ETUDE DIAGNOSTIQUE ET D'AVANT-PROJET DETAILLE POUR LA REHABILITATION ET L'EXTENSION DE L'AEPS DE SANGHA, DANS LA COMMUNE DE SANGHA, REGION DU NAKAMBE, BURKINA FASO

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGÉNIEUR 2iE AVEC GRADE DE MASTER

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

Présenté et soutenu publiquement le 21 janvier 2026 par

Ibrahim OUEDRAOGO (N°20220738)

Directeur de mémoire : Dr. Lawani Adjadi MOUNIROU, Maître de Conférences (CAMES), Enseignant-Chercheur en Hydraulique générale et appliquée, Institut 2iE

Encadrant 2iE : M. Olivier COULIBALY, Enseignant 2iE

Maître de stage : M. Hilaire SAWADOGO, Ingénieur en hydraulique, CAFI-B

Structure d'accueil du stage : Compagnie Africaine d'Ingénierie-Burkina (CAFI-B)

Jury d'évaluation du mémoire :

Pr Harinaivo Anderson ANDRIANISA (Président de jury)

Dr Moussa Diagne FAYE (Examinateur)

M. Ali Sahad Hamed (Examinateur)

Promotion 2025-2026

DÉDICACES

Je dédie ce mémoire à toute ma famille pour les soutiens multiformes et tous les sacrifices consentis.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été possible jusqu'à la rédaction de ce rapport grâce au dévouement d'individus que je ne saurai commencer mon rapport sans leur transmettre mes sincères remerciements.

Je tiens à remercier :

- Notre Directeur de Mémoire **Dr. MOUNIROU Lawani Adjadi** pour ses sages conseils tout au long du stage ;
- Tout le corps professoral de l'Institut 2iE ;
- **M. COULIBALY Olivier**, notre encadreur interne à l'Institut 2iE pour l'encadrement et les conseils avisés dont nous avons bénéficié pour la rédaction du mémoire ;
- **M. SANOU Lassina,** Président Directeur Général du bureau CAFI-B pour nous avoir accordé le stage dans sa structure ;
- **M. SAWADOGO Hilaire,** notre maitre de stage pour sa disponibilité, son sacrifice et ses précieux conseils durant tout notre stage dans la structure ;
- **Tout le personnel de la CAFI-B** pour la franche collaboration ;
- **Toute la promotion S10 GEAAH de** l'Institut 2iE pour la fructueuse collaboration tout au long de notre stage.

RÉSUMÉ

Le village de Sangha Natenga est le chef-lieu de la commune de Sangha situé dans la province du Koulpélogo, région du Nakambé au Burkina Faso. L'étude vise à améliorer de façon durable l'accès à l'eau des populations. L'approvisionnement en eau potable des populations est assuré par **41 pompes à motricité humaine, 7 puits modernes** et **3 postes d'eau autonome** couvrant les besoins en eau à **87,2%** des populations (INO,2024). Le système d'AEPS existant réalisé en **2016**, constitué d'un forage, d'un château d'eau métallique de **50m^3** et d'un réseau ramifié avec **8 BF** n'est pas fonctionnel. Avec une population de **3884** habitants en 2019(RGPH 2019), celle-ci atteindra **6727** habitants en 2040. La réhabilitation et l'extension de l'AEPS permettra à **90%** de la population du village d'avoir un accès à l'eau potable dont **70%** desservies par branchements particuliers et **20%** par les bornes fontaines. La demande du jour de pointe atteindra **316,04m^3** en 2040. Le système exploitera deux forages d'une production horaire totale de **20m^3**. Le pompage sera assuré par **deux (02)** pompes de débit **10m^3/h** chacune avec un fonctionnement journalier de **16h**. L'alimentation énergétique sera assurée par deux champs solaires photovoltaïques de puissance **5000Wc** et **7000Wc** en plus de la SONABEL. Le réseau de refoulement a une longueur totale de **4,41 km** pour l'ensemble des 2 sites et est composé de conduites en PEHD PN16 DN90. Un nouveau château d'eau métallique d'une capacité de **80m^3** assurera le stockage et la distribution en eau de tout le village. Le réseau de distribution ramifié long de **8,23** km est constitué des conduites en PEHD PN10 de diamètres nominaux allant de **50mm à 160mm.** La desserte sera faite par **11 bornes fontaines** et **524 branchements particuliers**. Le cout de réalisation des travaux est estimé à **299 835 640 FCFA TTC**, le prix de revient de l'eau est de **169 FCFA/m^3**. Le prix de vente contractuel est de **400 FCFA/m^3** au niveau de la BF et de **450 FCFA/m^3** au niveau des BP. Le mode de gestion de l'AEPS est l'affermage.

Mots Clés :

1 – AEPS

2 - Affermage

3 - Bornes fontaines

4 - Réseau ramifié

5 – Sangha

ABSTRACT

The village of Sangha Natenga is the administrative center of the Sangha commune, located in the Koulpelogo province, Nakambe region, Burkina Faso. The study aims to sustainably improve the population's access to water. The drinking water supply for the population is provided by 41 hand pumps, 7 modern wells, and 3 autonomous water stations, covering 87.2% of the population's water needs (INO, 2024). The existing AEPS system, built in 2016, consisting of a borehole, a 50m³ metal water tower, and a branched network with 8 service points, is not operational. With a population of 3,884 inhabitants in 2019 (RGPH 2019), it is expected to reach 6,727 inhabitants by 2040. The rehabilitation and expansion of the AEPS will allow 90% of the village population to have access to drinking water, with 70% served by individual connections and 20% by public water points. The rehabilitation and expansion of the AEPS will allow 90% of the village population to have access to drinking water, with 70% served by individual connections and 20% by public water points. The peak daily demand will reach 316.04 m³ in 2040. The system will operate two boreholes with a total hourly production of 20 m³. Pumping will be ensured by two pumps with a flow rate of 10 m³/h each, operating 16 hours per day. Energy supply will be provided by two photovoltaic solar fields with capacities of 5000 Wp and 7000 Wp in addition to the SONABEL. The discharge network has a total length of 4.41 km for both sites and is made up of HDPE PN16 DN90 pipes. A new metallic water tower with a capacity of 80m³ will provide storage and water distribution for the entire village. The branched distribution network, 8.23 km long, consists of HDPE PN10 pipes with nominal diameters ranging from 50mm to 160mm. Service will be provided through 11 water hydrants and 524 private connections. The estimated cost of the works is 299,835,640 FCFA including taxes, and the production cost of water is 169 FCFA/m³. The contractual selling price is 400 FCFA/m³ at the hydrants and 450 FCFA/m³ at the domestic connections. The management mode of the AEPS is lease-based.

Key words:

1 – AEPS

2 - Lease management

3 - Water fountains

4 - Private connections

5 –Sangha

LISTE DES ABREVIATIONS

ABS	:	Appui Budgétaire Sectoriel
AEP	:	Approvisionnement en Eau Potable
AEPS	:	Adduction en Eau Potable Simplifiée
AFDH	:	Approche Fondée sur les Droits Humains
AGETEER	:	Agence d'Exécution des Travaux Eau et Equipement Rural
AN	:	Assemblée Nationale
AUE	:	Association des Usagers de l'Eau
BF	:	Borne Fontaine
Bh	:	Besoins humains
Bmj	:	Besoins moyens journaliers
BNDT	:	Base Nationale des Données Topographiques
BP	:	Branchement Particulier
CAFI-B	:	Compagnie Africaine d'Ingénierie-Burkina
Cs	:	Consommation spécifique
Djp	:	Demande journalière de pointe
DN	:	Diamètre Nominal
ens	:	ensemble
ff	:	forfait
FI	:	Faso Ingénierie
HMT	:	Hauteur Manométrique Totale
HTVA	:	Hors Taxe sur la Valeur Ajouté
INO	:	Inventaire National des Ouvrages
j	:	jour
km	:	kilomètre
l	:	litre
l/s	:	Litre par seconde
m	:	mètre
MATDC	:	Ministère de l'Administration Territoriale, de la Décentralisation et de la Cohésion Sociale
mCE	:	mètre Colonne d'Eau
MAHRH	:	Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

MEA	:	Ministère de l'Eau et de l'Assainissement
MEEA	:	Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement
ml	:	mètre linéaire
mn	:	minute
m/s	:	mètre par seconde
MS	:	Ministère de la Santé
ODD	:	Objectifs du Développement Durable
OMD	:	Objectifs du Millénaire pour le Développement
ONBAH	:	Office National des Barrages et Aménagements Hydro-agricoles
ONEA	:	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
PCD	:	Plan Communal de Développement
PCE-LON	:	Projet de Corridor Economique Lomé-Ouaga-Niamey
PEA	:	Poste d'Eau Autonome
PEHD	:	Poly Ethylène Haute Densité
PEM	:	Point d'Eau Moderne
PM	:	Premier Ministère
PMH	:	Pompe à Motricité Humaine
PN	:	Pression Nominale
PN-AEP	:	Programma National d'Approvisionnement en Eau Potable
PN-AEPA	:	Programma National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement
PRES	:	Présidence
P.U	:	Prix Unitaire
P.T	:	Prix Total
PVC	:	Poly Chlorure de Vinyle
RGPH	:	Recensement Général de la Population et de l'Habitation
RN	:	Route Nationale
SONABEL	:	Société Nationale d'Electricité du Burkina Faso
TRI	:	Taux de Rentabilité Interne
TTC	:	Toutes Taxes Comprises
VAN	:	Valeur Actuelle Nette

SOMMAIRE

DÉDICACES i
REMERCIEMENTS ii
RÉSUMÉ iii
ABSTRACT iv
LISTE DES ABREVIATIONS v
SOMMAIRE vii
LISTE DES TABLEAUX xi
FICHE SIGNALETIQUE DU PROJET xiii
INTRODUCTION 1
I. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ÉTUDE 2
1.1. Présentation de la structure d'accueil 2
1.1.1. Domaines d'activités du bureau 2
1.1.2. Organigramme du bureau CAFI-B 2
1.2. Présentation de la zone d'étude 3
1.2.1. Situation géographique 3
1.2.2. Organisation administrative et habitat 4
1.2.3. Relief 5
1.2.4. Sols 5
1.2.5. Climat et pluviométrie 6
1.2.6. Hydrographie et végétation 6
II. PRESENTATION DU PROJET 9
2.1. Contexte 9
2.2. Justification du projet 9
2.3. Objectif de l'étude 10
2.3.1. Objectif global 10

2.3.2. Objectifs spécifiques 10
2.3.3. Résultats attendus 10
III. MÉTHODOLOGIE ET MATÉRIELS 11
3.1. Collecte de données 11
3.1.1. Collecte documentaire 11
3.1.2. Visite de terrain 11
3.1.3. Etudes sociologiques 11
3.2. Etudes techniques 11
3.2.1. Acquisition des données spatiales et tracé du réseau sommaire 11
3.2.2. Etudes hydrogéologiques 12
3.2.3. Etudes topographiques 12
3.3. Horizon du projet 12
3.4. Conception et dimensionnement du système 12
3.4.1. Conception de la station de pompage 13
3.4.2. Conception et dimensionnement de la conduite de refoulement 13
3.4.3. Conception et dimensionnement du réservoir 14
3.4.4. Conception et dimensionnement du réseau de distribution 14
3.5. Simulation avec le logiciel EPANET 15
3.5.1. Introduction des données dans le logiciel 15
3.5.2. Simulation instantanée 15
3.5.3. Simulation en continu ou simulation dynamique 16
3.6. Réalisation des plans des ouvrages et graphiques 16
3.7. Analyse financière 17
3.7.1. Estimation des quantités et des coûts 17
3.7.2. Analyse des critères de rentabilité 17
3.8. Rédaction du mémoire 17

3.9. Matériel et logiciels 17
IV. HYPOTHÈSES ET MÉTHODE DE CALCUL 19
4.1. Estimation de la population à l'horizon du projet 19
4.2. Evaluation des besoins en eau 19
4.2.1. Consommation spécifique (Cs) 19
4.2.2. Taux de desserte 19
4.2.3. Besoins humains (Bh) 19
4.2.4. Nombre de BF et BP 19
4.2.5. Besoins moyens journaliers (Bmj) 20
4.2.6. Evaluation de la demande journalière de pointe (Djp) 20
4.2.7. Dimensionnement du réseau de refoulement 21
4.2.8. Dimensionnement du réseau de distribution 24
4.2.9. Dimensionnement du réservoir de stockage 26
4.2.10. Traitement de l'eau 27
4.2.11. Ouvrages annexes 27
4.3. Analyse financière 28
4.3.1. Détermination du prix de l'eau 28
4.3.2. Détermination de la Valeur Actuelle Nette (VAN) 28
4.3.3. Détermination du Taux de Rentabilité Interne (TRI). 28
V. RÉSULTATS ET DISCUSSION 29
5.1. Etat des lieux de l'AEP 29
5.1.1. PEM (PMH, et puits modernes) 29
5.1.2. AEPS/PEA 29
5.1.3. Description succincte de l'état actuel des ouvrages 30
5.1.4. Diagnostic de la gestion 31
5.1.5. Conformité du système aux objectifs du PN-AEP 32

5.2. Etude technique 32
5.2.1. Evaluation de la ressource 33
5.2.2. Evaluation des besoins en eau 34
5.2.3. Nombre théorique de bornes fontaines et de branchements particuliers 36
5.2.4. Débit de production horaire 36
5.2.5. Dimensionnement du refoulement 37
5.2.6. Dimensionnement de la distribution 43
5.2.7. Dimensionnement du stockage 47
5.2.8. Traitement de l'eau 48
5.2.9. Simulation ponctuelle 49
5.2.10. Comparaison des résultats des calculs et de la simulation : pression et vitesse 49
5.2.11. Simulation dynamique 49
5.3. Etude financière 56
5.3.1. Cout des travaux 56
5.3.2. Gestion de l'AEPS 56
5.3.3. Analyse financière 57
5.4. Synthèse des impacts environnementaux et sociaux du projet 58
5.4.1. Impacts au cours de l'exécution du projet 59
5.4.2. Impacts au cours de l'exploitation de l'AEPS 59
5.4.3. Mesures de mitigation ou d'atténuation des impacts négatifs 60
5.4.4. Plan de gestion environnementale et sociale 60
5.5. Documents graphiques et plans des ouvrages 60
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 61
BIBLIOGRAPHIE I
ANNEXES III

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : coordonnées de la mairie de Sangha Natenga 4
Tableau 2: formules de calcul de la variation de pression 23
Tableau 3 : Coefficients de consommation par tranche horaire 27
Tableau 4 : Résultat du diagnostic des ouvrages 29
Tableau 5 : Localisation des forages 34
Tableau 6: évolution des besoins en eau 35
Tableau 7: Résultat calcul du diamètre des conduites pour les refoulements 1 et 2 38
Tableau 8: calcul de la HMT 38
Tableau 9 : répartition du réseau de distribution 46
Tableau 10 : dimensions des fouilles pour la pose des conduites 46
Tableau 11 : Résultats dimensionnement du réservoir 47
Tableau 12 : Cout des travaux 56
Tableau 13 : investissement total du projet 57
Tableau 14 : impacts environnementaux et sociaux du projet au cours des travaux 59
Tableau 15 : impacts environnementaux et sociaux du projet au cours de l'exploitation 59

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme du bureau d'études CAFI-B 3
Figure 2: Carte de localisation du site de l'étude 4
Figure 3 : pluviométrie de la commune de Sangha (Source : PCD 2020-2024) 6
Figure 4: carte du réseau hydrographique de la commune de Sangha 8
Figure 5 : Résultats du traitement des données du pompage par pallier du nouveau forage ... 33
Figure 6 : Courbe de l'essai de pompage longue durée du forage 1 33
Figure 7 : Courbe de l'essai de pompage longue durée du forage 2 34
Figure 8 : évolution de la production réelle et de la demande de pointe journalière 37
Figure 9 : Tracé du réseau de refoulement 37
Figure 10: courbe de rendement et point de fonctionnement de la pompe 1. 41
Figure 11**:** courbe de rendement et point de fonctionnement de la pompe 2. 42
Figure 12 : Tracé du réseau de distribution 44
Figure 13 : simulation ponctuelle 49
Figure 14 : courbe de modulation de la demande BP 50
Figure 15 : courbe de modulation de la demande aux BF 50
Figure 16 : courbe de modulation du pompage pour le forage 1 51
Figure 17 : courbe de modulation du pompage pour le forage 2 51
Figure 18 : courbe caractéristique de la pompe 1 51
Figure 19 : courbe caractéristique de la pompe 2 51
Figure 20 : courbe de volume 52
Figure 21 : schéma de la simulation dynamique 52
Figure 22 : Graphe de la balance en eau 53
Figure 23 : Graphe de l'évolution du niveau d'eau dans le réservoir 53
Figure 24 : Graphe de l'évolution de la pression au nœud n2 54
Figure 25 : Graphe de l'évolution de la pression au nœud n20 54
Figure 26 : Graphe de l'évolution de la vitesse dans l'arc p49 55
Figure 27 : Graphe de l'évolution de la vitesse dans l'arc p26 55

FICHE SIGNALETIQUE DU PROJET

1) LOCALISATION	
Village	Sangha Natenga
Commune	Sangha
Province	Koulpélogo
Région	Nakambé
Population :	En 2025 : 4 544 habitants
	Taux de croissance : 2,65%
	En 2040 : 6 727 habitants
2) CHÂTEAU D'EAU	
Type	Métallique et de forme cylindrique
Volume	80 m^3
Hauteur sous radier	10,00 m
Coordonnées GPS	**Coordonnées : 31P X : 188687 m E** **Y : 1238343 m N** **Altitude TN : 329,14m**
3) RÉSEAU DE REFOULEMENT	
Type	Refoulement pur du forage au château d'eau
Conduite du refoulement (ancien forage)	PEHD De 90 PN 16 de longueur 3 510 ml
Conduite du refoulement (nouveau forage)	PEHD De 90 PN 16 de longueur 900 ml
4) RÉSEAU DE DISTRIBUTION	
Type	Ramifié
Conduite :	Tuyaux PEHD de longueur totale 8230 ml
	De 160 PN10 = 1485 ml
	De 110 PN10 = 814 ml
	De 90 PN10 = 1038 ml
	De 63 PN10 = 2530 ml
	De 50 PN10 = 2363 ml
5) FORAGES	
5.1) ANCIEN FORAGE	
Profondeur	49,66 m
Débit de foration	13 m^3/h
Débit d'exploitation	10 m^3/h
Niveau statique	4,53 m
Niveau dynamique	20,85 m
Coordonnées GPS	X : 190288 m E, Y : 1236204 m N
5.2) NOUVEAU FORAGE	
Profondeur	62,20 m
Débit de foration	9,90 m^3/h
Débit d'exploitation	10 m^3/h
Niveau statique	6,77 m
Niveau dynamique	19,82 m
Coordonnées GPS	X : 188117 m E, Y : 1237649 m N

6) POMPE	
6.1) POMPE POUR ANCIEN FORAGE	
Débit	10 m^3/h
Hauteur manométrique totale (HMT)	105 m
Type	Hybride
GRUNDFOS	SP 11– 24 Grundfos
6.2) POMPE POUR NOUVEAU FORAGE	
Débit	10 m^3/h
Hauteur manométrique totale (HMT)	75 m
Type	Hybride
GRUNDFOS	SP 9–18 Grundfos
7) BORNES-FONTAINES ET BRANCHEMENT PRIVÉ	
Nombre de BF	Onze (11)
Nombre de BP	Cinq Cent Vingt Quatre (524)
Débit BF	0,50 l/s
Nombre de robinet/BF	03
Débit robinet BF	0,17 l/s
8) ENERGIE	
8.1) ENERGIE POUR POMPAGE ANCIEN FORAGE	
Type	Solaire, Réseau électrique
Panneaux Solaires de puissance	7 kW
Abonnement SONABEL	30 A
8.2) ENERGIE POUR POMPAGE NOUVEAU FORAGE	
Type	Solaire, Réseau électrique
Panneaux Solaires de puissance	5 kW
Abonnement SONABEL	30 A
9) COÛT ESTIMÉ DU PROJET	
Montant HTVA	**254 098 000F CFA**
Montant TTC	**299 835 640 F CFA**

INTRODUCTION

L'eau potable est indispensable à la vie et au développement socio-économique de l'humanité. Cependant, dans de nombreuses localités rurales du Burkina Faso, son accès reste toujours à un stade limité. Malgré les efforts déployés par l'État et ses partenaires au développement, environ 10% des systèmes de distribution d'eau potable souffrent toujours de pannes ou d'insuffisance de gestion les rendant non fonctionnels (INO, 2024).

Dans la perspective d'assurer un accès universel à l'eau potable à l'horizon 2030, le gouvernement burkinabè a mis en place le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP). C'est dans le cadre de ce programme que le Projet du Corridor Economique Lomé-Ouaga-Niamey (PCE-LON), à travers sa composante « Accès aux services sociaux de base » intervient pour améliorer les conditions de vie des populations situées le long du Corridor.

La commune de Sangha dans la province du Koulpélogo (Région du Nakambé) fait partie des localités bénéficiaires des réalisations du projet. En effet, l'AEPS du chef-lieu de la commune réalisée en 2016 n'est toujours pas fonctionnelle depuis sa réalisation (INO, 2024).

Cette situation détériore les installations mais aussi amène la population à s'approvisionner toujours dans des points d'eau modernes (puits et PMH).

Face à cette situation, PCE-LON en collaboration avec l'Office National des Barrages et Aménagements Hydro-Agricoles (ONBAH) a initié une étude d'avant-projet détaillé pour la réhabilitation et l'extension de l'AEPS pour la rendre pleinement opérationnelle.

Pour ce faire, le groupement de bureaux d'étude CAFI-B/FI a été retenu pour mener les études APD et le suivi-contrôle des travaux de réalisation des activités.

Dans le cadre de notre mémoire de fin de cycle du Master en Génie de l'Eau de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-Agricoles à l'institut 2iE, nous avons effectué cette étude en tant que stagiaire dans ce bureau ayant pour thème : « Étude diagnostique et d'avant-projet détaillé pour la réhabilitation et l'extension de l'AEPS de Sangha, dans la commune de Sangha, région du Nakambé, Burkina Faso ».

Ce présent mémoire s'articule sur la présentation du projet, les résultats du diagnostic de la situation actuelle, les hypothèses de conception, l'analyse financière et la synthèse des impacts environnementaux et sociaux du projet.

I. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ÉTUDE

1.1. Présentation de la structure d'accueil

La compagnie Africaine d'Ingénierie-Burkina est un bureau d'études créé en 2003 avec pour objectif de soutenir, accompagner et conseiller les acteurs du développement dans leurs efforts pour l'amélioration des conditions de vie des populations. Le bureau offre des prestations dans plusieurs domaines.

1.1.1. Domaines d'activités du bureau

Le bureau intervient dans six (06) domaines d'activités qui sont :

- **Hydraulique et Aménagement** : barrages, périmètres hydro-agricoles, aménagements de bas-fonds et hydraulique rural (puits, forages, etc.) ;
- **Adduction d'eau** : AEPS, PEA, station de pompage, station de traitement, système de régulation et ouvrages de stockage ;
- **Génie civil** : bâtiments (études architecturales, calcul de structures, suivi-contrôle) ; infrastructures de transport (routes, pistes rurales, etc.) ;
- **Ouvrage d'art** : ponts, dalots, radiers, châteaux d'eau, réservoirs, buses et ouvrages marchandes ;
- **Assainissement** : réseaux de drainages des eaux usées pluviales, domestiques, et industrielles ; gestion des déchets solides ; collecte et traitement des eaux usées ;
- **Développement local** : SIG, levée d'état des lieux, implantation et suivi des ouvrages, études d'impact sur l'environnement, formation, cartographie, cartes d'occupation des sols, suivi et évaluation des projets, plan de gestion des terroirs, diagnostic des milieux, réalisation d'enquêtes, sensibilisation, études économiques, sociologiques, socio-économiques, suivi multi temporel des zones aménagées par télédétection, analyse de l'évolution des zones par télédétection, suivi des ressources végétales par télédétection et bases de données.

1.1.2. Organigramme du bureau CAFI-B

Le bureau est organisé en une direction générale, une direction technique et une direction administrative et financière. L'organigramme est présenté dans la figure 1.

