribuent à cette problématique. En Afrique subsaharienne, où seulement 50 % des personnes vivant en zone rurale ont accès à de l'eau potable, il est crucial de mettre en place des solutions novatrices et appropriées pour atteindre les objectifs de développement durable, notamment l'objectif 6, qui consiste à assurer l'accès universel à l'eau et à l'assainissement.

Selon le « Rapport national sur l'eau » du Burkina Faso, publié en 2022, près de 35 % des résidents des régions rurales courent un grave danger pour leur santé en raison de ressources hydriques insalubres. Pour faire face à ces problèmes, des mesures techniques durables, telles que la mise en place de systèmes d'approvisionnement en eau potable simplifiés (AEPS), constituent des solutions appropriées au contexte local. Ces dispositifs ne servent pas uniquement à raccourcir les trajets d'approvisionnement en eau, mais également à améliorer les conditions de vie des communautés concernées. En vue de l'exécution de la section « Infrastructure d'approvisionnement en eau potable en milieu rural » du PN AEP, la Direction Régionale de l'Eau et de l'Assainissement (DREA) du Nord a obtenu un financement pour la conduite d'Études d'Avant-projet Détaillé (APD) en vue de la construction d'une AEPS dans les villages de Rondo et Kalsaka, dans la commune du même nom. Cette initiative bénéficiera à la DREA du Nord.

Pendant notre stage, nous allons nous concentrer principalement sur le volet technique des études préliminaires détaillées pour la conception du système d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement (AEPS) de Rondo. Ce projet constitue un élément clé de notre mémoire de fin d'étude, exigé par le programme « Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-agricoles » de l'institut 2iE.

Le travail est organisé essentiellement en quatre grandes parties. La première traite des aspects généraux concernant la localisation du projet, la seconde partie présente le contexte et les objectifs visés, la troisième expose l'approche méthodologique adoptée ainsi que les outils employés, tandis que la quatrième s'intéresse aux résultats obtenus sur le plans technique et à l'analyse financière du projet. Enfin le dernier chapitre présente une synthèse des impacts et risques sur l'environnement et le milieu social du projet

II PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

II.1 Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude, Rondo, est un village administratif situé dans la commune rurale de Kalsaka, dans la province du Yatenga, dans la région du Nord. Rondo se situe à 10 km de Kalsaka et à 80 km de Ouahigouya, sa capitale provinciale et régionale.

- Rondo est délimité :
- au nord par le village de Derga ;
- au sud par le village de Zongo ;
- à l'Est par la commune de Rambo ;
- à l'Ouest par le village de Toumouni

Pour se rendre au village de Rondo, il faut parcourir environ 125 kilomètres depuis Ouagadougou, la capitale du Burkina Faso. Il est possible de prendre la Route Nationale 2 bitumée sur une distance de 25 kilomètres, puis la Route Départementale 90 non bitumée sur une distance de 25 kilomètres également. Depuis Arbolé, cette route traverse les villages de Yarsi Dourou et Kalsaka, puis faisant chemin vers Séguénéga, où se situe finalement Rondo à proximité de la route.

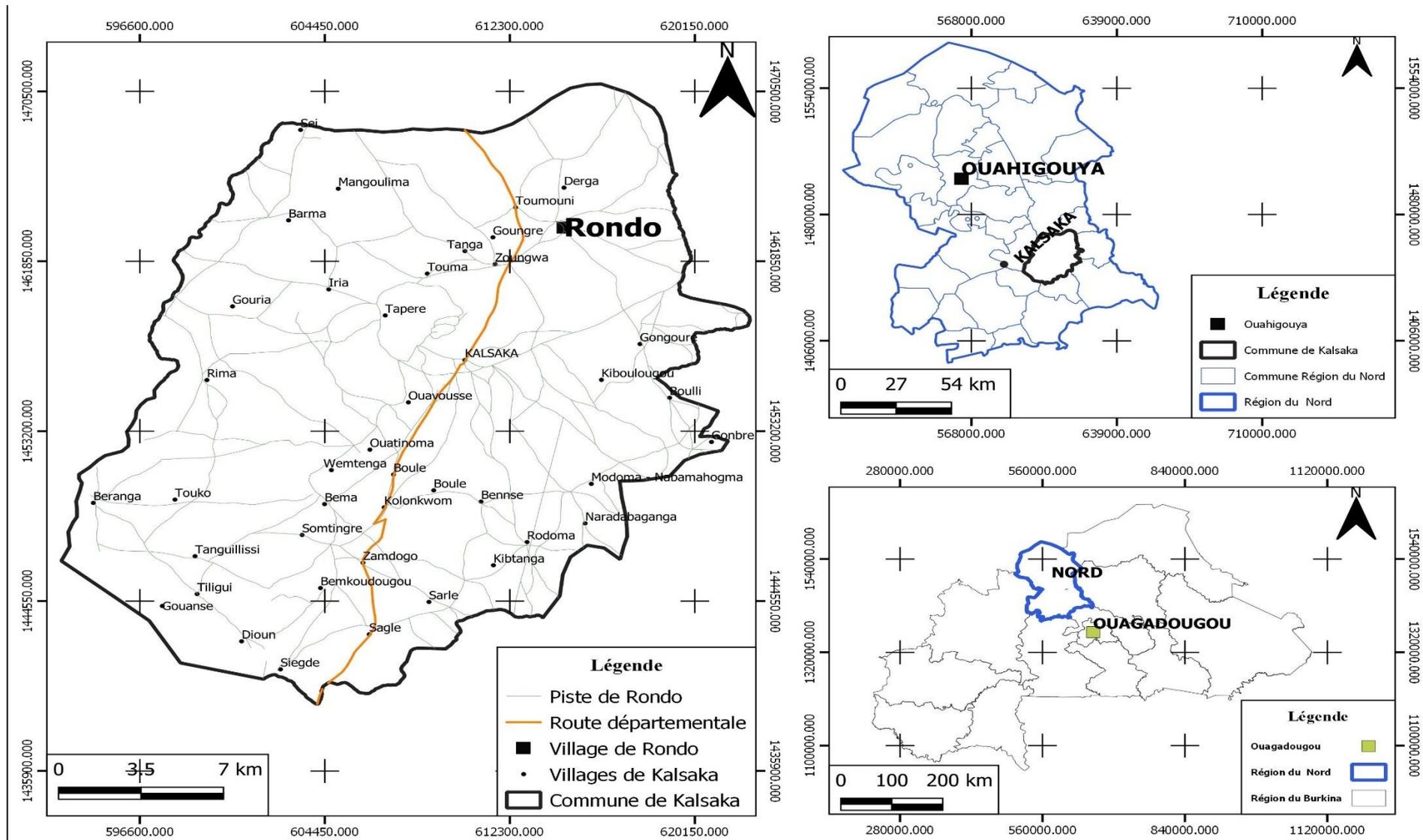


Figure 1 : Carte de localisation du village de Rondo

II.2 Description du milieu physique

Le climat tropical nord soudanais se distingue par une succession de saisons pluvieuses et sèches. La saison des pluies dure environ cinq mois (de juin à octobre), pendant laquelle la mousson, un vent chaud et humide, apporte des précipitations et permet aux activités agricoles de se poursuivre pendant la saison sèche. (GREEN-DIC, 2024).

II.2.1 Hydrologie et ressources en eau

Le système hydrologique de la municipalité se compose de nombreux ruisseaux saisonniers et de deux réservoirs d'eau, l'un à Gombré-Saaba et l'autre à Guenda. De plus, la population profite de la proximité du fleuve Nakambé, qui sert de frontière naturelle entre la commune et celles de Tougo (Zondoma), Gomponsom et Kirsi (Yatenga). En outre, un lac artificiel, le barrage de Toécé, est également présent.

En ce qui concerne les eaux souterraines, la zone est caractérisée par l'existence de pompes à motricité humaine ainsi que de puits, qu'ils soient busés ou traditionnels. Cette configuration, observée sur l'ensemble du territoire communal, confère à la région d'importantes ressources en eaux souterraines. (GREEN-DIC 2024)

II.2.2 Ressource forestière

La végétation de la commune est principalement composée de savane arborée et arbustive. Cependant, elle est fortement dégradée à certains endroits en raison de l'activité humaine, notamment de la coupe excessive de bois. On y trouve une variété de plantes forestières non ligneuses (PFNL), telles que le karité, le kapokier, le tamarinier, le baobab, le raisinier, et le néré.

Ces produits sont appréciés pour leurs différents composants : feuilles, écorce, racines, fleurs et fruits. Ils sont utilisés dans une variété d'activités économiques et alimentaires.

II.3 Situation économique et sociale

II.3.1 Les habitations

L'analyse de la typologie de l'habitat dans les différents quartiers parcourus révèle la présence de quelques maisons en parpaing tôlees, des maisons en banco crépies tôlees et de celles en banco non tôlees. La proportion de ces types d'habitation en général varie d'un quartier à l'autre.

Mais nous allons nous intéresser à la proportion de maisons résistant mieux aux intempéries et ayant nécessité, selon les enquêtés, plus de moyens financiers à la construction.

Selon les résultats des enquêtes, on a : 42 % des ménages enquêtés, soit au total 19 ménages, ont des constructions en banco simple ; 36 % des ménages enquêtés, soit au total 16 ménages, ont des

constructions en banco amélioré, tandis que 22 % de nos répondants, soit au total 10 ménages, ont des maisons construites en parpaing. (GREEN-DIC 2024).

Les infrastructures socioéconomiques existantes dans le village sont non négligeables. En effet, pour s'en convaincre, le tableau suivant en fait la synthèse des infrastructures socioéconomiques existantes.

Tableau 1: Infrastructures socio-économiques de Rondo

Domaines	Infrastructures	Lieux/Quartier	Nombres	Observations
Secteurs sociaux de base				
Santé	CSPS	Dapoya	01	Fonctionnel avec 03 logements
Enseignement				
Primaire	Ecoles primaires publiques	Dapoya	02 de (6 classes)	Fonctionnel avec 02 logements
	Ecole medersa	Loungin	4 classes	Fonctionnel
Secondaire	CEG public		01	Fonctionnel
	CEG privé		00	
	Lycée	Dapoya	01	Fonctionnel
Administration et services techniques				
Agriculture	Magasin de stockage	Loungin	01	Fonctionnel,
Élevage	Parc de Vaccination		01	
Commerce	Marché	Loungin	01	Chaque 03 jours
	Moulin à grain		04	
Communication	Téléphonie mobile		02	
	Route		01	Une piste rurale
Infrastructures religieuses	Mosquées	Loungin	01	Besoin d'un BP
	Eglise catholique	Soundgo	01	Besoin d'un BP
	Eglise protestante	Tengandin	01	Besoin d'un BP
Energie	SONABEL			Dans les quartiers

Source : Enquêtes ménages, GREEN-DIC / ; Août 2024

II.3.2 Les communautés culturelles

Dans le village, on note trois (3) ethnies qui cohabitent. Ce sont les Mossis (ethnie autochtone et majoritaire), suivis des Bella et Peulh. La langue Morée est parlée et comprise par la totalité de la population, d'autant plus que c'est la langue commerciale au sein de la zone du projet. (GREEN-DIC 2024).

Tableau 2 : Ménages et ethnies enquêtés

Ethnies	Mossi	Bella	Peul	Total	Observation
Nombre de ménages comptés de l'échantillon	41	2	2	45	Les langues Morées sont parlées par tous
Proportions	91,11%	4,45%	2,45%	100%	

Source : Enquêtes ménages GREEN - DIC / ; juillet 2024

II.3.3 les flux et migrations

Au regard du contexte socioprofessionnel et géographique de la localité, les flux migratoires sont de deux types : l'immigration et l'émigration. Du point de l'immigration, elle est assez importante et concerne surtout les " orpailleurs et les personnes déplacées internes". Il faut noter qu'avec l'avènement des sites d'orpaillages, le village de Rondo est un site aurifère, d'où le fait qu'il accueille plusieurs personnes venues de divers horizons pour l'activité en question. Des hommes, femmes, jeunes et enfants s'y adonnent.

En raison du contexte sécuritaire, nous avons pu dénombrer plusieurs personnes déplacées internes migrant vers le village de Rondo. Selon les dernières statistiques reçues avec l'autorité communale, le nombre est d'environ deux-cent-cinquante (250) personnes composées de Mossis et de Bella venues des communes voisines pour raison d'insécurité. (GREEN-DIC 2024)

III DESCRIPTION DE NOTRE PROJET

III.1 Le contexte et la justification

Le Plan national pour l'approvisionnement en eau potable au Burkina Faso, appelé PN-AEP, a pour ambition, d'ici 2030, de subvenir de manière pérenne aux exigences des communautés en matière d'eau potable, que ce soit en termes de quantité ou de qualité. Il s'aligne sur les Objectifs de Développement Durable (ODD), notamment l'objectif 6, visant à garantir un accès universel à l'eau potable et à gérer de manière responsable les ressources hydriques.

L'atteinte de cet objectif requiert nécessairement la réalisation d'ouvrages d'approvisionnement en eau potable de qualité à même de répondre aux besoins des populations, surtout dans les zones déficitaires du point de vue de l'accès à l'eau potable.

Les systèmes d'Approvisionnement en Eau Potable Simplifié (AEPS) représentent une option permettant à la fois de faire progresser le taux d'accès à l'eau potable dans les localités couvertes et d'améliorer le niveau du service de l'eau dans ces localités. Ils permettent en outre de résoudre l'épineuse question de la disponibilité de la ressource en eau dans certains villages dits déficitaires.

La réalisation de systèmes AEPS exige en amont la conduite d'études rigoureuses visant à proposer les solutions techniques les mieux adaptées pour répondre aux besoins des bénéficiaires. Ces études permettent de bien évaluer les besoins en termes de travaux et d'activités à mettre en œuvre, et d'asseoir une bonne planification de ceux-ci. Ces études permettent également de faire une estimation des coûts prévisionnels nécessaires à la réalisation des travaux.

la Direction Régionale de l'Eau et de l'Assainissement (DREA) du Nord a commandité une étude technique détaillée pour la construction d'un système d'approvisionnement d'eau au profit de Rondo.

Notre contribution à ce projet, à travers le stage que nous effectuons au sein du bureau d'étude GREEN-DIC, se focalise essentiellement sur la thématique « *études techniques d'avant-projet détaillées pour la réalisation du système d'AEPS de Rondo dans la commune de Kalsaka, Région du Nord* ». Ce stage, qui fait partie intégrante de notre projet de fin d'études, est un obligation qui sanctionne le programme de mater en génie de l'eau, de l'assainissement et des aménagements hydro-agricoles de l'Institut 2iE.

III.2 Objectifs de notre étude

III.2.1 Objectif principal

L'objectif principal du projet est de contribuer à l'amélioration de l'accès à l'eau potable pour la population, par le biais d'une étude technique pour la mise en œuvre du système d'approvisionnement en eau potable du village de Rondo.

III.2.2 Objectifs spécifiques

- ❖ Faire un diagnostic de l'approvisionnement en eau potable dans le village ;
- ❖ Proposer un dimensionnement du réseau d'adduction d'eau potable couvrant le village de Rondo;
- ❖ Faire une analyse de rentabilité financière ;
- ❖ Faire une synthèse de la notice d'impact environnemental et de l'AEPS du village de Rondo.

III.2.3 Attentes

Les résultats attendus à l'issue de cette étude sont :

- ❖ Les ouvrages d'approvisionnement en eau du village sont identifiés et caractérisés ;
- ❖ Les dimensions des conduites et caractéristiques des équipements du système d'approvisionnement en eau de Rondo sont connues;
- ❖ Le cout du projet et les paramètres de rentabilité sont quantifiés.
- ❖ Les principaux résultats de l'étude environnementale sont présentées.

III.3 Situation actuelle de l'accès à l'eau à Rondo

Le village de Rondo compte parmi les villages ayant le plus faible taux d'accès à l'eau potable (33,7 %) de la commune de Kalsaka contre une moyenne autour de 73,4 selon les données INOH 2023.

Tableau 3 : Emplacement des PMH dans le village de Rondo

Quartiers	Nbre de PMH	Appropriation PMH	Etat/observation
Soundgo	02	01 Communautaire et 1 à église protestante	2 Non Fonctionnels
Tengandé	02	02 communautaires	1 fonctionnel et 1 non fonctionnel
Dapoya	01	01 communautaires	01 Fonctionnel
loungin	02	01 communautaire et 1 au marché	02 Fonctionnel
Itaoré	1	01 communautaire	Fonctionnel
CEG	1	01 institutionnel	Fonctionnel
Ecole	1	0 1 institutionnel	Fonctionnel
CSPS	1	01 institutionnel	Fonctionnel
Total	11	07 communautaires (5 fonctionnels et 2 en panne) et 04 institutionnels (3 fonctionnels et 1 en panne)	

Source : INOH, 2023, et collecte des données GREEN-DIC / aout 2024

On compte un total de onze pompes à motricité humaine (PMH), réparties comme suit : sept PMH communautaires, dont cinq sont fonctionnelles et deux hors service. On compte aussi quatre PMH

institutionnelles, dont trois qui fonctionnent bien et une autre qui nécessite des réparations. Ces dernières se trouvent dans les CSPPS, les écoles primaires, le collège d'enseignement général, et même l'Église protestante.

Le projet de réalisation de l'AEPS permettra de relever le taux d'accès à l'eau potable à 100 % et de rehausser le niveau de service de l'eau potable du village de Rondo. Le système d'AEPS est donc alimenté par un forage réalisé par le maître d'ouvrage dans le cadre du projet.. Les caractéristiques du forage sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 4 : Caractéristiques du forage

X (m)	Y(m)	Profondeur (m)	Niveau statique (m)	Niveau dynamique (m)	Débit (m³/h)
UTM ZONE 30					
614887,95	1464253,3	72,85	5,66	49,67	5

Concernant la qualité de l'eau, les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées. Ces analyses ont montré à une eau conforme à la consommation pour les paramètres physico-chimiques et bactériologiques analysés.

III.4 Synthèse des données de base

Pour garantir la pérennité et la stabilité de l'approvisionnement en eau potable, l'élaboration du système de distribution d'eau s'appuie sur divers facteurs de planification. Ces derniers incluent l'échéancier du projet, les besoins spécifiques en eau, le pourcentage de couverture, les fluctuations saisonnières et quotidiennes de la demande, ainsi que les prévisions de fuites dans le réseau.

III.4.1 Horizon de dimensionnement

L'horizon de dimensionnement du projet est fixé à 2050. À partir de ces opérations, et par extrapolation avec le taux de croissance provincial de 2,7 %, on estime actuellement (année 2024) la population de Rondo à 3 787 habitants.

Tableau 5: Evolution de la population de Rondo de 2019 à 2024

Année Habitants	2019	2024	2032	2040	2045	2050
Hommes	1624	1855	2296	2842	3247	3709
Femmes	1691	1932	2391	2959	3380	3862
Total	3315	3787	4687	5800	6627	7571

Source : Données du RGPH 2019 extrapolées au taux d'accroissement provincial 2.7 %.

La population considérée est issue des résultats du recensement général de la population réalisé en 2019. La population à satisfaire la première année du projet est évaluée à 3 787 habitants regroupés dans cinq (5) quartiers. À l'horizon 2050, la population de la zone de projet est estimée à 7 571 habitants avec le taux de croissance provinciale de 2,7 %.

III.4.2 Consommation spécifique (CS)

La consommation spécifique constitue un facteur clé pour la planification. Sa connaissance avec une précision acceptable permet de proposer des ouvrages techniquement et économiquement viables. Pour ce faire, il a été fait une analyse des résultats des études socioéconomiques et des consommations spécifiques données dans les documents régissant le domaine de l'approvisionnement en eau potable au Burkina Faso.

III.4.3 Résultats de l'analyse de la consommation spécifique des études socio-économiques

Selon les enquêtes socio-économiques, il ressort les consommations spécifiques suivantes :

En saison sèche :

- 35,48 l/hbt/j pour un approvisionnement au forage ;
- 33 l/hbt/j pour un approvisionnement au PEA.

En saison pluvieuse :

- 30,61 l/hbt/j pour un approvisionnement au forage ;
- 28,88 l/hbt/j pour un approvisionnement au PEA .

Ces résultats révèlent une consommation spécifique relativement élevée, car elle est supérieure à la norme OMS qui est de 20 litres/jour/habitant. Cela peut être lié aux activités d'orpaillage pratiquées par les habitants du village. Le lavage des résidus de terre extraits des sites miniers traditionnels est une activité assez répandue dans les alentours du village.

III.4.4 Consommation spécifique proposée par le PN-AEP

Ce référentiel propose d'adopter des consommations spécifiques à l'horizon 2050 de : 15 l/jour/personne pour les bornes-fontaines et, en ce qui concerne les branchements particuliers l'on considère 20 l/jour/personne.

III.4.5 Consommation spécifique définie par le décret

Le décret n° 2019-204/PRE/PM/MEA/MINEFID/MATDC/MS définit les normes, critères et indicateurs d'accès à l'eau potable. Il stipule qu'en milieu rural on a 25 litres par jour et par personne pour les bornes-fontaines, et 40 litres par jour et par personne pour les branchements particuliers.

III.4.6 Choix de la consommation spécifique du projet

Après une analyse succincte de ces informations, nous décidons de prendre 25 litres par jour et par personne pour les bornes-fontaines, et 40 litres par jour et par personne pour les branchements particuliers, conformément aux prescriptions du décret.

Cette décision est justifiée par les valeurs actuelles des consommations révélées par les études socioéconomiques. Les niveaux de consommation des sources d'eau déjà utilisées sont relativement

élevés, ce qui souligne la nécessité de considérer sur les normes et critères établis par le décret sur l'accès à l'eau potable.

III.4.7 Données socioéconomiques

Le plan du réseau est établi en considérant les infrastructures socioéconomiques existantes (écoles, centres de santé et de promotion sociale, etc.), en installant les fontaines-bornes en fonction de la densité des quartiers, tout en se conformant aux règles nationales. De plus, les recommandations issues des consultations avec la population sont prises en compte. Chaque fontaine-borne devra servir un maximum de 500 personnes à une distance maximale de 500 mètres.