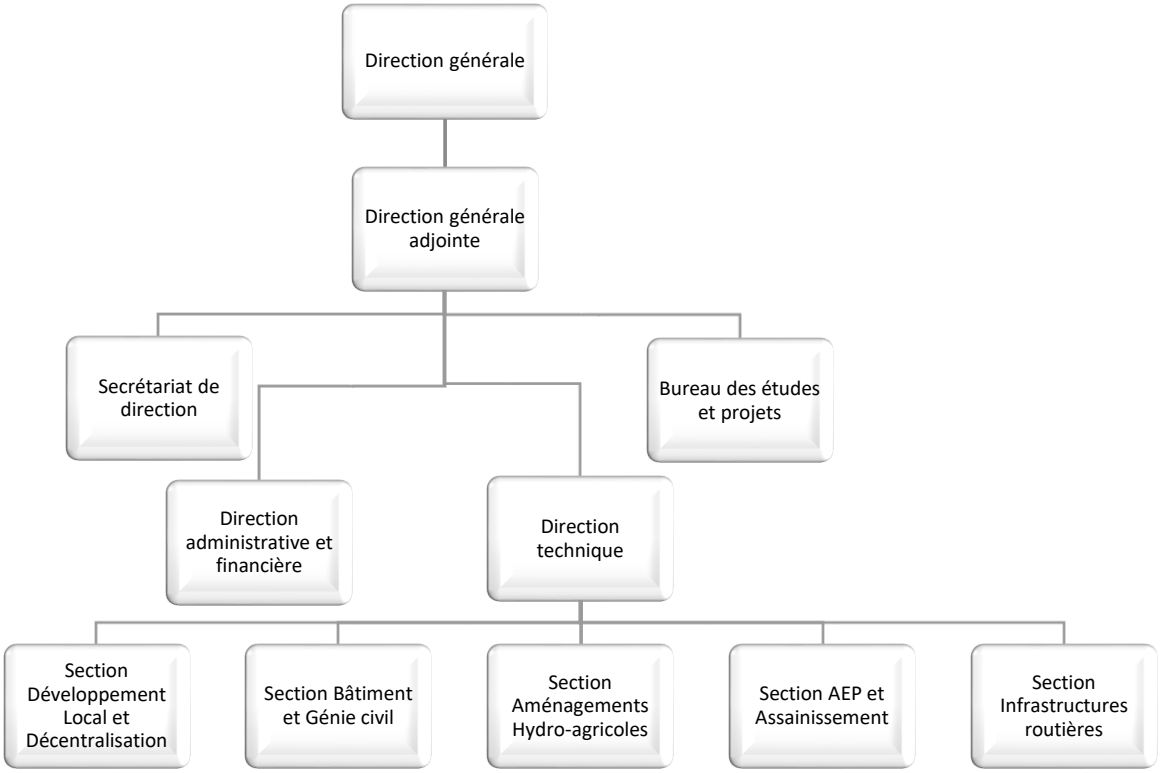


Figure 1 : Organigramme du bureau d'études CAFI-B

1.2.Présentation de la zone d'étude

1.2.1. Situation géographique

La commune de Sangha est située dans la province du Koulpélogo, région du Nakambé, Burkina Faso. Elle est limitée :

- au Nord par la commune rurale de Yondé et la commune urbaine de Ouargaye ;
- à l'Est par la commune rurale de Soudougui ;
- au Sud par la république du Togo ;
- à l'Ouest par la commune rurale de Yargatenga.

Le chef-lieu de la commune est situé à environ 40 km de Ouargaye, chef-lieu de la province du Koulpélogo et à 96 km de Tenkodogo, chef-lieu de la région du Nakambé.

L'accès au site depuis la capitale Ouagadougou se fait suivant l'itinéraire suivant :

- la RN4 sur 140 km jusqu'à Koupéla (route bitumée de bonne praticabilité) ;

- à partir de Koupéla la RN16 sur 150 km jusqu'à Cinkancé en passant par Tenkodogo et Bittou (route bitumée de bonne praticabilité) ;
- à partir de Cinkancé la RN26 sur 19 km pour arriver à Sangha (Route non bitumée d'assez bonne praticabilité) (PCD,2020)

Le centre du village de Sangha Natenga a pour coordonnées géographique données dans le tableau 1. La localisation du site est matérialisée dans la figure 2.

Tableau 1 : coordonnées de la mairie de Sangha Natenga

Zone	X	Y	Lieu
31P	189657,10m E	1237883,67 m N	Mairie de Sangha

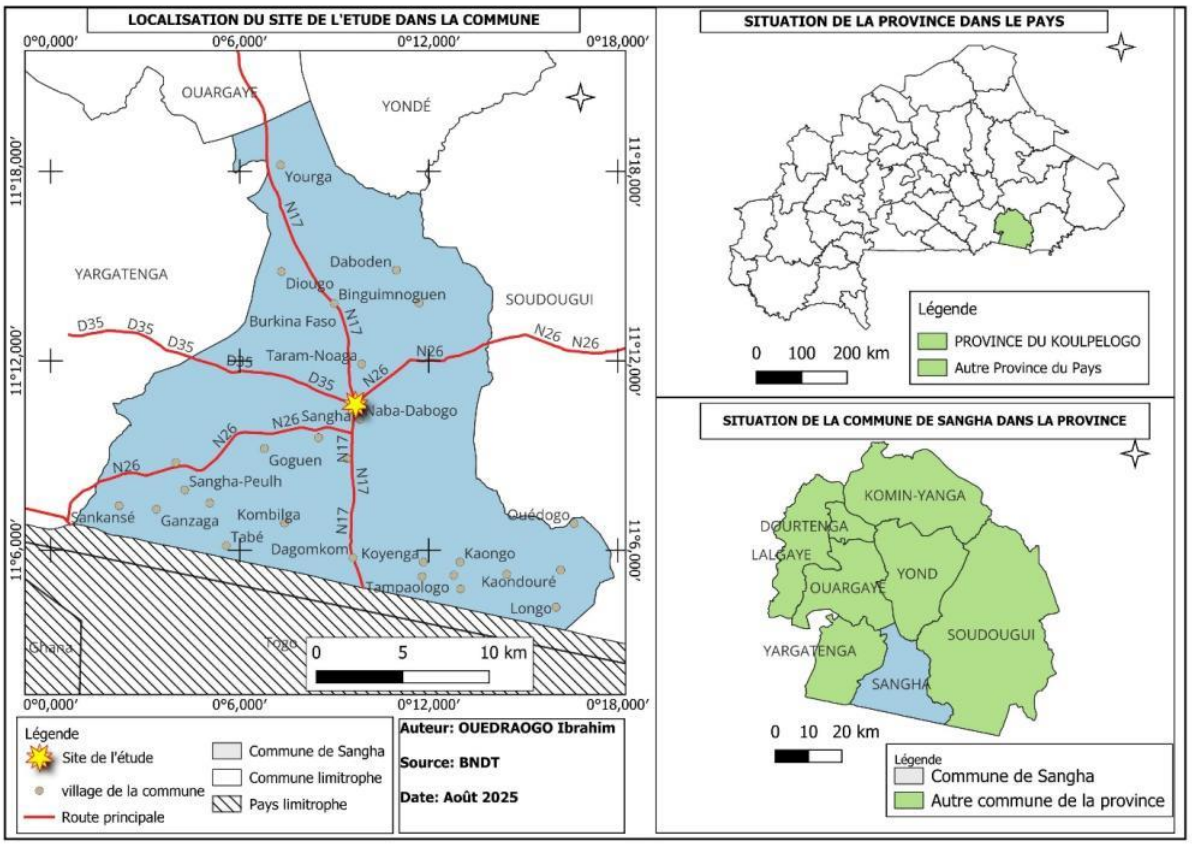


Figure 2: Carte de localisation du site de l'étude

1.2.2. Organisation administrative et habitat

La commune rurale de Sangha a été érigée conformément à la loi n°55-2004/AN portant Code général des collectivités territoriales du Burkina Faso, notamment en son article 27. Elle fait partie des huit communes que compte la province du Koulpélogo. Composée de vingt-huit (28) villages administratifs, la commune abrite également de nombreux

hameaux de culture rattachés à ces villages. Cet ensemble forme un territoire riche en diversité humaine et culturelle, où les populations vivent principalement d'activités agricoles et pastorales (PCD,2020)

1.2.3. Relief

Le relief de la commune de Sangha est marqué par un modelé légèrement ondulé sur le plan géologique et dominé par le socle précambrien de constitution métamorphique. Ce modelé a été mis en place grâce à l'action de l'érosion. L'altitude varie entre 250 à 300 m (PCD,2020).

1.2.4. Sols

Sur le plan pédologique, la grande partie des sols de la commune de Sangha est sur le socle précambrien. L'analyse des formations pédologiques permet de distinguer quatre grands types de sols présentant des caractéristiques et des potentialités agricoles variées. Ce sont :

- **Les sols ferrugineux tropicaux lessivés**

Ils se développent sur des matériaux argilo-sableux issus de la décomposition des roches granitiques. En raison de l'ancienneté des matériaux qui les composent, ils sont généralement pauvres en éléments nutritifs. Ils offrent une aptitude agronomique moyenne, mais restent favorables aux cultures pluviales telles que le mil, le sorgho, l'arachide et le niébé.

- **Les sols hydromorphes**

Localisés dans les zones topographiquement basses et mal drainées, ces sols se caractérisent par la présence périodique ou permanente d'un excès d'eau dans le profil. Cette hydromorphie entraîne parfois une accumulation notable de matière organique. Ces sols sont particulièrement exploités pour les cultures exigeant une bonne disponibilité en eau, notamment le sorgho et le riz pluvial.

- **Les sols bruns eutrophes**

Constitués de matériaux argileux dérivés de granites, de migmatites ou de roches basiques diverses, ces sols présentent un fort potentiel agronomique. Ils sont bien pourvus en bases échangeables et en azote, mais demeurent déficients en phosphates et en potasse. Leur structure argileuse favorise les cultures de coton, de sorgho et de maïs, bien qu'elle soit peu adaptée à la culture de l'arachide, du fait de leur lourdeur.

- **Les sols à minéraux bruts**

Développés sur des roches de nature variée, ces sols présentent plusieurs variantes selon la composition du substrat : sols sableux en surface et sablo-argileux en profondeur, sols gravillonnaires sur substrat compact ou sur cuirasse affleurante. Malgré cette diversité, ils

demeurent globalement pauvres en éléments nutritifs et offrent une fertilité naturelle limitée (PCD,2020).

1.2.5. Climat et pluviométrie

La commune à l'image de la région du Nakambé est caractérisée par un climat tropical de types soudano sahélien marqué par deux saisons :

- Une saison sèche qui s'étale de novembre à mai et influencée par les masses d'air en provenance de l'anticyclone du Sahara, l'harmattan ;
- Une saison des pluies qui s'étale de mai à octobre et dominée par la mousson en provenance de l'anticyclone de Sainte Hélène.

La pluviométrie est marquée par de fortes variabilités dans l'espace et dans le temps. Elle est inégalement répartie dans l'espace et dans le temps. Dans l'espace, il y a une diminution des précipitations du sud vers le nord. Au cours de ces dernières années, la pluviométrie à Sangha a varié entre 900 et 1200 mm/an (figure 3). Dans le temps, les pluies sont concentrées sur six mois comme l'indique le graphique suivant. Le mois le plus pluvieux est juillet avec en moyenne 264mm/an. Le nombre de jours de pluie est de 80 par an. Cette variation spatio-temporelle de la pluviométrie entraîne d'énormes conséquences sur les activités agro-pastorales Pour ce qui concerne les températures, nous distinguons des périodes froides (décembre et janvier) où la température la plus basse se situe autour de 16°C et des périodes chaudes (mars à mai) au cours desquelles les températures peuvent atteindre 40°C (PCD,2020).

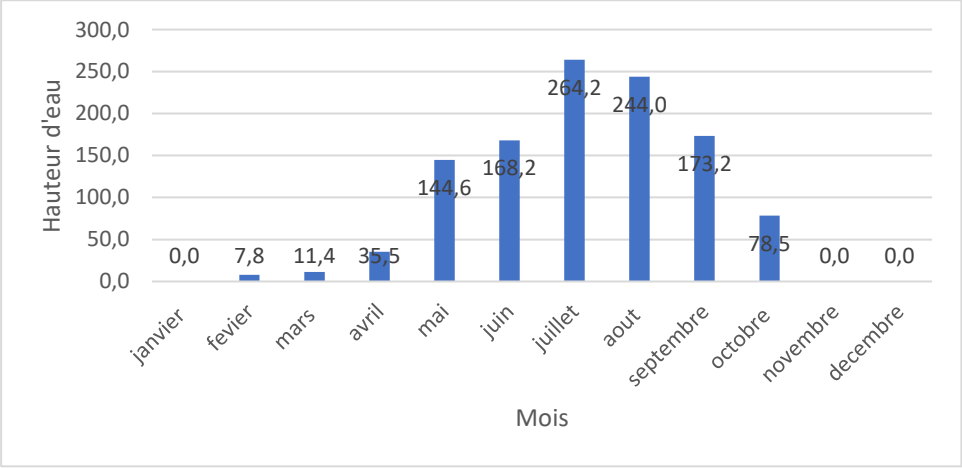


Figure 3 : pluviométrie de la commune de Sangha (Source : PCD 2020-2024)

1.2.6. Hydrographie et végétation

Sur le plan hydrographique, la commune de Sangha fait partie du sous-bassin de la Pendjari-Kompienga. Le réseau hydrographique y est fortement influencé par le régime pluviométrique.

Ainsi, les variations de la pluie déterminent en grande partie le volume des cours d'eau et des retenues. Le Ganzaga constitue le principal cours d'eau qui traverse la commune du sud vers le nord, avant de poursuivre son cours vers le Ghana. Il est rejoint par le Kamsiongo, un autre cours d'eau important de la zone. Ces deux cours d'eau, comme la plupart de ceux de la région, présentent un régime temporaire, étroitement lié à l'alternance des saisons.

La commune compte également deux barrages, de nombreux bas-fonds aménageables et plusieurs zones inondables, conséquence directe de la configuration topographique du territoire

Le réseau hydrographique de la commune est présenté par la figure 4.

Selon la classification de Guinko (1984), la commune de Sangha s'étend sur deux domaines phytogéographiques : le domaine nord-soudanien et le domaine sud-soudanien.

Le domaine nord-soudanien, qui couvre plus des trois quarts de la superficie communale, se caractérise par des formations végétales variées allant de la savane arborée à la savane arbustive. La strate ligneuse y est dominée par des espèces typiques telles que le karité (Vitellaria paradoxa), le néré (Parkia biglobosa), le caïlcédrat (Khaya senegalensis) et Anogeissus leiocarpus (appelé *siiga* en mooré), très représentatif du paysage végétal local. La strate herbacée, quant à elle, est principalement composée de Andropogon gayanus et de Cymbopogon sp., formant un tapis herbacé dense et continu.

Cependant, la dégradation progressive de la végétation, due notamment à la pression humaine et aux feux de brousse, a conduit à la disparition de nombreuses forêts claires, qui ne subsistent plus aujourd'hui que sous forme de lambeaux isolés dans certains villages.

Le domaine sud-soudanien, limité à l'extrême sud de la commune, se distingue par la présence de forêts-galeries le long des cours d'eau et dans les vallées à humidité permanente. On y rencontre principalement des espèces comme Berlinia grandiflora, Ficus platyphylla, Syzygium guineense et Cola cordifolia.

Enfin, la végétation d'origine anthropique est constituée des jachères et zones de cultures, dominées par des espèces introduites ou utilitaires telles que Mangifera indica, Eucalyptus camaldulensis, Azadirachta indica, Khaya senegalensis et Cassia siamea.

La répartition inégale de ces formations végétales à travers la commune s'explique par plusieurs facteurs :

- la divagation du bétail et son impact sur la régénération de la végétation ;
- les variations climatiques, marquées par la baisse du nombre de jours de pluie et des hauteurs d'eau ;

- la pression anthropique croissante, à travers les coupes abusives de bois et les feux de brousse récurrents (PCD,2020).

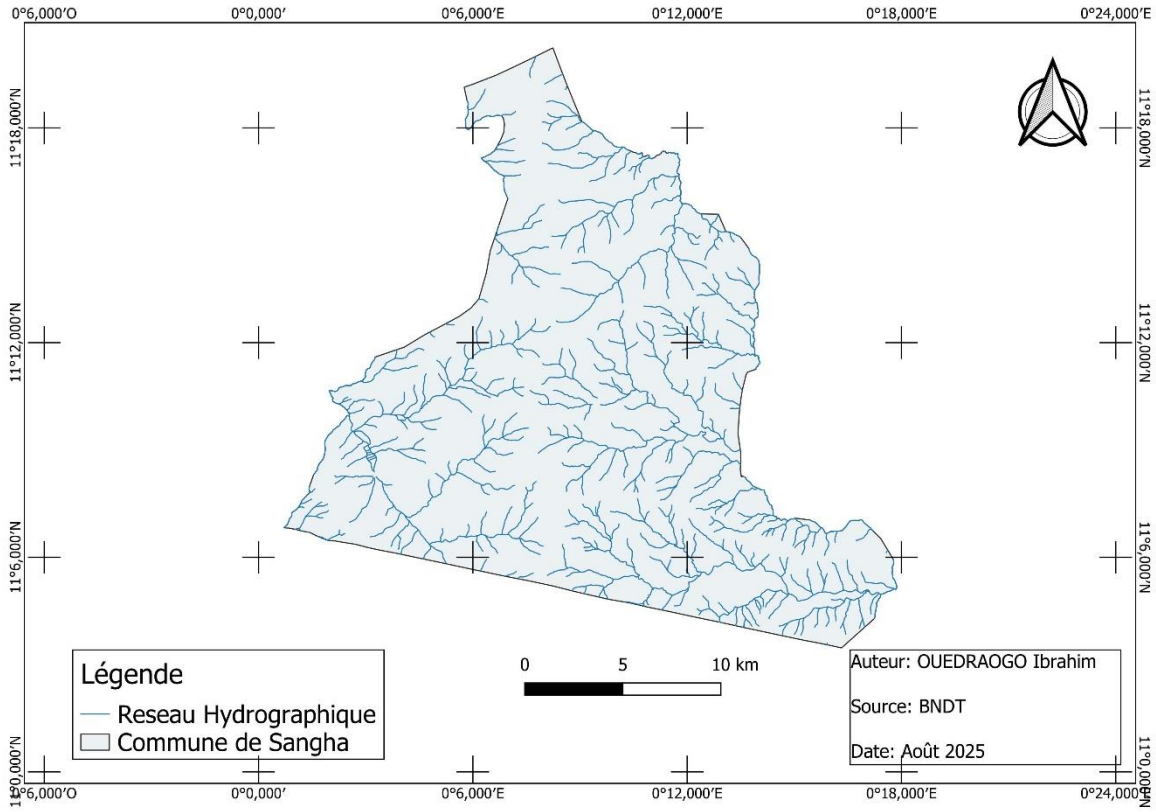


Figure 4: carte du réseau hydrographique de la commune de Sangha

II. PRESENTATION DU PROJET

2.1. Contexte

En vue de garantir un accès universel à l'eau potable, à l'assainissement et une gestion durable des ressources en eau d'ici 2030, le gouvernement du Burkina Faso, à la suite des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) échus en 2015, s'est engagé dans la vision des Objectifs du Développement Durable (ODD). Pour ce faire, au plan national, le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP) a été adopté pour atteindre cet objectif dans le domaine de l'eau potable. Le PN AEP se présente comme l'outil adéquat pour relever les défis du sous-secteur de l'eau en apportant une satisfaction durable des besoins en eau en quantité et en qualité des populations. D'une manière spécifique il vise à (i) Assurer un accès universel des populations aux services d'eau potable conformément à l'approche fondée sur les droits humains (AFDH), (ii) Contribuer à la gestion durable des infrastructures d'AEP, dans le respect de l'accès universel au service de l'eau potable et (iii) Améliorer les capacités de pilotage et de gestion du sous-secteur AEP (PN-AEP, 2018).

2.2.Justification du projet

La commune de Sangha dans la région du Nakambé a été bénéficiaire de la réalisation d'une AEPS dans son chef-lieu en 2016. Cependant depuis son installation, plusieurs problèmes institutionnels et techniques ont entravé son fonctionnement. Les populations sont jusqu'à ce jour obligés de se rabattre sur les pompes à motricité humaine pour s'approvisionner en eau potable.

En vue de relancer son fonctionnement et d'accroitre le taux d'accès du village de Sangha, le Projet du Corridor Économique Lomé-Ouagadougou-Niamey (PCE-LON) dans sa composante « **Accès aux services sociaux de base** » a entrepris la réhabilitation et l'extension de l'AEPS de Sangha. La réalisation des travaux passe nécessairement par des études. Ainsi le projet PCE-LON en partenariat avec l'Office National des Barrages et des Aménagements Hydro-agricoles (ONBAH) a procédé au recrutement du groupement CAFI-B/FI pour la réalisation des études diagnostiques et d'avant-projet détaillé.

Cette étude constituera le sujet de notre mémoire de fin de cycle Master 2 en Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-Agricoles (GEAAH).

2.3.Objectif de l'étude

2.3.1. Objectif global

L'objectif global est de contribuer à l'accès à l'eau potable du village de Sangha par la réhabilitation et l'extension de l'AEPS.

2.3.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de cette étude sont :

- d'identifier les principales causes du dysfonctionnement de l'AEPS existante ;
- de réaliser une étude technique pour la réhabilitation et l'extension du système d'AEPS assortie d'une analyse financière globale du projet ;
- d'identifier les impacts environnementaux et sociaux du projet et proposer un plan de gestion environnementale et sociale.

2.3.3. Résultats attendus

Les résultats attendus de l'étude sont :

- les principales causes du dysfonctionnement de l'AEPS existante sont identifiées ;
- une étude technique pour la réhabilitation et l'extension du système d'AEPS assortie d'une analyse financière globale du projet est réalisée;
- les impacts environnementaux et sociaux sont identifiés et un plan de gestion environnementale et sociale est proposé.

III. MÉTHODOLOGIE ET MATÉRIELS

3.1. Collecte de données

3.1.1. Collecte documentaire

Afin d'établir un état des lieux complet de l'AEP du village des Sangha Natenga et en vue de la rédaction de notre mémoire, une collecte et une analyse approfondie de la documentation disponible a été réalisée. Cette documentation comprend notamment le RGPH 2019, la monographie de la Région du Nakambé, le PCD 2020-2024 de la commune de Sangha, l'Inventaire National des Ouvrages (INO), l'étude d'Avant-Projet Détaillé (APD) de l'AEPS existante, ainsi que divers mémoires académiques et supports pédagogiques relatifs à l'AEP. Le plan cadastral du lotissement et le dossier de recollement de l'AEPS existante incluant les fiches techniques du forage en exploitation ont été également consultés. Ces données ont été collectées au niveau régional et communal et du maître d'ouvrage.

L'exploitation des données documentaires a permis d'élaborer les outils nécessaires pour la conduite des études sur le terrain.

3.1.2. Visite de terrain

Après la collecte de données documentaires, une visite terrain a permis de confronter les données documentaires aux réalités du village. Cette visite a été l'occasion de visiter les ouvrages existants (forage, château, bornes fontaines) et de connaitre leur état actuel de fonctionnement.

A la suite de la visite, des échanges avec le fermier ont permis de collecter des informations complémentaires sur l'état global du système.

3.1.3. Etudes sociologiques

Elles ont été conduites par une équipe de sociologues du bureau CAFI-B/FI qui ont sillonné le village et ont collecté les informations sur les habitudes et les comportements des populations en matière d'AEP. La collecte a été réalisée à travers des enquêtes sur un échantillon de ménage du village, des entretiens avec les services techniques déconcentrés et des focus group.

C'est au cours de cette étape que l'implantation sociale des bornes fontaines est réalisée

3.2. Etudes techniques

3.2.1. Acquisition des données spatiales et tracé du réseau sommaire

La collecte des données spatiales a été réalisée avec google earth pro qui nous a permis de situer les différents ouvrages du système existant par rapport aux habitations ; de faire des projections

en fonction de l'habitat sur les localisations des nouveaux ouvrages à réaliser dans le cadre de l'extension de l'AEPS. Un tracé du réseau sommaire a été réalisé à cette étape.

3.2.2. Etudes hydrogéologiques

Cette étude a consisté à la collecte et au traitement des données sur les forages existants, le forage d'exploitation de l'AEPS existante et le nouveau forage réalisé pour renforcer le système. Une analyse minutieuse des données a permis de déterminer les capacités des forages à exploiter.

3.2.3. Etudes topographiques

Cette étape intervient après la réalisation des études socio-économiques et hydrogéologiques, mais aussi sur le tracé sommaire du réseau. Elle a été conduite par une brigade topographique du groupement CAFI-B/FI, chargée de réaliser les levés altimétriques et planimétriques nécessaires à la conception du réseau.

Les travaux de levés ont consisté à rattacher les différents points du réseau (bornes-fontaines, forage, château d'eau, etc.) à travers des profils en long et des levés de détails permettant un repérage précis des ouvrages sur le terrain.

Les données ainsi recueillies ont été traitées avec Autocad, Covadis en vue de générer le plan de masse du réseau de l'AEPS avec les profils en long. Ce plan présente le tracé complet du réseau, l'emplacement des bornes-fontaines et du château d'eau, ainsi que les distances entre les nœuds et les altitudes de ces nœuds. Il constitue un support essentiel pour le dimensionnement, le calage des ouvrages et la préparation de l'avant-métré nécessaire à la phase d'exécution des travaux.

3.3. Horizon du projet

Pour avoir des ouvrages qui résistent dans le temps, nous devons déterminer l'horizon du projet ou la durée de vie du projet. Pour la plupart des équipements du système de l'AEPS la durée de vie est de 15 ans (Réforme, 2000).

Nous adopterons dans le cadre de ce projet, un horizon de 15 ans soit 2040 pour le dimensionnement. Nous tiendrons compte des objectifs du PN-AEP à l'horizon 2030 qui doivent être atteints pour être en phase avec la politique nationale en matière d'AEP.

3.4. Conception et dimensionnement du système

Le système d'AEPS est composé d'une station de pompage, d'une conduite de refoulement, d'un réservoir de stockage et d'un réseau de distribution.

3.4.1. Conception de la station de pompage

La station de pompage est composée du forage, d'une pompe, des équipements de la tête de forage, d'une source d'énergie et les locaux et éventuellement une clôture. Notre site dispose de deux stations de pompage qui fonctionneront de façon indépendante l'une de l'autre.

- **Le forage**

Deux forages seront exploités pour le système. La distance qui sépare les deux forages étant grande, deux stations de pompage seront réalisées. Le forage du système existant a été réalisé et équipé avec du PVC DN125 et le nouveau forage a été équipé avec des PVC DN160. Des opérations de développements et d'essais de pompage ont été réalisées. Le forage en exploitation dispose aussi des fiches techniques.

- **La pompe**

Le dimensionnement de la pompe est fait sur la base de l'exploitation des données des essais de pompage qui ont permis de déterminer les capacités des forages ; et sur la base de la hauteur manométrique totale. Le choix final de la pompe a tenu compte du débit d'exploitation souhaité, du rendement et aussi du diamètre du forage d'exploitation.

- **La source d'énergie**

Dans le souci de minimiser les charges d'exploitation, nous avons privilégié le système solaire pour l'alimentation énergétique. Le site existant dispose déjà d'un groupe électrogène et d'un branchement au réseau de la SONABEL. Un dimensionnement solaire a été réalisé pour cette station en complément des deux sources existantes. La nouvelle station se trouvant dans un périmètre où la SONABEL existe déjà, le dimensionnement énergétique a concerné les deux systèmes (solaire et SONABEL). Pour ce faire, nous avons utilisé les caractéristiques des pompes choisies pour dimensionner les systèmes. Ce dimensionnement se résume au calcul des puissances crêtes ainsi que le nombre de modules pour les systèmes solaires.

3.4.2. Conception et dimensionnement de la conduite de refoulement

La conduite de refoulement part de la pompe à la cote supérieure du réservoir. Elle comprend une colonne d'exhaure plongée dans le forage jusqu'à la tête de forage en PEHD, une partie hors sol en galva qui supporte les composantes de la tête de forage, une partie enterrée qui part de la tête de forage au pied du château en PEHD et d'une colonne montante du réservoir en galva. Les diamètres aussi sont variables en fonction de la partie de la conduite. Le choix du diamètre de la conduite tient compte de deux paramètres principaux que sont :

- Le coût à l'investissement (diamètre grand donc coûte plus cher) ;
- Les charges d'exploitation (diamètre petit donc pertes de charge élevées et demande d'énergie importante) (MOUNIROU L.,2019).

La contrainte de vitesse minimale et maximale de circulation de l'eau dans la conduite doit être aussi vérifiée pour éviter les dépôts pour des vitesses faibles et des ruptures de conduites pour des vitesses élevées.

3.4.3. Conception et dimensionnement du réservoir

Les réservoirs d'eau sont généralement nécessaires pour alimenter de façon convenable un village, une ville, un quartier ou un secteur en eau potable. Il permet de réguler la différence entre le débit de production d'eau qui est constant et le débit d'eau distribué qui varie selon l'heure de la journée (MOUNIROU L.,2019).

La capacité de stockage a été déterminée suivant la méthode analytique et la méthode forfaitaire et une valeur moyenne a été considérée. Le choix final a été fait sur la base des considérations techniques pour les cas de réalisation de ces types d'ouvrages.

Le réservoir est placé au niveau du point ayant la cote la plus élevée possible pour permettre de fournir la pression minimale de service en tout point du réseau et d'optimiser la hauteur du château et donc le cout de réalisation.

La méthode de calcul choisie pour la détermination de sa cote minimale est celle de l'aval vers l'amont. En effet, cette formule s'utilise lorsqu'on est en train de dimensionner un nouveau réseau et que les débits, les pressions au nœuds sont générés par l'ingénieur (MOUNIROU L.,2019).

Malgré l'existence d'un ancien château, pour la prise en compte des exigences de pression et de débits, un nouveau réservoir est prévu en remplacement de l'ancien.

3.4.4. Conception et dimensionnement du réseau de distribution

- **Choix du type de réseau**

Bien que le village de Sangha Natenga soit loti depuis 2006, l'habitat souffre à se regrouper dans le village (parcelles non bâties), ce qui nous a conduit à garder un réseau ramifié comme choix judicieux par rapport aux réseau maillé qui est coûteux. En effet choisir un réseau maillé suppose que l'habitat est regroupé et que l'on s'attend à beaucoup de branchements particuliers. Les ménages seront alimentés par gravité c'est-à-dire à partir d'un réservoir qui domine tous les points du réseau.

- **Tracé du réseau de distribution**

Le tracé du réseau a suivi celui de l'ancien réseau facilité par le plan de lotissement du village disponible. Pour ce qui concerne le tracé du réseau hors lotissement, il est passé au plus près possible des voiries et des habitations du village pour permettre des branchements particuliers.

- **Nature des conduites**

Le choix de la nature de la conduite est basé aussi bien sur sa disponibilité que sur son coût et sa flexibilité de pose. En effet les conduites en PEHD ont été choisies dans notre AEPS en tenant compte des avantages que ce type de matériaux offre. Le choix du diamètre de la conduite est basé sur le diamètre théorique calculé en utilisant le débit. Les conduites étant en PEHD, elles seront entièrement enterrées suivant des normes de pose.

- **Diamètre des conduites**

Le diamètre théorique de la conduite a été calculé sur la base du débit de chaque tronçon de conduite. Le choix du diamètre commercial s'appuie sur le diamètre théorique calculé. Dans la pratique, on retient généralement le diamètre commercial immédiatement supérieur. Cependant certaines contraintes nous ont conduit à choisir des diamètres plus grands. Il s'agit des contraintes d'ordre technique telles que l'altimétrie de la zone d'étude mais aussi des contraintes liées à la disponibilité des pièces sur le marché.

3.5. Simulation avec le logiciel EPANET

Pour obtenir le tracé sur le logiciel EPANET, nous avons suivi les étapes suivantes :

- Tracé du réseau sur Autocad,
- Conversion du tracé Autocad avec Epacad,
- Ouverture du fichier Epacad avec EPANET,
- Positionner le château d'eau.

3.5.1. Introduction des données dans le logiciel

- Pour chaque nœud, nous avons introduit les données sur les côtes ;
- Pour chaque tronçon, puisque la longueur est automatiquement renseignée par le logiciel, nous avons modifié la valeur par défaut du diamètre, de la rugosité selon la formule de perte de charge adoptée et le coefficient des pertes de charges singulières ;
- Pour le château, nous avons introduit la cote du radier.

3.5.2. Simulation instantanée

Au cours de cette simulation, nous nous sommes intéressés au réseau de distribution. A cette étape, la valeur d'entrée en plus des données déjà introduites est la demande de base au nœud

qui est le débit de pointe horaire. Elle permet la vérification des valeurs de pressions aux nœuds et de vitesses dans les tronçons dans les conditions extrêmes (niveau d'eau dans le réservoir le plus bas et les débits de pointe) à un instant.

3.5.3. Simulation en continu ou simulation dynamique

La simulation dynamique tient compte de tout le système d'AEPS (Station de pompage, refoulement, stockage, réseau de distribution). Elle permet de vérifier l'évolution des valeurs des grandeurs telles que le demande aux nœuds, la vitesse et le débit des tronçons, le niveau d'eau du réservoir à chaque instant au cours de la période de simulation. Pour y parvenir, plusieurs étapes sont nécessaires.

Dans l'option temps nous avons introduit la durée totale de la simulation de 72h, l'intervalle hydraulique d'une heure, l'intervalle des courbes de modulation d'une heure, le pas de temps entre deux rapports d'une heure et le début réel de la simulation qui est de 00h00mn.

i) Courbe de modulation

Une courbe de modulation est un ensemble de multiplicateurs qui appliqués à un paramètre lui permet d'évoluer temporellement (DIEHDIOU I.,2004).

La courbe de modulation utilisée dans le cadre de ce projet est celle de la demande. Cette dernière est affectée à un nœud de demande et s'applique aussi bien à la distribution qu'au refoulement (pompage) et elle est étalée sur 24 heures. Les débits inscrits comme demande de base aux nœuds pour la simulation dynamique sont les débits moyens. Le but du multiplicateur de la demande est de suivre l'évolution de la demande au cours de la journée. Le temps de service au niveau de la borne fontaine ne couvrant pas les 24 heures de la journée, une autre courbe de modulation de la demande est créée pour en tenir compte.

ii) Courbes

Nous distinguons la courbe caractéristique de la pompe, la courbe de volume, la courbe de rendement et la courbe des pertes de charges. Les deux premières ont été utilisées dans ce projet. La courbe caractéristique de la pompe est liée à la pompe et la courbe de volume liée au réservoir de stockage.

3.6. Réalisation des plans des ouvrages et graphiques

A la suite de la conception des ouvrages, nous avons réalisé les différents plans et graphiques. Ce sont : le plan de masse, les ouvrages de génie civil, le carnet des nœuds, les profils en long et les différentes cartes. Ils ont été réalisés avec les logiciels Autocad, COVADIS et QGIS.

3.7. Analyse financière

L'analyse financière s'appuie sur l'estimation des coûts de réalisation des investissements, les charges et les recettes prévisionnelles.

3.7.1. Estimation des quantités et des coûts

En vue de connaître le coût de réalisation des investissements de l'AEPS nous avons procédé à une réalisation du métré pour ressortir les quantités par rubrique. Les coûts unitaires des rubriques ont été tirés de la mercuriale des prix de Ouagadougou et des réalisations similaires pour les prix qui n'ont pas été clairement spécifiés.

3.7.2. Analyse des critères de rentabilité

Les données techniques recueillies ont permis d'effectuer les calculs de rentabilité afin d'évaluer la viabilité du projet. Il s'agit :

- du calcul du coût total du système AEP ;
- du calcul des coûts de fonctionnement et de maintenance ;
- de la détermination du coût d'amortissement et de renouvellement des ouvrages ;
- l'évaluation du produit de la vente d'eau, en référence aux tarifs proposés dans l'étude de faisabilité socio-économique.

Les critères de rentabilité financière que nous avons utilisé pour l'analyse financière sont : la Valeur Actuelle Nette (VAN)et le Taux de Rentabilité Interne (TRI).

3.8. Rédaction du mémoire

A la suite de tout ce qui précède, un rapport a été rédigé pour permettre la mise en commun des différentes parties de l'étude. Au cours de la rédaction, les différentes valeurs de calculs, tableaux, graphiques ont été commentées.

3.9. Matériel et logiciels

Dans le cadre de l'étude, nous avons utilisé du matériel aussi bien terrain que bureautique. Il est constitué de :

- Un bureau qui constitue le cadre de préparation, d'élaboration des stratégies et de rédaction des rapports,
- Un smartphone pour la collecte de données socio-économiques,
- Un matériel de topographie pour les levés sur le terrain,
- Un GPS pour la prise des coordonnées des points,
- Un ordinateur portable pour la rédaction du mémoire,

Hormis le matériel, des logiciels suivants ont été utilisés :

- EXCEL pour les calculs,
- EPANET, EPACAD pour la simulation du réseau,
- AUTOCAD, COVADIS, GLOBAL MAPPER pour le traitement des données topographiques,
- QGIS pour l'élaboration des cartes,
- WORD pour la rédaction du mémoire.

IV. HYPOTHÈSES ET MÉTHODE DE CALCUL

4.1. Estimation de la population à l'horizon du projet

La population à l'horizon du projet se calcule par la formule suivante :

(n°1) $P_n = P_{n0}(1+\alpha)^{(n-n0)}$	P_n : Population à l'horizon n, P_{n0} : Population de départ, α : taux d'accroissement, $n-n0$: $durée$.

4.2. Evaluation des besoins en eau

4.2.1. Consommation spécifique (Cs)

C'est la quantité d'eau consommée par personne au cours de la journée. Elle varie en fonction du milieu (rural ou urbain) et de la nature du pont de desserte (PEM, BF, BP).

Dans le cadre de notre étude, nous adopterons les consommations spécifiques du décret N°2019-0204/PRES/PM/MEA/MINEFID/MATDC/MS à l'horizon 2040 car étant plus récentes :

- **La consommation spécifique BF (Cs_{BF}) est de 25l/jour/pers. et**
- **La consommation spécifique BP (Cs_{BP}) est de 40l/jour/pers.**

4.2.2. Taux de desserte

Le PN-AEP à l'horizon 2030 prévoit des taux de desserte suivants en fonction des points de desserte en milieu rural. Ils sont les suivants :

- **80% pour le système d'AEPS dont 56% par les BP et 24% par les BF,**
- **20% pour les PEM**

Dans le cadre de notre étude, l'extension doit permettre à l'AEPS de couvrir 90% des besoins en eau à l'horizon 2040 dans les proportions suivantes :

- **Le taux de desserte par la BF(T_{BF}) de 20%,**
- **Le taux de desserte par les BP(T_{BP}) de 70%.**

4.2.3. Besoins humains (Bh)

- **Détermination de la population totale desservie par les BF et par les BP**

$$\textbf{(n°2)} \quad P_{BF} = P * T_{BF}$$

$$\textbf{(n°3)} \quad P_{BP} = P * T_{BP}$$

4.2.4. Nombre de BF et BP

Les nombres théoriques de BF et de BP sont déterminés en prenant en compte le nombre d'habitant par BF et le nombre d'habitant par BP.

$$(n°4) \quad N_{BF} = \frac{Population\ totale\ desservie\ par\ BF}{Population\ desservie\ par\ une\ BF}$$

$$(n°5) \quad N_{BP} = \frac{Population\ totale\ desservie\ par\ BP}{Population\ desservie\ par\ une\ BP}$$

Nous prenons une population desservie par une borne fontaine de 500 habitants et une population desservie par un branchement particulier de 9 personnes.

Nous avons considéré une population de 9 personnes par branchement particulier en conformité avec le décret sur les normes qui préconise un BP pour 1,5 ménages. Le nombre d'habitants par ménages dans le village de Sangha est estimé à 6 selon nos estimations avec le RGPH 2019.

4.2.5. Besoins moyens journaliers (Bmj)

(n°6) $B_h = Cs_{BF} * P_{BF} + Cs_{BP} * P_{BP}$	B_h: besoins humains en m^3 B_A: besoins annexes en m^3 B_{mj}: besoins moyens journaliers en m^3
(n°7) $B_A = 10\% * B_h$	
(n°8) $B_{mj} = B_h + B_A$	

4.2.6. Evaluation de la demande journalière de pointe (Djp)

- **Coefficient de pointe journalière (Kpj)**

Il exprime le retour de façon cyclique du comportement des usagers au cours de la semaine ; Les pointes de consommations se situent aux jours de grande lessive, de repos hebdomadaires ou de jouissance. Le coefficient de pointe journalière est indépendant de la saison. Il varie entre **1,05** et **1,15**. Sa formule est la suivante :

$$(n°9) \quad Kpj = \frac{Bjp}{Bmjp} = \frac{Consommation\ journalière\ de\ pointe}{Consommation\ moyenne\ journalière\ de\ la\ période\ de\ pointe}$$

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

Il rend compte de la pointe de la consommation au cours de la journée. Il exprime donc les habitudes du consommateur au cours de la journée. Il est indépendant de la saison. Il n'a aucune influence sur les quantités d'eau à mobiliser. Il varie entre 1,5 et 3.

(n°10) $Kph = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Qmh}}$	Qmh : Débit moyen horaire en m^3/h

- **Evaluation des pertes**

Le système d'AEPS de Sangha utilisera comme ressource en eau, les eaux souterraines qui ne nécessitent pas un traitement particulier (sauf la chloration). Les pertes considérées sont les pertes dues au refoulement et à la distribution. Il est communément admis que le ratio technico-

économique de perte au cours du transport et de la distribution varie entre 10% à 20%. Nous retiendrons un rendement de 85% à l'horizon du projet.

En vue de ne pas surestimer la demande nous n'allons considérer que le coefficient de pointe journalière et les deux types de pertes dans l'estimation de la demande journalière. Nous considérons un Kpj de 1,1 dans nos calculs.

On a donc la formule de la Djp qui s'écrit comme suit :

$(n°11)$ $\quad Djp = \frac{Bmj}{\eta} * Kpj$	Djp : Demande journalière de pointe en m^3/j, Bmj : Besoins moyens journaliers m^3/j, η : rendement global du réseau.

4.2.7. Dimensionnement du réseau de refoulement

- **Débit de production**

C'est le débit de dimensionnement de la conduite de refoulement. C'est le rapport entre la demande journalière de pointe et le temps de pompage journalier. Le système d'AEPS de Sangha dispose déjà d'un réseau de refoulement ancien. Deux stations de pompages seront dimensionnées pour le refoulement.

$(n° 12)$ $\quad Q_p = \frac{Djp}{Tp}$	Q_p : débit de production horaire en m^3/h, Djp : Demande journalière de pointe en m^3/j, T_P : Temps de pompage journalier en h

Le temps de pompage maximal journalier est de 16 h.

- **Dimensionnement de la conduite de refoulement**

Il se fait à partir des formules empiriques ci-dessous :

- Formule de Bresse : **(n°13) $D(m)=1,5*Q^{1/2}(m^3/s)$** ;
- Formule de Bresse modifiée : **(n°14) $D(m)=0,8*Q^{1/3}(m^3/s)$;**
- Formule de Meunier **: (n°15) $D(m)=(1+0,02n)*Q^{1/5}(m^3/s)$** avec n=nombre d'heure de pompage ;
- Formule de Bonin : **(n°16) $D(m)=Q^{1/2}(m^3/s)$** ;
- Formule de A.Bedjaoui, Pr B. Achour : **(n°17) $D(m)=1,27*Q^{1/2}(m^3/s)$.**

La condition de vitesse de Flamant « **(n°18) U(m/s) ≤Dint(m)+0,6** » doit être vérifiée pour le choix final de conduite.

La vitesse de refoulement sera comprise entre 0,6 et 1,5m/s.

- **HMT**

- **Calcul de la hauteur géométrique (HG)**

(n°19) $HMT = HG + J$	HG =Cote sup. Rés-Cote inst.Pompe (m) J =Pertes de charge totale (m)

- **Calcul des pertes de charges**

Les pertes de charges linéaires sont calculées en utilisant trois formules. Le résultat qui donne la plus grande valeur de pertes de charges est retenue car considérée comme le cas le plus défavorable. On a :

HAZEN-WILLIAMS	**(n°20)** $\boldsymbol{J_L = 10,675 * \left(\frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} * D^{4,87}}\right) * L}$	J_L : Perte de charge linéaire en m, L : Longueur de la conduite en m, Q : Débit en m3/s, C : Constante de Hazen-Williams (prise égale à 150 pour le PVC ou le PEHD), D : diamètre en m, Ks : le coefficient de rugosité de Manning Strickler (120 pour conduites en plastique), a= 0,000916 ; n= 1,78 ;m= 4,78 pour les diamètres inférieurs à 200mm.
MANNING-STRICKLER	**(n°21)** $\boldsymbol{J_L = \frac{10,29 * Q^2}{{K_s}^2 * D^{5,33}} * L}$	
CALMONT LECHAPT	**(n°22)** $\boldsymbol{J_L = a * \frac{Q^n}{D^m} * L}$	

Les pertes de charges linéaires seront majorées de 10% pour tenir compte des pertes de charges singulières pour constituer les pertes de charges totales.

- **Coup de bélier**

Le coup de bélier est la variation brusque de la pression (surpression ou dépression) dans une conduite d'eau en un point donné provoquée par une action brusque sur la pompe (arrêt ou démarrage) ou sur une vanne (ouverture ou fermeture). La détermination de son amplitude passe par le calcul de célérité des ondes.

- **Célérité**

(n°23) $\boldsymbol{C = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}} * \frac{1}{\sqrt{1+\frac{D}{e}*\frac{\varepsilon}{E}}}}$	C : célérité (m/s) ; Ɛ : module d'élasticité du fluide (Pa) ; ρ : masse volumique du fluide(kg/m^3) ; D : Diamètre de la conduite (m); e : épaisseur de la conduite (m) ; E : module d'élasticité de la conduite ou module de Young.

- **Calcul du temps aller-retour de l'onde**

(n°24) $t_{AR} = \frac{2 * L}{C}$	t_{AR} : temps aller-retour de l'onde de choc, L : longueur de l'onde en m

Le temps ainsi obtenu est comparé au temps de la perturbation (τ) pour déterminer la nature de la perturbation.

La surpression ou la dépression s'obtient par les formules de Nicolai Egorovich Joukowsky en fonction du type de fermeture (tableau 2).

Tableau 2: formules de calcul de la variation de pression

Type de fermeture	Perturbation rapide	Perturbation lente
Fermeture totale	**(n°25)** $\Delta P = \pm C \frac{V_0}{g}$	**(n°26)** $\Delta P = \pm \frac{2 * L * V_0}{\tau * g}$
Fermeture partielle	**(n°27)** $\Delta P = \pm C \frac{(V_1 - V_2)}{g}$	**(n°28)** $\Delta P = \pm \frac{2 * L * (V_1 - V_2)}{\tau * g}$
ΔP : Variation de la pression (m) , **G** : accélération de la pesanteur (m/s^2),		**V_0** : Vitesse de l'eau dans la conduite (m/s), **$V_1 - V_2$** : variation de la vitesse (m/s).

On compare la somme de la pression du régime permanent et la variation de la pression à celle de la pression maximale admissible de la conduite. Si cette somme est supérieure à la pression maximale admissible (**P+ΔP≥PMA**) le coup de bélier est préjudiciable et l'installation d'un réservoir anti bélier est nécessaire.

En pratique un réservoir antibélier est à prévoir une fois que **P+ΔP≥1,2*PN**.

Le volume du ballon se détermine à partir des abaques de Puech et de Meunier pour une longueur de conduite supérieure à 2 kilomètres.

- **Dimensionnement de l'alimentation énergétique**

- **Calcul de la puissance du système solaire**

Le dimensionnement de la puissance du champ photovoltaïque (Pc) est réalisé en considérant la puissance requise par l'électropompe, le rayonnement solaire moyen ainsi que le rendement global du système.

(n°29) $\boldsymbol{Pc = \frac{Ch * Qj * HMT}{Kp * Hi * \eta_{pompe} * \eta_{onduleur}}}$	Pc : puissance crête du champ photovoltaïque en W, Ch : constante hydraulique =2,725, Qj : débit journalier en m^3/j, Kp : coefficient de productivité=0,75, Hi : rayonnement solaire moyen journalier en W/m^2/j, η_{pompe} : rendement de la pompe (pris entre 0,4 et 0,7), $\eta_{onduleur}$: rendement de l'onduleur =0,95.

4.2.8. Dimensionnement du réseau de distribution

- **Pression nominale**

C'est la pression minimale pour le dimensionnement des conduites de distribution. Cette pression donnée par le constructeur doit être supérieure à la pression hydrostatique. Pour le calcul de la pression hydrostatique on procède comme suit :

(n°30) $P_{hydrostatique} = H_{max\ Réservoir} - minZ_{réseau}$	$H_{max\ Réservoir}$=$Z_{TNréservoir}$+H_{radier}+H_{max} au réservoir

- **Débit de pointe horaire**

Le débit de pointe horaire est le débit de dimensionnement du réseau. Sa formule est comme suit :

(n°31) $Qph = \frac{Djp}{Td} * Kph$	Qph : Débit de pointe horaire en m^3/h, Td : Temps de distribution journalier en heure (24 h), Kph : Coefficient de pointe horaire

- **Débit à la borne fontaine**

(n°32) $Q_{BF} = \frac{1000 * Djp_{BF}}{3600 * T_{BF} * N_{BF}}$	Q_{BF} : Débit de la borne fontaine en l/s, Djp_{BF}: Demande journalière de pointe en m^3/j, N_{BF}: Nombre de BF, T_{BF} : Temps de desserte de la BF en h (12h).

- **Débit en route**

En vue de tenir compte des branchements particuliers, la détermination du débit en route est nécessaire. Elle passe par celle du débit par mètre linéaire de conduite.

(n°33) $Q_i = \frac{(Qph - Q_{réel\ BF}) * L_i}{L}$	$\frac{(Qph - Q_{réel\ BF})}{L}$: Débit par mètre linéaire de conduite en l/s Q_i : Débit du tronçon i en l/s, Q_{ph}: Débit de pointe horaire en l/s, $Q_{réel(BF)}$: Débit réel des BF, Li : Longueur du tronçon i en m, L : Longueur totale du réseau susceptible d'avoir des branchements particuliers en m.

- **Débit fictif continu**

C'est le débit utilisé pour le dimensionnement des conduites. Il est obtenu par la combinaison du débit en route et des débits aval selon la relation suivante :

(n°34) $Q_{fi} = 0,55 * Qi + \sum Q_{aval}$	Q_{fi} : débit fictif du tronçon i en l/s, Q_i : le débit en route du tronçon i en l/s Q_{aval} : Prélèvement aval en l/s

- **Diamètre de la conduite**

La détermination du diamètre de la conduite passe d'abord par la détermination du diamètre théorique. La formule de détermination du diamètre théorique est comme suit :

(n°35) $D_{th} = \sqrt{\frac{4*Q_{fi}}{\pi*U}}$	**D_{th}** : Diamètre théorique en m, **Q_{fi}** : débit fictif en l/s, **U** : vitesse dans la conduite prise égale à 1 m/s (vitesse économique).