III.4.8 Données topographiques

Les éléments cruciaux qui constituent le levé topographique sont : l'implantation des ouvrages de desserte (BF) et la localisation des habitations. Les bénéficiaires ont été entièrement impliqués pour proposer des emplacements préférentiels des BF. Ces emplacements ont été relevés avec un GPS pour ajuster le réseau. Ensuite, les points singuliers du réseau ont été prévus et relevés au GPS différentiel pour déterminer leurs altitudes.

L'analyse de ces données a révélé que les altitudes du TN varient entre 359,7106 m et 389,0586 m. Le traitement ultérieur se fera avec les logiciels AutoCAD et Geomensura, permettant de générer les profils en long et les niveaux d'implantation des fouilles.

III.4.9 Pression de service

Une pression minimale de service de 10 m CE a été considérée initialement comme base de dimensionnement du réseau d'AEPS.

IV METHODOLOGIE DE CONCEPTION

IV.1 Outils

- ArcGIS : il sert à concevoir les cartes de l'étude.
- AutoCAD : il est utilisé pour dessiner le réseau et les différents ouvrages ;
- GEOMENSURA : il sert à créer des profils longitudinaux des canalisations ;
- Google Earth: pour examiner la répartition spatiale des habitats et des installations, ainsi que pour localiser les différents ouvrages ;
- EpaCaD : Transforme un plan AutoCAD au format Epanet.
- Epanet : pour simuler le réseau de distribution d'eau potable.
- Excel 2021 : il permet de réaliser les calculs nécessaires à la conception du réseau et des pompes ;
- Word 2021 : est utilisé pour la rédaction .

IV.2 Approche méthodologique de réalisation de l'étude technique

Collecte et synthèse des données : L'ensemble des données pertinentes portant sur la zone du projet est recueilli à travers des recherches bibliographiques et des visites de terrain. Ces données incluent les informations socio-économiques de la zone, ainsi que les données des études de base relatives aux forages existants, à la topographie et à la qualité de l'eau souterraine.

Traitement des données collectées : Les données recueillies lors de la première phase ont été traitées pour être exploitées dans l'étude. Cette étape comprend l'organisation des données techniques nécessaires au diagnostic de la situation de l'accès à l'eau potable sur notre site, afin d'orienter nos choix techniques pour le dimensionnement du réseau hydraulique.

Réalisation de l'étude technique et financière : Ensuite, l'étude technique et financière du projet qui intègre les données et les analyses effectuées lors des étapes précédentes est réalisée.

Cette approche méthodologique permettra d'assurer une planification précise et une mise en œuvre efficace du projet.

IV.2.1 Etat des lieux de l'alimentation en eau potable dans le village de Rondo

La situation de référence en matière d'approvisionnement en eau dans la commune de Kalsaka et en particulier dans le village de Rondo résulte de l'analyse des données de base disponibles dans l'inventaire national des Ouvrages hydrauliques (INOH, 2023). Les informations sur le nombre d'ouvrages hydrauliques fonctionnels permettront d'évaluer la qualité du service de l'eau dans le village par rapport aux normes nationales. Pour consolider notre analyse, ces informations ont été validées par une visite de terrain. Cette partie mettra également en évidence les éléments liés aux

forces, aux faiblesses et aux opportunités du site par rapport au projet de réalisation du système d'approvisionnement en eau du village.

IV.2.2 Synthèse de études de base

Cette étape débute par la consultation des documents techniques existants (rapport socioéconomique, rapport géophysique et fiches de forations, rapport d'étude environnemental et social), ensuite, la collecte des données du site est réalisée pour intégrer les modifications éventuelles. À travers cette démarche, nous ferons une vérification des statuts des quartiers (loti ou non loti) et du nombre moyen de concessions. Les emplacements potentiels des ouvrages du système (château d'eau, local technique et bornes-fontaines) sont identifiés et confirmés sur le terrain en collaboration avec des bénéficiaires et responsables coutumiers et administratifs du village.

IV.2.3 Données géophysiques

L'AEPS du village se fera à partir d'un forage réalisé par le maître d'ouvrage. Dans le cadre de notre étude, nous analyserons des données issues des essais de pompage et analyses biochimiques du forage. Ces données sont analysées et utilisées pour le dimensionnement du réseau de refoulement et les installations de pompage et le dimensionnement et choix de la pompe.

IV.2.4 Evaluation des besoins domestiques

Les populations de Rondo seront alimentées par les bornes-fontaines et les branchements particuliers. Pour cela, il conviendra de déterminer rigoureusement la population à desservir et les besoins par habitant afin de déterminer les besoins domestiques.

la formule utilisées est :

expression 1 $P_n = P_0 * (1+\alpha)^n$

P_n est la population à estimer

P_0 est la population initiale

α est le taux d'accroissement considéré

n est la durée du projet

Le taux de croissance est disponible à travers les résultats du dernier recensement. La valeur disponible pour la province ou la commune est considérée uniforme dans toute l'unité administrative.

IV.2.5 Taux de desserte

Pour la planification, les objectifs du PN-AEP sont visés à savoir un taux d'accès à l'eau potable de 100 %, avec une répartition ci-après présentée dans le tableau ci-après.

Tableau 6 : répartition de la desserte cible par BF, BP et forages

Année	Taux d'accès en eau	Taux d (BF)	Taux (BP)	Taux (Forage)
2024	85.6%	27.1%	24.5%	48.3%
2025	88.0%	28.2%	28.2%	43.6%
2030	100.0%	24.0%	56.0%	20.0%
2035	100.0%	24.0%	56.0%	20.0%
2040	100.0%	30.0%	60.0%	10.0%
2050	100%	35%	60%	5%

Source : PN-AEP et interpolation

IV.2.6 Fluctuation de la demande et coefficient de pointe

La demande en eau fluctue selon divers facteurs, tels que les saisons, les jours de la semaine et les heures de la journée. Ces variations affectent la quantité d'eau à mobiliser pour répondre à la demande, influençant ainsi les dimensions des infrastructures à mettre en place. Les coefficients de pointe saisonnière, journalière et horaire sont déterminés comme suit :

Le coefficient de pointe saisonnière : Il s'agit du ratio annuel entre la consommation journalière maximale et la consommation journalière moyenne. En général, les valeurs évoluent entre 1,10 (zones tropicales humides) et 1,20 (zones sahéliennes) dans les zones tropicales humides..

expression 2 $C_{ps} = \frac{B_{jmp}}{B_{jm}}$ C_{ps} le coefficient de pointe saisonnière
 B_{jm} besoin journalier moyen du mois de pointe
 B_{jmp} besoin quotidien moyen mois de pointe

la valeur est estimée à 1,1 pour notre étude

Coefficient de pointe journalière: Il varie généralement entre 1,05 et 1,15.

expression 3 $C_{pj} = \frac{B_{jp}}{B_{jmp}}$ C_{pj} le coefficient de pointe journalière
 B_{jp} besoin du jour de pointe
 B_{jmp} besoin quotidien moyen du mois de pointe

Pour les besoins de notre étude, on adoptera 1,1 comme valeur.;

Le coefficient de pointe horaire : Il reflète la routine des consommateurs au quotidien. Pour le cas présent, le coefficient de pointe horaire est calculé par l'expression..

expression 4 $C_{ph} = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q}}$ C_{ph} le coefficient de pointe horaire
 Q débit moyen horaire en m³/h

IV.2.7 Rendement du réseau

Les réseaux d'AEP subissent des pertes d'eau qui réduisent leur rendement global. Ces pertes peuvent être classées en deux catégories : les pertes techniques, incluant les pertes d'adduction et de distribution, et les pertes commerciales, qui résultent de l'eau consommée, mais non facturée, telle que les erreurs de comptage. Pour tenir compte du vieillissement des installations, une perte de 10 % est considérée pour les dix premières années suivant la mise en service du réseau (2025-2035), et une perte de 15 % pour les années suivantes (2036-2050). Ainsi, on obtient un rendement de 90 % pour les dix premières années et de 85 % pour les années suivantes.

IV.2.8 Évaluation des besoins non domestiques

Les besoins non domestiques permettent d'estimer les besoins à prendre en compte au niveau des services publics, les centres de santé, les établissements scolaires ou les mairies, et d'autres activités socioéconomiques. Ces besoins, dits annexes, sont évalués à 10 % des besoins domestiques.

IV.2.9 Les besoins moyens journaliers

On obtient les besoins moyen journalier en faisant la somme de l'ensemble des besoins évalués ci-dessus.

expression 5 $B_{mj} = B_d + B_{ann}$

B_{ann} besoins annexes
 B_d besoins domestiques

IV.2.10 Estimation des consommations journalières maximales

Le besoin de production du jour de pointe (B_{jp}) représente la quantité d'eau à fournir sur le réseau durant les jours de forte consommation en tenant compte des pertes d'eau sur le réseau

expression 6 $D_{jp} = \frac{B_{mj} \times C_{ps} \times C_{pj}}{\eta}$

D_{jp} demande de jour de pointe
 B_{mj} besoin moyen journalier
 C_{pj} coefficient de pointe journalière
 C_{ps} coefficient de pointe saisonnière
 η rendement

IV.2.11 L'estimation des débits

IV.2.11.1 Débit d'adduction

Le débit d'adduction correspond à la quantité d'eau à faire transiter dans les canalisations de refoulement. Il est déterminé en faisant le ratio entre les besoins maximaux journaliers et le temps de pompage.

expression 7 $Q_{ad} = \frac{D_{jp}}{T_p}$

Q_{ad} débit d'adduction (m^3/h)
 D_{jp} demande de jour de pointe (m^3/j)
 T_p temps de pompage

expression 15 $C = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{D\varepsilon}{eE}}}$

- D* diamètre intérieur de la conduite (m)
- ε* module d'élasticité de l'eau (Pa)
- ρ* masse volumique de l'eau (kg/m³)
- C* célérité de l'onde (m/s)
- E* module d'élasticité de la conduite (Pa)
- e* : épaisseur de la conduite (m)

l'installation d'un dispositif anti-bélier est nécessaire lorsque la variation de pression est préjudiciable aux installations. Le coup de bélier est jugé non préjudiciable dans le cas où :

expression 16 $\frac{P_{max}}{PN} \leq 1,2$

expression 17 $P_{max} = P_0 + \Delta H$

expression 18 $P_0 = HMT - ND_{max}$

HMT hauteur manométrique totale (m)

P_{max} pression maximale (m)

PN pression nominale (m)

ΔH surpression liée au coup de bélier (m)

ND_{max} Niveau dynamique maximal (m)

IV.2.14 Autres équipements de protection

Pendant le fonctionnement des conduites ou leur mise à eau, de l'air peut s'accumuler aux points hauts, augmentant les pertes d'énergie et le risque de coup de bélier. Aussi, des particules peuvent se déposer aux points bas de la conduite de refoulement lorsque la vitesse d'écoulement devient faible. Il est donc crucial d'installer des vidanges pour éliminer périodiquement les dépôts qui obstruent les tuyaux.

IV.2.15 Calcul des pertes de charge

Les pertes régulières ou linéaires de pression provoquées par le frottement du fluide contre les parois de la conduite (perte de charge), sont estimées par la relation de William Hazen.

expression 19 $\Delta H = 10.67 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.871}}$

H perte de charge (m)

C coefficient de rugosité de Hazen – Williams

Q Débit d'écoulement de l'eau (m³/s)

L longueur du tronçon de la conduite (m)

D diamètre de la conduite (m)

Les pertes de pression dues aux singularités (élargissement, rétrécissement, coude, vanne, etc...) sont estimées entre 5 à 10 % des pertes linéaires.

IV.2.16 Calcul de la hauteur manométrique totale et choix de la pompe

Elle correspond à la pression, à vaincre par la pompe pour acheminer l'eau du point le plus bas (forage) vers le point le plus haut du refoulement (château), Elle résulte de la somme de la hauteur géométrique et des pertes de charge singulières et linéaires.

expression 20 $HMT = H_{géo} + \Delta H$ HMT hauteur manométrique totale (m)
 $H_{géo}$ hanteur géométrique (m)
 ΔH pertes de charge (m)

outre la HMT, du débit d'exploitation et le rendement sont indispensables dans l'analyse pour le choix de la pompe. Cela dans le but d'optimiser l'énergie. La courbe de fonctionnement de la pompe est élaborée avec détermination du point de fonctionnement

IV.2.17 Source d'énergie

L'alimentation en énergie électrique du système d'approvisionnement de Rondo repose sur des installations autonomes de panneaux photovoltaïques et sur le réseau électrique basse tension de la SONABEL. Cette configuration vise à optimiser les coûts d'exploitation et à renforcer la résilience face aux délestages.

IV.2.17.1 Calcul de la puissance hydraulique de la pompe

Évaluer la puissance de la pompe permettra de mesurer sa consommation énergétique et ainsi d'estimer le coût du pompage.

expression 21 $P_h = HMT \times \rho \times g \times Q$ P_h puissance hydraulique (W)
 HMT hauteur manométrique totale (m)
 ρ masse volume de l'eau (kg/m^3)
 g accélération de la pesanteur (m/s^2)
 Q débit [m^3/s]

IV.2.17.2 Caractéristiques de l'électropompe

La puissance électrique absorbée est déterminée par l'expression suivante e.

expression 22 $P_{ab} = \frac{P_h}{\eta}$ P_{ab} puissance absorbée par la pompe (W)
expression 23 $P_M = \frac{P_{ab}}{\eta^*}$ P_{ab} puissance absorbée par le moteur (W)
 P_h puissance hydraulique (W)
 η rendement de la pompe
 η^* rendement du moteur

l'intensité est calculé suivant l'expression :

expression 24 $I_n = \frac{P_n}{U \times \sqrt{3} \times \eta^* \times \cos\phi}$ I_n intensité nominale (A)
 P_n puissance nominale du moteur (W)
 $\cos\phi$ facteur de puissance de l'électropompe
 U tension (V)
 η^* rendement du moteur

La puissance du moteur (PM) et l'intensité (In) sont comparées aux valeurs nominales fournies par le constructeur.

IV.2.17.3 Dimensionnement du champ photovoltaïque

Nous optons pour un système sans stockage d'énergie.

Energie du champs solaire : elle correspond à l'énergie électrique qu'il faut à la pompe pendant la journée, l'énergie électrique consommée pendant la nuit étant fourni par le réseau.

expression 25

$$E_{\text{élect}} = \frac{\max(P_M; P_{MC}) \times (1 + \alpha) \times t_f}{\eta_{\text{cont}}}$$

$E_{\text{élect}}$ énergie électrique du champs solaire (KWh)

P_M puissance absorbée du moteur (W)

P_{MC} puissance nominale du moteur définie par le constructeur

t_f temps de pompe solaire

η_{cont} rendement du contrôleur

α coefficient de sécurité de puissance de l'électropompe

La puissance crête nécessaire est donnée par la relation :

expression 26 $P_{c_mini} = \frac{E_{\text{élect}}}{E_i \times K_p}$

P_{c_mini} puissance crête minimale

$E_{\text{élect}}$ énergie électrique pour le pompage de jour (kWh)

E_i irradiation moyenne mensuelle (kWh/m².j)

K_p rendement du système photovoltaïque

L'irradiation du mois le plus défavorables est choisie.

Le choix de l'onduleur est crucial, il permet de convertir le courant continu des panneaux en courant alternatif, et il est un modèle hybride DC/AC adapté à un mix énergétique, avec le solaire photovoltaïque comme principale source. Sa puissance nominale doit assurer que le ratio entre la puissance de l'onduleur AC et celle du générateur PV soit entre 0,9 et 1,1. Hors de cette plage, l'onduleur risque de s'abîmer ou de perdre en efficacité. (GREEN-DIC 2024)

Configuration du champ solaire

- Nombre maximal de modules PV :

$$N_p < \frac{\text{Puissance crête maximale de l'onduleur}}{\text{Puissance crête du module PV}}$$

- Nombre de modules par string N_s :

$$1,1 \times \frac{\text{Tension minimale de l'onduleur}}{\text{Tension minimale du module PV}} < N_s < 0,9 \times \frac{\text{Tension maximale de l'onduleur}}{\text{Tension maximale du module PV}}$$

- Tension maximale ($V_{mp_max_mod}$) du module PV :

$$V_{mp_max_mod} = V_{mp_mod} - K_{T,Vmp}(T_{min_cellule} - 25^\circ C)$$

- Tension minimale ($V_{mp_min_mod}$) du module PV :

$$V_{mp_min_mod} = V_{mp_mod} - K_{T,Vmp}(T_{max_cellule} - 25^\circ C)$$

- Nombre de string en parallèle N_p

$$N_{sp} < \frac{\text{Intensité maximale de l'onduleur}}{\text{Intensité de court - circuit du module PV}}$$

IV.2.18 Dimensionnement du réservoir

Notre réservoir est métallique, de forme cylindrique en acier. Pour déterminer la capacité du réservoir, nous considérons la méthode forfaitaire qui propose que la capacité de stockage du réseau de distribution soit comprise entre 25% et 33% de la consommation journalière de pointe. Nous envisageons d'avoir un réservoir métallique cylindrique en acier.

La hauteur sous le radier : qui demeure indispensable pour assurer la pression minimale souhaitée dans le réseau :

expression 27

$$H = \text{Max} (Z_{\text{min aval}} - Z_{\text{Tn résér}}) \text{ avec } Z_{\text{min}} = Z_{\text{TN}} + P_{\text{serv}} + \Delta H$$

H hauteur sous radier (m)

Z_{min} côte minimale imposée au niveau du nœud aval (m)

$Z_{\text{tn résér}}$ côte du réservoir au terrain naturel (m)

P_{serv} pression de service

IV.2.19 Traitement de l'eau

Une pompe doseuse est utilisée pour la désinfection au chlore de l'eau de consommation. Il s'agit d'une pompe doseuse du fabricant DOSATRON (D8WL3000IE, Pression d'eau de service 0,5 - 6 bar). La poste d'injection est mise en œuvre non loin du château. Les ouvertures (fenêtres) du local doivent être réalisées en aluminium, et l'on évitera l'usage de tôle pour la couverture du dit local.

La substance chlorée est introduite proportionnellement au volume d'eau qui transite du château vers les ouvrages de desserte (GREEN-DIC, 2024). Le dispositif est actionné par la pression de l'eau. Il est configuré de manière à assurer un mélange optimal. Après réglage, le doseur n'a plus besoin d'intervention. Cette configuration respectera la norme de l'OMS en assurant une quantité de chlore de 5 mg/l dans tout le réseau et de 0,5 mg/l au minimum à la sortie des BF et BP.

La capacité du bac de chloration est déterminée de la manière suivante :

$$\text{expression 28: } V_{\text{bac}} = \frac{\text{Masse journalière}}{\text{Concentration de la solution}}$$

IV.2.20 Dimensionnement du réseau de distribution

Le réseau de distribution comprend toutes les canalisations, robinetteries, appareils hydrauliques et ouvrages de génie civil nécessaires pour transporter et distribuer l'eau aux utilisateurs. Il est dimensionné en prenant en compte les aspects suivants:

- L'optimisation des coûts ;
- Assurer un service permanent

- Contrôler les vitesses dans les conduites : $v_{minimale} = \frac{0,3}{s} m$, $v_{maximale} = 1,5 m/s$;
- S'assurer que la pression au niveau des ouvrages de service vaut de 10 mCE au minimum ;
- Vérifier que la qualité de l'eau respecte les normes en matière de potabilité.

IV.2.20.1 Choix du type de réseau-méthode de dimensionnement

Notre réseau est de type ramifié en tenant compte des tronçons susceptibles d'assurer un service en route (des branchements particuliers) afin de maintenir un service permanent conformément aux exigences du Maître d'Ouvrage.

IV.2.20.2 Débits des BP et BF

Au niveau des bornes fontaines : la configuration stipulant que 500 habitants sont servis en 12 h dans un rayon de 500 m par une borne fontaine, constitue la base de détermination du débit d'une borne fontaine. Les calculs permettront d'obtenir pour l'horizon 2050 un nombre théorique de BF, l'on tiendra compte aussi des besoins exprimés par les bénéficiaires au cas échéant. Le débit par borne fontaine est alors obtenu par la formule :

$$\text{expression 29} \quad Q_{bf} = \frac{Q_{dist/bf}}{Nomb_{BF}}$$

Q_{bf} débit d'une borne fontaine (m³/h)
 $Nomb_{BF}$ nombre de BF retenue
 $Q_{dist/bf}$ débit de pointe au niveau des BF (m³/h)

Au niveau des robinets, le nombre choisi est de trois (03) par borne fontaine, on détermine alors le débit d'un robinet à travers la relation suivante:

$$\text{expression 30} \quad Q_{robinet} = \frac{Q_{BF}}{3}$$

Débit spécifique : en l'absence d'information sur le nombre exact de branchements particuliers, nous nous appuyerons sur un débit dit spécifique. Ainsi nous faisons l'hypothèse d'une répartition uniforme des bénéficiaires tout au long du réseau de conduite. Le calcul est effectué par la relation suivante :

$$\text{expression 31} \quad Q_{Spé} = \frac{Q_{PBP}}{\sum Li}$$

$Q_{Spé}$ débit spécifique (l/s/ml)
 Q_{PBP} débit de pointe au niveau des BP (l/s)
 $\sum Li$ somme des longueurs des tronçons du réseau (m)

Débit de route : Il représente les prélèvements en route :

$$Q_{rte} = Q_{Spé} \times Li \quad \text{Avec}$$

Q_{rte} débit de route (l/s)
 $Q_{Spé}$ débit spécifique (l/s)
 Li longueur du tronçon (m)

Débit au niveau des tronçons : c'est un débit équivalent qui est calculé avec la relation suivante :

$$\text{expression 32} \quad Q_{eq} = Q_{aval} + 0.55Q_{rte} \quad \text{Avec} \quad Q_{aval} = Q_{BF}$$

Le calcul des diamètres des conduites de distribution utilise également l'expression de vitesse définie par l'expression 13. Le matériau choisi est le PEHD, avec une pression nominale de 10 bars.

IV.2.20.3 Calcul des pressions aux nœuds

Les charges et les pressions dynamiques aux nœuds sont déterminées à l'aide d'un calcul retour (amont aval) selon les expressions ci-dessous. Ce calcul prend en compte l'écoulement d'un nœud i (amont) à un nœud j (aval), en s'assurant que la pression dynamique dépasse toujours la pression de service en chaque point.