- **Perte de charge linéaire, singulière et perte de charge totale**

L'écoulement de l'eau dans les conduites et dans les autres corps hydrauliques crée des frottements qui entraînent une perte d'énergie qu'on appelle perte de charge. La perte de charge linéaire est celle qui est obtenue suivant la longueur de la conduite ; la perte de charge singulière quant à elle est celle causée par les singularités (vanne, Té, Ventouse, variation de section hydraulique, etc.). Les pertes de charges totales sont la somme des pertes de charges linéaires et singulières. Nous opterons pour la formule de Hazen-Williams pour le calcul de ces pertes de charges linéaires.

Pour tenir compte des singularités, nous avons multiplié les pertes de charges linéaires par un coefficient de 1,05.

- **Pression minimale de service**

La pression de service est la pression que le consommateur le plus défavorisé s'attend à avoir chez lui. Elle est de 10 mCE.

- **Charge au nœud ou charge imposée au nœud**

La charge au nœud se calcule avec la formule suivante. En considérant un nœud quelconque X, sa charge H_x est :

(n°36) $H_x(m) = Z_x + P_s + \sum_{i=0}^{i=x} Ji$	$H_{x\ :\ Charge}$ au nœud x (m), Ps : Pression minimale de service(m), Z_x : cote du nœud x(m), $\sum_{i=0}^{i=x} Ji$: Somme des pertes de charges jusqu'au nœud x(m).

- **Pression au nœud ou pression réelle de service**

C'est la pression que l'on retrouve à chaque nœud du réseau. Sa formule est la suivante.

(n°37) $P_{rx} = max(H_x) - Z_x - \sum_{i=0}^{i=x} Ji$	Prx : Pression réelle au noeud x en m, max (Hx) : Charge imposé en m, Z_x : altitude du nœud x (m).

- **Vitesse réelle dans les conduites**

Elle est calculée suivant la formule de conservation connaissant les diamètres réels des conduites utilisées**.**

(n°38) $U_i = \frac{4*Q_{fi}}{\pi*D_i^2}$ *(0,3≤U≤1,2m/s)*	U_i : vitesse du tronçon i en m/s, Q_{fi} : Débit du tronçon i en m3/s, D_i : Diamètre du tronçon i en m.

- **Norme de pose des conduites**

(n°39) **l≥D_{ext}+0,4** **(n°40)** **h≥D_{ext}+0,8**	l : largeur de fouille en m, h : profondeur de fouille en m, D_{ext} : Diamètre extérieur de la conduite en m.

4.2.9. Dimensionnement du réservoir de stockage

- **Hauteur sous radier**

La hauteur sous radier est la hauteur entre le pied du château et le fond de la cuve. Elle se calcule à travers la formule suivante :

(n°41) $H_R = max(H_x) - Z_{TN(Château)}$	H_R : Hauteur sous radier(m), $max(H_x)$: charge au radier(m), $Z_{TN(château)}$: Altitude du terrain naturel du château(m).

- **Capacité utile du réservoir de stockage**

Méthode forfaitaire

Pour le cas des AEPS ruraux dans la région, l'adduction en continue est la plus indiquée. Dans le cadre de ce projet on adoptera une capacité de stockage de 30% de la demande de pointe journalière.

Méthode analytique

Cette méthode utilise des tranches et des coefficients de pointe horaires (tableau 3). Les étapes suivantes permettent de déterminer la capacité du réservoir.

(n°42) **V_P=Q_P *t**	V_P : Volume pompé en m^3 ; Q_P : Débit de pompage en m^3/h ; t : tranche horaire de pompage en h. V_D : Volume distribué en m^3 ; Q_{mh} : Débit moyen horaire en m^3/h ; $Kconso(t)$: Coefficient de consommation dans la tranche horaire t ; Cu : Capacité utile.
(n°43) **V_D=Q_{mh} *t* $Kconso(t)$**	
(n°44) **Cu=| Déficit max | +Excédent max**	

Tableau 3 : Coefficients de consommation par tranche horaire

Horaire	**00h-02 h**	**02h-06 h**	**06h-08h**	**08h-11h**	**11h-14 h**	**14h-16h**	**16h-18h**	**18h-22h**	**22h-00 h**
Tranche d'heure	2	4	2	3	3	2	2	4	2
Coefficients de consommation (***Kconso***)	0,10	0,18	2,19	1,80	1,50	1,20	2,00	0,50	0,20

4.2.10. Traitement de l'eau

(n°45) $t_c = \frac{\text{Cu}}{\text{Qph}}$	t_c: temps de contact en h, Cu : Capacité utile du réservoir en m^3, Qph : Débit de pointe horaire en m^3/h, m : masse de chlore en g/j, t_s: temps de séjour de l'eau dans le réservoir en j, Djp : Demande journalière de pointe en m3/j, D : Dose de traitement en mg/l, q_p : Débit de la pompe doseuse en l/h, Q : Débit de l'eau traité en m3/h, C : Concentration de la solution mère en g/l, Vbac : Volume du bac en l, T : temps de traitement en h.
(n°46) $t_s = \frac{\text{Cu}}{\text{Djp}}$	
(n°47) $m = Djp * D$	
(n°48) $q_p = \frac{D*Q}{C}$	
(n°49) $V_{bac} = q_p * T$	

4.2.11. Ouvrages annexes

Les ouvrages annexes assurent la régulation du système au cours du fonctionnement. Ils se composent de :

- **Vannes de sectionnement :** elles facilitent l'exploitation du système, permettent d'isoler une partie du réseau en cas d'intervention. Elles sont placées en tête de conduite principales et secondaires ;
- **Ventouses :** ce sont des ouvrages qui permettent l'évacuation de l'air dans les conduites. Ils sont placés aux points haut du réseau pour la distribution et sur la tête de forage en refoulement ;
- **Clapet anti-retour :** ouvrage de protection de la pompe ou de la conduite qui oblige l'eau à aller dans un seul sens. Il est placé au niveau de la conduite de refoulement (tête de forage) et au niveau au niveau du château ;
- **Manomètre :** il mesure la pression dans la conduite ;
- **Vidange :** ouvrage qui assure la vidange du réseau en cas de défaillance ou lorsqu'on veut nettoyer le réseau. Il est placé au point bas du réseau ;
- **Regard :** ouvrages de protection des vannes, vidange, ventouse, équipements de la tête de forage. Ils permettent une localisation facile des équipements.

4.3.Analyse financière

4.3.1. Détermination du prix de l'eau

Le prix de l'eau est déterminé par la formule suivante :

(n°50) $$P_{eau} = \frac{C_{exp} + A}{V_{eau}}$$	P_{eau} : prix de l'eau en FCFA/m^3, C_{exp} : Charges d'exploitation totales de la période en FCFA, A : Dotations aux amortissements et aux provisions de la période en FCFA, V_{eau} **:** Volume total d'eau vendu au cours de la période en m^3.

4.3.2. Détermination de la Valeur Actuelle Nette (VAN)

Elle correspond à la valeur de tous les flux monétaires positifs ou négatifs anticipés du projet.

(n°51) $$VAN = \sum_{t=0}^{n} \frac{Ft}{(1+\propto)^t} - I_0$$	VAN : Valeur actuelle nette, Ft : Flux financiers à l'année t, $\propto$ **:** taux d'actualisation, I_0 : Investissement initial.

4.3.3. Détermination du Taux de Rentabilité Interne (TRI).

C'est le taux d'actualisation pour lequel la valeur actualisée des entrées de trésorerie égale à celle des dépenses. En outre, ce taux est le résultat de l'égalisation de la VAN à zéro.

(n°52) $$0 = \sum_{t=0}^{n} \frac{Ft}{(1+TRI)^t} - I_0$$	TRI : Taux de rentabilité interne Ft : Flux financiers à l'année t, I_0 : Investissement initial.

V. RÉSULTATS ET DISCUSSION

5.1. Etat des lieux de l'AEP

Le village de Sangha Centre affiche un taux d'accès à l'eau potable de 87,2% supporté exclusivement par les PEM (INO-2024). Les pompes à motricité humaine sont les sources les plus utilisées. On note que 85% des ménages enquêtés s'approvisionnent uniquement au niveau des PMH, et le reste se rabat sur les puits modernes et le barrage.

5.1.1. PEM (PMH, et puits modernes)

Selon l'INO 2024, le village de Sangha a un total de 41 forages équipés de pompe dont 33 communautaires et 8 sont institutionnels. Parmi les 33 forages communautaires, 32 sont fonctionnels et seulement 1 est en panne. On dénombre également 7 puits modernes dont 4 permanents, 2 temporaires et 1 puits abandonné. La situation des forages et puits modernes est en annexe 1.

5.1.2. AEPS/PEA

Le village de Sangha Centre dispose d'un système d'AEPS non fonctionnelles, 3 PEA privés fonctionnels (INO 2024). La situation des AEPS/PEA est en annexe 2.

L'AEPS de Sangha Natenga est composée d'une station de pompage, d'un réseau de refoulement d'un réservoir métallique de 50m^3 et d'un réseau de distribution comportant 8 bornes fontaines (annexe 3). La situation du diagnostic est consignée dans le tableau 4.

Tableau 4 : Résultat du diagnostic des ouvrages

Ouvrage	Observation	Problème	Causes	Solutions
Tête de forage 	RAS	RAS	RAS	RAS
Pompe immergée pour le refoulement d'eau dans le réservoir	En panne	Refoulement non assurée	Non fonctionnalité	Remplacer la pompe

Locaux techniques 	RAS	RAS	RAS	RAS
Réseau de refoulement	Rupture des conduites	Fuites d'eau	Usure due à la non fonctionnalité	Reprise totale du réseau
Château d'eau et regard by-pass 	RAS	RAS	RAS	RAS
Réseau de distribution	Rupture des conduites	Fuites d'eau	Usure due à la non fonctionnalité	Reprise totale du réseau
Bornes fontaines 	RAS	RAS	RAS	RAS

5.1.3. Description succincte de l'état actuel des ouvrages

- **Station de pompage**

La station de pompage est constituée d'un forage de débit 13m3/h dans lequel est installée une pompe Grundfos SP5A-21 de débit nominal 5m^3/h et d'une HMT de 86m fonctionnant avec un groupe électrogène de 12,5 KVA et de la SONABEL (nouvelle connexion). Les équipements de la tête de forage ne présentent pas de dégradation visible. Le périmètre immédiat du forage est protégé par un ouvrage de génie civil pour éviter toute dégradation de la qualité de l'eau et de l'intégrité physique du forage. Son périmètre rapproché est protégé avec du grillage entièrement délabré.

- **Locaux techniques**

Des locaux techniques ont été construits à proximité du forage pour assurer d'une part l'installation et la sécurisation des équipements de commande et d'énergie et d'autre part pour servir de bureau pour la gestion du système. L'absence d'entretien des locaux a entrainé des dégradations des enduits. Aussi, la clôture grillagée des locaux est endommagée par endroit.

- **La conduite de refoulement**

Le réseau de refoulement long de 2885m est constitué principalement de conduite en PVC de diamètre nominal 110mm et de pression nominale 16bars. Ce réseau présentait des fuites dès le lancement de la desserte conduisant à une intervention du fermier pour sa réparation.

- **Le château**

Le château d'eau d'une capacité de 50m^3, est situé à la cote 320,99m et sa hauteur sous radier est de 10m avec une cote de déversement de 4,5m. Hormis l'absence de l'indicateur du niveau d'eau dans la cuve, le château est globalement intact. Des travaux de réfection ont été réalisés par la DREA-NKB en 2024. Les ouvrages du regard sont aussi intacts. Cependant une mise en service pourra permettre de mieux apprécier l'état du compteur.

- **Réseau de distribution**

Long de 4,02 kilomètres, il dessert 8 bornes fontaines. Les diamètres des conduites sont de 110mm (0,12km), 90mm (1,7km) et 63mm (2,2km). La cote maximale dans le réseau est de 300,75m et celle la plus élevée est de 322,17m (Etudes topographiques, CAFI-B/FI 2025).

La pression maximale dans le réseau est de 25,42m et la pression minimale est de 10,14m ; la vitesse minimale est de 0,21m/s et celle maximale est de 0,62m/s ; débit de pointe horaire de 4,8l/s (AGETEER, Etude APD de Sangha, 2011).

Le réseau est confronté à des fuites d'eau dont certaines positions n'ont pas encore été détectées (Enquête/GOGARIS-DEVELOPMENT).

5.1.4. Diagnostic de la gestion

L'AEPS de Sangha Natenga n'a jamais fonctionné depuis sa réalisation en 2016. La commune avait entrepris de procéder à la mise en service du système juste après la réception provisoire. Elle a vite été confrontée à des difficultés financières pour faire fonctionner les installations (énergie thermique) (Enquête/DREAE-NKB).

Par la suite, la commune de Sangha a recruté en 2020 un fermier avec qui un contrat d'affermage a été signé pour assurer l'opérationnalisation du service d'eau potable conformément à la politique nationale. Cependant, depuis cette date jusqu'à nos jours, l'AEPS

demeure non fonctionnelle. En effet, le non fonctionnement prolongé des installations a provoqué l'usure des équipements hydrauliques (pompe immergée, réseau de refoulement et réseau de distribution) du système de l'AEPS. Cette usure a été constatée au lancement par le fermier à travers les multiples fuites observées sur le réseau de refoulement, le réseau de distribution et la panne au niveau du forage.

5.1.5. Conformité du système aux objectifs du PN-AEP

Les études pour la réalisation de l'AEPS de Sangha Natenga ont été réalisées en 2012 dans le cadre des OMD avec des objectifs nationaux du PN-AEPA à savoir « contribuer à atteindre 80% de taux d'accès à l'eau potable à l'horizon 2015 » ; la consommation spécifique pour le dimensionnement était très faible (6.7 l/hab./j à l'horizon 2027). L'AEPS a été réalisé avec 8 bornes fontaines sans branchement particulier.

Avec le passage des OMD aux ODD, les objectifs ont changé et vise désormais un accès universel à l'eau potable à l'horizon 2030 avec un accent mis particulièrement sur les branchements particuliers. Le PN-AEP au niveau national a fixé des objectifs d'accès universel à l'eau potable avec des exigences d'au moins 80% pour le système d'AEPS seul et au plus 20% pour les PEM. De plus dans ces 80% des populations à desservir, au moins 56% doivent l'être par les branchements particuliers (BP) et au plus 24% par les bornes fontaines (BF). La consommation spécifique a été fixé pour les différents types de points de desserte (PEM, BF, BP) dans le PN-AEP et elle a encore connu une évolution avec l'adoption en 2019 du décret N°2019-0204/PRES/PM/MEA/MINEFID/MATDC/MS portant définition des normes, critères et indicateurs d'accès à l'eau potable au Burkina Faso.

L'AEPS de Sangha à l'état actuel ne couvre pas tous les quartiers du village et n'est pas fonctionnelle à ce jour. Pour la rendre fonctionnelle et viser l'atteinte des objectifs du PN-AEP, une réhabilitation et extension seront nécessaires.

Cette réhabilitation et extension entrainera un redimensionnement des ouvrages de l'AEPS. L'étude technique détaillée permettra de déterminer les principales caractéristiques des ouvrages à dimensionner.

5.2. Etude technique

Les études techniques permettront de calculer les différentes valeurs de dimensionnement. Ces valeurs seront comparées à celle de l'AEPS existante pour faire le choix de considérer et/ou de renforcer certaines parties ou même de pas prendre en compte certaines ou l'ensemble des installations de l'AEPS existante**.**

5.2.1. Evaluation de la ressource

Le forage exploité (forage 1) a un débit à la foration de 13m^3/h. Quant au nouveau forage (forage 2), il a un débit de développement de 9,90m^3/h. Nous n'avons donc pas pu avoir des données pour la détermination du débit critique et du rabattement critique pour le forage 1. Les données de pompage du nouveau forage ont été traitées avec le logiciel OUAIP et les résultats sont présentés par la figure 5.

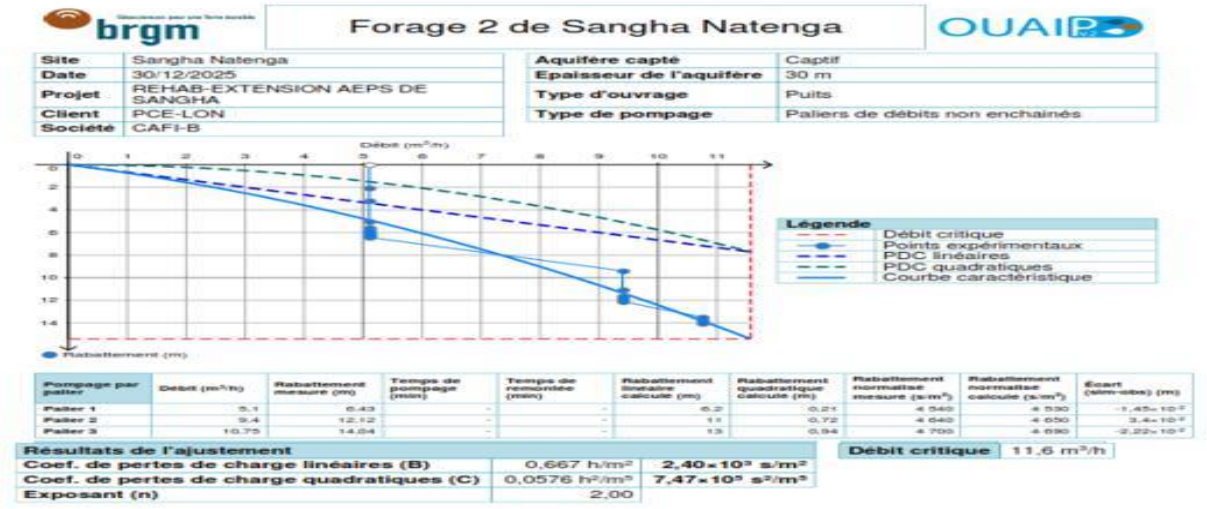


Figure 5 : Résultats du traitement des données du pompage par pallier du nouveau forage

Les résultats de la figure 5 montrent que le débit critique du forage 2 est de 11,6m avec un rabattement de 15,4m.

Un essai de pompage longue durée a été réalisé en 2016 le forage 1 avec un débit de pompage de 11,21m^3/h. Le rabattement à l'issu de 46h de pompage (durée de l'essai) était de 11,01m donc un niveau dynamique de 20,85m (figure 6).

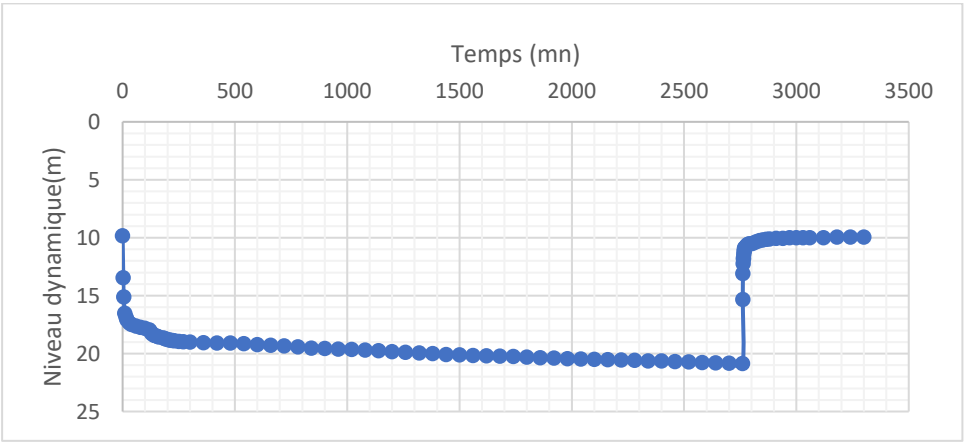


Figure 6 : Courbe de l'essai de pompage longue durée du forage 1

Nous retenons 10m^3/h comme débit d'exploitation et une profondeur d'installation de la pompe de 30m pour le forage 1 en attendant qu'un nouvel essai de pompage confirme les données. La profondeur d'installation tient compte du niveau dynamique maximal et de l'équipement du forage.

Pour le forage 2, pour un débit de foration de 9,9m3/h, l'essai de pompage longue durée a été réalisé avec un débit de pompage de 10,75m3/h. Le rabattement à l'issu de 8h de pompage est de 12,51m donc un niveau dynamique de 19,82m (figure 7).

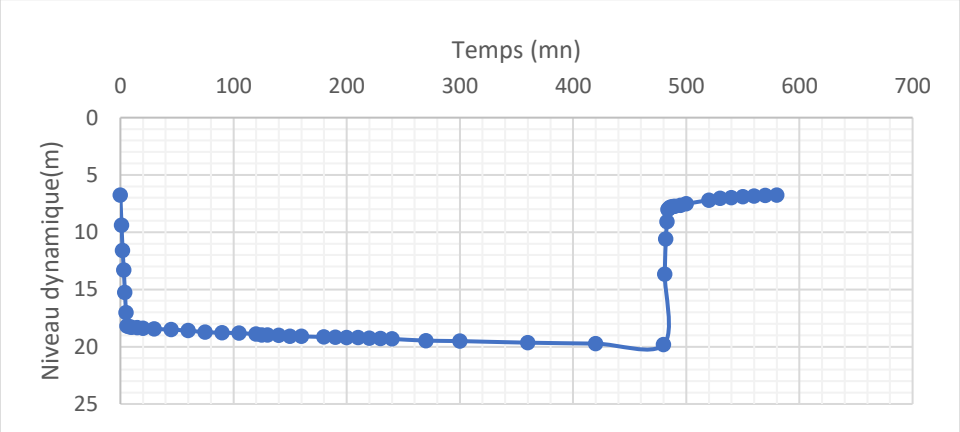


Figure 7 : Courbe de l'essai de pompage longue durée du forage 2

Nous retenons le débit de 10m3/h comme débit d'exploitation et une profondeur d'installation de la pompe de 41m pour le forage 2 sous réserve d'un nouvel essai de pompage. La profondeur d'installation tient compte du niveau dynamique maximal et de l'équipement du forage.

Les coordonnées géographiques des forages sont consignées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Localisation des forages

Forage	Zone	X	Y
Ancien forage	31P	190288 m E	1236204 m N
Nouveau forage	31P	188117 m E	1237649 m N

5.2.2. Evaluation des besoins en eau

Le réhabilitation et l'extension de l'AEPS de Sangha Natenga permettra de couvrir les besoins en eau conformément aux objectifs du PN-AEP en 2030. Les ouvrages sont dimensionnés pour un horizon de 15 ans soit jusqu'en 2040. Les principaux facteurs qui génèrent les besoins en eau sont la population et leurs activités socio-économiques. Selon le RGPH 2019, la population de Sangha Natenga est estimée à 3884 habitants et elle connaît une croissance annuelle de 2,65%. De plus, le système doit satisfaire aux besoins évolutifs des populations jusqu'à 90% à l'horizon 2040 dont 70% par les BP et 20% par les BF avec des consommations spécifiques de

40l/j/pers. pour les BP et 25l/j/pers. pour les BF. Le tableau 6 donne l'évolution des besoins en eau.

Tableau 6: évolution des besoins en eau

Désignation	**Unité**	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**
Population brute	hbt	4544	5179	5903	6727
Taux de desserte global du système AEPS	%	56,4%	80%	87%	90%
Pop totale desservie	hbt	2563	4144	5136	6055
Taux de desserte BP	%	28,2%	54%	64%	70%
Taux de desserte BF	%	28,2%	26%	23%	20%
Pop desservie par les BP	hbt	1282	2797	3778	4709
Population desservie par BF	hbt	1282	1182	1046	1346
Consommation spécifique par BF	l/j/hbt	25	25	25	25
Consommation spécifique par BP	l/j/hbt	40	40	40	40
Besoins journaliers BP	m^3/j	51,28	111,88	151,12	188,36
Besoins journaliers BF	m^3/j	32,05	29,55	26,15	33,65
Besoins humains	m^3/j	83,33	141,43	177,27	222,01
Taux socio-économique	T	10%	10%	10%	10%
Besoins socio-économiques	m3/j	8,33	14,14	17,73	22,20
Besoins journaliers moyens	m^3/j	91,7	155,6	195,0	244,2
Coefficient de pointe journalière	coéf.	1,1	1,1	1,1	1,1
Rendement de l'installation	coéf.	98%	93%	89%	85%
Demande Journalière de pointe BP	m^3/j	63,32	145,56	205,46	268,14
Demande Journalière de pointe BF	m^3/j	39,57	38,45	35,55	47,90
Demande de pointe journalière	m^3/j	102,89	184,01	241,01	316,04
Temps de pompage	h	16	16	16	16
Débit horaire(production)	m^3/h	6,43	11,50	15,06	19,75
Débit moyen horaire(distribution)	m^3/h	4,29	7,67	10,04	13,17
coefficient de Pointe horaire	coéf.	2,71	2,409	2,29	2,19
Population par BP	hbt	9	9	9	9
Population par BF	hbt	500	500	500	500
Nombre théorique de BP à réaliser	-	143	311	420	524
Nombre théorique de BF	-	3	3	3	3
Nombre actuel de BF déjà réalisées	-	8	8	8	8
Nombre de BF nouvellement implantées	-	3	3	3	3
Nombre final de BF réelle	-	11	11	11	11
Débit de pointe	m^3/h	11,61	18,42	22,99	28,83
	l/s	3,2	5,1	6,4	8,0

Pour une population totale de 4544 habitants en 2025, la population de Sangha Natenga atteindra 5179 habitants en 2030 et 6727 habitants à l'horizon du projet soit en 2040. Avec un taux global de desserte par le système d'AEPS de 56,4 % en 2025 et 90% en 2040, les besoins journaliers passent de 91,66m^3 à 244,21m^3. Ces besoins incluent les besoins sociaux qui passent de 8,33m^3/j en 2025 à 22,20m^3/j en 2040.

5.2.3. Nombre théorique de bornes fontaines et de branchements particuliers

En 2025 les bornes fontaines devrait desservir 28,2% soit 1282 personnes et les branchements particuliers devraient desservir 28,2% soit 1282 personnes.

A l'horizon 2040 les bornes fontaines desserviront 20% de la population du village soit 1346 habitants ; quant aux branchements particuliers, ils desserviront 70% de la population du village soit 4709 habitants.

Le village de Sangha pour atteindre les objectifs du PN-AEP en 2025 a besoins de 143 BP et de 3 BF. A l'horizon du projet, le nombre de branchement devra atteindre 524 et le nombre de BF reste inchangé. La priorité de PN-AEP est de réaliser plus de branchements particuliers.

5.2.4. Débit de production horaire

Aux besoins moyens journaliers, pour tenir compte des variations de la consommation journalière, nous avons tenu compte des coefficients de pointe. Les valeurs des coefficients ayant servi aux calculs sont dans le tableau 7. Le coefficient de pointe journalière est de 1,1 ; les valeurs du rendement du réseau sont évolutives en fonction de l'âge du réseau.

La demande journalière de pointe varie de 102,89 m^3/j en 2025 à 316,04 à l'horizon 2040. Avec 16 heures de pompage journalier, le débit de production passe de 6,43m^3/h en 2025 à 19,75m^3/h en 2040. Le forage en exploitation ayant un débit à la réalisation de 13m^3/h et un débit d'exploitation de 10m^3/h couvrira les besoins jusqu'en 2028. Le forage nouvellement réalisé dans le cadre de l'extension a un débit d'exploitation de 10m^3/h. Son raccordement devrait intervenir en fin 2028. Cependant, en vue d'optimiser le cout d'exploitation du système, nous proposons le raccordement des deux forages en 2025. En effet, l'exploitation des deux forages permettra d'avoir au cours de la journée un volume de production cumulé de 120 m^3 avec un pompage solaire de 6 h/j avec le débit cumulé de 20m^3/h. Le système pourra donc fonctionner exclusivement grâce à l'énergie solaire jusqu'en fin 2026 et couvrira la demande de pointe estimée à 114,20m^3/j. A l'horizon 2040, le pompage de 16 heures soit 6 heures par pompage solaire et 10 heures par pompage électrique permettra de couvrir la demande de pointe

journalière de 316,04m^3. La figure 8 présente l'évolution de la demande et la production réelle qui permettra de couvrir cette demande.

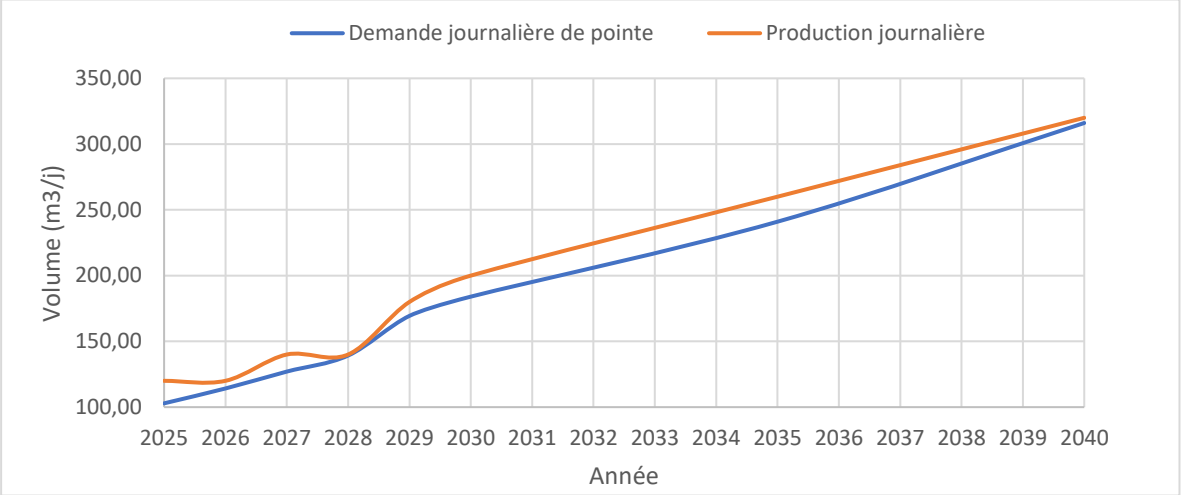


Figure 8 : évolution de la production réelle et de la demande de pointe journalière

5.2.5. Dimensionnement du refoulement

Le refoulement sera assuré par deux conduites distinctes qui se joignent près du château d'eau La figure 9 présente le tracé du réseau de refoulement avec les deux conduites.

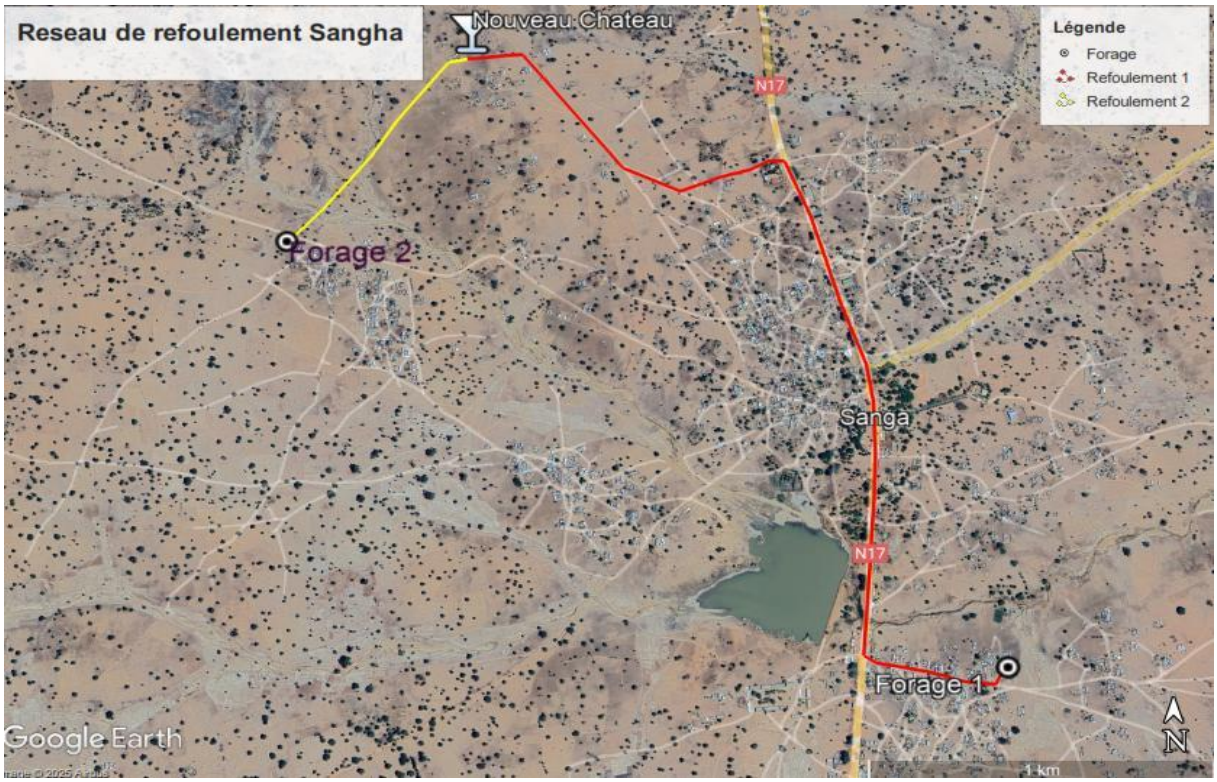


Figure 9 : Tracé du réseau de refoulement

- **Dimensionnement des conduites**

Le débit d'exploitation des forages 1 et 2 est de 10m3/h chacun. Le calcul des valeurs de dimensionnement des conduites sera réalisé séparément. Le tableau 7 donne les résultats du dimensionnement du diamètre de la conduite en application des formules empiriques et en vérifiant les conditions. Le débit étant le même, un seul tableau a été présenté pour les deux conduites.

Tableau 7: Résultat calcul du diamètre des conduites pour les refoulements 1 et 2

Formules de calcul	Dth (mm)	Diamètre commercial		U_{ref} (m/s)	Condition de flamant(U_f(m/s) = 0,60 + D (m)	Observation
		Dint (mm)	Dext (mm)			
Bresse	79,06	90,00	110	0,44	0,69	Vérifié
Bresse modifié	112,46	114,60	140	0,27	0,71	Vérifié
Meunier	69,57	73,60	90	0,65	0,67	Vérifié
Achour et Bedjaoui	66,93	73,60	90	0,65	0,67	Vérifié
Bonin	52,70	61,40	75	0,94	0,66	Non Vérifié

Les conduites de refoulement seront en PEHD PN16 pour les deux stations.

Nous constatons que seule la formule de Bonin n'est pas vérifiée pour la condition de Flamant. Nous retenons un DN90 pour le refoulement avec pour vitesse de refoulement 0,65m/s. Cette vitesse est proche de la vitesse économique en refoulement qui est comprise entre 0,7 et 0,8 m/s (FAYE, 2023).

- **Hauteur manométrique totale**

La longueur totale de la conduite de refoulement 1 est de 3510m et la longueur totale de la conduite de refoulement 2 est de 900m.

Les résultats des calculs pour la détermination de la HMT sont consignés dans le tableau 8.

Tableau 8: calcul de la HMT

Paramètre	Refoulement 1	Refoulement 2
Cote TN forage(m)	300,9	320,63
Cote TN château(m)	329,14	329,14
Longueur conduite forage-château (m)	3510	900
Longueur conduite exhaure forage(m)	30	41
Longueur galva tête de forage(m)	3	3
Longueur galva colonne montante château(m)	15	15
Diamètre conduite forage-château (mm)	73,6	73,6
Diamètre conduite exhaure forage(mm)	51,4	51,4

Diamètre conduite tête forage (mm)	75	75
Diamètre colonne montante château(mm)	90	90
Débit(m3/h)	10	10
Coefficient Hazen-Williams C	150	150
Ks PVC, PEHD	120	120
Perte de charge forage-château (Hazen-Williams) (m)	23,39	6,00
Perte de charge forage-château (Manning-Strickler) (m)	23,32	5,98
Perte de charge forage-château (Calmon-Lechapt) (m)	**25,98**	**6,66**
Perte de charge exhaure forage(m)	**1,24**	**1,69**
Perte de charge tête de forage(m)	**0,02**	**0,02**
Perte de charge colonne montante château (m)	**0,04**	**0,04**
Total perte de charge	27,28	8,41
HG	73,24	64,51
HMT calculée (m)	**100,52**	**72,92**
HMT retenue(m)	**105**	**75**

La perte de charge calculée en utilisant la formule de Calmont-Lechapt est retenue car elle donne les valeurs les plus élevées. C'est donc cette perte de charge qui a été utilisée pour le calcul de la HMT. La HMT calculée pour le refoulement 1 est de 100,5m et celle du refoulement 2 est de 72,92m. Nous retenons la valeur de HMT de 105 m pour le refoulement 1 et la valeur de 75 m pour le refoulement 2. La pompe retenue doit vaincre cette hauteur pour pouvoir assurer le refoulement de l'eau dans le réservoir.

- **Protection de la conduite contre le coup de bélier**

Les résultats consignés en annexe 4 indiquent :

Refoulement 1 : La célérité de l'onde de choc est de 313,86m/s ce qui donne un temps aller-retour de 22,4 s sur la distance de 3510 m. Ce temps est largement supérieur à la durée de la perturbation adoptée qui est de 3 s. la perturbation est donc rapide la formule de calcul de la variation de pression est donc $\Delta P = \pm C\frac{V_0}{g}$. On trouve donc une surpression de 20,89m. La valeur de $HMT + \Delta P$ est de 125,89m qui est inférieure à celle de 1,2*PN qui est de 192m ; de plus la dépression$HMT - \Delta P$ qui est de 84,11 est supérieure à la pression atmosphérique. Le coup de bélier n'est pas préjudiciable à la conduite. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir un réservoir anti-bélier.

Refoulement 2 : La célérité de l'onde de choc est de 313,86m/s ce qui donne un temps aller-retour de 5,7s sur la distance de 900m. Ce temps est largement supérieur à la durée de la

perturbation adoptée qui est de 3 s. la perturbation est donc rapide la formule de calcul de la variation de pression est donc $\Delta P = \pm C\frac{V_0}{g}$. On trouve donc une surpression de 20,89m. La valeur de $HMT + \Delta P$ est de 95,89 m qui est inférieure à celle de 1,2*PN qui est de 192m ; de plus la dépression $HMT - \Delta P$ qui est de 54,11 m est supérieure à la pression atmosphérique. Le coup de bélier n'est pas préjudiciable à la conduite. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir un réservoir anti-bélier.

- **Choix de la pompe immergée**

Le choix de la pompe immergée est basé sur le débit d'exploitation et de la hauteur manométrique totale. Deux pompes seront choisies pour les deux stations de pompage. Les valeurs des débits et HMT sont :

Station 1(ancienne station) : Q=10m3/h, HMT=105m ;

Station 2(station à réaliser) : Q=10m3/h, HMT=75m.

Les pompes à choisir doivent avoir des caractéristiques proches des valeurs de HMT et de débit trouvées. Nous prendrons comme exemple de pompe, GRUNDFOS. Les pompes ainsi choisies sont :

- Pompe pour refoulement station 1: GRUNDFOS SP11-24;
- Pompe pour refoulement station 2: GRUNDFOS SP9-18.

Les caractéristiques de ces pompes sont consignées en annexe 5.

- **Point de fonctionnement des pompes**

Le point de fonctionnement de la pompe est l'intersection entre la courbe du réseau (H=f(Q)) et celle de la pompe (HMT=f(Q)). C'est à ce point que les conditions de fonctionnement de la pompe sont optimisées.

La figure 10 présente les courbes de réseau, de la pompe et du rendement pour la pompe 1.

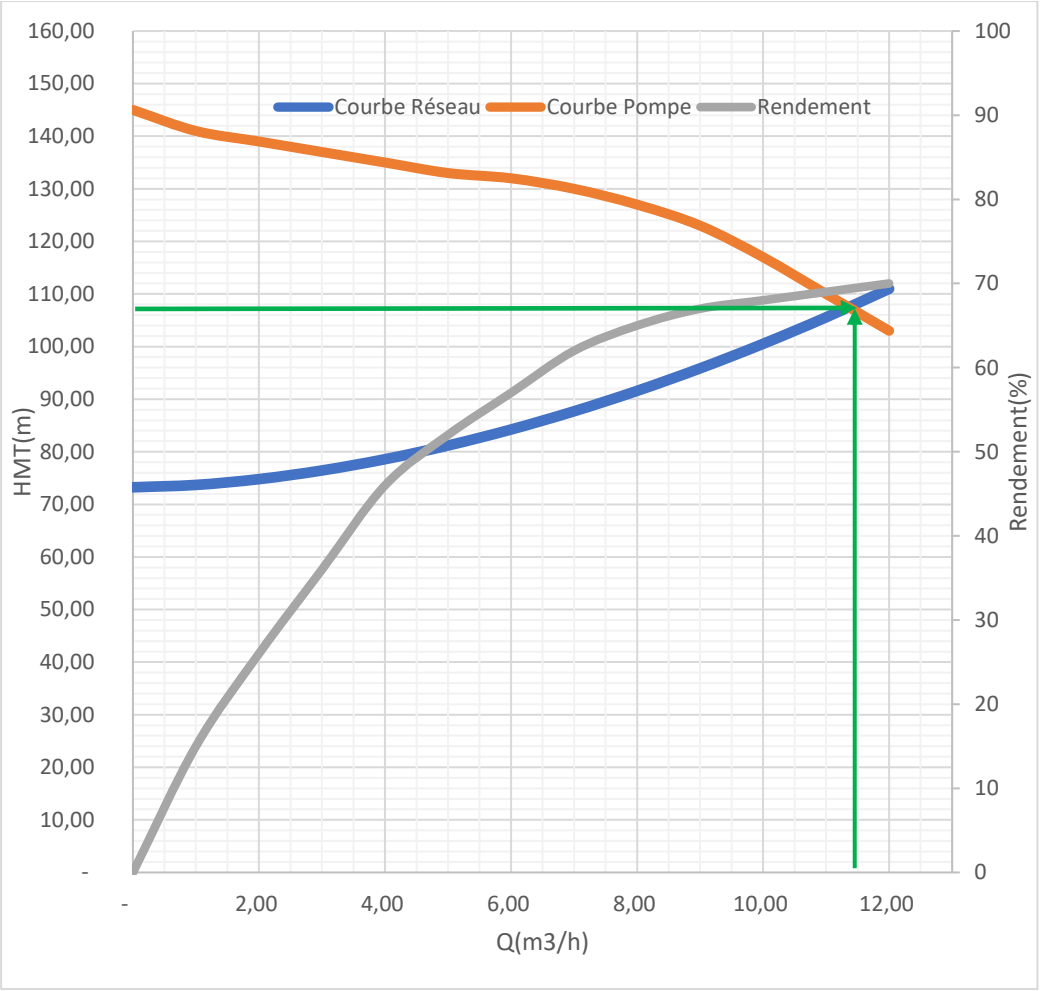


Figure 10: courbe de rendement et point de fonctionnement de la pompe 1.

Le point de fonctionnement de la pompe 1 est : HMT=107m, Q=11,4m^3/h. Le rendement au point de fonctionnement est de 70%.

La figure 11 présente les courbes de réseau, de la pompe et du rendement pour la pompe 2.

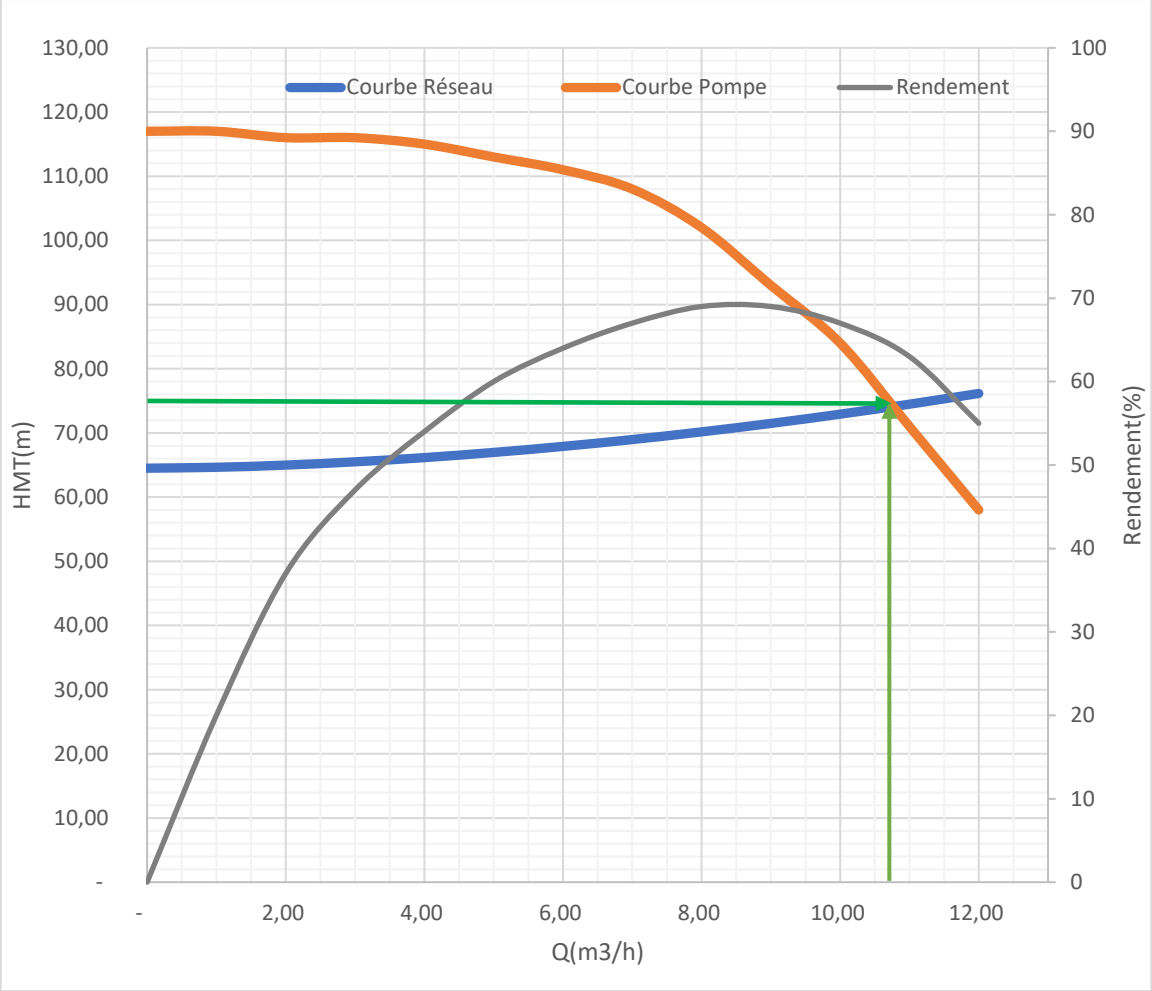


Figure 11: courbe de rendement et point de fonctionnement de la pompe 2.

Le point de fonctionnement de la pompe 2 est : HMT=75m, Q=10,80m^3/h. Le rendement de la pompe au point de fonctionnement est de 63%.

- **Dimensionnement du champ solaire**

Station 1:

En prenant comme temps moyens de pompage journalier 6 heures; η_{pompe}=0,70 ; $\eta_{onduleur}$=0,95 et Hi=5,6 W/m^2/j et en considérant le débit d'exploitation de 10m3/h et la HMT de 105m, on obtient :

$$Pc = \frac{2{,}725 * (10 * 6) * 105}{0{,}75 * 5{,}6 * 0{,}70 * 0{,}95}$$

Pc=6147 Wc

Nous prenons une puissance de 7000 Wc pour l'alimentation en modules de 250 Wc par module. Nous obtenons donc 28 modules de 250 Wc qui seront disposés en 4 rangées de 7

panneaux. Pour un meilleur rendement du système notre choix est porté sur les panneaux photovoltaïques monocristallins.

Station 2:

En prenant comme temps moyens de pompage journalier 6 heures; η_{pompe}=0,69 ; $\eta_{onduleur}$=0,95 et Hi=5,6 W/m^2/j et en considérant le débit de 10m3/h et la HMT de 75m

$$Pc = \frac{2{,}725 * (10 * 6) * 75}{0{,}75 * 5{,}6 * 0{,}63 * 0{,}95}$$

Pc=4878 Wc

Nous prenons une puissance de 5000 Wc pour l'alimentation en modules de 250 Wc par module. Nous obtenons donc 20 modules de 250 Wc qui seront disposés en deux rangées de 10 plaques. Pour un meilleur rendement du système notre choix est porté sur les plaques en monocristallin.

5.2.6. Dimensionnement de la distribution

Le réseau de distribution est composé de 11 BF dont 8 anciennes (BF1 à BF8) et 3 nouvelles (BF1N, BF2N et BF3N) comme illustré par la figure 12.