$P_{dyn,j}$ pression dynamique au nœud j (m)

H_j charge au nœud j (m)

expression 33 $P_{dyn,j} = H_j - Z_j - \frac{v^2}{2g}$

H_i charge au nœud i (m)

expression 34 $H_j = H_i - \Delta H_{ij}$

Z_j côte topographique au nœud j ΔH_{ij}

V Vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s)

IV.2.20.4 Simulation avec EPANET

Les données ci-dessus sont introduites comme paramètre de base pour la simulation : La formule de pertes de charges utilisées dans la simulation est celle de HAZEN-WILLIAMS avec un coefficient de pertes de charges $C=150$ pour les conduites en plastiques. La relation donnant les pertes de charges est décrite dans l'expression 18.

Afin de tenir compte des pertes de charges singulières, les longueurs des conduites sont majorées de 10 m dans le paramétrage du logiciel EPANET. Les conditions de vitesses et pression demeurent identiques.

IV.2.20.5 Equipement et moyens de protection

Il s'agit de l'aménagement de tête des forages, poteaux d'incendie, vannes de sectionnement, clapets anti-retour, ventouses, butées, vidanges. Voici leurs descriptions :

- **Vannes de sectionnement** : placées en tête des réseaux primaires, secondaires et tertiaires, elles permettent d'isoler et régulariser l'écoulement de l'eau pour une maintenance rationnelle.
- **Ventouses** installées au niveau de la tête des forages, elles dégagent l'air introduit dans les canalisations. Elles se trouvent dans des regards en béton armé.
- **Vidanges** : positionnées aux points bas et aux extrémités du réseau, elles nettoient les canalisations des dépôts lors de l'exploitation ou interruption de service. Le diamètre de la vidange dépend de celui de la conduite.

Lors de la pose des conduites, des dispositions garantissent leur durabilité, selon les perspectives techniques et les règles de l'art :

- Profondeur minimale de fouille : $h_{min}[m] \geq 0,5 + D_{ext}[m]$
- Largeur minimale de fouille : $l_{min}[m] \geq 0,4 + D_{ext}[m]$

IV.3 Approche méthodologique de l'analyse financière

IV.3.1 Devis quantitatif et estimatif

Les couts d'acquisition des équipements la réalisation des ouvrages sont déterminés. Les prix utilisés sont issus de la valeur moyenne de la mercuriale des prix appliqués au Burkina Faso, précisément dans la zone du projet. Étant donné la dynamique du marché caractérisée par une inflation constante, une marge de sécurité de 10 % du cout total hors-taxa est prise en compte.

IV.3.2 Charge d'exploitation

Les charges d'exploitation comprennent les charges liées :

- à l'entretien préventif et curatif des installations ;
- À la production d'énergie.
- l'achat des quantités de chlore pour le traitement de l'eau ;
- les charges salariale des employés ;
- cotisation sociale de l'entreprise ;
- les charges fiscales (taxes et impôts) et
- Les dotations aux amortissements.

L'amortissement comptable des équipements est déterminé à partir de l'expression :

$$\text{Amortissement} = \frac{\text{Coût d'achat de l'équipement}}{\text{Durée de vie de l'équipement}}$$

IV.3.3 Estimation du prix du mètre cube d'eau

Dans le but de supporter les frais d'investissement et de fonctionnement du réseau, il est nécessaire d'associer les populations bénéficiaires à la gestion des ouvrages ; c'est pourquoi le prix de revient de l'eau doit être déterminé afin de proposer un prix de vente raisonnable. Le prix du mètre cube d'eau est déterminé par la formule suivante :

expression 35

$$P = \frac{I+A+C}{V}$$

P: Prix de revient du mètre cube d'eau en FCFA ;

A : Amortissement des équipements à l'horizon du projet() ;

I : Investissements ;

V : Volume d'eau à l'échéance du projet ;

C : Charge d'exploitation et d'entretien des ouvrages

IV.3.4 rentabilité financière du projet

IV.3.4.1 Flux de trésorerie prévisionnel

Le flux de trésorerie (FT), également appelé excédent brut d'exploitation (EBE), évalue la différence entre les encaissements et les dépenses d'une entreprise. Un flux de trésorerie positif sur une longue période indique généralement une bonne santé financière de l'entreprise. Dans ce contexte, les flux entrants proviennent des ventes d'eau et des diverses redevances, tandis que les flux sortants correspondent aux charges d'exploitation.

IV.3.4.2 Valeur actuelle nette

La valeur actuelle nette (VAN) donne une indication claire sur la rentabilité des investissements dans le temps. Il est calculé à partir des flux de trésorerie et le capital de départ investi. Une actualisation est faite à un taux (en pourcentage) dans le temps. Ce taux d'actualisation s'exprime en pourcentage et représente le coût du capital de financement du projet. Cet indicateur inclut à la fois la dette de l'entreprise, mais aussi les impôts ou encore le coût des capitaux propres. La VAN est obtenue par la formule :

expression 36

$$VAN = -C + \sum_{a=1}^n R_n \times (1+i)^{-n} + V \times (1+i)^{-n}$$

C Capital investi

R_n recettes annuelles nettes prévues

I taux d'actualisation du flux de trésorerie

n année (n varie de 1 à 16)

V : valeur résiduelle de l'investissement

La valeur résiduelle de l'investissement (maj V) correspond à la valeur financière de l'ensemble du réseau à l'horizon 2050. Elle est obtenue par la formule donnée par la formule :

$$V = \sum Amortissement \times (t - 15) \text{ où } t \text{ la durée de vie de l'équipement concerné.}$$

Le taux d'actualisation correspond au taux d'intérêt de la Banque Mondiale majoré de 2 points. Il s'exprime en pourcentage. Le taux d'intérêt auquel la Banque mondiale prête au Burkina Faso était de 6,3 % en 2021. Cette valeur est la plus récente disponible sur la base de données publiée sur le site de la Banque mondiale. Majoré de deux points, on obtient un taux d'actualisation de 8,3 %.

Les recettes nettes d'exploitation prévues correspondent à ce qui reste de l'excédent brut d'exploitation après paiement des impôts sur les sociétés.

IV.3.4.3 Taux de rentabilité interne

Le taux de rentabilité interne (TRI) mesure la pertinence de l'investissement. Le TRI est exprimé en pourcentage. Il est calculé par l'expression :

$$\text{expression 37 } VAN = 0 = -C + \sum_{a=1}^n R_n \times (1 + TRI)^{-n}$$

C	capital investi
R_n	recettes annuelles nettes prévues
TRI	taux de rentabilité interne
n	année (n varie de 1 à 16 correspondants à l'horizon du projet)
VAN	Valeur actuelle nette

IV.3.4.4 mode de gestion

il s'agira de faire une proposition de mode de gestion adapté en fonction des résultats de l'analyse financière et en tenant compte des facteurs socioéconomiques de la localité et de la législation en vigueur au Burkina Faso.

Tableau 7 : les différents modes de gestion existants

Mode de gestion	Avantages	Inconvénients	Conditions de mise en œuvre.
La régie directe	<ul style="list-style-type: none"> - Création d'emploi - Maîtrise de l'exploitation des ouvrages - Proximité de service - Fluidité dans les décisions - Moins de charges 	<ul style="list-style-type: none"> - Tous les risques pèsent sur la commune - Augmentation des charges de travail - Lourdeur dans les procédures d'acquisition des biens 	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'une étude de faisabilité - Personnel qualifié et compétent - Délibération du conseil municipal - Disponibilité d'infrastructures et de moyens de travail
La régie autonome	<ul style="list-style-type: none"> - Création d'emploi - Maîtrise de l'exploitation des ouvrages - Proximité de service - Fluidité dans les décisions 	<ul style="list-style-type: none"> - Tous les risques pèsent sur la commune - Augmentation des charges de travail - Risque d'influence politique sur les décisions 	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'une étude de faisabilité - Personnel qualifié et compétent - Délibération du conseil municipal - Disponibilité d'infrastructures et de moyens de travail
Affermage	<ul style="list-style-type: none"> - Moins de charges et de risques - Moins de lourdeurs dans les procédures d'acquisition - Disponibilité du personnel qualifié - Qualité du service garantie 	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de rupture du contrat par le fermier - Partage des bénéfices éventuels - Compétence et probité du fermier ne sont pas assurées 	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser une étude de faisabilité - Appel à la concurrence pour le choix du fermier - Inventaire des installations - Disposer de capacités pour contrôler la gestion technique et financière
Concession	<ul style="list-style-type: none"> - Les réalisations reviennent à la fin à la commune - Décharge totale de la commune - Perception de taxes pour la commune - Aucun investissement de la part de la commune - le concessionnaire est libre de ses initiatives 	<ul style="list-style-type: none"> - Les retombées ne sont perçues qu'à la fin de la concession - Les infrastructures laissées à la fin sont généralement hors d'usage - Faible développement de l'expertise communale - Le concessionnaire privilégie la rentabilité au détriment du social 	<ul style="list-style-type: none"> - avoir l'autorisation du conseil municipal - trouver un opérateur privé ou public qualifié dans le domaine

Source : Extrait du guide sur la délégation du service public en matière d'eau potable

V RESULTATS DE L'ETUDE TECHNIQUE

V.1 Estimation des besoins en eau et du débit de dimensionnement

La prise en compte de la demande solvable dans l'évaluation des besoins en eau est importante, car, compte tenu des enjeux socioéconomiques, la totalité de la population ne prendra pas l'eau dans le système AEPS. Les BF et BP permettront d'améliorer le service de l'eau et la sécurité. Le point d'eau se rapproche du point de consommation avec les bornes-fontaines et les branchements particulier.

À partir des paramètres de dimensionnement, des critères de planification, ainsi que des résultats des études socioéconomiques, le consultant a évalué les besoins en eau solvable de la population. Le tableau ci-dessous donne les besoins en eau solvables des populations. Pour les besoins en eau des administrations et des activités socioéconomiques, il a été retenu 30 % (10 % pour les administrations et 20 % pour les activités socioéconomiques) de la consommation domestique au niveau des BP et BF. Ce choix de 30 % se justifie par le fait que la demande domestique représente 60 à 80 % de la consommation en eau des petits centres en Afrique subsaharienne (cf. Cours d'approvisionnement en Eau potable - EIER - novembre 2003).

Les besoins en eau solvable sont :

- de 57 m³/j en 2025 ;
- de 132 m³/j à l'horizon 2035 ;
- de 163 m³/j à l'horizon 2040 ;
- de 210 m³/j à l'horizon 2050.

Au cours des trois (03) prochaines années notamment de 2024 à 2030 le nombre de bornes fontaines projeté est de 03 BF.

À l'horizon 2040 prévoir la construction de deux (02) BF en plus. Le nombre de bornes fontaines projeté est de 05 BF. À l'horizon 2050, le nombre de bornes fontaines projeté est de 07 BF et celui des branchements particuliers de 505 BP.

Tableau 8 : Estimation de la demande solvable en eau

Années		2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Population de Rondo	Hab	3 787	3 889	4 443	5 077	5 800	6 626	7 571
Population Rondo		3 787	3 889	4 443	5 077	5 800	6 626	7 571
Taux de desserte (Td)	%	83,20%	88,00%	100%	100%	100%	100%	100%
Population desservie	Hab	3 151	3 422	4 443	5 077	5 800	6 626	7 571
Population non desservie	Hab	636	467	-	-	-	-	-
Taux de desser.forage	%		43,60%	20,00%	20,00%	10,00%	5,00%	5%
Nombre pers. Désser.For	Hab	1 673	1 492	889	1 015	580	331	379
Taux de desserte BF	%	26,10%	28,20%	24,00%	24,00%	30,00%	35,00%	35,00%
Nombr pers. Déss._BF		822	965	1 066	1 218	1 740	2 319	2 650
Nombre de BF	BF	3	3	3	5	5	7	7
Population par BF	Hab/BF	274	322	355	244	348	331	379
Cons. Moy Spéc. aux BF	L/j/Hab	25	25	25	25	25	25	25
Conso.Totale aux BF	m³/j	7	8	9	6	9	8	9
Population non desservie au Bf	Hab	2 877	3 101	4 088	4 833	5 452	6 295	7 192
Taux de desserte BP		20,80%	28,20%	56,00%	56,00%	60,00%	60,00%	60,00%
Nbre de Pers. Desse. BP		788	1 097	2 488	2 843	3 480	3 976	4 543
Nombre de pers. _BP		9	9	9	9	9	9	9
Nombre de Branch. part	BP	88	122	276	316	387	442	505
Conso. spécif_ BP	L/j/Hab	40	40	40	40	40	40	40
Consommation Totale au BP	m³/j	32	44	100	114	139	159	182
Conso Tot.BF et BP	m³/j	38	52	108	120	148	167	191
Besoins Annexes Tan	%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Totale Administration	m ³ /j	4	5	11	12	15	17	19
Demande Solvable	m³/j	42	57	119	132	163	184	210

V.2 Disponibilité des ressources en eau

Le nombre total de forages pour l'atteinte des objectifs de l'horizon du projet est déterminé en fonction des résultats des prospections géophysiques à réaliser dans le futur. À cet effet, une perspective de réalisation du projet par phase peut être envisagée afin d'adapter les capacités des ressources en eau disponibles avec les besoins du système à chaque phase.

V.2.1 Adéquation des besoins en eau et ressource disponible

La demande solvable en 2025 est estimée à 57 m³/jour. À l'horizon du projet, en 2050, elle est de 210 m³/jour. Avec ces besoins, les estimations conduisent à un besoin de renforcement du forage à partir de l'année 2030. En effet, avec le débit disponible de 4 m³/h, il faudra un temps de pompage de 29 heures en 2030. Ce temps est largement supérieur au temps de pompage journalier de 16 heures (avec le système solaire et le réseau public). Le débit requis est donc de 7,45 m³/h. Il faudra donc renforcer le système par un nouveau système de pompage par la réalisation Un forage à débit élevé, d'au moins 10 m³/h, ou l'équivalent de deux forages de 5 m³/h chacun, associé à un système d'énergie.

Tableau 9 : Estimation des besoins en renforcement

Année	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Débit disponible (m ³ /h)	4	4	4	4	4	4	4
Demande Solvable (Dmj)	42	57	119	132	163	184	210
Temps de pompage (heures/jour)	10,5	14,3	29,8	32,9	40,7	46,0	52,6
Durée de pompage journalier (heures/jour)	16	16	16	16	16	16	16
Débit requis (m ³ /h)	2,64	3,57	7,45	8,24	10,17	11,50	13,14
Débit supplémentaire (m ³ /h)			3,45	4,24	6,17	7,50	9,14

V.3 Dimensionnement du réseau hydraulique

V.3.1 Le réseau de refoulement

La longueur de la conduite reliant le forage au château d'eau est de 1470,35 m. On considère le débit d'exploitation du forage réalisé égale à 80% du débit du forage car nous n'avons pas eu accès aux fiches d'essai de pompage durant la période de stage. Ainsi le débit de pompage est de 4 m³/h.

Tableau 10 : résultats du dimensionnement de la conduite de refoulement

Formule	Qexpl (m ³ /h)	Dth (mm)	Dint (mm)	DN (mm)	U(m/s)	vitesse économique	Condition de flamant	condition de flamant
Bresse	4.00	50,000	73,6	90	0,261	Oui	0,69	OK
Bresse modifiée	4.00	85,967	90	110	0,175	Oui	0,71	OK
Munier	4.00	44,000	51,4	63	0,535	Oui	0,66	OK
Bedjaoui	4.00	42.333	51,4	63	0,535	Oui	0,66	OK

Pour des raisons de coût et perte de charge dans la conduite, nous retiendrons le résultat obtenu avec la formule de Bresse.

Le diamètre retenu qui vérifie la condition de vitesse de Flamant est le **Diamètre intérieur de 73,6 mm, donc PEHD DN 90 PN 16**. En cas d'augmentation de la capacité de production, la conduite de refoulement du nouveau forage est indépendante et un raccordement au pied du château sera réalisé pour rejoindre la colonne de remplissage du réservoir.

V.3.2 La protection anti-bélier

La conduite de refoulement doit être vérifiée du point de vue protection contre le coup de bélier car sa survenue peut être à l'origine d'éclatement de la conduite.

Le profil du refoulement étant assez « régulier » jusqu'au château d'eau situé sur un point dominant, le point clé de la vérification est pris au niveau de la tête du forage pour évaluer les risques sur la conduite de refoulement.

La conduite de refoulement est en PEHD. La célérité de l'onde, provoquant le coup de bélier, est obtenue par application de la formule d'ALLEVI.

$$C = \frac{9900}{\left(48.3 + K * \frac{D}{e}\right)^{0.5}}$$

Avec

- K = 83
- D : le diamètre intérieur égal à 73.6 mm
- e : l'épaisseur de la conduite égale à 8.2 mm

La célérité de l'onde $c = 351.50 \text{ m/s}$. La variation de la pression est donnée par la formule : $\Delta H = \pm a * V_0/g$. Avec :

- V_0 : la vitesse de l'eau dans la conduite égale à 0.26 m/s
- g : l'accélération de la pesanteur

L'application donne une variation $\Delta H = 9.31 \text{ mce}$. Dans la conduite de refoulement, la pression maximale est :

$H_0 + \Delta H = [\text{Cote trop plein château} - \text{Cote du niveau dynamique de l'eau dans le forage} + \text{Variation de charge}]$

$H_0 + \Delta H = 403.06 - 310.19 + 9.31 = 102.18 \text{ mce}$. On constate donc que la pression relative résultante de 10.2 bars est inférieure à la pression de service de la canalisation qui est de 16 bars. Cette conduite ne nécessite donc pas une protection particulière contre le coup de bélier.

V.3.3 Le réseau de distribution

V.3.3.1 Le débit de distribution

Il est conçu pour supporter la demande des consommateurs durant l'heure de pointe du jour de pointe.

Le débit de dimensionnement est donc le débit de pointe horaire Q_{ph} .

Nous avons estimé les débits de distribution à différents horizons. Le tableau ci-dessous donne les détails de l'estimation du débit de distribution.

tableau 11 : Estimation des débit de dimensionnement

Pour les BF							
Années		2024	2025	2030	2035	2040	2050
Demande solvable (Dmj)	m ³ /j	7	8	9	6	9	9
Pertes au réseau	%	10%	10%	10%	15%	15%	15%
	m ³ /j	1	1	1	1	1	1
Besoin moyen (Bm)	m ³ /j	8	9	10	7	10	11
Pointe Saisonnière (Cps)	Coef	1	1	1	1	1	1
Pointe journalière (Cpj)	Coef	1	1	1	1	1	1
Besoin du jour de pointe (Bjp)	m ³ /j	9,54	11,19	12,36	8,86	12,66	13,77
Temps de distribution (Tdistr)	h	12	12	12	12	12	12
Débit moyen horaire (Qmd)	m ³ /h	0,8	0,9	1,0	0,7	1,1	1,1
	L/s	0,22	0,26	0,29	0,21	0,29	0,32
Pointe horaire (Cph)		4,30	4,09	3,96	4,41	3,93	3,83
Pointe horaire (Cph)	Coef	3	3	3	3	3	3
Débit de pointe horaire (Qph)	m³/h	3,42	3,81	4,08	3,26	4,15	4,40
	L/s	0,95	1,06	1,13	0,90	1,15	1,22
Pour les BP et annexes							
Années		2024	2025	2030	2035	2040	2050
Demande solvable (Dmj)	m ³ /j	35	49	110	126	154	201
Pertes au réseau	%	10%	10%	10%	15%	15%	15%
	m ³ /j	4	5	11	19	23	30
Besoin moyen (Bm)	m ³ /j	39	54	121	145	177	231
Pointe Saisonnière (Cps)	Coef	1	1	1	1	1	1
Pointe journalière (Cpj)	Coef	1	1	1	1	1	1
Besoin du jour de pointe (Bjp)	m ³ /j	49,18	68,27	153,57	182,87	224,02	292,14
Temps de distribution (Tdistr)	h	16	16	16	16	16	16
Débit moyen horaire (Qmd)	m ³ /h	3,1	4,3	9,6	11,4	14,0	18,3
	L/s	0,85	1,19	2,67	3,17	3,89	5,07
Pointe horaire (Cph) calc		2,93	2,71	2,31	2,24	2,17	2,09
Débit de pointe horaire (Qph)	m³/h	8,99	11,56	25,59	25,60	30,36	38,07
	L/s	2,50	3,21	7,11	7,11	8,43	10,58

Les débits de pointe horaires évoluent de 1,06 l/s en 2025 à 1,22 en 2050 au niveau de BF ; pour ce qui concerne les BP et les besoins annexes, les débits vont de 3,21 l/s en 2025 à 10,58 l/s en 2050.

Le débit de pointe des BF est réparti au niveau de chacune des bornes-fontaines projetées. Pour le calcul des conduites de distribution, le débit du robinet de borne-fontaine normalisé, proche de la valeur calculée, est utilisé. Le débit de pointe des BP est réparti sur l'ensemble du réseau de conduite.

V.3.3.2 Les conduites de distribution

Les conduites de distribution sont dimensionnées suivant l'équation de débit et l'équation de continuité sur les débits.

Il est à noter qu'une simulation a été faite pour la prédétermination des sections des conduites. Cette note de calcul est présentée en annexe. Toutefois, comme souligné précédemment, pour la simulation sur EPANET. Afin de s'assurer du bon fonctionnement des réseaux, les calculs hydrauliques ont été optimisés et vérifiés par une simulation hydraulique sur le logiciel EPANET. La simulation a été réalisée à l'heure de pointe du jour de pointe. Les caractéristiques des conduites retenues sont celles issues de la normalisation sur le plan commercial. Les calculs et simulations du réseau ont donné les résultats suivants présentés dans les tableaux ci-après :

Tableau 12 : Conduites de distribution du réseau PEHD PN10 (horizon 2050)

Diamètre	Ø 50 mm	Ø 63 mm	Ø 90 mm	Ø 110 mm	Ø 140 mm	Total (ml)
Longueur (ml)	436,22	2575.43	454,43	940,95	184,26	4591.29

La longueur totale du réseau de distribution est 4591.29 ml.

Tableau 13 : Etat des pressions et des vitesses (horizon 2050)

	Pression (mce)	Vitesse (m/s)
Maximale	26	1,04
Minimale	13	0.32

A l'horizon 2050, les conditions de pression et de vitesse dans le réseau sont respectées. Les résultats des calculs et simulations du réseau ainsi que le schéma hydraulique sont présentés sur la figure ci-dessous. Les pressions aux nœuds varient entre 13 mCE et 26 mCE.