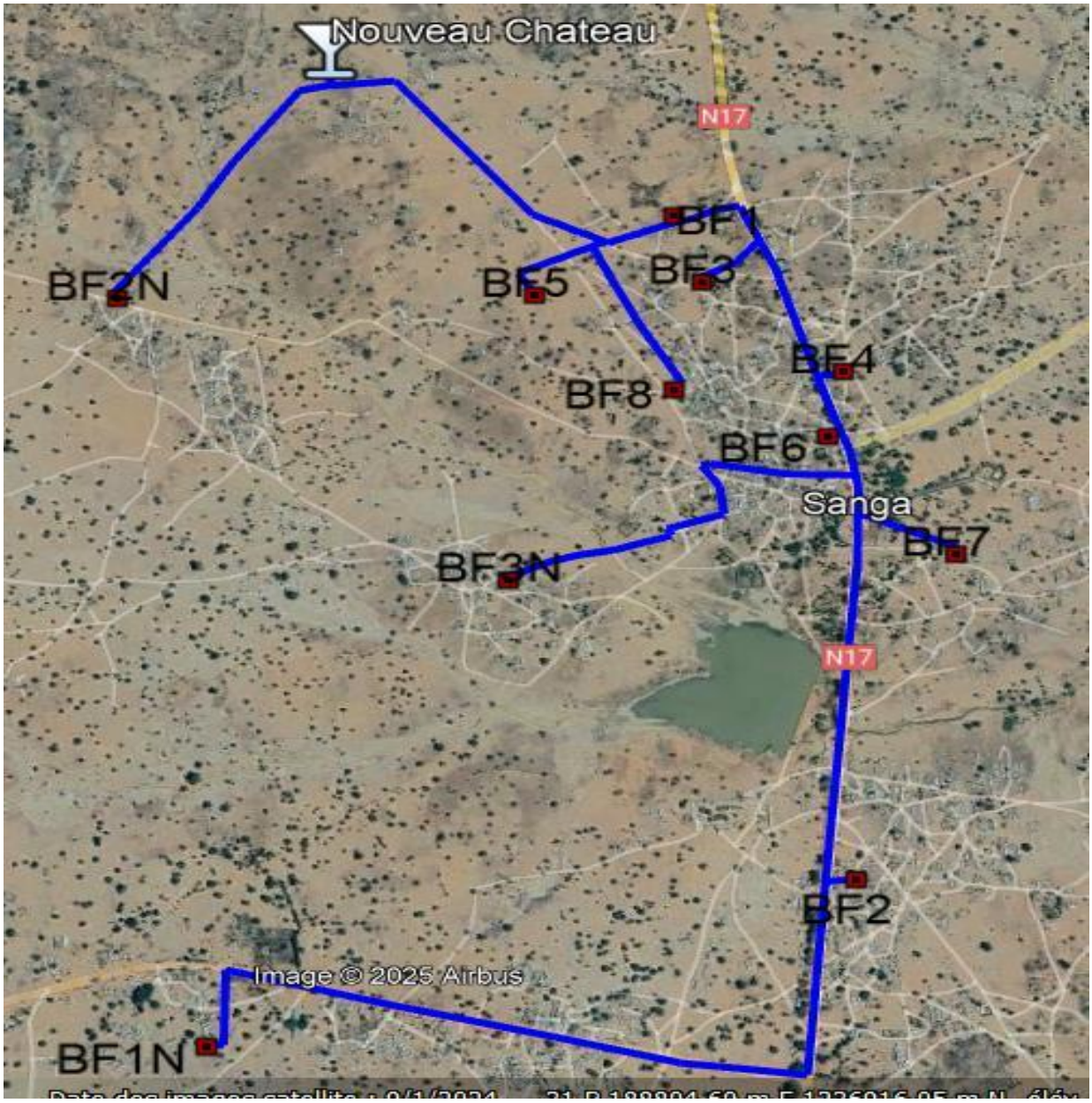


Figure 12 : Tracé du réseau de distribution

- **Pression nominale de la conduite**

Connaissant la cote TN du réservoir, en supposant une hauteur sous radier de 15m (la valeur moyenne est de 10m au Burkina Faso) et une hauteur d'eau dans le réservoir de 5m (tenant compte du volume du réservoir inférieur à 100m^3) et avec les données des cotes TN du réservoir de 329,19m et du nœud le plus bas du réseau de distribution, on obtient la pression hydrostatique:

$P_{hydrostatique}$=329,19+15+5-300,75

$P_{hydrostatique}$=48,44m

Avec la pression hydrostatique de 48,44m, la pression nominale doit être supérieure ou égale à cette pression. Pour notre dimensionnement nous choisirons les conduites de pression nominale de 10 bars (PN10) pour plus de sécurité des conduites et pour tenir compte des extensions futures.

- **Débit de pointe horaire**

En appliquant un temps de distribution de 24 h sur la demande de pointe journalière, on obtient les débits moyens horaires. En multipliant avec les coefficients de pointe horaire calculés on obtient le débit de pointe horaire. Les résultats sont présentés dans le tableau 6.

Le débit de pointe horaire est de 8l/s à l'horizon du projet en 2040. C'est le débit de dimensionnement de la conduite principale.

- **Débit de pointe de la borne fontaine**

C'est le débit de dimensionnement de la conduite qui alimente la borne fontaine à l'horizon du projet calculé est de 0,40l/s.

Nous adoptons **0,5l/s** pour le dimensionnement de la conduite de la BF à trois robinets. Chaque robinet aura donc un débit de **0,17l/s**.

Notre système après sa réalisation comportera 11 bornes fontaines (8 anciennes BF et 3 nouvelles BF à réaliser) ce qui conduira à un débit total des bornes fontaines de 5,5l/s.

- **Débit en route, débit fictif, diamètre de la conduite, perte de charges, pression réelle et vitesse réelle.**

On admet que la demande reste la même. En effet les populations qui s'alimentent au niveau des BF ne s'alimenteront pas au niveau des BP et celles qui s'alimentent au niveau des BP ne vont pas utiliser les BF. Le débit en route est calculé selon le principe énoncé précédemment. Les besoins non comblés des BF sont déduits des BP ou encore les débits en route complètent les débits de prélèvement des BF.

Le débit réel de toutes les bornes fontaines est de 5,5 l/s ; le débit par mètre linéaire ainsi obtenu est de $3,2*10^{-4}$ l/s. Le débit en route est calculé sur la base du débit par mètre linéaire.

Une fois le débit en route calculé, on calcule le débit fictif puis avec ce débit on calcule le diamètre théorique de la conduite et enfin faire le choix du diamètre nominal. A partir de ces diamètres nominaux ainsi choisis, en utilisant les altitudes des nœuds et les longueurs des conduites, on calcul toutes les autres grandeurs : perte de charges, charges aux nœuds, la charge imposée, les pressions réelles et les vitesses réelles. Les résultats des calculs du dimensionnement du réseau de distribution sont consignés en annexe 6.

Les résultats consignés montrent que sur le plan topographique, les cotes des nœuds on des altitudes comprises entre 328,98m et 300,75m avec une altitude moyenne de 314,04m.

La charge maximale du réseau est de 339,12m. Elle correspond à l'altitude imposée au réseau. Sur la base de cette charge nous déterminons les pressions aux différents nœuds du réseau.

La pression minimale est de 10mCE (donnée de l'étude) et la pression maximale obtenue est de 32,67m au nœud 20 à l'altitude 300,75m (plus basse cote du réseau). Les conditions de pressions sont donc respectées dans tous les nœuds du réseau de distribution de l'AEPS.

La vitesse dans les conduites est comprise entre 0,31 et 0,61m/s ce qui respecte les hypothèses de départ.

La longueur totale du réseau est de 8228m constitué de conduite de diamètres nominaux 160mm, 110mm, 90mm, 63mm et 50mm. Le tableau 9 donne les longueurs des conduites suivant les diamètres.

Tableau 9 : répartition du réseau de distribution

Diamètre nominale(mm)	**Longueur(ml)**
160	1484,39
110	813,61
90	1037,4
63	2529,7
50	2362,87
Total	**8227,97**

Le tableau 9 montre une prédominance des conduites de diamètres nominaux 63mm et 50mm. Ensuite viennent les conduites de diamètre nominal 160mm. La conduite la moins utilisée est celle de diamètre 110mm. L'utilisation importante des conduites de 50mm est due au nombre élevé de bornes fontaines dans le réseau.

- **Profondeur et largeur des fouilles**

Les dimensions des fouilles évoluent suivant le diamètre de la conduite. Les dimensions calculées et retenues pour les fouilles sont présentées dans le tableau 10.

Tableau 10 : dimensions des fouilles pour la pose des conduites

Diamètre nominale (mm)	Profondeur minimale (m)	Largeur minimale (m)	Profondeur retenue h(m)	Largeur retenue l (m)
160	0,96	0,56	1,00	0,60
110	0,91	0,51	1,00	0,60
90	0,89	0,49	0,90	0,50
63	0,86	0,46	0,90	0,50
50	0,85	0,45	0,90	0,50

La profondeur retenue pour les fouilles destinées à recevoir les diamètres 160 mm et 110 mm est de 1,00m et elle est de 0,90 pour les diamètres de 90mm, 63mm et 50mm.

La largeur de fouilles retenue pour les fouilles destinées à recevoir les diamètres 160 mm et 110 mm est de 0,60m et pour les diamètres de 90mm, 63mm et 50mm est de 0,50m.

5.2.7. Dimensionnement du stockage

- **Capacité du réservoir**

- **Méthode forfaitaire**

La capacité du réservoir est prise égale à 30% de la demande journalière de pointe en adduction en continue selon l'annexe 7. La demande journalière de pointe du centre de Sangha est de 316,04m^3. La capacité du réservoir calculée est donc de 94,8m^3.

- **Méthode analytique**

Le calcul par cette méthode tient compte des tranches d'heure et des coefficients de consommation dans les tranches horaires comme résumé dans l'annexe 8.

On trouve une capacité utile de 69,5m^3 avec la méthode analytique après calcul de l'excédent max qui est de 66,9m^3 et du déficit max qui est de -2,7m^3.

Le volume moyen ainsi obtenu en utilisant les volumes calculés avec les deux méthodes est de 82,2m^3. Nous adoptons un volume de réservoir de 80m^3.

Les dimensions constructives du réservoir

D=4,50m ; h=5m

- **Hauteur sous radier**

La hauteur sous radier est déterminée en utilisant l'altitude imposée max (Hx).

$H_R = max(H_x) - Z_{TN(Château)}$

$H_R = 339{,}12 - 329{,}14$

$H_R = 9{,}98m$

Nous adoptons une hauteur sous radier de 10m.

Les données retenues pour le calage du château sont dans le tableau 11.

Tableau 11 : Résultats dimensionnement du réservoir

Désignation	Unité	Valeur
Z_{TN}	m	329,14
Capacité utile	m^3	80
Diamètre intérieur	m	4,50
Hauteur conique	m	0,5
Hauteur cylindre	m	5
Hauteur sous radier	m	10

Z_{radier}	m	339,14
Hauteur déversement château	m	5,6
Cote trop plein château	m	344,74
Cote distribution	m	339,34
Coordonnées : 31P X : 188687 m E Y : 1238343 m N		

5.2.8. Traitement de l'eau

Le système d'AEPS de Sangha dispose de deux forages pour l'alimentation de la population. Les eaux de ces forages présentent de bonnes qualités sur le plan microbiologique et physico-chimique (annexe 9). Cependant pour que cette eau garde cette qualité, un chlore résiduel sera maintenu pour assurer la protection de l'eau contre les contaminations ultérieures. Ce chlore résiduel varie selon le mode de distribution du système d'AEP : pour les BP(0,2mg/l), pour les BF(0,2 à 0,4mg/l) (OUEDRAOGO B.,2005).

Nous adoptons une dose de chlore de 2mg/l pour notre système d'AEPS pour permettre de maintenir le chlore résiduel recommandé.

Nous utiliserons des pastilles d'hypochlorite de calcium à 65% soit 650g/kg et comme moyen de traitement une pompe doseuse. Pour le traitement avec cette solution il est recommandé une préparation de la solution comprise entre 0,5 et 1% (OUEDRAOGO B.,2005).

Nous optons pour une solution mère de concentration en chlore de 5g/l. Les résultats du dimensionnement du système de traitement de l'eau sont en annexe 10.

Le temps de contact minimal du chlore est de 2,8h ce qui est suffisant pour désinfecter une eau souterraine qui exige un temps de contact de 30mn. Le temps de séjour maximal est de 0,25j soit ¼ de jour qui est inférieur à 2 jours pour permettre au chlore d'avoir du chlore résiduel à la sortie du réservoir. Deux pompes doseuses seront installées dont une par station. Le volume journalier de la solution pour désinfecter l'eau est de 71 litres par station. Ce volume tient compte des pertes pendant la préparation qui sont de l'ordre de 10%. En vue de maintenir le pouvoir rémanent du chlore, on préparera la solution chaque 2 jours. Le volume de la solution à préparer est donc de 142 litres par station. Nous retenons un volume de bac de 150 litres soit 0,15m^3 et nous optons pour des bacs cubiques. On a donc des bacs de 0,53m*0,53m*0,53 m. Le débit de la pompe doseuse à installer dans chaque station est de 4 l/h. Le nombre de bac par site est de 2 pour permettre le fonctionnement continu du système.

La masse annuelle de chlore actif est de 257 kg et la masse annuelle d'hypochlorite de calcium est de 394 kg.

5.2.9. Simulation ponctuelle

La figure 13 présente une simulation ponctuelle à la pointe horaire

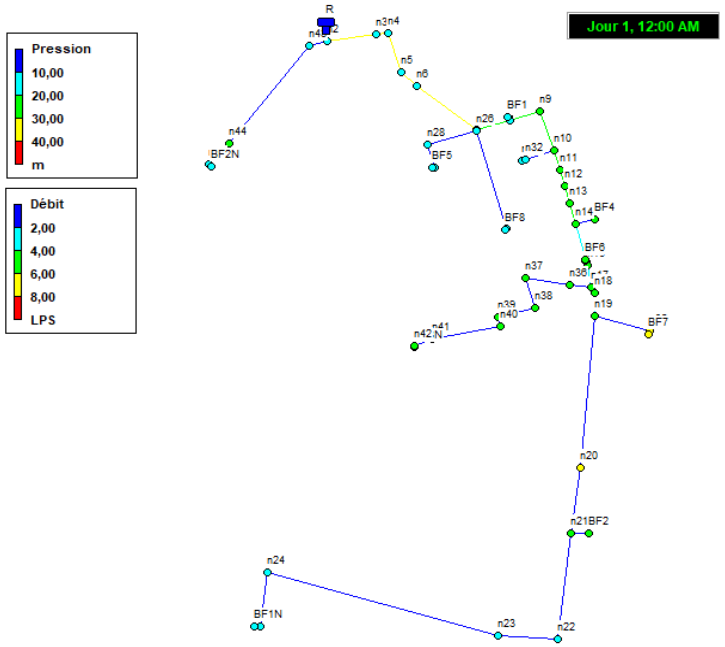


Figure 13 : simulation ponctuelle

Les rapports de la simulation instantanée sont en annexes 11 et 12.

5.2.10. Comparaison des résultats des calculs et de la simulation : pression et vitesse

L'annexe 13 présente les résultats sous forme d'histogramme des pressions calculées et simulées avec le logiciel EPANET et l'annexe 14 présente les vitesses calculées et simulées. Ces graphiques permettent de déceler les écarts entre les deux méthodes et de confirmer les résultats. Dans le cadre de notre simulation, les écarts sont faibles confirmant la fiabilité des résultats obtenus.

5.2.11. Simulation dynamique

La simulation dynamique permet à chaque heure donnée de la journée de connaitre exactement la situation de la pression aux nœuds, les débits soutirés aux nœuds, le niveau du réservoir, la vitesse et le débit dans les conduites et le débit de pompage. Avant de faire une simulation dynamique, il est nécessaire de suivre les principales étapes qui sont : la création des courbes, la liaison des courbes aux entités (nœuds de demande, forages, pompe et réservoir).

Création des courbes

- **Courbes de modulation**

Elle utilise pour ce faire des courbes de modulation de la demande au BP (figure 14), de la demande aux BF (figure 15), de pompage (figure 16 et 17).

La courbe de modulation pour la demande au niveau des BP utilise les mêmes valeurs que les coefficients de consommation utilisés pour la détermination du volume du réservoir.

La courbe de modulation pour la demande au niveau des bornes fontaines tient compte du temps de service de la BF qui s'ouvre à 6h et se ferme à 18h.

La courbe de modulation pour le pompage quant à lui est utilisé pour suivre la production. Il prend la valeur un (1) pendant les heures de pompage et zéro (0) pendant les heures sans pompage. Notre système utilisera 2 forages avec des horaires de pompage différents. Le pompage du forage 1 se fera en 16 heures par jour soit de 00h à 16h ; le pompage du forage 2 se fera en 15 heures par jour soit de 04h à 16h et 21h à 24h. L'accent a été mis sur le pompage de jour pour que la grande partie du pompage soit réalisée à l'aide du solaire.

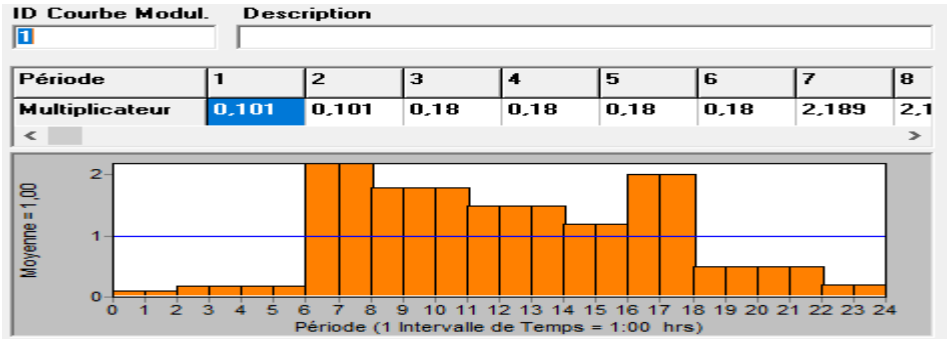


Figure 14 : courbe de modulation de la demande BP

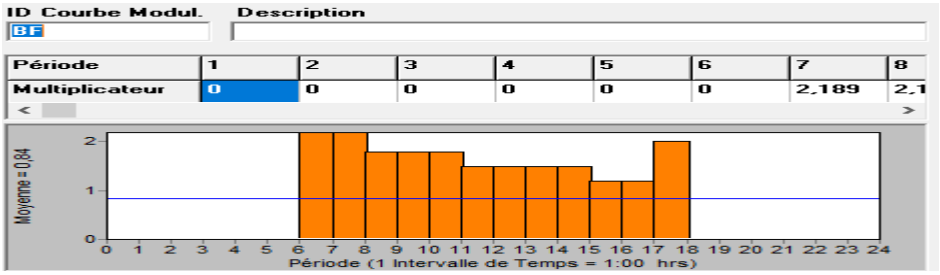


Figure 15 : courbe de modulation de la demande aux BF

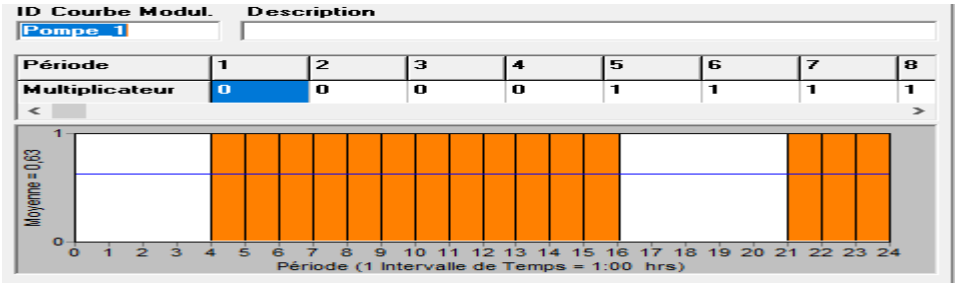


Figure 16 : courbe de modulation du pompage pour le forage 1

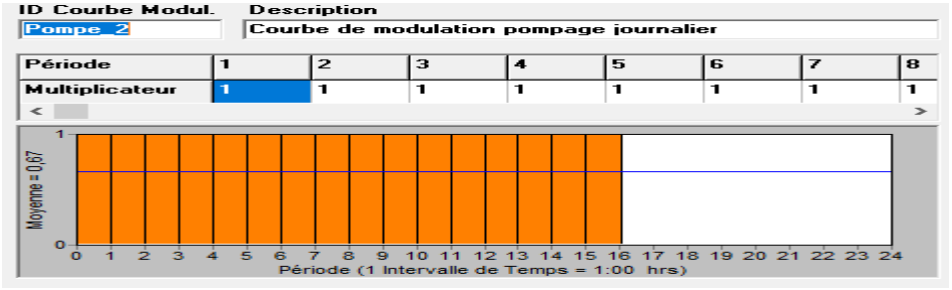


Figure 17 : courbe de modulation du pompage pour le forage 2

- **Courbes caractéristiques de la pompe**

Les caractéristiques des pompes sont présentées dans les courbes présentées par les figures 18 et 19.

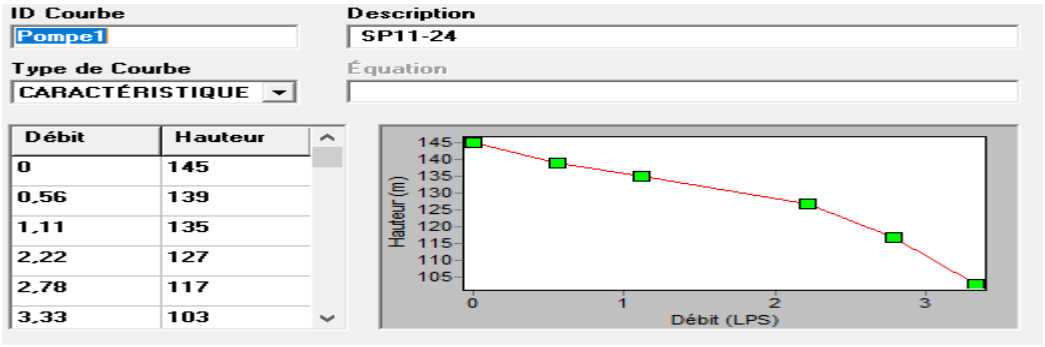


Figure 18 : courbe caractéristique de la pompe 1

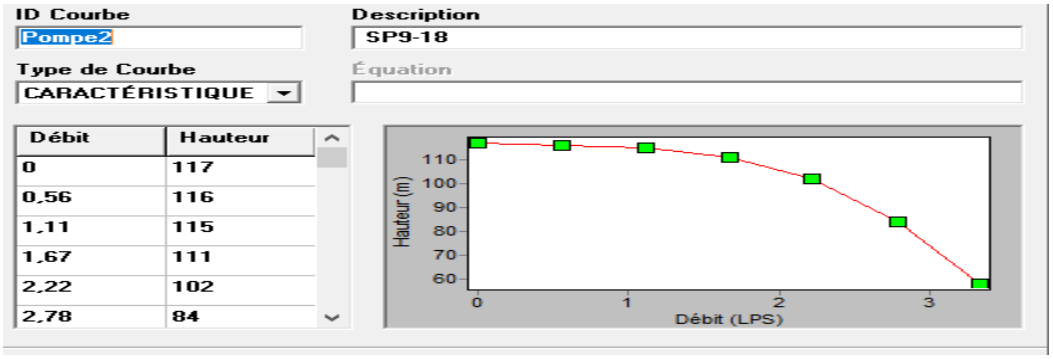


Figure 19 : courbe caractéristique de la pompe 2

- **Courbe de volume**

Une courbe de volume a été créer dans le but de suivre l'évolution du volume d'eau dans le réservoir à travers la lecture du niveau de l'eau (figure 20).

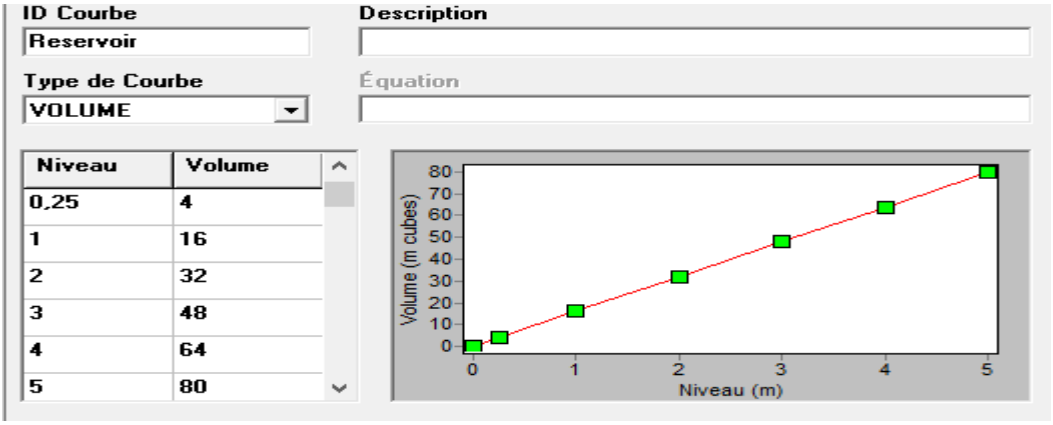


Figure 20 : courbe de volume

Liaison des courbes

La simulation s'opère après la liaison des courbes de modulation créées aux nœuds de demande et des forages, des courbes caractéristiques des pompes aux pompes, de la courbe de volume au réservoir.

Simulation et résultats

- **Schéma du réseau après simulation**

Il est présenté par la figure 21.