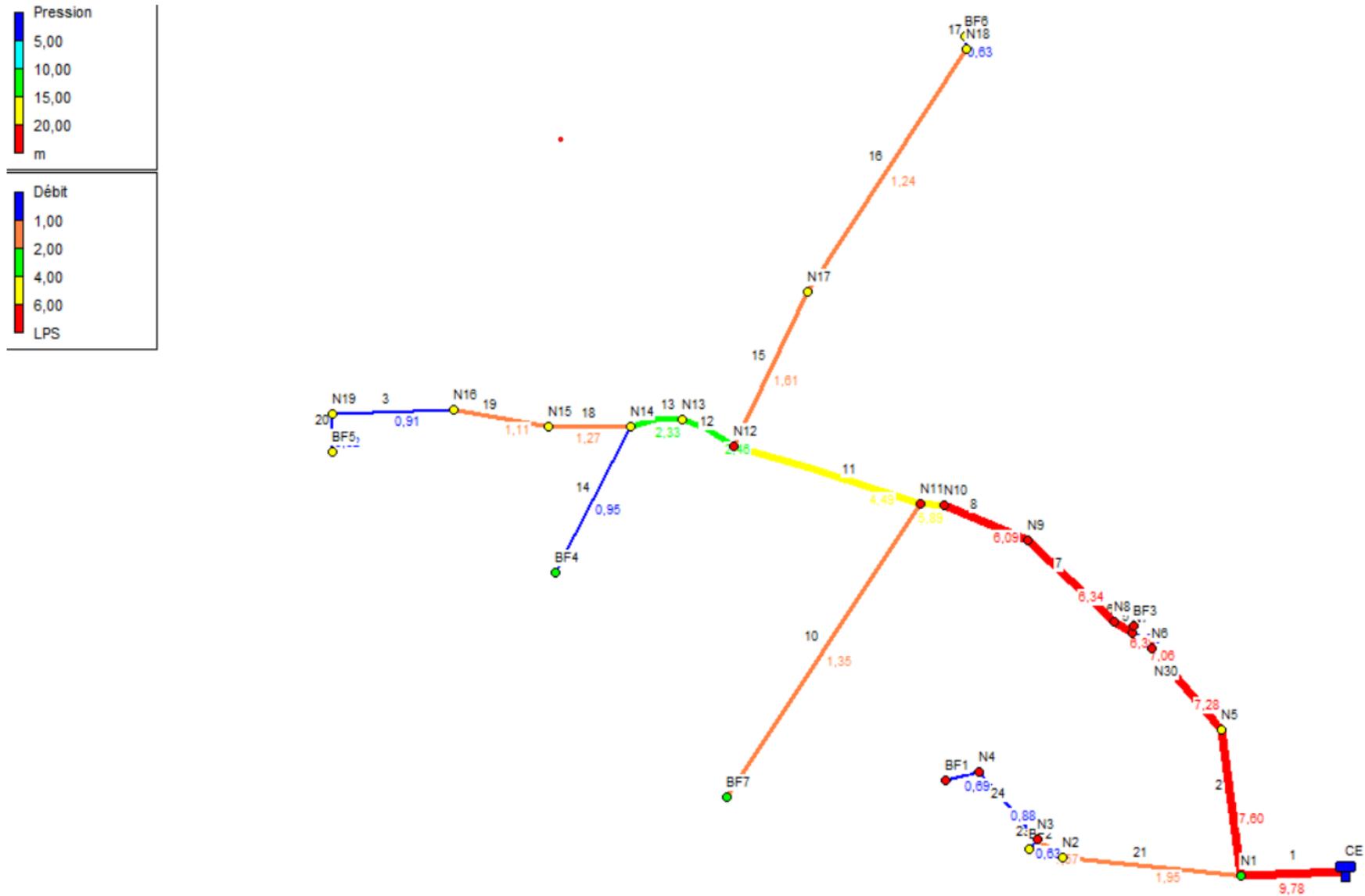


Figure 2 : Résultats de simulation du réseau avec EPANET

V.3.3.3 Pose des conduites

Le tableau suivant présente les caractéristiques des fouilles pour les conduites obtenues à la suite des calculs effectués.

Tableau 14: Caractéristiques des fouilles

Diamètres extérieurs des conduites (mm)	63	75	90	110	125	140	160	200
Profondeur (m)	0,86	0,88	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	1
Largeur (m)	0,46	0,48	0,49	0,51	0,53	0,54	0,56	0,6

Nous pourrions adopter une moyenne de 1m comme profondeur de fouille et une largeur moyenne de 0,6m.

V.4 Dimensionnement du réservoir

Les résultats des calculs d'estimation du volume de stockage du réservoir obtenue par la démarche forfaitaire est consigné dans le tableau ci-dessus :

Tableau 15 : Caractéristiques du réservoir

Caractéristiques	Unités	Horizon 2050
Côte Terrain naturel: Z_{TN}	m	389.60
Besoins de pointe journalière (m ³ /j)	m ³ /J	306
Volume calculé : 25% des besoins	m³	76.5
Volume calculé : 33% des besoins	m ³	100.95
Volume adopté (m³)	m³	50
Diamètre	m	3.5
Hauteur cuve	m	5.20
Hauteur sous cuve	m	10
Temp de contact	h	1.177
temps de séjour	jr	0.238

Pour des raisons économiques, on retiendra une capacité de 50 m³ pour le réservoir de l'AEPS de Rondo à l'horizon 2050, afin de réduire les coûts de mise en œuvre.

V.5 Les équipements électromécaniques

Les études électromécaniques porteront sur le dimensionnement des équipements suivants :

- Le groupe électropompe immergé ;
- La ou les sources d'énergie pour l'alimentation du système ;
- Les câbles ;
- L'asservissement du système.

V.5.1 Le dimensionnement de la pompe

V.5.1.1 La hauteur manométrique totale

Le calcul de la HMT de la pompe est effectué en considérant les caractéristiques du forage ainsi que la cote radier du château d'eau. Nous allons dimensionner l'électropompe avec un débit de 4 m³/h et une hauteur sous radier de 10 m pour le château.

La Hauteur Manométrique Totale est donnée par la formule : $HMT = H_{géo} + J$, avec $J = jL$, la perte de charge est obtenue à l'aide de la formule de Manning Strickler :

$$j = \frac{10.29 * Q^2}{Ks^2 D^{16/3}}$$

- j : la perte de charge unitaire en m/m ;
- Ks : le coefficient de Manning Strickler ;
- J : la perte de charge totale majorée des pertes de charge singulière d'un coefficient de 1.35 ;
- Q : le débit véhiculé par la conduite de refoulement en m³/s ;
- D : le diamètre de la conduite de refoulement en m ;
- L : la longueur de la conduite de refoulement en m.

Les données de calcul des pertes de charges sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16 : Données de calcul de la HMT

Ks	Dint.(mm)	Dint.(m)	Q (m³/h)	L (m)
120	73.60	0.0736	4	1470.35

Avec ces paramètres, les données topographiques et les caractéristiques du forage, le calcul de la HMT conduit aux résultats ci-après présentés.

Tableau 17 : Résultats de calcul de la HMT

J (m)	1.1011
Cote TN château	389.06
Haut cuve niveau d'eau (m)	5,2
Hauteur sous radier(m)	10
Côte TP Château (m)	403.06
Côte TN forage (m)	359.86
H Niveau dyn (m)	49.67
H Géom(m)	92.81
HMT (m)	93.91

La hauteur manométrique totale est de 93.81 m. **Nous retiendrons une HMT = 95 m.**

V.5.1.2 Le choix de la pompe

La pompe est choisie en fonction du débit et de la HMT. Ces caractéristiques permettent de choisir une pompe GRUNDFOS SP5A-21.

Le logiciel de GRUNDFOS donne les caractéristiques électriques suivantes de la pompe :

- Type de pompe : SP5A – 21
- Type de moteur : MS402
- Puissance nominale 2.2 KW
- $U_n = 3 \times 380$ V
- $I_n = 5.50$ A
- $\cos \varphi = 0.85$
- Intensité au démarrage $I_d = 4.4 \times I_n$
- Fréquence = 50 HZ

V.5.1.3 Le point de fonctionnement de la pompe

Le point de fonctionnement d'une pompe est celui où il y a égalité arithmétique pour un débit donné, entre la HMT de la pompe d'une part et la hauteur géométrique augmentée des pertes de charge de la conduite de refoulement. L'égalité signifie que l'effort de la pompe pour élever l'eau compense exactement les résistances opposées par l'installation.

La formule de perte de charge utilisée est celle de Manning Strickler.

La figure ci-après donne la représentation du point de fonctionnement.

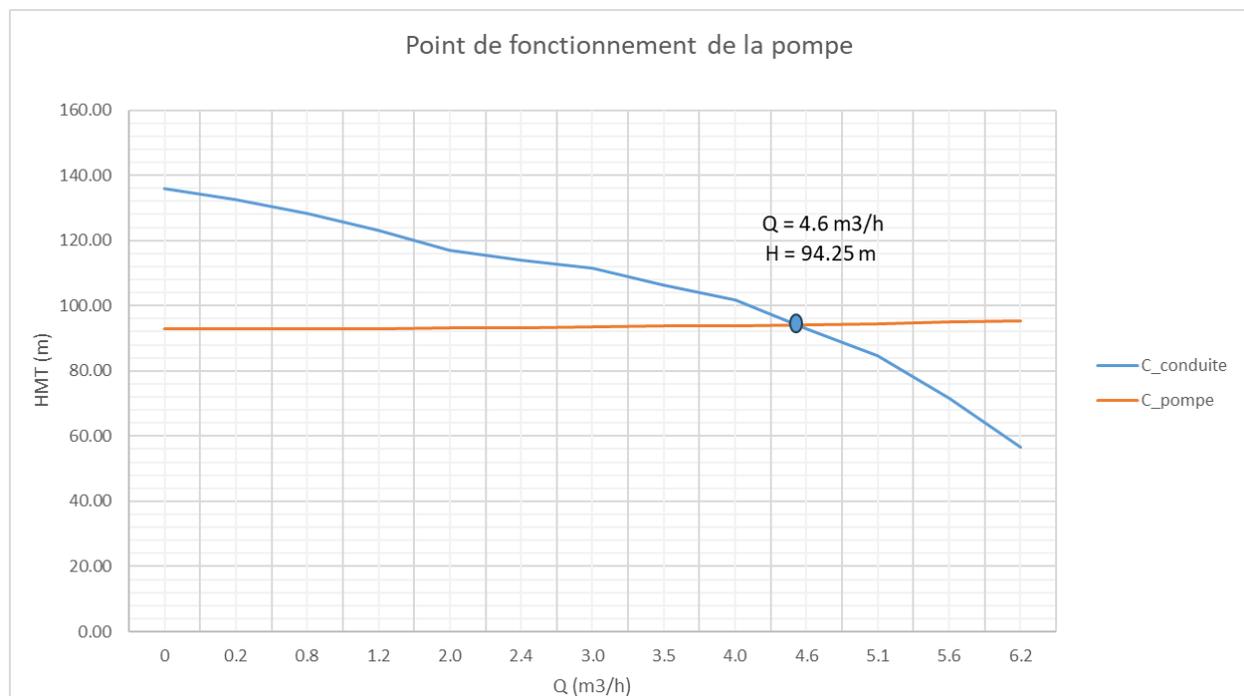


Figure 3 : Point de fonctionnement de la pompe

Le point de fonctionnement de la pompe se situe à une HMT de 94.25 m et un débit de 4.6 m³/h. On constate que l'écart entre le débit au point de fonctionnement et le débit d'exploitation du système est de l'ordre à 15%. La pompe pourra assurer l'approvisionnement en eau du réseau.

V.5.2 Dimensionnement de la source d'énergie

V.5.2.1 Le calibre d'abonnement pour un raccordement au réseau électrique public

La puissance électrique absorbée par l'électropompe

Elle est donnée par la relation suivante :

$$P_{elec} = \frac{Q * HMT}{367 * Rmp}$$

- Q : le débit en m³/h;
- HMT : la Hauteur Manométrique Totale égale à 100 m ;
- Rmp : le rendement du groupe électropompe égal à 45.2%.

L'application de la relation conduit à une puissance de : **Pelec = 2.42 kW. Pour le bilan de puissance et le choix du calibre d'abonnement, on retiendra la puissance de 2.42 kW.**

Bilan de puissance :

- Electropompe de 2.42 KW, Ks= 1, Ku = 0.8, Ke = 1, Pf = 2 KW
- Eclairage 5 luminaires de 18 w soit 90 W ;
- Prises et divers (télé, radio, chargeur etc.) 570 W.

Pa= 2.66 kW; puissance apparente= 3.13 KVA ;

- Intensité nominale calculée = 5.59 A
- Calibre d'abonnement : triphasé 380 V, 10 A.

V.5.2.2 Le système photovoltaïque

L'énergie nécessaire pour déplacer une certaine quantité d'eau d'un niveau à un autre est celle réellement transmise à l'eau par l'électropompe.

Elle est donnée par la relation suivante :

$$E_{elec} = \frac{Ch * Q * HMT}{Rp}$$

- Ch : la constante hydraulique égale à 2.725 ;
- Q : le débit de 32 m³/j ;
- HMT : la Hauteur Manométrique Totale égale à 100 m ;
- Rp : le rendement du groupe électropompe de 45.2%.

L'application de la relation conduit à une énergie hydraulique de **19 292,035 Wh.**

Le calcul de la puissance crête dépend de la puissance hydraulique de la pompe et des différentes pertes.

La relation donnant la puissance crête est :

$$Pc = \frac{Eelec}{E * (1 - P)}$$

- Pc : la puissance crête de l'installation en Wc ;
- Eelec : l'énergie hydraulique en Wh ;
- E : l'ensoleillement moyen pris égal à 6 kWh/m2 ;
- P : les pertes représentant 20%.

La puissance crête calculée de l'installation est de **4 019.17 Wc** .

L'onduleur RSI

La fonction principale de l'onduleur est de transformer le courant continu, produit par le générateur solaire, en courant alternatif monophasé ou triphasé. Une autre fonction de l'onduleur est d'adapter le point de fonctionnement (courant-tension) au générateur. Il assure aussi la gestion et la protection de l'installation.

Le choix de l'onduleur se fait en fonction :

- de la puissance et de la tension d'alimentation de l'électropompe ;
- de la puissance du générateur solaire et de sa tension de sortie.

Les tensions d'entrée et de sortie de l'onduleur devront également être en mesure de supporter les tensions du générateur et de l'électropompe immergée.

Avec ces caractéristiques **nous optons pour un onduleur de type GRUNDFOS RSI de 3 kW** avec une tension d'entrée maximale (VCC) : 380 – 800

Le nombre de panneaux

En prenant des modules de 270 Wc, nous obtenons $Nb = Pc / 270 = 14.88$ panneaux.

Vérification de la tension aux bornes du RSI

La tension d'entrée de l'onduleur RSI est comprise entre 380V et 800V. En considérant une tension de 31,4 V par panneau, le nombre de panneaux nécessaires est compris entre 12,11 (380/31,4) et 25,48 (800/31,4).

Nous retiendrons 16 panneaux (4.32 kWc) montés en série, ce qui respecte les conditions de tension à l'entrée du RSI (380V – 800V).

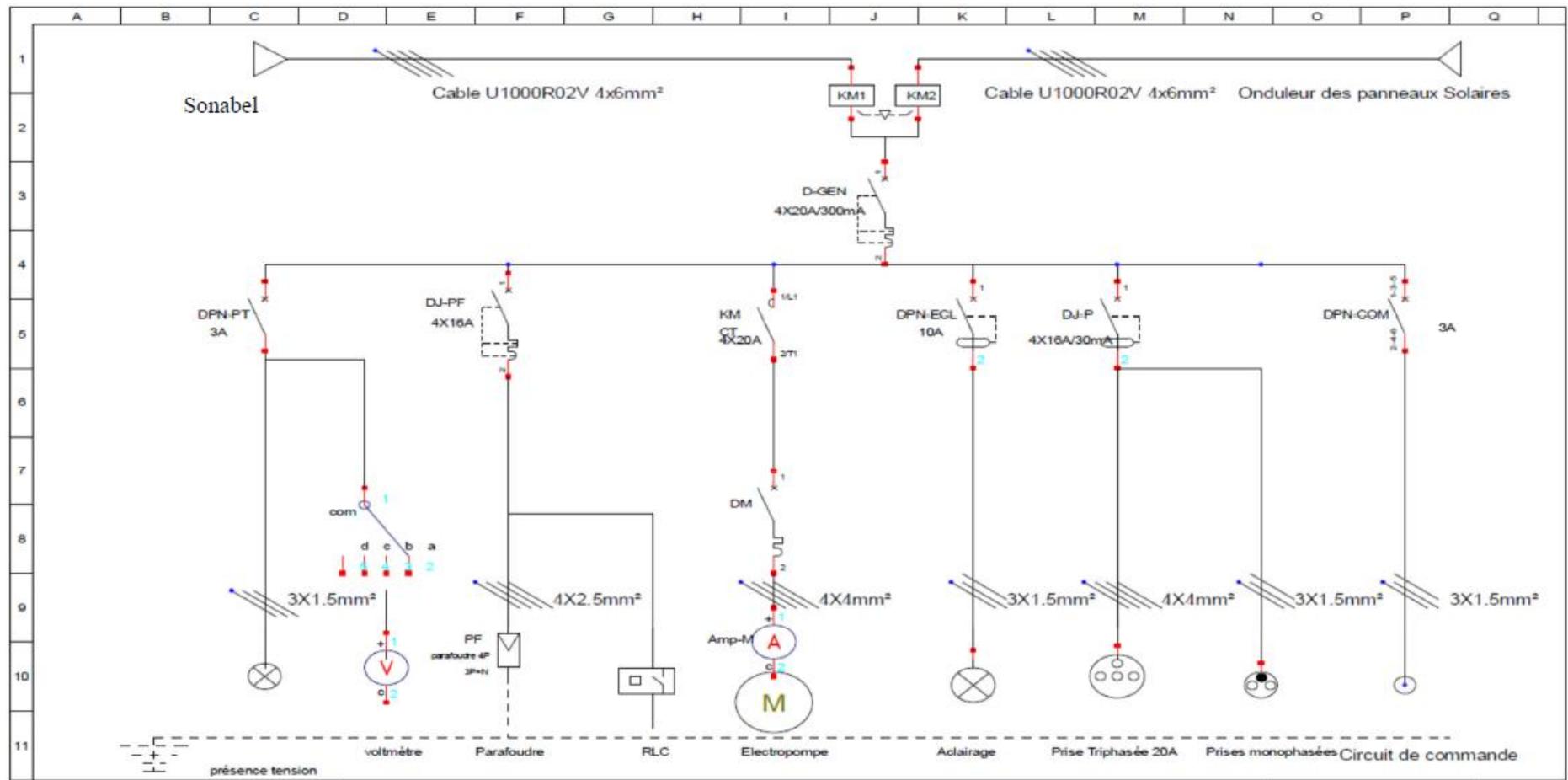


Figure 4 : schéma de câblage du tableau électrique



V.6 Besoin en chlore

L'eau provenant de notre forage possède une qualité conforme à la consommation humaine selon les résultats d'analyse physicochimique et bactériologique (annexe 12). Néanmoins, afin d'éliminer toute contamination liée au contact de l'eau avec les ouvrages du réseau, nous proposons un dispositif de désinfection au chlore.

Pour notre réseau, nous prendrons alors une dose de chlore de 1,5 mg/l afin d'obtenir une concentration de chlore résiduelle $\geq 0,5\text{mg/l}$. sur la base du produit commercial de granulés blancs d'hypochlorite de calcium $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, nous disposons de 92 à 94 % de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, cela correspond à 650-700 g /kg de chlore. Pour les besoins du calcul, nous avons pris 650 g/kg comme valeur de référence pour le produit et la concentration de la solution est de 5 g/l.

Le tableau suivant donne les résultats des besoins pour la mise en place du dispositif de désinfection au chlore

Tableau 18 : les paramètres de désinfection au chlore

Dose de chlore(g/m^3)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Années	2025	2030	2035	2040	2050
Demande de Production du jour de pointe (m^3)	79,46	160,50	191,73	234,35	305,91
Masse journalière de chlore(g/j)	119	241	288	352	459
Concentration de chlore dans le produit(g/kg)	650	650	650	650	650
Masse journalière d'hypochlorite de calcium (g/j)	183	370	442	541	706
Concentration de la solution (g/l)	5	5	5	5	5
Volume journalier de la solution(l) volume du bac	36.7	74.1	88.5	108.2	141.2
temps journalier de refoulement (h/jr)	14.3	16.0	16.0	16.0	16.0
Débit de la pompe doseuse (l/h)	2,6	4,6	5,5	6,8	8,8

Nous obtenons une pompe doseuse débit 9l/s à l'horizon du projet le bac nécessaire pour réaliser le mélange aura une capacité de 141,2 l.

Tableau 19 : Besoins en chlore

Années		2025	2030	2040	2050
Production d'eau	m^3/j	79	160	234	306
	g/j	183	370	541	706
Besoins en chlore	kg/an	67	135	197	258

Néanmoins des analyses régulières sont nécessaires dans le cadre du suivi de l'investissement afin de minimiser les risques sanitaires.

VI ANALYSE DES COUTS ET RENTABILITE FINANCIERE DU PROJET

La méthodologie adoptée dans la présente étude est conforme à celle énoncée dans les termes de références. Il s'agit :

- du calcul du coût total du système AEP ;
- l'évaluation des coûts liés au fonctionnement ;
- l'analyse des coûts d'amortissement
- l'estimation des coûts du renouvellement des ouvrages ;
- le calcul du prix de vente du mètre cube d'eau au niveau des utilisateurs, en se basant sur propositions des TDRs et les résultats des investigations socio-économiques.

VI.1 Devis quantitatif et estimatif

Il ressort du tableau ci-dessous, un investissement de départ du projet d'environ **129** millions de F CFA HTVA, pour la première phase (phase 2030).

Le coût total d'investissement d'ici l'échéance du projet (horizon 2050) est d'environ **165** millions de F CFA HTVA.

La valeur résiduelle à la fin du projet est de moins **49,132** millions de F CFA HTVA.

- **Mode de gestion proposé**

D'après le référentiel sur la délégation du service d'eau potable en zone rural de 2019, l'affermage semble être la meilleure option.

Tableau 20 : Echéanciers des investissements et des renouvellements en milliers de FCFA

Années	Etudes et prospections	Terrain et construction	Ouvrages de captage forage	Pompe + Accessoires	Raccordement au réseau public	Château	Ouvrages de transport et distributions	Champ solaire	Matériels et mobilier bureau	Divers imprévus	Total
2024	1 000	13 950	10 500	5 000	5 000	45 600	78 013	5 500	500	300	165 363
2025											
2026											
2027											
2028											
2029											
2030				5 000							5 000
2031											
2032											
2033											
2034									500		500
2035											
2036											
2037											
2038											
2039											
2040				5 000							5 000
2041											
2042											
2043											
2044									500		500
2045											
2046											
2048											
2049											
2050				5 000							5 000
Total	1 000	13 950	10 500	20 000	5 000	45 600	78 013	5 500	1 500	300	181 363
Durée de vie retenue	5	20	20	7	20	20	20	15	15	20	



Tableau 21 : Amortissement en milliers FCFA

Années	Etudes et prospections	Terrain et construction	Ouvrages de captage forage	Pompe + Accessoires	Château	Ouvrages de transport et distributions	Champ solaire	Matériels et bureau	Divers imprévus	Total
2024		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2025		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2026		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2027		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2028		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2029		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2030		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2031		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2032		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2033		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2034		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2035		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2036		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2037		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2038		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2039		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358

2040		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2041		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2042		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2043		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2044		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2045		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2046		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2047		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2048		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2049		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
2050		698	525	714	2280	3 901	183	50	8	8 358
Total des amortissements	0	18 833	14 175	19 286	61 560	105 318	4 950	1 350	203	225 673
Valeur résiduelle	1 000	-4 883	-3 675	714	-15 960	-27 305	550	150	98	-44 310
Durée de vie retenue										
	5	20	20	7	20	20	15	15	20	

VI.2 Coûts d'exploitation et d'entretien

Les coûts sont les dépenses engendrées par l'organisation et la conduite du processus de production. Il comporte les sorties de fonds par les intrants et les services utilisés dans la production. Le système AEPS supportera deux catégories de charges fonctionnelles : charges fixes et coûts variables.

Les coûts non proportionnels ou de structures ne se modifieront que par suite d'adaptation du système à de nouveaux besoins notamment d'expansion. Les dépenses variables sont liées surtout à la production de l'entreprise. Dans cette étude les coûts d'exploitation consistent en : produits chimiques, électricité, frais d'entretien et de réparation et charges salariales. Le tableau ci-dessous, donne les détails sur le capital d'exploitation suivant :

✓ **la masse salariale constitue un capital fixe.**

Le fonctionnement du système sera assuré par un personnel réduit composé d'un chef de centre, appuyé par **07 fontainiers**. Un gardien assurera la sécurité des installations, ce qui inclut la prise en charge du responsable du centre (diplômé en électromécanique et ayant suivi une formation en plomberie légère), des fontainiers et du gardien.

La rémunération des agents : 60 000 F CFA/mois pour le chef de centre, 40 000 F CFA/mois pour chacun des **07 fontainiers** et 40 000 FCFA pour le gardien.

Il est prévu le rehaussement des salaires de 5% à l'issue de la dixième année et à la vingtième année de fonctionnement du projet, soit un rehaussement de 5% tous les dix (10) ans.

✓ **les produits de traitement**

Les produits de traitement sont des capitaux circulants qui s'estompent durant la campagne de production de l'eau, puis reviennent en début de nouvelle campagne. Le traitement retenu de l'eau se résume à la chloration avec la pompe doseuse. Le chlore de 200 grammes est estimée à 3 000 FCFA. La dépense annuelle varie de de 72 000 F CFA en 2024 à 957 000 en 2050.

✓ **le coût de l'énergie**

Le pompage par le système photovoltaïque ne comporte pas de charges journalières en termes de dépense monétaire en énergie. Son coût est amorti au fil des ans. Toutefois ce système est tributaire de l'ensoleillement et s'avère inopérant en période de faiblement ensoleillement ou de pompage de nuit.

Le réseau électrique devra prendre le relai du système de photovoltaïque en ces périodes. Le cout

de l'énergie est fonction du temps de pompage journalier effectué par le réseau. Il est retenu, un temps de pompage de 6 heures pour la source d'énergie solaire, au-delà, le reste du temps, le pompage s'effectuera à l'aide du réseau électrique public.

La puissance de l'électropompe étant connue ainsi que le cout moyen du kWh. Les dépenses liées au réseau électrique sont calculées en fonction de la production journalière d'eau. Son emploi commence théoriquement dès 2027. La dépense en énergie électrique est évaluée de 0 FCFA en début d'exploitation (besoin en énergie couverte par le système photovoltaïque) et 13 140 000 F CFA en 2050.

✓ **les charges d'entretien et de maintenance**

Pour les charges d'entretien et de maintenance varient estimées à 350 000 F CFA à 1 000 000 FCFA.

Tableau 22 : Charges d'exploitation en milliers de FCFA

Années	Produits chimiques	Energie	Entretien-Réparation	Salaires	Valeurs en milliers de F CFA	Valeurs actualisées aux taux de		
						0%	5%	10%
2025	72	0	350	380	802	802	764	695
2026	124	0	350	380	854	854	774	640
2027	157	0	350	380	887	887	766	575
2028	165	149	350	380	1 044	1 044	859	586
2029	161	72	1 000	380	1 614	1 614	1 264	785
2030	193	729	1 000	380	2 301	2 301	1 717	969
2031	317	3315	1 000	380	5 012	5 012	3 562	1 828
2032	461	6329	1 000	380	8 171	8 171	5 530	2 580
2033	474	6589	1 000	380	8 443	8 443	5 442	2 308
2034	487	6855	1 000	380	8 722	8 722	5 355	2 064
2035	500	7129	1 000	380	9 009	9 009	5 267	1 846
2036	513	7410	1 000	399	9 323	9 323	5 191	1 654
2037	527	7699	1 000	399	9 625	9 625	5 104	1 479
2038	541	7996	1 000	399	9 936	9 936	5 018	1 321
2039	556	8300	1 000	399	10 255	10 255	4 933	1 181
2040	571	8613	1 000	399	10 583	10 583	4 848	1 055
2041	587	8934	1 000	399	10 920	10 920	4 764	943
2042	678	10833	1 000	399	12 909	12 909	5 364	965
2043	696	11214	1 000	399	13 309	13 309	5 267	861
2044	715	11605	1 000	399	13 719	13 719	5 171	769
2045	734	12007	1 000	399	14 140	14 140	5 076	686
2046	754	12420	1 000	419	14 593	14 593	4 989	613
2047	774	12844	1 000	419	15 038	15 038	4 896	547
2048	795	13140	1 000	419	15 354	15 354	4 761	483
2049	817	13140	1 000	419	15 376	15 376	4 540	419
2050	957	13140	1 000	419	15 516	15 516	4 364	366



VI.2.1 Recettes du projet

Tableau 23 : Recettes du projet AEP en milliers de F CFA

Années	Volume total des Ventes (m ³ /an)	Volume d'eau vendu (m ³)			Prix de vente du m ³ (F CFA) selon l'étude tarifaire			Total ventes(milliers de FCFA)
		BF	BP ménage	BP autres conso	BF	BP ménage	BP autres conso	
2024	4 018	2 236	1 782	201	300	400	500	2 991
2025	8 267	4 133	4 133	413	300	400	500	6 200
2026	8 697	4 348	4 348	435	300	400	500	6 523
2027	9 158	4 579	4 579	458	300	400	500	6 869
2028	8 955	4 477	4 477	448	300	400	500	6 716
2029	10 705	5 353	5 353	535	300	400	500	8 029
2030	24 964	5 991	13 980	1 248	300	400	500	16 875
2031	25 638	6 153	14 357	1 282	300	400	500	17 331
2032	26 330	6 319	14 745	1 316	300	400	500	17 799
2033	27 041	6 490	15 143	1 352	300	350	500	17 955
2034	27 771	6 665	15 552	1 389	300	350	500	18 440
2035	28 521	6 845	15 972	1 426	300	350	500	18 938
2036	29 291	7 030	16 403	1 465	300	350	500	19 449
2037	30 081	7 220	16 846	1 504	300	350	500	19 974
2038	30 894	7 414	17 300	1 545	300	350	500	20 513
2039	31 728	7 615	17 768	1 586	300	350	500	21 067
2040	36 658	10 997	21 995	1 833	300	350	500	25 844
2 041	37 647	11 294	22 588	1 882	300	350	500	26 541
2 042	38 664	11 599	23 198	1 933	300	350	500	27 258
2 043	39 708	11 912	23 825	1 985	300	350	500	27 994
2 044	40 780	12 234	24 468	2 039	300	350	500	28 750
2 045	41 881	12 564	25 128	2 094	300	350	500	29 526
2 046	43 012	12 903	25 807	2 151	300	350	500	30 323
2 047	44 173	13 252	26 504	2 209	300	350	500	31 142
2 048	45 366	13 610	27 219	2 268	300	350	500	31 983
2 049	46 590	13 977	27 954	2 330	300	350	500	32 846
2 050	47 848	19 139	28 709	2 392	300	350	500	35 408
Total	794 382	236 351	460 132	124 681				553 283

Les recettes proviendront de la vente d'eau (produit principal) et des branchements particuliers.

le décret N°2019/1145/PRES/PM/MEA/MINEFID/MATDC/MCIA relatif aux prix de l'eau en milieu rurale, propose les coût du mètre cube suivants :

- 300 Fr CFA au niveau des BF ;
- 400 Fr CFA entre l'année 1 et l'année 9, le reste du temps ce prix est de 350 Fr CFA pour les BP des ménages;
- 500 Fr CFA est fixé jusque en 2030 au profit des autres abonnées ;

Par ailleurs, une redevance mensuelles de 500 Fr CFA est appliquée aux abonnés de ménage et 1000 Fr CFA pour les autres abonnés.

VI.2.2 Analyse des critères de rentabilité financière

La simulation est réalisée en prenant en compte :

- La charge d'exploitation ;
- Le renouvellement ;
- L'investissement de base.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 24 : Charges et produits en milliers de F CFA

Années	Investissements	Renouvellement	Valeur résiduelle	Charges d'exploitation	Recettes	Cash-flow	Cash-flow au taux de		
							0%	5%	10%
2024	165 363			0	0	-165363	-165363	-165363	-165363
2 025				802	2 991	2188	2 188	2 084	1 989
2026				854	6 200	5346	5 346	4 849	4 419
2 027				887	6 523	5636	5 636	4 869	4 235
2028				1 044	6 869	5825	5 825	4 792	3 979
2 029				1 614	6 716	5102	5 102	3 998	3 168
2030		5 000		2 301	8 029	728	728	543	411
2 031		0		5 012	16 875	11864	11 864	8 431	6 088
2032		0		8 171	17 331	9160	9 160	6 200	4 273
2 033				8 443	17 799	9356	9 356	6 031	3 968
2034		500		8 722	17 955	8733	8 733	5 361	3 367
2 035				9 009	18 440	9431	9 431	5 514	3 305
2036				9 323	18 938	9615	9 615	5 354	3 064
2 037				9 625	19 449	9824	9 824	5 210	2 846
2038		0		9 936	19 974	10038	10 038	5 070	2 643
2 039				10 255	20 513	10258	10 258	4 934	2 456
2040		5 000		10 583	21 067	5484	5 484	2 512	1 194
2 041				10 920	25 844	14924	14 924	6 511	2 953
2042				12 909	26 541	13632	13 632	5 664	2 452
2 043				13 309	27 258	13949	13 949	5 520	2 281
2044		500		13 719	27 994	13775	13 775	5 192	2 048
2 045		0		14 140	28 750	14609	14 609	5 244	1 974
2046				14 593	29 526	14933	14 933	5 105	1 834
2 047				15 038	30 323	15286	15 286	4 977	1 707
2048				15 354	31 142	15788	15 788	4 895	1 603
2 049				15 376	31 983	16607	16 607	4 904	1 533
2 050		5 000		15 516	35 408	14892	14 892	4 188	1 250
TOTAL	165 363	16 000	0	237 452	520 436	101 621	101 621	-37 409	-94 326
VAN							101 621	-37 409	-94 326



Tableau 25 : Valeurs actuelles en milliers de F CFA

Taux	Investissements	Utilisation du renouvellement	Charges d'exploitation	Vente d'eau
0%	44 310	16 000	237 452	520 436

Tableau 26 : Prix de revient du m³ d'eau (FCFA)

Tau	Proportion des Investissement	Utilisation du renouvellement	Coûts liés à l'exploitation du système	Prix du m ³
0%	85.14	30.74	456.26	572.14

Interprétation économique des résultats

La VAN calculée au taux 0% est positive et négative aux taux 5% et 10%. Le TRI (le taux d'actualisation qui annule la VAN) est de 2,0%. Le m³ d'eau revient à 572,14 F CFA, ce qui est supérieur au prix de vente du m³ fixé par le décret N°2019/1145/PRES/PM/MEA/MINEFID/MATDC/MCIA. Il faut noter que cette estimation du prix du mètre cube d'eau ne prend pas en compte le coût d'investissement initial, elle prend en compte les amortissements et renouvellements ainsi que les charges d'exploitation.

L'analyse financière montre que le mètre cube d'eau reviendra environ à 572,14 Fr CFA taxes non comprises ; ensuite, on y ajoute le salaire du manœuvre et la taxe exigée au niveau communal. Si le mètre cube est vendu à 300 Fr CFA, cela ne couvrira pas les charges liées au fonctionnement du système. D'où une rentabilité très faible. Néanmoins, il faudrait garder à l'esprit que les évaluations sont réalisées à partir de quantités théoriques. Cela peut conduire à une surestimation des valeurs qui ne seront pas atteintes dans la pratique.

En revanche, la possibilité d'associer plusieurs AEPS dans la zone du projet pourrait permettre à l'exploitant d'assurer la rentabilité. Aussi, pour minimiser les pertes, il faut encourager les branchements particuliers.

Pour augmenter les marges bénéficiaires, les recouvrements devraient être optimaux avec le moins de charges possible.

Les consommateurs devront être sensibilisés et encouragés à adopter les bonnes pratiques de consommations et d'utilisation du système.

Enfin, un suivi rigoureux et régulier de l'état des installations est capital, avec une attention particulière sur les délais de renouvellement. Le projet d'AEPS aura un impact social fort dans la zone du projet, cet aspect mérite sa mise en œuvre en dépit de la faible rentabilité.

VIII SYNTHÈSE DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

Cette partie fait l'économie du rapport d'étude de la notice d'impact sur l'environnement. elle a été réalisée par le bureau d'étude GREEN-DIC conformément aux termes de références de l'étude.

VIII.1 La démarche adoptée

Une démarche analytique basée sur les enjeux au plan socio-environnemental a été utilisée. Pour évaluer la sensibilité de la zone de projet par rapport aux travaux prévus, une liste de contrôle a été élaborée en établissant des liens entre les éléments du milieu naturel susceptibles d'être affectés de manière significative et les aspects du projet. Par la suite, les investigations sur le terrain ont permis de caractériser et de hiérarchiser les impacts et risque susceptible de perturber significativement le milieu naturel ainsi que le bien-être de la population .

Tableau 27 : les principaux enjeux environnementaux et sociaux du projet

Enjeux et risques	Description	Niveau de sensibilité
Perturbation de circulation et risque d'accidents	Les travaux de creusement des fosses de conduites vont engendrer une perturbation de la circulation des habitants. Cependant le risque qu'un enfant un animal ou qu'un usager tombe dans un fossé qui traverse la route existe et peut survenir à tout moment.	Fort
La question foncière	Les travaux pour la construction du château d'eau, la réalisation forages et l'ouverture des tranchés pour la pose des conduites engendrera des perturbations. L'impact inévitable sera la perturbation temporaire des activités socio-économique par l'obstruction des voies de circulation pendant la phase des travaux.	Fort
Enjeux et risques	Description	Niveau de sensibilité
Mauvaise gestion des déchets	Par ailleurs, la mise en œuvre du projet induira une production de déchets divers (déchets issus de l'usage de matériaux en PVC, vidange issue de l'entretien du matériel roulant, déchets d'emballage et de type ménagers) en phase de chantier qui nécessiteront une gestion adéquate pour limiter les impacts négatifs sur l'environnement. Ainsi, l'élaboration d'un plan de gestion des déchets contribuera à réduire la prolifération des dépotoirs sauvages.	Moyen
Violences basées sur le genre et l'augmentation des IST/VIH SIDA.	Aussi, la présence d'ouvriers salariés pourrait entraîner des comportements abusifs et des violences sexuelles sur les groupes vulnérables (veuves, mineurs) lors des travaux. De même le brassage des ouvriers avec les populations de la zone du projet sans mesures adéquates, pourrait augmenter la prévalence des MST/SIDA, dans la zone du projet. Pour ce faire, l'organisation des séances d'Information/Sensibilisation, d'Education et de communication (IEC) sera nécessaire.	Moyen
Végétation et faune	La végétation sera moyennement affectés car les ouvrages ponctuels (BF, PB, réservoir) peuvent être implanter en évitant des coupes d'arbres ; Les ouvrages linéaires ont peuvent occasionnée des défrichement, le degré de cette nuisance peut-être minimiser en adoptant un tracé favorable	Moyen

Source : Rapport de NIES , Green-Dic. AEPS rondo 2024

VIII.2 L'évaluation des impacts

À travers une combinaison de critères bien définie dans une matrice cohérente, l'importance des risques et impact du projet est évalué suivant trois étapes :

- Établir la liste des activités pouvant générer des impacts et identifier les composantes environnementales touchées ;
- Déterminer l'intensité de l'impact subit par chaque composante et évaluer la durée et l'étendue des effets ;
- Une analyse croisée des impacts suivant leur durée, leur intensité et leur étendue permet de déduire leur importance absolue (grille de FECTEAU).

Après cette caractérisation, les mesures appropriées sont ainsi adoptées en vue de supprimer, atténuer ou minimiser les effets négatifs. Des propositions sont également faites en faveur de la bonification des effets positifs.

Tableau 28 : résumé des impacts et leur évaluation

Impacts	Nature de l'impact	Importance absolue de l'impact
Phase préparation & de construction		
<i>Milieu biophysique</i>		
Impact sur le sol	N	<i>Moyenne</i>
Impact sur les ressources en eau	N	<i>Mineure</i>
Impact sur la faune/flore	N	<i>Mineure</i>
Impact sur le paysage	N	<i>Mineure</i>
Impact sur la qualité de l'air	N	<i>Mineure</i>
<i>Milieu humain</i>		
Impacts socio-économiques	P	<i>Majeure</i>
Impact sur les conditions des femmes	P	<i>Moyenne</i>
Impact sur le foncier	N	<i>Moyenne</i>
Impact sur l'amélioration des conditions de vie	P	<i>Majeure</i>
Impact sur la santé et la sécurité	N	<i>Moyenne</i>
Impact sur la circulation	N	<i>Moyenne</i>
Impact sur les bâtis	N	<i>Mineure</i>
Phase d'exploitation		
<i>Milieu biophysique</i>		
Impact sur le sol	N	<i>Mineure</i>
Impact sur la faune/flore	N	<i>Mineure</i>
Impact sur les ressources en eau	N	<i>Majeure</i>
Impact sur le paysage	P	<i>Mineure</i>
Impact sur la qualité de l'air	N	<i>Mineure</i>
<i>Milieu humain</i>		
Impacts socio-économiques	P	<i>Majeure</i>
Impact sur les conditions des femmes	P	<i>Majeure</i>
Impact sur l'amélioration des conditions de vie	P	<i>Majeure</i>
Impact sur le foncier	N	<i>Mineure</i>
Impact sur la santé et la sécurité	N	<i>Mineure</i>

Source : Rapport de NIES , Green-Dic. AEPS rondo 2024

Tableau 29 : Résumé des couts des mesures du plan de gestion environnemental et social

Mesures	Activités	Unités	Quantité	Coûts unitaires	TOTAL	Responsabilités	
IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX						Exécution	suivi
Plan environnemental							
Mise en œuvre d'un Plan d'Exploitation et de mise en État des sites d'emprunt	Mise en état des zones d'emprunt	Ha	1	1 000 000	1 000 000	Entreprise	DREA-NORD/Mdc
Mise en œuvre d'un Plan de Protection des Eaux de surface et souterraine	Bac à ordure	FCFA	5	25 000	125 000	Entreprise	DREA-NORD/Mdc
Réalisation d'un aménagement paysager autour des différents ouvrages des AEPS (BF, local technique)	Quatre (04) pieds au niveau de chaque BF Prévoir un nombre de 50 plants pour tout le pourtour du local technique et bureau	Plants	100	20 000	200 000	Entreprise/DREE	DREA-NORD/Mdc
Total au Plan environnemental					1 425 000		
Plan social							
Mise en œuvre d'un plan de réduction des nuisances sonores et de préservation de la sécurité des riverains et du personnel de chantier	EPI (habits, gilets, chaussures, casques anti bruit, gants, etc.)	Nombre	35	12 000	420 000	Entreprise	Mdc
	Sensibilisation du personnel	Séance	8	30 000	240 000	Entreprise	Mdc
Subventions des branchements au profit de centres sociaux (écoles, CSPS)	Prise en charge des branchements au profit de centres sociaux (écoles, CSPS)	FCFA			PM	DREA-NORD/mairie	
Appui au renforcement des capacités des acteurs du dispositif de gestion des plaintes	Relais villageois Membres des comités de gestion des plaintes	Séance	2	800 000	1 600 000	DREA-NORD/entreprise	DRE/Mdc
Appui au fonctionnement du Mécanisme de Gestion des Plaintes (MGP)	Prévision de séances de travail de cinq relais villageois Prévision de la tenue de quatre (04) sessions du CCGP Prévision de la tenue de trois (03) sessions du CRGP Prévision de la tenue de deux (02) sessions du CNGP	Séance	3	1 000 000	3 000 000	DREA-NORD/entreprise	Mairie/Mdc

Etude technique détaillée de l'AEPS de Rondo dans la commune de Kalsaka Région du Nord

Appui à l'équipement des comités du MGP-DREA-NORDA	Achat de : Registre, rame de papier, stylo, boîte à idées, exemplaire du document du MGP, Téléphone	Forfait	1	500 000	500 000	Entreprise	Mdc
Système d'évacuation des eaux usées (bacs, abreuvoirs, etc.)	Mesures de mitigation	Nombre	1	500 000	500 000	Entreprise	DREA-NORD/Mdc
Mise en œuvre d'un plan de gestion du trafic.	Campagnes de sensibilisation du personnel	Séance	2	800 000	1 600 000	Entreprise	DREA-NORD/Mdc
	Panneaux de signalisation, balises et consignes de circulation	Nombre	30	100 000	3 000 000	Entreprise	DREA-NORD/Mdc
Total au Plan Social					10 820 000		
RISQUES ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX							
Mise en œuvre des mesures de réduction de contamination des eaux de surface et des eaux souterraines	IEC envers les populations riveraines	Séance	2	500 000	1 000 000	Entreprise	DREA-NORD/Mdc
Mise en œuvre d'un Plan de prévention des accidents et des maladies professionnelles	Formation sur les risques d'accident et sur les consignes de sécurités	Séance	1	200 000	200 000	Entreprise	DREA-NORD/Mdc
Mise en œuvre des mesures de réduction de chutes de plain-pied et lors des travaux en hauteur	Sensibilisation du personnel de chantier sur les mesures de sécurité et de gestion des chantiers	Séance	3	40 000	120 000	Entreprise	DREA-NORD/Mdc
Mise en œuvre d'un plan de réduction de VBG	IEC envers les populations riveraines sur les consignes de sécurité	Séance	2	100 000	200 000	Entreprise	DREA-NORD/Mdc
Mise en œuvre d'un plan de réduction des risques de conflits sociaux	IEC sur le respect des us et coutumes et sur la cohésion sociale	Séance	2	50 000	100 000	Entreprise	DREA-NORD/Mdc
Total Risques					1 820 000		
Renforcement des capacités		FF		1 000 000			
Surveillance et suivi environnemental		FF		1 000 000			
TOTAL GENERAL					16 20 000		

Source : Rapport de NIES , Green-Dic. AEPS Rondo 2024

IX CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La réalisation du système d'AEPS dans le village de Rondo contribuera énormément à l'amélioration des conditions d'accès à l'eau potable des populations, notamment au niveau de la qualité du service de l'eau. Les corvées d'eau rendues difficiles par la distance, les longues files d'attente et conflits des usagers, et la récurrence des pannes seront considérablement améliorées.