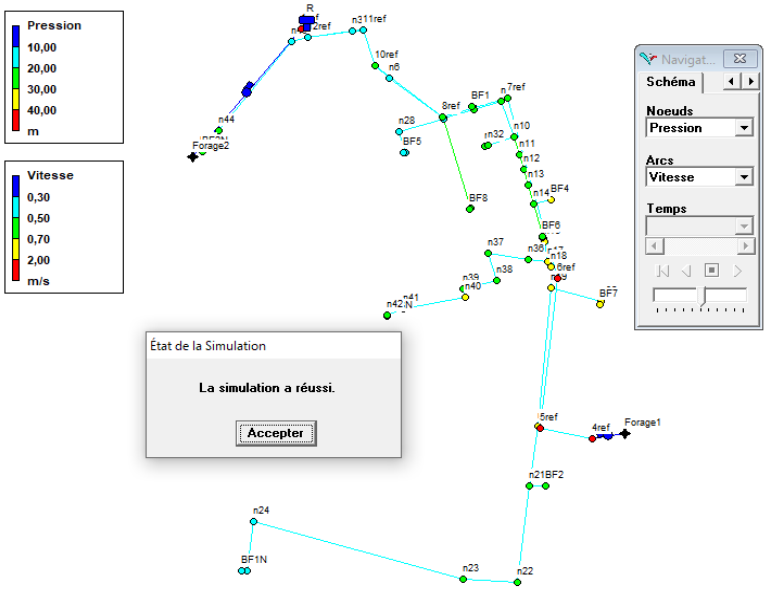


Figure 21 : schéma de la simulation dynamique

- **Balance en eau**

Elle met en exergue la courbe de production et celle de la consommation afin d'apprécier la couverture des besoins par la production.

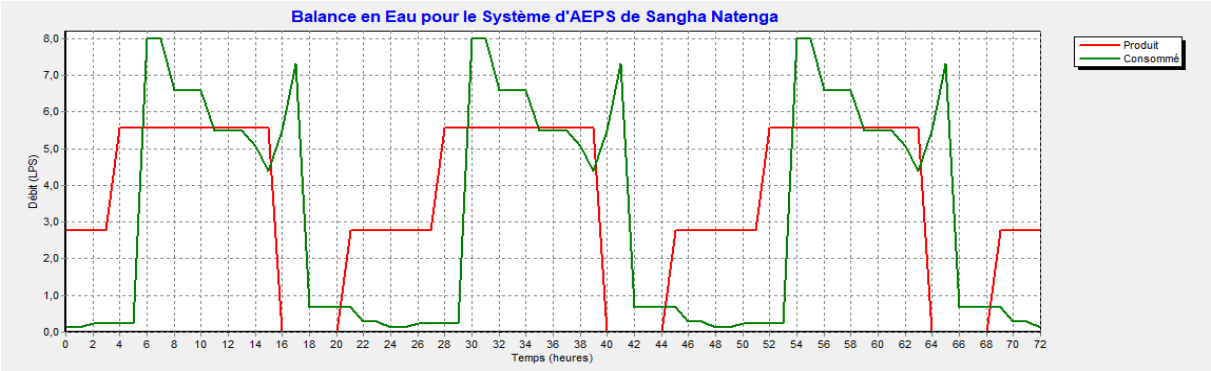


Figure 22 : Graphe de la balance en eau

La figure 22 présente la balance en eau pour une fonctionnement de 72 heures. Il met en relief la consommation d'une part et la production d'autre part et permet de les comparer. La consommation connait des variations au cours des 24 heures avec des pics à 6 h, 7 h et 17 h de fonctionnement correspondant aux heures de pointes de la journée. Le graphe montre aussi que la consommation journalière ne varie pas d'un jour à l'autre mais varie au cours de la journée uniquement.

L'analyse du graphe de la production montre que le débit de production n'est pas constant pendant les heures de pompage. Cela s'explique par le fait que les deux pompes ne fonctionnent pas toujours en même temps dans la journée. Au cours du fonctionnement, le débit atteint son 5,56 l/s quand elles fonctionnent simultanément et il est de 2,78 l/s lorsqu'une seule pompe est en marche.

- **Evolution du niveau d'eau dans le réservoir**

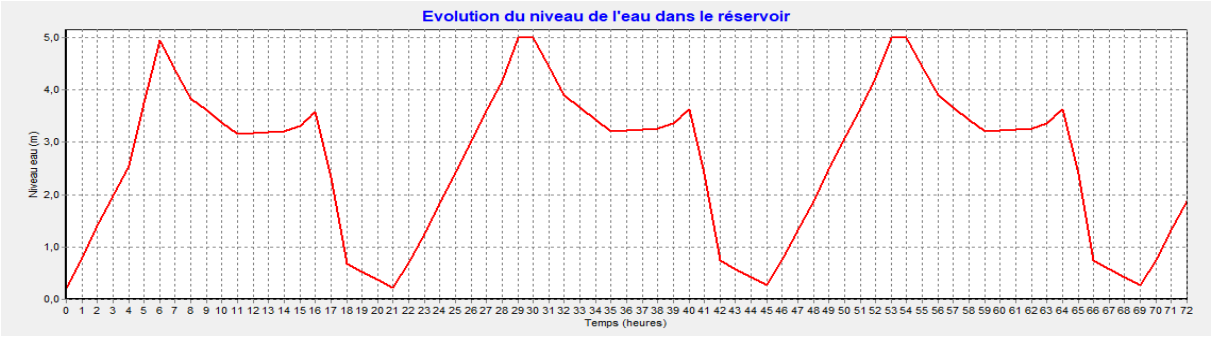


Figure 23 : Graphe de l'évolution du niveau d'eau dans le réservoir

Le graphe de l'évolution du niveau de l'eau de la figure 23 montre qu'au cours des dernières 24 heures de la simulation, le niveau minimal de l'eau dans le réservoir est observé à 69 heures

avec une hauteur de 0,30m supérieur au niveau minimal de 0,20m ; le niveau maximal est atteint à 53 et 54 heures et la hauteur enregistrée est de 5,00m correspondant au niveau maximal du réservoir. Le réservoir se remplit donc de 53 à 54 heures de fonctionnement du système.

Evolution de la pression au nœud le plus défavorisé (n2)

Il est important de savoir comment évolue la pression au nœud le plus défavorisé. Une simulation sur 72 heures a permis d'avoir le graphe dans la figure 24.

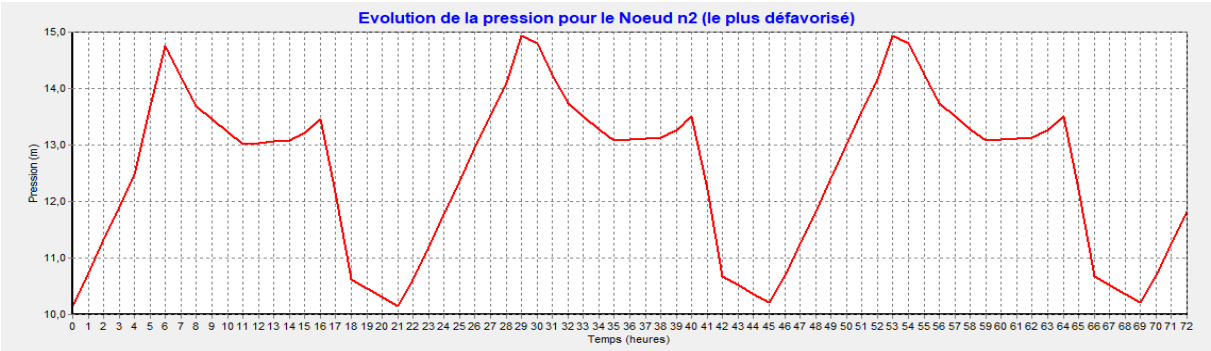


Figure 24 : Graphe de l'évolution de la pression au nœud n2

Le graphe de la figure 25 montre que la pression enregistrée au nœud le plus défavorisé au cours des dernières 24 heures de simulation est supérieure à la pression minimale de service imposée qui est de 10m. Sa valeur la plus basse est de 10,21m, obtenue à 69 heures; sa valeur la plus élevée est de 14,94m, atteinte à 53 heures.

- **Evolution de la pression au nœud le plus favorisé (n20)**

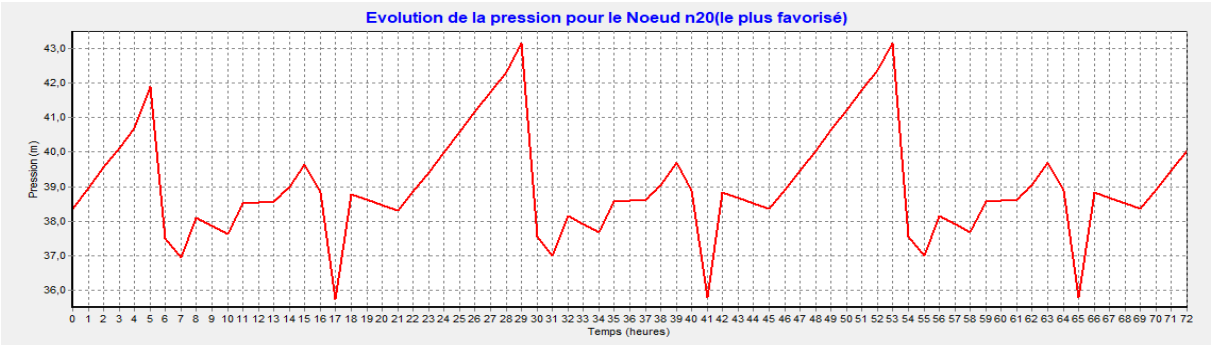


Figure 25 : Graphe de l'évolution de la pression au nœud n20

Le graphe de la figure 25 montre que la pression enregistrée au nœud le plus favorisé au cours des dernières 24 heures de simulation la plus grande est observée à 53 heures avec une valeur de 43,16 m ; la plus faible pression est observée à 65 heures de simulation avec une valeur de 35,80 m. Ces pressions restent inférieures à la pression nominale des conduites de distribution

choisies qui est de 10 bars. Il n'y a donc pas de risque de surpression dans les conduites du réseau.

- **Evolution de la vitesse sur la conduite de plus faible vitesse et de plus grande vitesse**

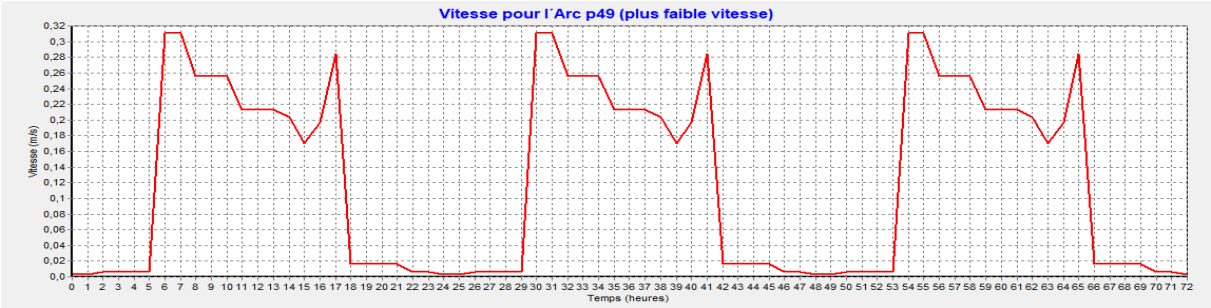


Figure 26 : Graphe de l'évolution de la vitesse dans l'arc p49

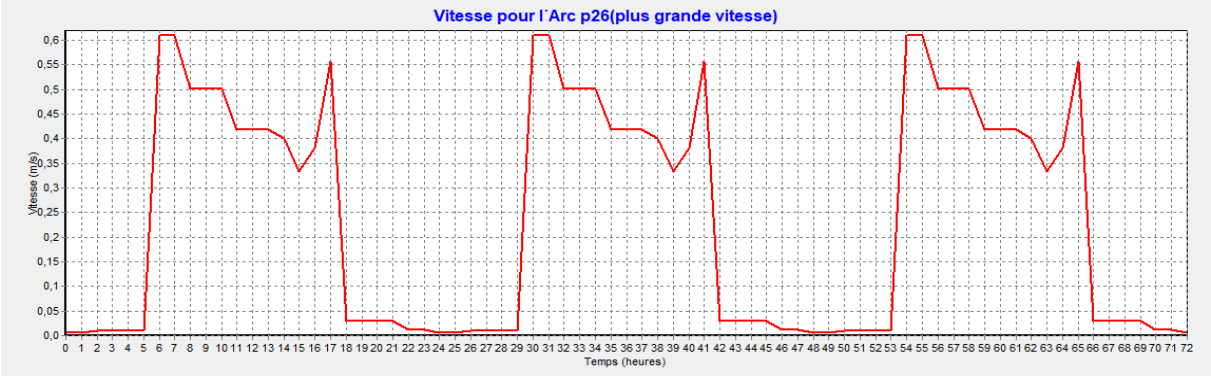


Figure 27 : Graphe de l'évolution de la vitesse dans l'arc p26

L'arc ayant la vitesse la plus faible à l'heure de pointe est l'arc p49 avec une vitesse de 0,31m/s. La simulation dynamique a permis de suivre l'évolution de la vitesse dans cet arc. Au cours des 24 dernières heures de la simulation, la vitesse atteint son maximum de 0,31m/s entre 54h à 55h et tend à s'annuler presque à 49h et 72h.

Une diminution du diamètre de la conduite pourra augmenter cette vitesse pendant les heures de pointe. Toutefois, cette diminution ne pourra pas résoudre le problème des faibles vitesses pendant les périodes de faible demande.

Le choix du diamètre de la conduite sera maintenu puisqu'au cours de la journée au moins la vitesse de 0,31m/s, supérieure à la vitesse d'auto curage (0,30m/s) passe dans la conduite ; ce qui permet à la conduite d'assurer pleinement cette fonction d'auto curage.

L'arc ayant la plus grande vitesse à l'heure de pointe est l'arc p26 avec une vitesse de 0,61m/s. La simulation dynamique a permis de suivre l'évolution de la vitesse dans cet arc qui oscille entre 0,01m/s et 0,61m/s.

La vitesse maximale n'est pas hors des limites de la vitesse tolérée dans un réseau de distribution qui est de 1,2m/s. L'arc p26 peut supporter un débit de pointe plus élevé sans être endommagé.

Les graphes des figures 26 et 27 montrent que la vitesse suit les pics de consommation de la journée.

- **Rapport de simulation dynamique**

Au cours des dernières 24 heures de la simulation, des rapports sur l'état des nœuds et des tronçons ont été générés suivant le niveau de l'eau dans le réservoir à 54 heures (niveau le plus élevé du réservoir) et 69 heures (niveau le plus bas du réservoir) et présentés en annexe 15.

5.3. Etude financière

En vue de déterminer le cout des travaux de l'AEPS, une estimation exhaustive a été réalisée. Cette estimation a été faite sur la base des quantités et des prix unitaires et forfaitaires des éléments constitutifs des ouvrages.

5.3.1. Cout des travaux

Le cout de réalisation des travaux s'élève à **299 835 640** FCFA TTC et se décompose comme suit dans le tableau 12.

Tableau 12 : Cout des travaux

POSTE	DESIGNATION DES TRAVAUX	P. T (FCFA)
1	Installations	5 000 000
2	Forages et refoulement	45 930 000
3	Fourniture et pose des équipements de production	12 350 000
4	Source d'énergie	19 450 000
5	Pompe doseuse et accessoires	11 802 000
6	Château d'eau et accessoires	76 300 000
7	Réseau de distribution	77 766 000
8	Construction de locaux divers	5 500 000
TOTAL HTVA		**254 098 000**
TVA		**45 737 640**
TOTAL TTC		**299 835 640**

Le devis détaillé des travaux avec les prix unitaires, les quantités et les prix totaux est en annexe 16.

5.3.2. Gestion de l'AEPS

Selon la réforme du système de gestion des AEPS/PEA, la gestion des AEPS doit être confiée à un opérateur privé (fermier ou exploitant) qui agit sur la base d'un contrat avec la commune

(maitre d'ouvrage). Deux types de contrat sont à envisager : le contrat d'affermage et le contrat d'exploitation.

L'AEPS de sangha dispose déjà d'un fermier qui est toujours en lien avec la commune. Ce type de contrat permet au fermier d'assurer le service de l'eau sans une quelconque charge de la commune.

5.3.3. Analyse financière

La réalisation d'une AEPS est un projet à but social dont l'objectif premier est l'amélioration des conditions de vies des populations. Les indicateurs de rentabilité économique ne sont donc pas les seuls points qui guident la réalisation du projet mais leur détermination est nécessaire pour optimiser l'investissement. Deux indicateurs principaux seront déterminés : la VAN, le TRI. La détermination de ces indicateurs passe par le calcul des investissements, des recettes et des charges d'exploitation.

- **Les investissements**

Les investissements pour la réalisation du projet se composent des études prospectives, du suivi-contrôle et des travaux proprement dits. Le tableau 13 donne les détails de l'investissement à réaliser dans le cadre du projet.

Tableau 13 : investissement total du projet

N°	Désignation	Coût (F CFA)
1	Etudes et prospections	5 000 000
2	Réalisation du système d'AEPS	**299 835 640**
3	Suivi-contrôle (5% du montant des travaux)	14 991 782
Total		**319 827 422**

Le cout total des investissements pour la réalisation du projet s'élève à **319 827 422 FCFA**.

- **Les charges d'exploitation et les dotations aux provisions et aux amortissements**

Elles se subdivisent en charges de personnel, de fonctionnement et des taxes sur le prélèvement de l'eau brute. Les charges s'élèvent à **110 936 786 FCFA.** Quant aux provisions, elles concerneront essentiellement celles faites pour le changement des pompes immergées et des tableaux de commandes des installations. A l'horizon du projet, elles atteindront **21 000 000 FCFA**. Les détails des charges et provisions annuelles sont en annexe 17.

- **Le prix de l'eau**

La détermination du prix de l'eau s'appuie sur le volumes annuels consommés par la population. Au cours des 15 années de vie du projet, le volume consommé et facturé sera de 966 549 m^3. Les consommations annuelles sont consignées en annexe 18.

En considérant les éléments de détermination du prix de l'eau (Investissement, charges, provisions et amortissements, le volume consommé) le prix de revient de l'eau est de **169 FCFA/m^3**. Nous proposons un prix de vente de 200 FCFA/m^3 pour la BF et 250 FCFA/m^3 pour le BP. Le prix contractuel signé entre la commune et le fermier sont de 400 FCFA/m^3 pour le service par la BF et de 450 FCFA/m^3 pour le service par le BP. Nous adoptons les prix du fermier pour le calcul des recettes.

- **Les recettes**

C'est le chiffre d'affaires généré par la vente de l'eau. Il est constitué des ventes directes de l'eau et des redevances des clients. Le prix de l'eau dans le contrat d'affermage signé avec le sera considéré (contrat en cours). La redevance mensuelle pour le BP est de 1000 FCFA. Les montants totaux des recettes jusqu'à l'horizon du projet s'établissent à 452 822 419 FCFA. Les détails des recettes annuelles sont en annexe 19.

La VAN calculée avec un taux d'actualisation de 5% (projet social) est de -127 813 000 FCFA et le taux de rentabilité interne est de -1,02%. La VAN négative signifie que le projet n'est pas rentable sur le plan financier à l'horizon 2040. Le TRI également négatif confirme que le projet ne crée pas de la valeur dans sa durée de vie (annexe 20).

5.4. Synthèse des impacts environnementaux et sociaux du projet

La loi d'orientation relative à la gestion de l'eau en son article 1 stipule que « La gestion de l'eau a pour but, dans le respect de l'environnement et des priorités définies par la loi :

- d'assurer l'alimentation en eau potable de la population ;
- de satisfaire ou de concilier les exigences de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche et de l'aquaculture, de l'extraction des substances minérales, de l'industrie, de la production d'énergie, des transports, du tourisme, des loisirs ainsi que de toutes autres activités humaines légalement exercées ;
- de préserver et de restaurer la qualité des eaux ;
- de protéger les écosystèmes aquatiques ;
- de faire face aux nécessités de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile et aux problèmes posés par les inondations et les sécheresses ».

En application de cette loi, le décret N°2005-187/PRES/PM/MAHRH/MCE portant détermination de la nomenclature des installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation ou déclaration a été adopté. En effet dans ce décret il est indiqué que tout bassins de captage, puits, forages d'eau et équipements connexes destinés à l'AEP des centres ruraux et semi-urbains et dont le débit pompé est supérieur ou égal à 5m^3/h en zone de socle et 10m^3/h en zone sédimentaire sont soumis à autorisation et à l'élaboration d'une notice d'impact environnemental.

Le projet de réalisation ou de réhabilitation d'une AEPS dans sa phase de réalisation et de fonctionnement peux avoir des impacts positifs et même des impacts négatifs.

5.4.1. Impacts au cours de l'exécution du projet

Au cours des travaux des impacts positifs et négatifs peuvent survenir. Le tableau 14 présente les impacts environnementaux et sociaux potentiels du projet au cours des travaux.

Tableau 14 : impacts environnementaux et sociaux du projet au cours des travaux

Impacts positifs	Impacts négatifs
• Création d'emplois temporaires, • Augmentation des revenus des populations locales, • Embellissement de la localité,	• Destruction de la végétation sur les sites de réalisation des ouvrages, • Modification des chemins naturels d'écoulement des eaux de surface, • Dégradation du sol et érosion, • Risque de pollution des eaux souterraines si forage mal protégé, • Risque de propagation des IST et du VIH/SIDA, • Risque d'accidents, • Diminution des superficies cultivables.

5.4.2. Impacts au cours de l'exploitation de l'AEPS

L'exploitation aussi peut générer des impacts environnementaux et sociaux que nous citons dans le tableau 15.

Tableau 15 : impacts environnementaux et sociaux du projet au cours de l'exploitation

Impacts positifs	Impacts négatifs
• La création d'emplois permanents, • Diminution de la pression sur les eaux de surface, • Amélioration de l'accès à l'eau potable des populations du village, • Amélioration du niveau de service, • Diminution des conflits,	• Surexploitation de la ressource en eau souterraine, • Assèchement de la nappe souterraine,

• La diminution des maladies diarrhéiques, • La diminution de la corvée d'eau, • L'augmentation du temps consacré aux activités génératrices de revenus, • L'augmentation des revenus,	• Risque de contamination de la nappe

5.4.3. Mesures de mitigation ou d'atténuation des impacts négatifs

En vue de prévenir ou d'atténuer les impacts négatifs du projet, des mesures suivantes sont à prendre :

- Une sensibilisation des populations sur le projet avant le démarrage des travaux afin de permettre aux populations de s'approprier sur les enjeux,
- Un abattage sélectif des arbres et un reboisement dans la localité : cette mesure permettra de restaurer le couvert végétal par la plantation d'arbres utilitaires,
- Une formation du personnel sur les mesures à prendre pour éviter les accidents sur le chantier,
- La mise en place de panneaux de signalisation sur les sites des travaux,
- La fermeture rapide des fouilles et suivant les normes,
- La sensibilisation de la population sur les IST/SIDA,
- La réalisation des périmètres de protection immédiats et rapprochés des forages.

5.4.4. Plan de gestion environnementale et sociale

Le plan de gestion environnementale et social (PGES) est un outil de planification et de suivi des impacts environnementaux et sociaux d'un projet. Le PGES du présent projet est joint en annexe 21.

5.5.Documents graphiques et plans des ouvrages

Les plans et graphiques sont en annexe 22.

Pour les carnets de nœuds, nous avons représenté deux(02) Té et deux(02) coudes ; et pour les profils, nous avons représenté ceux contenant une ventouse, une vidange et une borne fontaine.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'étude diagnostique et d'APD pour la réhabilitation et l'extension de l'AEPS de Sangha Natenga a permis de faire une situation exhaustive de l'AEP dans le village, d'évaluer les besoins en eau actuels et jusqu'en 2040 suivant les objectifs du PN-AEP afin de redimensionner les ouvrages qui répondent aux normes. Le diagnostic révèle un dysfonctionnement de l'AEPS depuis sa réalisation en 2016 dû au manque d'engouement des opérateurs privés pour sa gestion d'une part, et à la qualité des équipements d'autres part. Le système réhabilité couvrira les besoins de 90% de la population du village en 2040 avec un réseau de distribution de 8,23 kilomètres, 524 branchements particuliers et 11 bornes fontaines. La station de pompage dispose de deux forages de débit d'exploitation $10m^3/h$ chacun et utilisera le solaire et la SONABEL pour assurer le refoulement sur une longueur totale de conduite de 4,41 kilomètres. D'un cout de réalisation de 299 835 640 FCFA TTC, l'AEPS augmentera significativement les revenus des populations, réduira la corvée d'eau et les maladies diarrhéiques. Le projet prend en compte la gestion des impacts négatifs sur l'environnement et la société à travers la réalisation d'un plan de gestion environnemental et social.

Le fonctionnement optimal de l'AEPS dépendra de la qualité des équipements et des travaux. Pour s'assurer que les ouvrages respectent les normes, nous recommandons :

A l'endroit du maitre d'ouvrage ou maitre d'ouvrage délégué

- Le recrutement de prestataires qualifiés,
- L'organisation périodique des réunions de chantier,
- De sanctionner les manquements.

A l'endroit de l'entreprise

- L'application stricte des prescriptions techniques,
- Suivre les recommandations du maitre d'œuvre.

A l'endroit du bureau de contrôle

- Veiller aux respects des prescriptions techniques,
- Suivre rigoureusement les travaux de l'entreprise.