Notre projet contribuera à améliorer également le taux d'accès à l'eau potable dans la zone et ainsi favoriser l'atteinte des objectifs du PN-AEPA, car le diagnostic du système actuel d'approvisionnement en eau potable a révélé un taux d'accès faible.

L'étude technique propose une mise en œuvre de l'AEPS avec la nécessité de renforcer le débit du système par la réalisation d'un forage à gros débit de 10 m³/h au minimum et d'un système d'énergie afin de satisfaire les besoins en eau à l'horizon 2050.

Le réseau de distribution s'étend sur 4 591,29 m et le réseau de refoulement sur 1 471 m.

Le stockage est assuré par un château d'eau métallique de forme cylindrique, de forme cylindrique, surélevé de 10 m et de volume de cuve de 50 m³.

La mise en affermage du système d'AEPS est le mode de gestion proposée en mettant un accent particulier pour la disponibilité et la pérennité des documents et informations techniques de l'AEPS au niveau des services techniques de contrôle et de suivi de l'AEP (ministères, Direction Régionale de l'Eau et de l'Assainissement, collectivités, etc.)

Le cout des travaux s'élève à **159 629 212 F CFA HTVA et 188 362 470 F CFA TTC.**

BIBLIOGRAPHIE

GREEN-DIC (2024). Rapport d'étude socioéconomique du système AEPS de Rondo . Version définitive

GREEN-DIC (2024). Rapport de la Notice d'Impact Environnemental et Social du système AEPS de Rondo

Ministère de l'Eau et l'Assainissement (2017). Programme national d'Approvisionnement en Eau Potable; PN- AEPA (2017-2030)

Ministère en charge de l'Économie, des Finances et du Développement (2019). Le Recensement Général de la Population et de l'Habitation au Burkina Faso (RGPH). (Rapport définitif) 2022 .

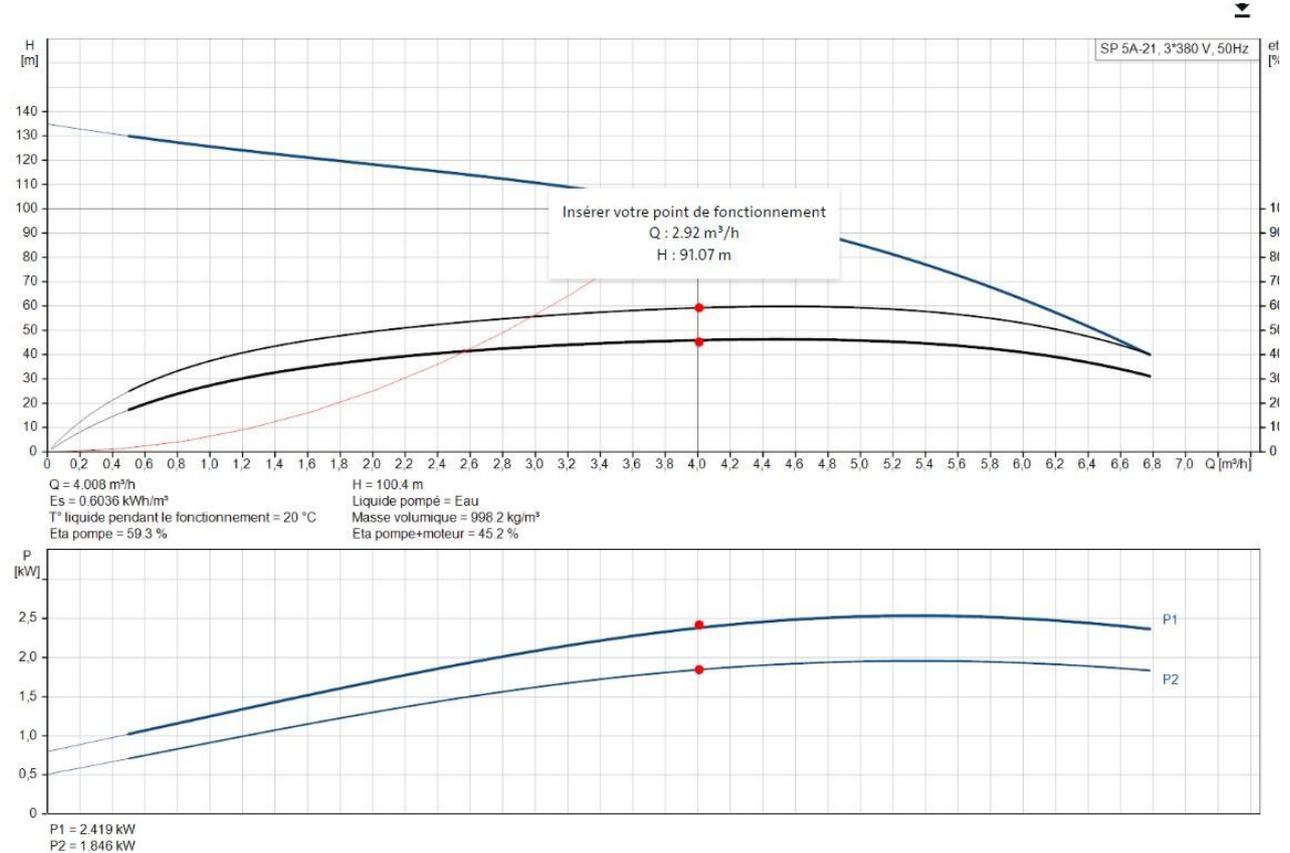
Anthony D. Palingwendé OUEDRAOGO (2022). Étude technique d'avant-projet détaillé (APD) pour la réalisation de l'AEPS Multi village de Yankasso et Tuena dans la commune de Safané au Burkina Faso. (Mémoire technique) (p 23,p28) 2IE

Martin SOULI (2023). Étude technique du système l'adduction en eau potable de la ville de Tiébélé. . Mémoire de fin d'études .2IE

Ministère de l'Eau et de l'Assainissement , 2019. Guide National sur la délégation du service en matière d'eau potable en milieu rural au Burkina Faso. 2019.

ANNEXES

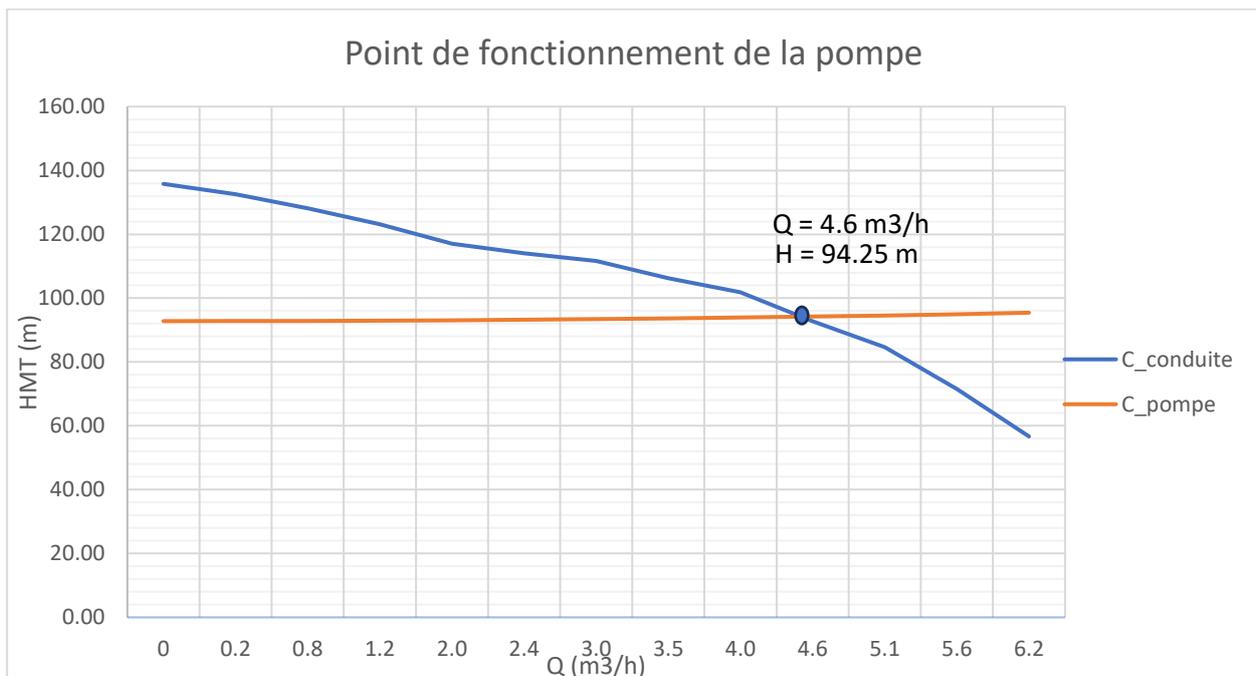
Annexe 1 : caractéristique de la pompe et point de fonctionnement



SP5A-21

Pompe immergée, convient au pompage d'eau propre. La pompe peut être installée à la verticale ou à l'horizontale. Tous les composants sont en acier inoxydable, EN 1.4301 (AISI 304), pour une grande résistance à la corrosion. Cette pompe est homologuée pour la délivrance d'eau potable. La pompe est équipée d'un moteur 2.2 kW MS402 avec étanchéité par joint à lèvres et protection anti-sable, lubrification à l'eau des paliers et une membrane de compensation du volume. Le moteur est à rotor noyé et offre une bonne stabilité mécanique et un haut rendement. Température maximale de 40 °C. Le moteur est dépourvu de capteur de température. Si la régulation de la température est nécessaire, un capteur Pt1000 peut être installé. Le moteur permet un démarrage direct.

L(m)	1470.35			
D (m)	0.0736			
HGEO (m)	92.81			
CONDUITE DE REFOULEMENT				POMPE SP5A-21
Q (m3/h)	Q (m3/s)	PDC	HMT =	HMT
0	0	0	92.81	135.80
0.2	5.55556E-05	0.002751745	92.81275174	132.56
0.8	0.000225	0.045135493	92.85513549	128.17
1.2	0.000336111	0.100720736	92.91072074	123.12
2.0	0.000555556	0.275174472	93.08517447	117.04
2.4	0.000675	0.406219435	93.21621944	114.01
3.0	0.000830556	0.615021824	93.42502182	111.65
3.5	0.000980556	0.857230395	93.66723039	106.25
4.0	0.001108333	1.095201278	93.90520128	101.87
4.6	0.001272222	1.443042449	94.25304245	92.76
5.1	0.001405556	1.761364278	94.57136428	84.60
5.6	0.001563889	2.180544431	94.99054443	71.51
6.2	0.001719444	2.635903147	95.44590315	56.67



Annexe 2 : Valeurs aux nœuds du réseau de distribution de l'AEPS de Rondo

ID Noeud	Altitude m	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud BF5	357,96	0,62	381,99	24,03
Noeud N12	361,47	0,42	386,3	24,83
Noeud BF6	359,72	0,63	380,71	20,99
Noeud N14	360,34	0,11	384,32	23,98
Noeud BF4	362,8	0,95	381,72	18,92
Noeud N11	363,5	0,05	389,92	26,42
Noeud BF7	369,82	1,35	385,96	16,14
Noeud N1	385,75	0,22	398,33	12,58
Noeud BF2	376,01	0,63	393,7	17,69
Noeud N3	374,58	0,06	393,8	19,22
Noeud BF1	371,13	0,69	392,99	21,86
Noeud N7	371,87	0,05	393,27	21,4
Noeud BF3	372,08	0,62	393,22	21,14
Noeud N5	380,81	0,32	395,57	14,76
Noeud N6	373,28	0,23	393,72	20,44
Noeud N8	370,91	0,05	392,94	22,03
Noeud N9	367,93	0,25	391,38	23,45
Noeud N10	363,99	0,2	390,2	26,21
Noeud N13	360,69	0,13	385,91	25,22
Noeud N17	360	0,37	383,57	23,57
Noeud N18	359,7	0,61	380,82	21,12
Noeud N15	360,1	0,16	383,56	23,46
Noeud N16	358,91	0,21	382,79	23,88
Noeud N2	376,72	0,39	394,28	17,56
Noeud N4	371,89	0,19	393,35	21,46
Noeud N19	357,97	0,28	382,07	24,1
Réservoir CE	397	-9,78	399	2

Annexe 3 : résultats du dimensionnement du réseau de distribution

Tronçon	Longueur (m)	Débit (l/s)	D.th (mm)	Dn. (mm)	Dint.(m)	j(m)/Tronçon	jx-r. (m)	Ztn. aval (m)	Pmin. (m)	Zmin.	P en X(m)	Vitesse (m/s)
R-N1	184,26	9,739	111,33	140	133,04	0,671	0,671	385,75	10	396,421	13	0,701
N1-N2	317,77	1,841	48,41	63	55,4	3,774	4,445	376,72	10	391,165	18	0,76
N2-N3	53,62	1,455	43,03	63	55,4	0,412	4,857	374,58	10	389,437	20	0,60
N3-BF2	22,93	0,600	27,63	50	45,2	0,092	4,949	376,01	10	390,959	18	0,37
N3-N4	156,27	0,790	31,71	63	55,4	0,387	5,244	371,89	10	387,134	22	0,33
N4-BF1	70,22	0,600	27,63	50	45,2	0,282	5,526	371,13	10	386,656	22	0,37
N1-N5	260,95	7,674	98,83	110	96,8	2,876	3,5472	380,81	10	394,357	15	1,04
N5-N6	187,96	7,357	96,76	110	96,8	1,916	5,4633	373,28	10	388,743	20	1,00
N6-N7	43,56	7,129	95,25	110	96,8	0,419	5,882	371,87	10	387,752	21	0,97
N7-BF3	12,5	0,615	27,98	50	45,2	0,053	5,935	372,08	10	388,015	21	0,38
N7-N8	38,35	6,461	90,68	110	96,8	0,307	6,242	370,91	10	387,152	22	0,88
N8-N9	206,24	6,414	90,35	110	96,8	1,631	7,873	367,93	10	385,803	23	0,87
N9-N10	166,43	6,163	88,56	110	96,8	1,222	9,095	363,99	10	383,085	26	0,84

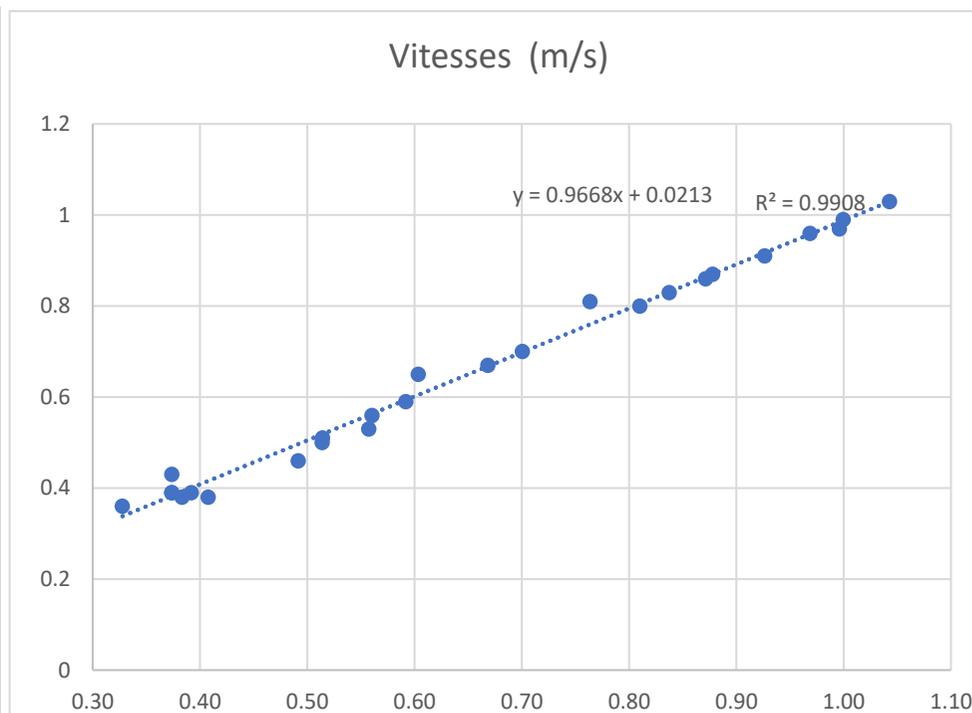
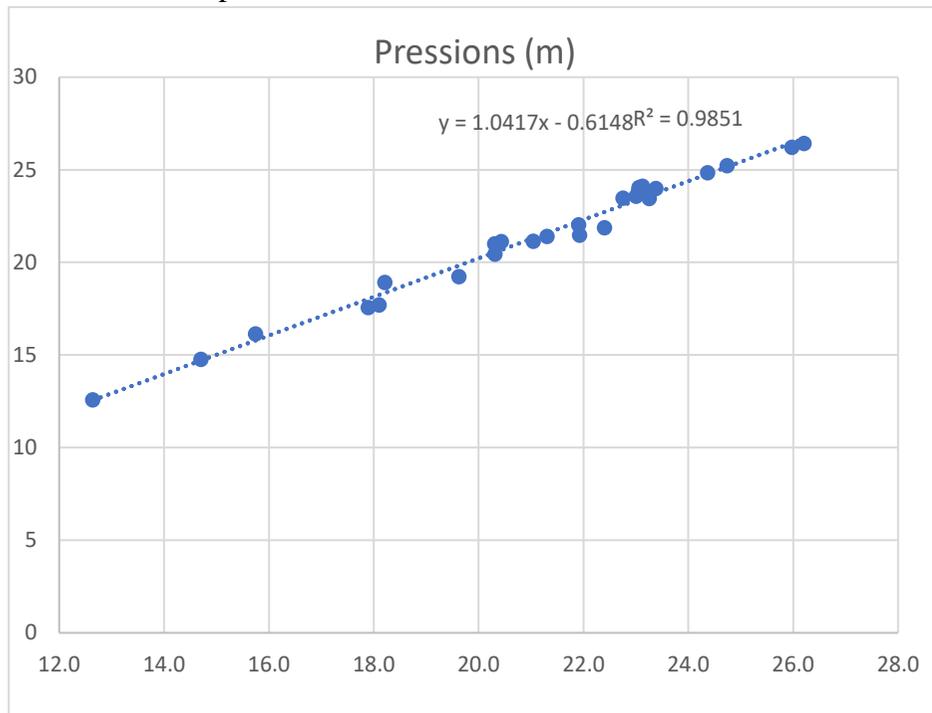


Etude technique détaillée de l'AEPS de Rondo dans la commune de Kalsaka Région du Nord

Tronçon	Longueur (m)	Débit (l/s)	D.th (mm)	Dn. (mm)	Dint.(m)	j(m)/Tronçon	jx-r. (m)	Ztn. aval (m)	Pmin. (m)	Zmin.	P en X(m)	Vitesse (m/s)
N10-N11	37,46	5,961	87,10	110	96,8	0,259	9,354	363,50	10	382,854	26	0,81
N11-BF7	618,2	1,351	41,47	63	55,4	4,139	13,493	369,82	10	393,313	16	0,56
N11-N12	345,43	4,564	76,21	90	79,2	3,865	13,219	361,47	10	384,689	24	0,93
N12-N13	109	2,533	56,78	90	79,2	0,410	13,629	360,69	10	384,319	25	0,51
N13-N14	88	2,401	55,28	63	55,4	1,709	15,338	360,34	10	385,678	23	1,00
N14-BF4	288	0,950	34,77	50	45,2	2,706	18,044	362,80	10	390,844	18	0,59
N14-N15	131	1,344	41,36	63	55,4	0,868	16,206	360,10	10	386,306	23	0,56
N15-N16	169,56	1,185	38,83	63	55,4	0,890	17,096	358,91	10	386,006	23	0,49
N16-N19	232,78	0,983	35,37	63	55,4	0,865	17,961	357,97	10	385,931	23	0,41
N19-BF5	18,84	0,600	27,63	50	45,2	0,076	18,037	357,96	10	385,997	23	0,37
N12-N17	305,71	1,611	45,28	63	55,4	2,836	16,055	360,00	10	386,055	23	0,67
N17-N18	502,52	1,240	39,73	63	55,4	2,871	18,925	359,70	10	388,625	20	0,51
N18-BF6	23,73	0,629	28,29	50	45,2	0,104	19,029	359,72	10	388,749	20	0,39

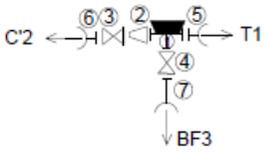
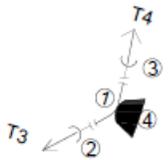
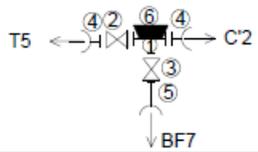
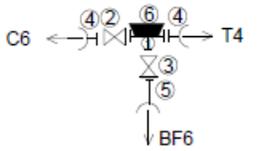
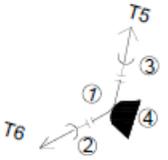


Annexe 4 : Comparaison entre valeurs calculées avec Excel et valeurs simulées avec EPANET



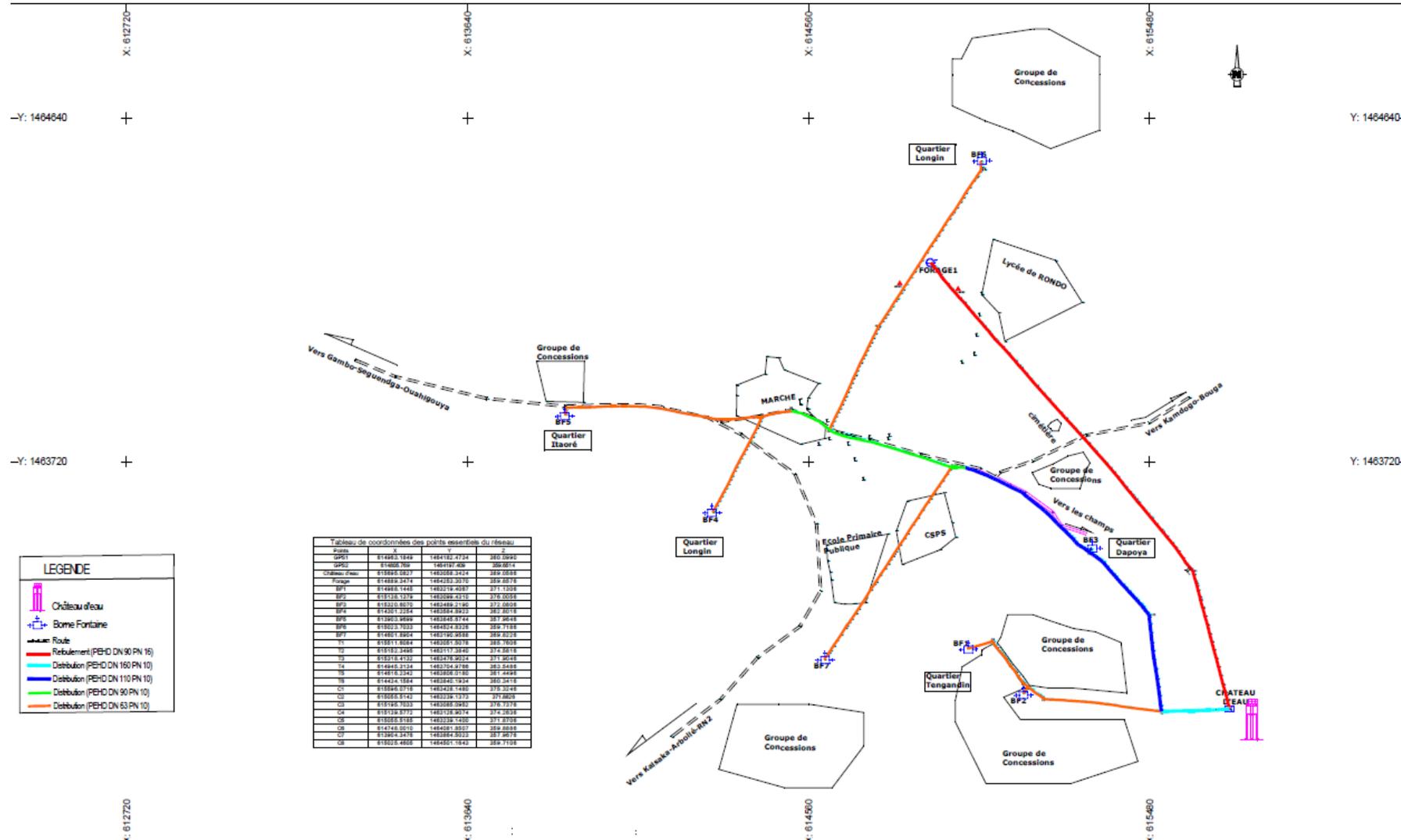
Annexe 5 : carnet des noeuds

CARNET DE NOEUDS DE RONDO 1/4				
N° NOEUD	SCHEMA	COMPOSANTES	Quantité	Matériau
T1		① Té à bride DN 150/100/100 ② Cone à bride 150/100 ③ Robinet vanne DN 100 ④ Adapteur à bride 100/140 ⑤ Adapteur à bride 100/110 ⑥ Cone à bride 100/80 ⑦ Robinet vanne DN 80 ⑧ Adapteur à bride 80/63 ⑨ Buté	1 1 2 1 1 1 1 1 1	Fonte Fonte Fonte Fonte/PEHD Fonte/PEHD Fonte Fonte Fonte/PEHD
T2		① Té à bride DN 50/50/50 ② Robinet vanne DN 50 ③ Adapteur à bride 50/63 ④ Buté	1 3 3	Fonte Fonte Fonte/PEHD
C5		① Coude 1/4 à bride DN 50 ② Adapteur à bride 50/63 ③ buté	1 2	Fonte Fonte/PEHD

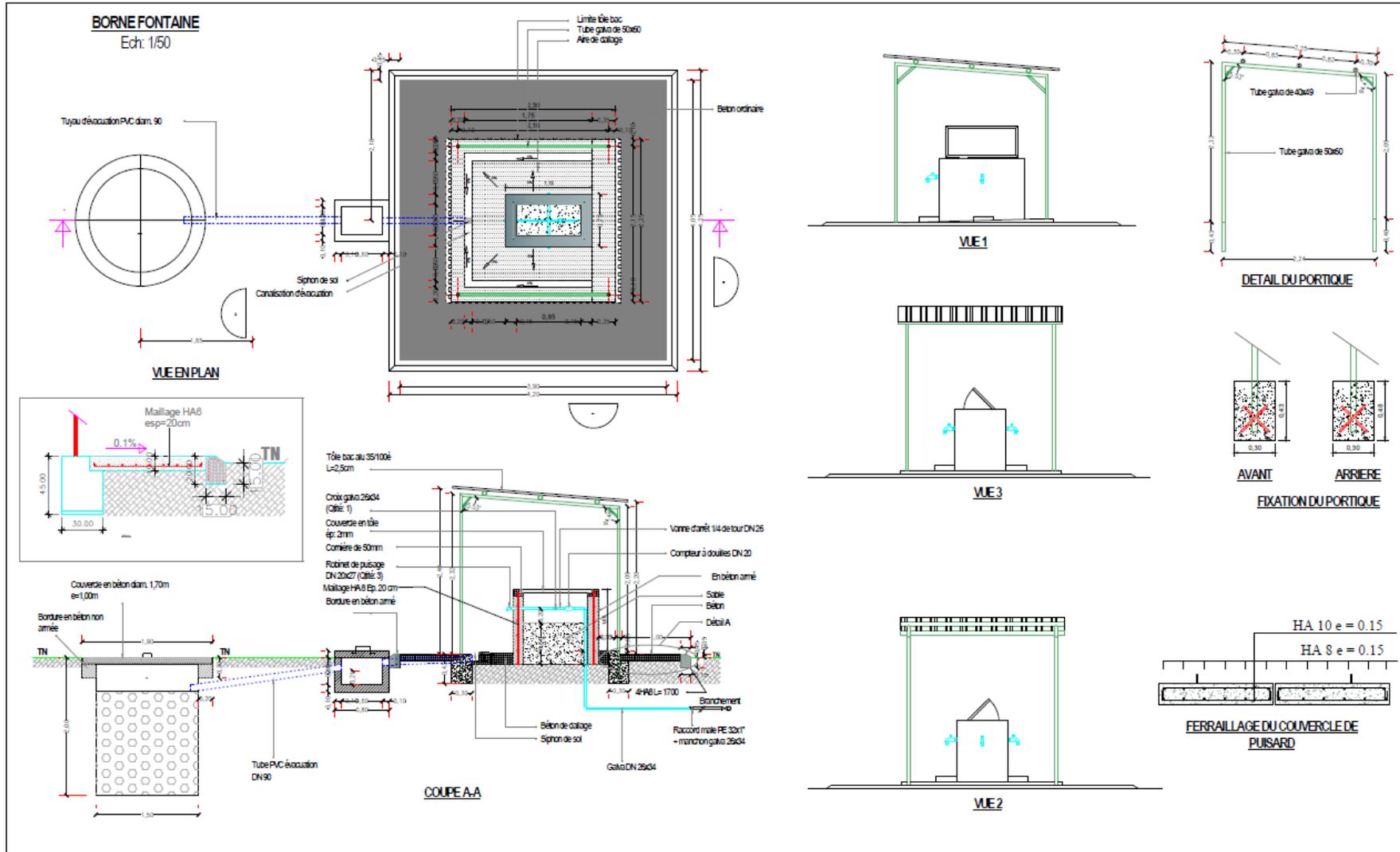
<p>T3</p>		<ul style="list-style-type: none"> ① Té à bride DN 100/50/100 ② Cone à bride 100/80 ③ Robinet vanne DN 80 ④ Robinet vanne DN 50 ⑤ Adapteur à bride 100/110 ⑥ Adapteur à bride 80/110 ⑦ Adapteur à bride 50/63 	<p>1 1 1 1 1 1 1</p>	<p>Fonte Fonte Fonte Fonte Fonte/PEHD Fonte/PEHD Fonte/PEHD</p>
<p>C'2</p>		<ul style="list-style-type: none"> ① Coude 1/8 à bride DN 80 ② Adapteur à bride 80/110 ③ Adapteur à bride 80/90 ④ Buté 	<p>1 1 1</p>	<p>Fonte Fonte/PEHD Fonte/PEHD</p>
<p>T4</p>		<ul style="list-style-type: none"> ① Té à bride DN 80/50/80 ② Robinet vanne DN 80 ③ Robinet vanne DN 50 ④ Adapteur à bride 80/110 ⑤ Adapteur à bride 50/63 ⑥ Buté 	<p>1 1 1 2 1</p>	<p>Fonte Fonte Fonte Fonte/PEHD Fonte/PEHD</p>
<p>T5</p>		<ul style="list-style-type: none"> ① Té à bride DN 80/50/80 ② Robinet vanne DN 80 ③ Robinet vanne DN 50 ④ Adapteur à bride 80/110 ⑤ Adapteur à bride 50/63 ⑥ Buté 	<p>1 1 1 2 1</p>	<p>Fonte Fonte Fonte Fonte/PEHD Fonte/PEHD</p>
		<ul style="list-style-type: none"> ① Coude 1/8 à bride DN 80 ② Adapteur à bride 80/90 ③ Adapteur à bride 80/63 ④ Buté 	<p>1 1 1</p>	<p>Fonte Fonte/PEHD Fonte/PEHD</p>

CARNET DE NOEUDS RONDO 2/4				
N° NOEUD	SCHEMA	COMPOSANTES	Quantité	Matériau
T6		<ul style="list-style-type: none"> ① Té à bride DN 50/50/50 ② Robinet vanne DN 50 ③ Adapteur à bride 50/63 ④ Buté 	<p>1</p> <p>1</p> <p>3</p>	<p>Fonte</p> <p>Fonte</p>
C7		<ul style="list-style-type: none"> ① Coude 1/4 à bride DN 50 ② Adapteur à bride 50/63 ③ Buté 	<p>1</p> <p>2</p>	<p>Fonte</p> <p>Fonte/PEHD</p>

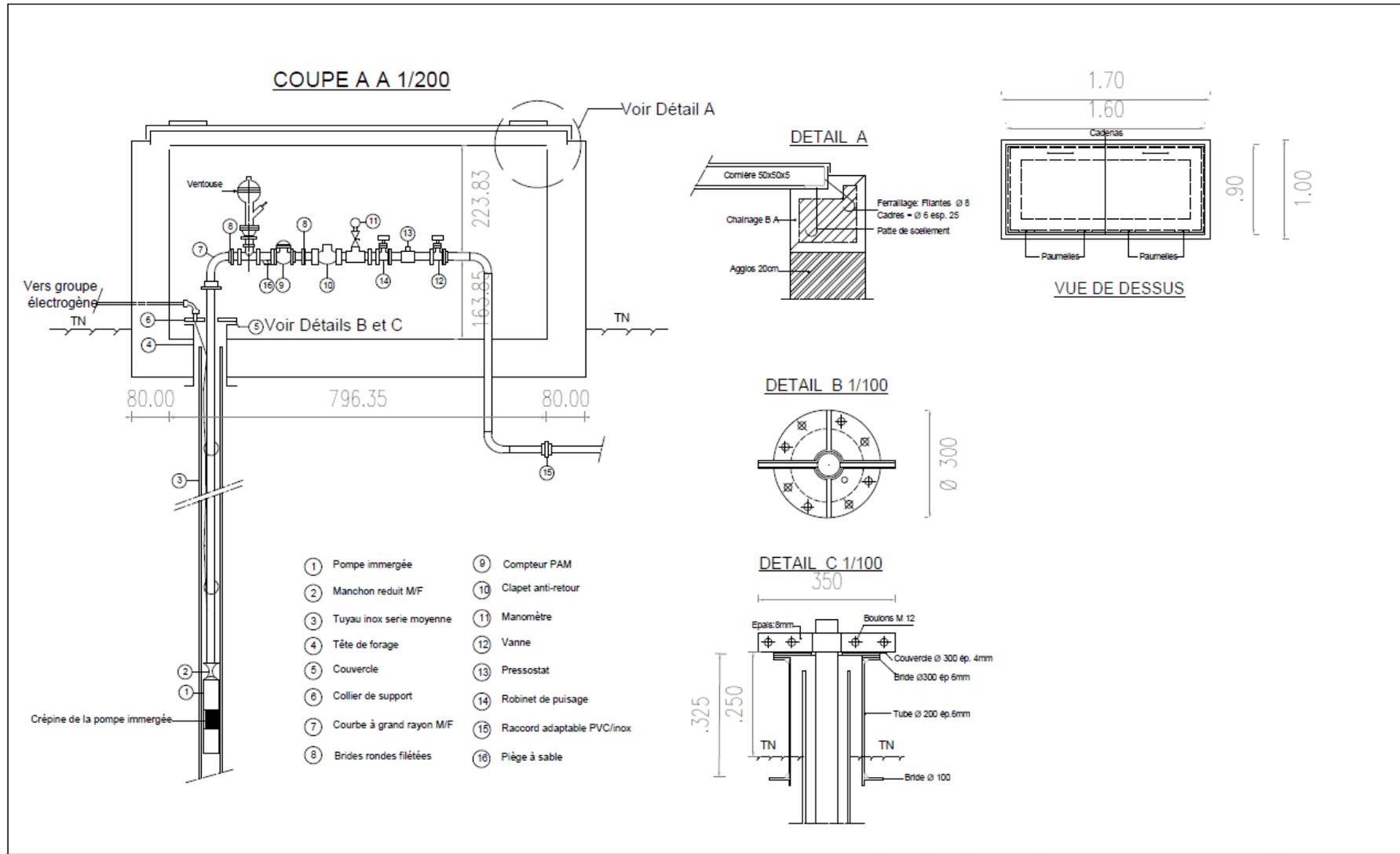
Annexe 6 : Plan de masse



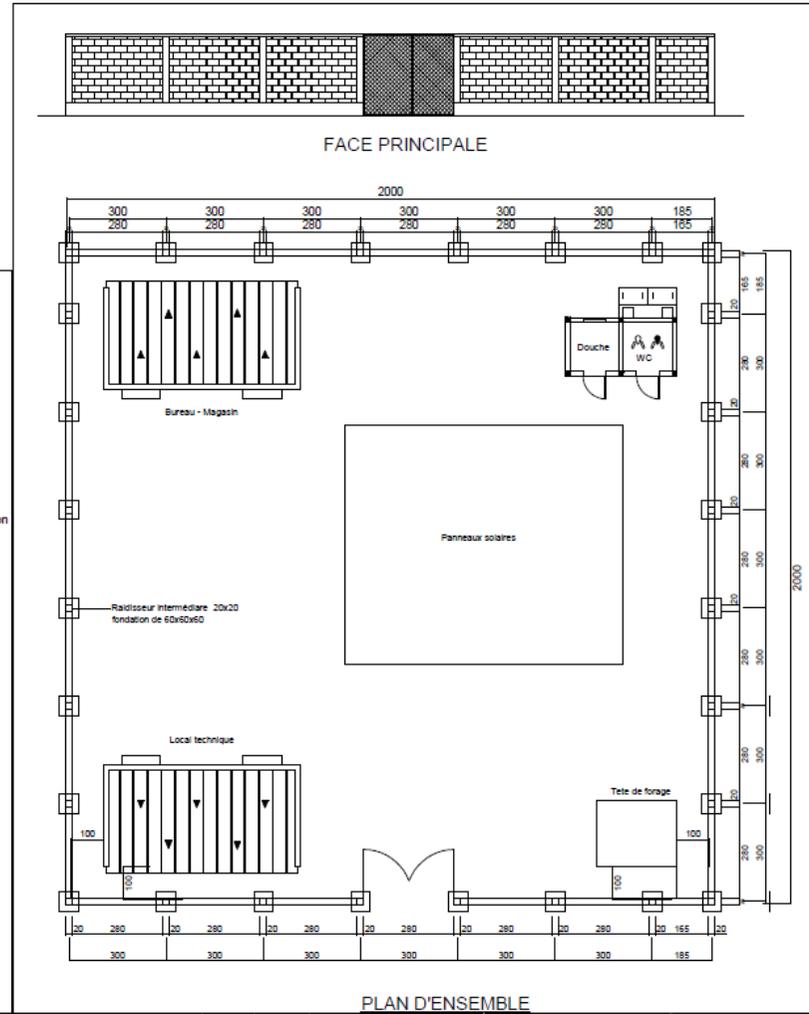
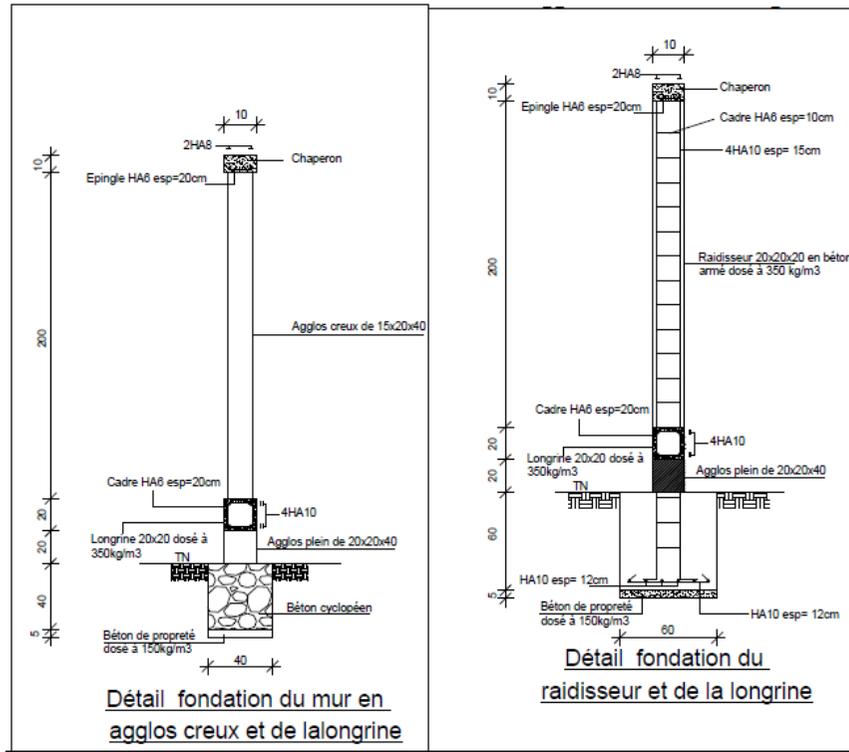
Annexe 9 : Plan de borne fontaine



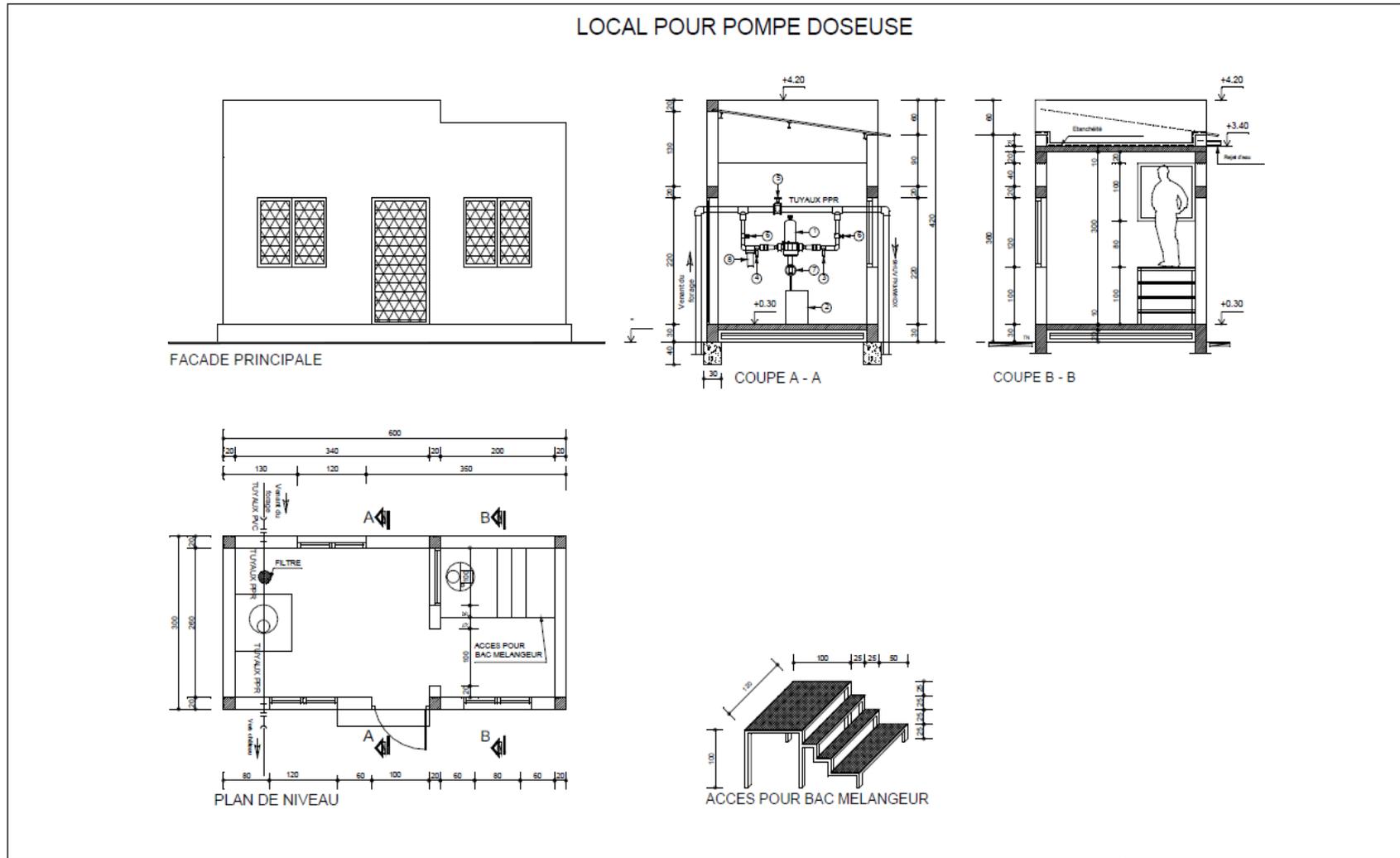
Annexe 11 :Tête de forage



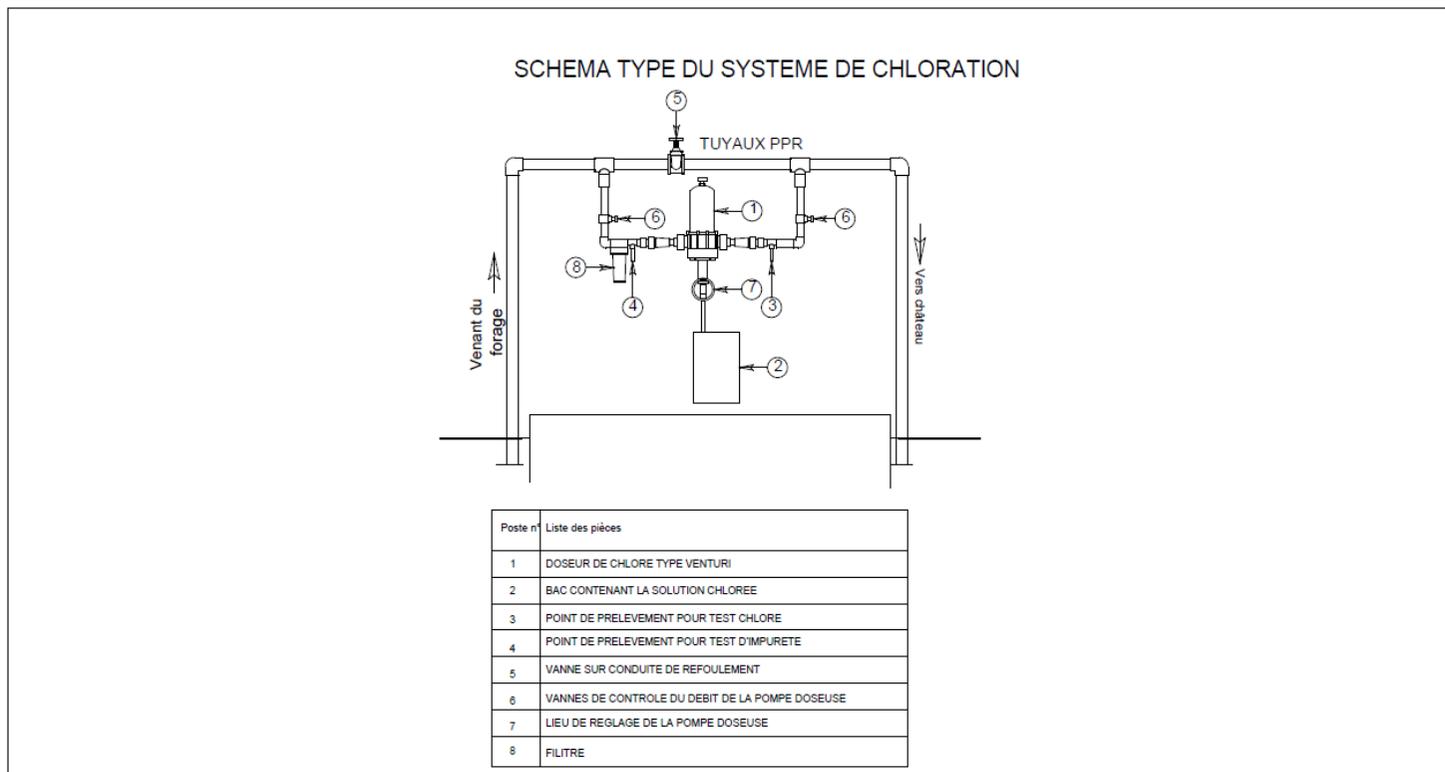
Annexe 12 : Clôture grillagée



Annexe 13 : local pompe doseuse



Annexe 14 : schémas type du système de chloration



Formule	Qexpl (m3/h)	Dth (mm)	Dint (mm)	DN (mm)	U(m/s)	la vitesse économique	Condition de flamant	Longueur (m)	Diamètre Refoulement retenu (m)	$\Delta H(m)$
Bresse	1,13	26,575	40,8	50	0,240	Oui	0,65	20	50	0,0398079
Bresse modifiée	1,13	56,407	90	110	0,049	Oui	0,71			
Munier	1,13	20,552	51,4	63	0,151	Oui	0,66			
Bedjaoui	1,13	22,500	51,4	63	0,151	Oui	0,66			

Annexe 16 : fiches d'analyse de la qualité de l'eau du forage



RA241437_02-04-2024

Ref.Client: Néant
Début d'analyse : 01-04-2024
Fin analyse 02-04-2024
Échantillonnage : 28-03-2024
But analyse : Contrôle qualité
Type d'échantillon: Eau de Forage
Identification Forage de Rondo
Localisation **Province/commune :** Yatenga / Kalsaka **Village/Quartier :** Rondo
Coordonnées GPS Néant

Client:

Tel:

Rapport d'analyse

Échantillons : Eau de forage soumis aux analyses bactériologiques, physico-chimiques incluant les métaux.

Rapport : RA241437_02-04-2024

Ce certificat ne peut être reproduit qu'en intégralité sans notre autorisation préalable. Les échantillons liquides et solides sont éliminés respectivement une semaine et 90 jours après l'émission du certificat sauf avis contraire. Les résultats sont valables seulement pour les échantillons soumis au laboratoire pour analyse.



Boubacar SENO Ms. Sc,

*Chimiste & métallurgiste
Membre de l'ordre des chimistes du
Québec et de l'American Chemical Society*

Senexel SAS Burkina Faso
Cité CECECI, Ouaga 2000, BP 312 Ouaga Kossyam, Burkina Faso Page 1 sur 3
+226 25 41 29 65 // 70 29 72 75 // info@senexel.com // www.senexel.com

Physico-chimie

Paramètres	Unité	LD	Mesures	Normes*
pH	-	1	7,17	-
Température	°C	1	24,6	-
Conductivité	uS/cm		187,5	-
Turbidité	NTU	0,1	1,32	5
Dureté TH	mmol/L	0,1	0,82	-
Titre Alcalimétrique (TA)	meq/L	0,1	0	-
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	meq/L	0,1	2,15	-
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	mg/L	5	131,3	-
Carbonate (CO ₃ ²⁻)	mg/L	1	0	-
Chlorures (Cl ⁻)	mg/L	0,1	0,1	250
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/L	0,2	< LD	50
Ortho phosphate (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0,1	0,7	-
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1	< LD	250
Fluorures (F ⁻)	mg/L	0,1	0,2	1,5
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/L	0,05	< LD	3
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/L	0,01	< LD	1,5
Aluminium (Al)	mg/L	0,05	< LD	0,2
Arsenic (As)	ug/L	1	4,0	10
Cadmium (Cd)	mg/L	0,001	< LD	0,003
Calcium (Ca)	mg/L	0,05	19,1	-
Chrome (Cr)	mg/L	0,005	< LD	0,05
Cuivre (Cu)	mg/L	0,005	< LD	2
Cyanure (CN ⁻)	mg/L	0,002	< LD	0,07
Fer (Fe)	mg/L	0,01	0,03	0,3
Manganèse (Mn)	mg/L	0,005	< LD	0,5
Mercure (Hg)	ug/L	0,5	< LD	1
Nickel (Ni)	mg/L	0,005	< LD	0,02
Potassium (K)	mg/L	0,05	1,2	-
Magnésium (Mg)	mg/L	0,05	8,3	-
Sodium (Na)	mg/L	0,05	12,6	200
Plomb (Pb)	mg/L	0,005	< LD	0,01
Zinc (Zn)	mg/L	0,02	< LD	3

Conclusion : L'échantillon est **CONFORME** selon les normes de potabilité applicables au Burkina Faso pour les paramètres analysés.





RA241437_02-04-2024

* : Arrêté conjoint n° 0019/MAHRH/MS du 05 avril 2005 fixant valeur limite à ne pas dépasser pour les eaux de consommation humaine.

LD : Limites de détection

Bactériologie

Paramètres	Méthode	Condition d'incubation	Résultats UFC/100mL	Norme bactériologique ^a
Coliformes totaux	Filtration sur membrane (chromocult coliformes)	37°C-24/48h	0	0/100 mL
Coliformes thermotolerants (E.Coli)	Filtration sur membrane (chromocult coliformes)	37°C-24/48h	0	0/100 mL

Conclusion : L'échantillon est **CONFORME** selon les normes de potabilité applicables au Burkina Faso pour les paramètres analysés.



Annexe 17 : fiches de forage

AGCOP SARL
FICHE D'ESSAI DE DEBIT 12H

PROJET :				DATE DE L'ESSAI : 28/03 au 29/03/2024			
REGION : NORD		PROVINCE : HAUTENGA		OPERATEUR : ZOUNGRANA B.			
COMMUNE : KALSACA VILLAGE : Rondo				CONTROLEUR :			

DESCENTE DE : 16h00 à 04h00							
Heure	t (mn)	Niveau eau(m)	Rabat t s(m).	DEBIT Q		s/Q (m/m3/h)	Observations
				Temps	m3/h		
16h00	0	56,60	INS	11	11		
	10	21,30					
	20	23,28					
	30	25,26					
	40	26,95					
	50	26,00		11	11		
17h00	60	27,00					
	90	29,01					
18h00	120	31,92					
	150	33,62		9	4,000		
19h00	180	34,99					
	210	36,00					
20h00	240	37,89		11	11		
	270	38,87					
21h00	300	39,79					
	330	40,69					
22h00	360	41,73		11	11		
23h00	420	43,90					
01h00	480	45,02					
02h00	540	47,01		11	11		
03h00	600	48,26					
04h00	660	49,00					
	720	49,67		11	11		
REMONTÉE DE 0 à							
	5	35,18					TRES BONNE REMONTÉE
	10	23,36					
	30	12,66					
	60	8,99					
	90	6,97					
	120	5,52					
	150						
	180						

VISA ENTREPRISE VISA CONTROLE



Annexe 18 : Devis quantitatif et estimatif

DEVIS QUANTITATIF

	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
1	FRAIS GENERAUX DU CHANTIER				
1.1	Installation et replis de chantier	FF	1	2 500 000	2 500 000
1.2	Elaboration du dossier d'exécution (levée topographique, plan de masse, plans d'exécution et note de calcul des ouvrages ; simulation EPANET) validé par le bureau de contrôle et la DREA-NORD (Fichier numérique et 5 exemplaires format papier (A3 pour les plans))	FF	1	1 000 000	1 000 000
1.3	Réalisation des plans de récolement (en fichier numérique et 5 exemplaires formats papier (A3 pour les plans))	FF	1	500 000	500 000
	SOUS TOTAL I				4 000 000
2	FORAGE				
2.1	Réalisation d'une tête de forage muni d'un regard à fermeture métallique. (se référer aux plans)	U	1	500 000	500 000
2.2	Fourniture, pose et raccordement d'équipements hydromécaniques (ventouse, coudes, raccords union M/F, bride ronde fileté, compteur, clapet AR, manomètre, pressostat, filtre, vanne, robinet de prise, équipement pour le raccordement du système de dosatron ...) sur la tête de forage y compris butée et support.	U	1	650 000	650 000
2.3	Réalisation d'un forage supplémentaire à gros débit (12 m ³ /h minimum) à une profondeur minimum de 80 m	U	1	10 000 000	10 000 000
	SOUS TOTAL II				11 150 000
3	CONDUITE DE REFOULEMENT				
3.1	Fourniture et pose de conduite de refoulement PEHD DN 90 PN 16 - SDR 11 y compris toutes sujétions (pièces spéciales de raccordement équipements de robinetterie, lit de sable, grillage avertisseur...)	ML	1470.35	5 600	8 233 960
3.2	Tranchée, déblai et remblai pour tout type de terrain	FF	1470.35	1500	2 205 525
3.3	Raccordement à la colonne d'alimentation du réservoir (fourniture et pose)	FF	1	225 000	225 000
	SOUS TOTAL III				10 664 485

	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
4	STATION DE POMPAGE				
4.1	Construction et équipement d'une station solaire d'une puissance de 4.320 kWc (Plateforme conformément au plan, 1 convertisseur sortie triphasée RSI , inverseur de source solaire/Réseau SONABEL, boîte de raccordement, pièces de de raccordement et de rechanges	U	1	5 500 000	5 500 000
4.2	Raccordement au réseau électrique public y compris les pièces de rechanges et outillages ainsi qu'un inverseur Réseau électrique local / Solaire	FF	1	5 000 000	5 000 000
4.3	Fourniture, pose et raccordement d'une armoire électrique étanche d'automatisme équipé pour alimentation, la commande et l'avertissement de l'électropompe immergée du forage, y compris toutes suggestions	U	1	500 000	500 000
4.4	Fourniture, pose et raccordement d'un pressostat double seuil et d'un robinet flotteur pour l'asservissement de la surpression au forage, y compris toute suggestion	U	1	250 000	250 000
4.5	Fourniture et installation de pompe immergée triphasée: Débit Q= 4 m ³ /h, HMT mini 100 m incluant câble immergé section 4 x 6 mm ² , câble 3 x 1,5 mm ² et sonde de niveau et accessoires de montage	U	1	2 500 000	2 500 000
4.6	Fourniture et pose de tuyau d'exhaure	U	1	200 000	200 000
4.7	Fourniture et pose de système de protection des installations	U	1	400 000	400 000
	SOUS TOTAL IV				14 350 000
5	CONSTRUCTION ET EQUIPEMENT DU CHATEAU D'EAU				
5.1	Etudes géotechniques pour fondation du château d'eau	FF	1	1 000 000	1 000 000
5.2	Construction et montage d'un Réservoir métallique de 10m hauteur sous cuve d'une capacité de 50 m ³ + tour, y compris toutes sujétions comprises(équipement de robinetterie intérieure: robinet flotteur ,crépine et extérieur: compteur au pied de l'ouvrage ,clapet anti retour, robinet vanne ,échelle de lecture, peint, béton armé dosé à 350 Kg/m ³ pour semelle; deux triangles de stabilisation conformément au plan d'exécution)	U	1	35 000 000	35 000 000

	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
5.3	Fourniture et pose de colonne de d'alimentation du réservoir	FF	1	150 000	150 000
5.4	Fourniture et pose de tuyaux et raccords de la colonne de distribution	FF	1	100 000	100 000
5.5	Fourniture et pose d'équipements complet pour Regard By pass (compteur, vannes, anti retour et pièces d'adaptation et de pose en fonte,...)	FF	1	650 000	650 000
5.6	Construction d'un regard pour by-pass conformément au plan d'exécution au pied du château y compris l'ensemble des équipement conformément au dossier d'exécution	U	1	400 000	400 000
5.7	Construction d'une clôture grillagée de 15 m x 15 m, d'une hauteur 1.5 m avec portail de 2 m pour la protection du château d'eau	U	1	500 000	500 000
5.8	Construction d'un local technique devant abriter le dosatron avec toutes les installations nécessaires pour la chloration et raccordement à la tête du forage	FF	1	7 000 000	7 000 000
5.9	Dimensionnement, fourniture et pose d'un système de chloration complet de type dosatron avec l'ensemble des équipements de fonctionnement	FF	1	350 000	350 000
	SOUS TOTAL V				45 100 000
6	FOURNITURE ET POSE DES CONDUITES DE DISTRIBUTION				
6.1	Tranchée, déblai et remblai pour tout type de terrain	ML	4 591,2	1500	6 886 800
6.2	Fourniture et pose de conduite PEHD DN 50 PN 10 - SDR 17 y compris toutes sujétions (pièces spéciales de raccordement équipements de robinetterie, lit de sable, grillage avertisseur...)	ML	436,22	4000	1 744 880
6.3	Fourniture et pose de conduite PEHD DN 63 PN 10 - SDR 17 y compris toutes sujétions (pièces spéciales de raccordement équipements de robinetterie, lit de sable, grillage avertisseur...)	ML	2575,43	4 500	11 589 435
6.4	Fourniture et pose de conduite PEHD DN 90 PN 10 - SDR 17 y compris toutes sujétions (pièces spéciales de raccordement équipements de robinetterie, lit de sable, grillage avertisseur...)y compris toutes sujétions (pièces spéciales de raccordement équipements de robinetterie, lit de sable, grillage avertisseur...)	ML	454,43	7 500	3 408 256

	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
6.5	Fourniture et pose de conduite PEHD DN 110 PN 10 - SDR 17 y compris toutes sujétions (pièces spéciales de raccordement équipements de robinetterie, lit de sable, grillage avertisseur...)y compris toutes sujétions (pièces spéciales de raccordement équipements de robinetterie, lit de sable, grillage avertisseur...)	ML	940,95	11 000	10 3 000
6.6	Fourniture et pose de conduite PEHD DN 140 PN 10 - SDR 17 y compris toutes sujétions (pièces spéciales de raccordement équipements de robinetterie, lit de sable, grillage avertisseur...)y compris toutes sujétions (pièces spéciales de raccordement équipements de robinetterie, lit de sable, grillage avertisseur...)	ML	184.26	15 000	2 763 900
6.7	Traversée de ravine y compris fourniture et pose de fourreau et toutes les protections	m	100	25 000	2 500 000
	SOUS TOTAL VI				39 330 825
7	OUVRAGES ANNEXES				
7.1	Construction de mur de clôture 25m*25m en maçonnerie d'agglomération creux de 15 cm de 2 m de hauteur finie avec portail d'entrée autour du forage, des équipements solaires, et des locaux techniques et gardien conformément au CPT	FF	1	2 500 000	2 500 000
7.2	Construction du local exploitation (bureau, magasin) et du local gardien	FF	1	1 750 000	1 750 000
7.3	Construction du local technique	FF	1	2 700 000	2 700 000
7.4	Équipement pour bureau (1 bureau, 3 chaises et 1 armoire métallique)	FF	1	400 000	400 000
7.5	Construction de latrine/douche	FF	1	2 000 000	2 000 000
7.6	Réalisation de bornes fontaines y compris raccordement suivant les plans fournis, avec l'ensemble de la superstructure nécessaire (cf. plan), prise en charge de la conduite de distribution, mise en œuvre de plaques d'immatriculation au niveau de chaque borne fontaine	U	7	2 250 000	15 750 000
7.7	Fourniture et la pose des équipements de robinetterie, de raccordement, des coudes, des téés, des adaptateurs, des cônes réducteurs, des robinets vannes, des bouches à clés et toute sujétion au niveau des nœuds	Ens	1	3 500 000	3 500 000

	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
7.8	Fourniture et pose de ventouse y compris la réalisation du regard, la fourniture et la pose de robinetterie, de pièces de raccordement et toute sujétion	U	1	200 000	200 000
7.9	Fourniture et pose de vidange y compris la réalisation du regard, la fourniture et la pose de bouche à clé, de robinetterie vanne, et toute sujétion	U	1	200 000	200 000
7.10	Fourniture et pose de bouches à clef pour robinets vannes (tabernacle, tube allongé, tête de bouche et carré de béton)	Ens	1	500 000	500 000
7.11	Béton pour la réalisation de bornes de repérage sur le tracé des canalisations sur chaque 50 m. Les bornes seront en béton moulé, de 40 cm de hauteur de section carrée 28 cm de côté à la base et 15 cm au sommet et peint de couleur bleue	U	200	500	100 000
7.12	Béton pour la réalisation de butées	m3	5	90 000	450 000
7.13	Confection et pose de plaques de renseignements pour forage et château d'eau (Données institutionnelles du projet+Données techniques de l'ouvrage correspondant)	U	1	150 000	150 000
	SOUS TOTAL VIII				30 200 000
8	ESSAIS ET AUTRES				
8.1	Epreuves de débit de conduites et essai partiel et général du réseau	ML	6 061.64	300	1 818 492
8.2	Essai d'étanchéité du château	FF	1	500 000	500 000
8.3	Rinçage et désinfection du réseau	ML	6 061.64	250	1 515 410
8.4	Formation des responsables d'exploitation et leur suivi pendant la période de garantie.	FF	1.00	500 000	500 000
8.5	Achat et fourniture de scléromètres électronique et a écran numérique pour le compte de la DREA NORD	U	2.00	250 000	500 000
	SOUS TOTAL IX				4 833 902
	TOTAL GENERAL HT-HD				159 629 212
	TVA (18%)				28 733 258
	TOTAL GENERAL TTC				188 362 470