BIBLIOGRAPHIE

AGETEER. (2011) Etude d'avant-projet détaillée pour la réalisation d'un système d'adduction d'eau potable simplifié (AEPS) dans le centre de Sangha, rapport technique ;

CAFI-B/FI. (2025). Rapport de l'étude socio-économique du site de Sangha Natenga ;

Décret N°2019-0204/PRES/PM/MEA/MINEFID/MATDC/MS portant définition des normes, critères et indicateurs d'accès à l'eau potable ;

DIEDHIOU Ibrahima. (2004) Conception du système d'approvisionnement en eau potable des parcelles de la SONATUR Sapaga, Mémoire de fin d'études, Mémoire 2iE ;

Elegberou, Daré Serge (2019). « étude d'APD pour la réalisation d'un système d'AEPS dans le village de Bonseiga, commune de Liptougou, région de l'Est au Burkina Faso ». Burkina Faso, s. d., Mémoire 2iE ;

IGB/BNDT. (2012). Base Nationale de Données Topographiques (Jeu de données) ;

INSD. (2022) Cinquième Recensement Général de la Population et de l'habitation, Monographie du Centre-Est ;

INSD. (2022) Fichier des localités du 5e RGPH (jeu de données) ;

Mairie de Sangha. (2020), PCD 2020-2024 version définitive ;

MEA. (2019) document cadre de gestion du service public de l'eau potable en milieu rural au Burkina Faso ;

MEA. (2017) Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable 2016 – 2030, version définitive ;

MEEA-INO 2024. Inventaire National des Ouvrages (jeu de données) ;

MEF/DGCMEF. (2025). Mercuriale fournitures, BTP et prestations, Région du Centre, Ouagadougou ;

MEF/DGCMEF. (2025). Mercuriale fournitures, BTP et prestations, Région du Centre-Est, Tenkodogo ;

MINOUGOU, Waogwende Wilfried. Mémoire pour l'obtention du master en ingénierie de l'eau et de l'environnement option : génie civil et hydraulique. 2022, Mémoire 2iE ;

OUEDRAOGO. B. U. (2005). Ouvrage Constitutifs de Systèmes d'AEP : Adductions-Réservoirs-Réseau de Distribution ;

OUEDRAOGO Souleymane. (2018) Études APD pour la réalisation d'une AEPS a Bossora dans la commune de Satiri (province du Houet au Burkina Faso). s. d., Mémoire 2iE ;

SAWADOGO Landry. (2020) études APD pour la réalisation d'une AEPS a logue dans la commune de Ouo, province de la Comoé, région des Cascades au Burkina Faso. s. d., Mémoire 2iE ;

« Grundfos SPFAM pumps ». Consulté le 31 décembre 2025. https://www.lenntech.fr/grundfos/SPFAM/;

« panneaux solaire 500w - Recherche ». Consulté le 31 décembre 2025. https://www.bing.com/search?qs=LT&pq=panneaux+solaire&sk=CSYN1LT4CT1&sc=15-16&pglt=43&q=panneaux+solaire+500w&cvid=ff012acbb5bc4d8d9d9b0ff835133d7f&gs_lcrp=EgRlZGdlKgYIBhAAGEAyBwgAEAAY-QcyBggBEEUYOTIGCAIQABhAMgYIAxAAGEAyBggEEAAYQDIGCAUQABhAMgYIBhAAGEAyBggHEAAYQDIGCAgQABhAMggICRDpBxj8VdIBCTI0NjE2ajBqMagCCLACAQ&FORM=ANNAB1&PC=U531;

« panneaux solaire 250w ». Consulté le 31 décembre 2025. https://www.bing.com/search?qs=HS&pq=Panneaux+&sk=CSYN1LT10OS1CT2HS1&sc=18-9&pglt=43&q=panneaux+solaire+250w&cvid=88ed5f0649a44611ae7cee2c1b55e3b8&gs_lcrp=EgRlZGdlKgYIARAAGEAyCQgAEEUYOxj5BzIGCAEQABhAMgYIAhBFGDkyBggDEAAYQDIGCAQQABhAMgYIBRAAGEAyBggGEAAYQDIGCAcQABhAMgYICBAAGEAyCAgJEOkHGPxV0gEINzY2N2owajGoAgCwAgA&FORM=ANNAB1&PC=U531;

ANNEXES

Annexe 1 : Situation de PEM du village de Sangha Natenga IV
Annexe 2 : Situation des AEPS/PEA de Sangha Natenga IV
Annexe 3 : Plan de masse du réseau de l'AEPS (ancien réseau) I
Annexe 4 : valeurs de surpression et dépression II
Annexe 5 : Caractéristiques des pompes des deux stations III
Annexe 6 : résultat du dimensionnement global IV
Annexe 7 : Valeurs statistiques des volumes journaliers des centres par type d'adduction ... VII
Annexe 8: Détermination de la capacité du réservoir (méthode analytique) VIII
Annexe 9 : résultats d'analyse physico-chimique et microbiologique (nouveau forage) IX
Annexe 10 : résultats de dimensionnement du système de traitement X
Annexe 11 : Rapport sur l'état des nœuds du réseau XI
Annexe 12 : rapport sur l'état des arcs du réseau XII
Annexe 13 : Comparaison des pressions calculées et simulées XIII
Annexe 14 : Comparaison des vitesses calculées et simulées XIV
Annexe 15 : Rapports sur l'état des nœuds et des arcs (54h et 69h) XV
Annexe 16 : Devis quantitatif et descriptif XVII
Annexe 17 : Charges d'exploitation XXIV
Annexe 18 : volume consommé et payé XXVI
Annexe 19 : Recettes issues de la vente d'eau et des redevances XXVII
Annexe 20 : Calcul de la VAN et du TRI XXVIII
Annexe 21 : Plan de gestion environnemental et social du projet XXIX
Annexe 22 : plans et graphiques XXX

Annexe 1 : Situation de PEM du village de Sangha Natenga

Données sur les forages

PEM	Situation	Longitude	Latitude	Année réal.	Pompe	Fonct.	Etat	Acces. Pop	Débit	Statut	Usages des eaux	Propriétaire
2 FO	Q-TIRAOGHIN	00°08'43,4" E	11°10'41,3" N	2003	Kardia	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
4 FO	Q-BILGUEDOURE	00°07'00,5" E	11°11'51,4" N	1997	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
5 FO	Q-KALGO	00°09'09,6" E	11°11'11,6" N	1997	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
6 FO	ECOLE P. SANGHA	00°09'43,0" E	11°10'42,6" N		India	F	Bon	Oui		FP	CONS	ECO
7 FO	S-CSPS	00°09'40,3" E	11°10'33,4" N	1997	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	SAN
8 FO	P-DOUANE	00°09'41,9" E	11°10'29,2" N	2004	India	P	Bon	Oui		FP	CONS	PRI
9 FO	Q-NATENGA	00°09'54,0" E	11°10'28,3" N	2001	Kardia	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
11 FO	Q-NINADIN	00°09'30,3" E	11°09'18,2" N	2001	Kardia	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
13 FO	Q-TANKOAGHIN	00°10'06,8" E	11°08'41,6" N	1997	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
14 FO	Q-KOUGHIN	00°12'04,6" E	11°07'42,7" N	1997	India	P	Bon	Oui		FP	CONS	COM
16 FO	E-CEG Sangha	00°09'27,6" E	11°10'07,2" N	2003	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	ECO
17 FO	Q-SANGHA NATEN	00°09'26,8" E	11°10'33,6" N	1996	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
19 FO	YEOGHIN	00°09'08,7" E	11°10'33,3" N	2006	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
21 FO	Q-BANTARGA	00°13'11,5" E	11°07'57,3" N	2005	India Mark2	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
22 FO	BILGDOURE	00°06'32,4" E	11°11'42,2" N	2006	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
23 FO	Q-KALGO	00°06'47,7" E	11°10'31,4" N	2006	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
24 FO	Q-BANTARGA	00°10'24,7" E	11°08'37,3" N	2006	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
25 FO	Q-KOOGHIN	00°12'36,9" E	11°09'43,7" N	2006	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
26 FO	Ecole	00°06'23,0" E	11°11'35,8" N	2007	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	ECO
27 FO	NAPIEGA	00°05'41,5" E	11°12'53,0" N	2008	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
28 FO	YOGHIN	00°05'57,9" E	11°13'37,1" N	2008	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
29 FO	SANGHA NATENG	00°09'28,2" E	11°10'39,6" N	2009	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
30 FO	Ecole de Napiga	00°13'10,9" E	11°12'05,4" N	2006	India Mark2	P	Mauvais	Oui		FP	CONS	ECO
31 FO	NAPIEGA	00°13'10,7" E	11°11'55,6" N	2000	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
32 FO	BILGDOURE	00°07'00,3" E	11°11'51,1" N	1997	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
33 FO	BANTARGA	00°13'09,2" E	11°08'05,7" N	2010	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
34 FO	Q-GOBYANDE	00°11'59,1" E	11°08'54,1" N	2008	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
35 FO	NAPIEGA	00°14'19,3" E	11°10'29,2" N	2011	Volanta	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
36 FO	SANGHA NATENG	00°13'12,4" E	11°09'47,9" N	2011	Volanta	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
37 FO	Ecole primaire de S	00°07'27,7" E	11°10'11,8" N	2011	India Mark2	F	Bon	Oui		FP	CONS	ECO
38 FO	Q-NAPIGA	00°13'15,9" E	11°12'00,6" N	2013	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
39 FO	LYCEE DE SANGH	00°09'26,2" E	11°10'04,1" N	2014	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	ECO
40 FO	Q-NINADIN	00°09'11,3" E	11°09'35,5" N	2014	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
41 FO	Q-NAPIGA	00°13'20,2" E	11°13'03,4" N	2014	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
42 FO	Q-Sangha Natenga(	00°09'31,0" E	11°11'05,1" N	2015	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
43 FO	Ninadin	00°09'11,5" E	11°09'51,6" N	2015	India Mark2	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
44 FO	NINADIN	00°09'8,37" E	11°09'2,26" N	2018	India Mark2	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
45 FO	Hotel KOARA	00°09'33,2" E	11°11'03,4" N	2019			Mauvais	Non		FR		PRI
46 FO	Q-Napiga	00°12'07,9" E	11°11'38,9" N	2020	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
47 FO	Q-YEOGHIN	00°05'59,3" E	11°10'29,5" N	2021	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
48 FO	Q-ZAOGO	00°05'08,1" E	11°08'41,3" N	2021	India	F	Bon	Oui		FP	CONS	COM
49 FO	Q-NINADIN	00°09'33,1" E	11°09'18,1" N	2023	India	F	Mauvais	Oui	0	FP		COM

Données sur les puits modernes

PEM Num	Situation	Longitude	Latitude	Date const	Diam(m)	Hmar (m)	ProfTot (m)	ProfNE (m)	Durée eau	Etat	Cond. µS/cm	NO3 mg/l	Statut	Usages des eaux
1 PU	Q-YOGHIN	00°09'09,5" E	11°10'30,1" N		1.80		10.00	6.50	12 mois/an	Bon	136	50	PP	CONS
3 PU	Q-TIRAOGHIN	00°08'44,2" E	11°10'42,1" N		1.20		13.00	6.00	6 mois/an	Bon	197	10	PT	CONS
10 PU	Q-NINADIN	00°09'34,4" E	11°09'19,2" N		1.20		10.00	4.60	5 mois/an	Bon	227	25	PT	CONS
12 PU	Q-NINADIN	00°09'23,7" E	11°09'20,5" N	1999	1.80		8.40	4.50	12 mois/an	Bon	70	0	PP	CONS
15 PU	Q-NATENGA	00°09'29,6" E	11°10'36,6" N		1.30		10.00	3.40	12 mois/an	Bon	314	50	PP	BET
18 PU	Q-SANGHA NATE	00°09'39,5" E	11°10'43,4" N		1.40		12.00		mois/an	Mauvais			PA	AUCUN
20 PU	Q-BILGDOURE	00°06'49,9" E	11°11'50,8" N	2006					12 mois/an	Bon	0		PP	CONS

Annexe 2 : Situation des AEPS/PEA de Sangha Natenga

Données sur les systèmes de distribution

numSD: **1** CodeSD: **KOLSAN27_SD1** *TypeSD:* Année réal. : **2016** Année réhab. : Année ext. : Année MAN. :

Etat de fctnmt : Operateur prive déjà recr *Nombre BF:* **8** *BF Fonctionne* **0** *Nombre BP:* *BP Fonctionne*

CodeAdm	Nom du village	Nombre de BF	Nombre de BP	NbrRE	NbrCE
KOLSAN27	SANGHA	8	0	1	1

numSD: **2** CodeSD: **KOLSAN27_SD2** *TypeSD:* Année réal. : **2018** Année réhab. : Année ext. : Année MAN. :

Etat de fctnmt : Totalement *Nombre BF:* **1** *BF Fonctionne* **1** *Nombre BP:* *BP Fonctionne*

CodeAdm	Nom du village	Nombre de BF	Nombre de BP	NbrRE	NbrCE
KOLSAN27	SANGHA	1	0	1	1

numSD: **3** CodeSD: **KOLSAN27_SD3** *TypeSD:* Année réal. : **2018** Année réhab. : Année ext. : Année MAN. :

Etat de fctnmt : Totalement *Nombre BF:* **0** *BF Fonctionne* **0** *Nombre BP:* **1** *BP Fonctionne* **1**

CodeAdm	Nom du village	Nombre de BF	Nombre de BP	NbrRE	NbrCE
KOLSAN27	SANGHA		1	1	1

numSD: **4** CodeSD: **KOLSAN27_SD4** *TypeSD:* Année réal. : **2024** Année réhab. : Année ext. : Année MAN. :

Etat de fctnmt : Totalement *Nombre BF:* **1** *BF Fonctionne* **1** *Nombre BP:* **0** *BP Fonctionne* **0**

CodeAdm	Nom du village	Nombre de BF	Nombre de BP	NbrRE	NbrCE
KOLSAN27	SANGHA	1	0	1	1

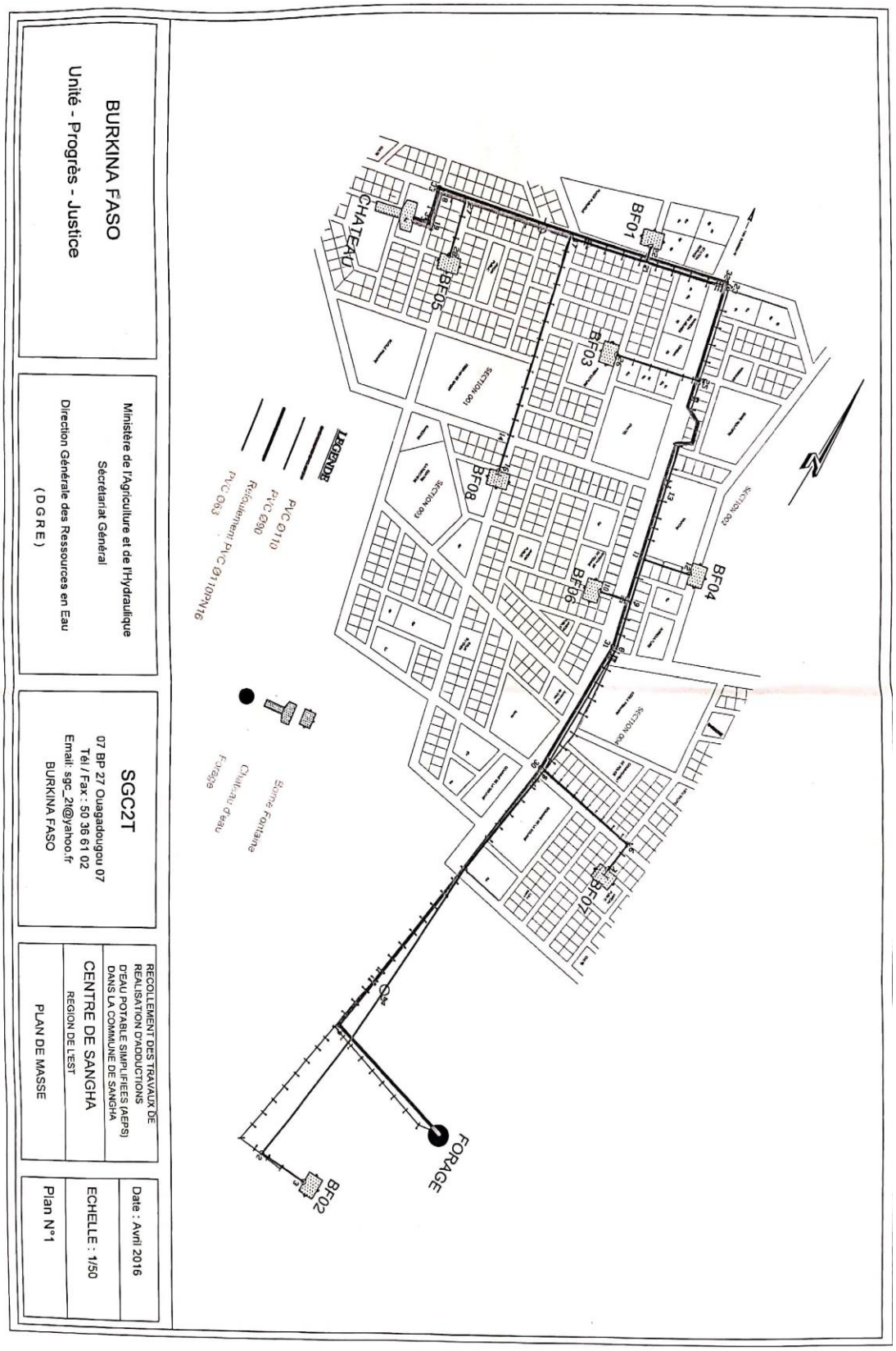
Localisation bornes fontaines

CodeSD:	NumBF	Nom Quartier:	Longitude:	Latitude:	Nbr Jour Interruption:	Année réal.:	Fonct.
SANGHA							
KOLSAN27_SD1	1	SANGHA NATENGA	00°09'25,9" E	11°11'5,4" N	365	2016	Non
KOLSAN27_SD1	2	SANGHA NATENGA	00°09'38,7" E	11°10'01,3" N	365	2016	Non
KOLSAN27_SD1	3	SANGHA NATENGA	00°09'28,7" E	11°10'58,7" N	365	2016	Non
KOLSAN27_SD1	4	SANGHA NATENGA	00°09'39,9" E	11°10'49,8" N	365	2016	Non
KOLSAN27_SD1	5	KOOGHIN	00°09'14,7" E	11°10'57,5" N	365	2016	Non
KOLSAN27_SD1	6	SANGHA NATENGA	00°09'37,8" E	11°10'43,4" N	365	2016	Non
KOLSAN27_SD1	7	SANGHA NATENGA	00°09'47,4" E	11°10'32,0" N	365	2016	Non
KOLSAN27_SD1	8	SANGHA NATENGA	00°09'25,7" E	11°10'48,2" N	365	2016	Non
KOLSAN27_SD4	10	SANGHA NATENGA	00°09'48,3" E	11°10'57,7" N		2024	Oui

Localisation branchements particuliers

CodeSD:	Num BP:	NomQuart:	Nom Proprietaire:	Type Proprietai	Longitude:	Latitude:	Nb Jour Inter.:	Année réal.	Fonct.
SANGHA									
KOLSAN27_SD3	1	BILGDOURE	CSPS	COM	00°07'02,7" E	11°11'33,6" N		2018	Oui

Annexe 3 : Plan de masse du réseau de l'AEPS (ancien réseau)



Annexe 4 : valeurs de surpression et dépression

Désignation	Refoulement 1	Refoulement 2
Longueur(m)	3510	900
Accélération de la pesanteur g(m/s^2)	9,81	9,81
Module d'élasticité du fluide ε(Pa)	$2 * 10^9$	$2 * 10^9$
Module d'élasticité de YOUNG E(Pa)	$0{,}930 * 10^9$	$0{,}930 * 10^9$
PN(m)	160	160
Masse volumique ρ(kg/m^3)	1000	1000
Diamètre D(mm)	73,6	73,6
Epaisseur e (mm)	8	8
Vitesse(m/s)	0,65	0,65
Célérité C(m/s)	313,86	313,86
HMT(m)	105	75
Temps aller-retour de l'onde t_{AR}(s)	22,4	5,7
Temps de perturbation τ(s)	3	3
Variation de pression(m)	20,89	20,89
$HMT + \Delta P$(m)	125,89	95,89
1,2*PN(m)	192	192
$HMT - \Delta P$(m)	84,11	54,11
Patm(m)	10,33	10,33

Annexe 5 : Caractéristiques des pompes des deux stations

Paramètre	Unité	SP11-24	SP9-18
Débit	m^3/h	11	9
Hauteur manométrique totale	m	111,7	94,8
Puissance électrique	kW	5,5	4,0
Puissance au point de fonctionnement	kW	5,6	4,1
Fréquence	Hz	50	50
$\cos\varphi$	-	0,8	0,8
Rendement pompe	%	70	69
Rendement moteur	%	78	78
Tension	V	3 x 380-400-415	3 x 380-400-415
Intensité	A	13.0-13,0-13,4	9.75-9.60-9.80
Intensité au démarrage	%	480-530-550	460-500-530
Diamètre minimum forage	mm	105	105

Annexe 6 : résultat du dimensionnement global

ID Tuyau	Tronçon	ID Nœud	Z aval	Longueur	Qi(l/s)	$\sum Q_{aval}$	Q_{fi}	Dth	Dcom(PN10)		Ji	$\sum_{i=0}^{i=x} Ji$	Pser	Hx	Pr	Uréelle
			m	m	l/s	l/s	l/s	mm	Int(mm)	Ext(mm)	m	m	m	m	m	m/s
1	CE2-N2	N2	328,98	73,6	0,000	8,00	8,00	100,9	141	160	0,14	0,14	10	339,12	10,00	0,51
2	N2-N3	N3	326,33	226,3	0,072	7,17	7,21	95,8	141	160	0,36	0,50	10	336,83	12,29	0,46
3	N3-N4	N4	325,67	51,17	0,016	7,16	7,16	95,5	141	160	0,08	0,57	10	336,24	12,88	0,46
5	N5-N6	N6	324,97	101,48	0,032	7,06	7,08	94,9	141	160	0,15	1,03	10	336,00	13,12	0,45
6	N6-N7	N7	322	342,5	0,109	6,95	7,01	94,5	141	160	0,51	1,54	10	333,54	15,58	0,45
8	N8-N9	N9	317	151	0,048	5,09	5,11	80,7	141	160	0,13	1,81	10	328,81	20,31	0,33
10	N10-N11	N11	313,3	95,02	0,030	4,45	4,46	75,4	96,8	110	0,38	2,35	10	325,65	23,47	0,61
11	N11-N12	N12	313,32	79,73	0,025	4,42	4,43	75,1	96,8	110	0,32	2,67	10	325,99	23,13	0,60
12	N12-N13	N13	311,33	86,92	0,028	4,39	4,41	74,9	96,8	110	0,34	3,01	10	324,34	24,78	0,60
14	N14-N15	N15	307,7	175	0,055	3,80	3,83	69,9	96,8	110	0,53	3,96	10	321,66	27,46	0,52
15	N15-N16	N16	307,53	23,61	0,007	3,29	3,30	64,8	96,8	110	0,05	4,01	10	321,54	27,58	0,45
16	N16-N17	N17	307,45	108,5	0,034	3,26	3,28	64,6	96,8	110	0,25	4,26	10	321,71	27,41	0,45
45	N17-N36	N36	308,73	101	0,032	0,81	0,83	32,5	51,4	63	0,39	4,65	10	323,38	25,74	0,40
46	N36-N37	N37	309,81	202,8	0,064	0,75	0,78	31,6	51,4	63	0,71	5,36	10	325,17	23,95	0,38
47	N37-N38	N38	308	145,8	0,046	0,70	0,73	30,4	51,4	63	0,44	5,80	10	323,80	25,32	0,35
48	N38-N39	N39	305,98	174,3	0,055	0,65	0,68	29,3	51,4	63	0,46	6,27	10	322,25	26,87	0,33
49	N39-N40	N40	305,45	49,97	0,016	0,63	0,64	28,5	51,4	63	0,12	6,39	10	321,84	27,28	0,31
50	N40-N41	N41	307,71	315,4	0,100	0,53	0,58	27,3	40,8	63	1,98	8,37	10	326,08	23,04	0,45

ID Tuyau	Tronçon	ID Nœud	Z aval	Longueur	Qi(l/s)	$\sum Q_{aval}$	Q_{fi}	Dth	Dcom(PN10)		Ji	$\sum_{i=0}^{i=x} Ji$	Pser	Hx	Pr	Uréelle
			m	m	l/s	l/s	l/s	mm	Int(mm)	Ext(mm)	m	m	m	m	m	m/s
52	N42-BF11N	BF11N	309,99	27,72	0,000	0,50	0,50	25,2	40,8	50	0,13	8,96	10	328,95	20,17	0,38
51	N41-N42	N42	309,99	93,1	0,029	0,50	0,52	25,6	40,8	50	0,46	8,83	10	328,82	20,30	0,39
17	N17-N18	N18	307,25	31,13	0,010	2,41	2,41	55,4	96,8	110	0,04	4,30	10	321,55	27,57	0,33
18	N18-N19	N19	306,2	107,8	0,034	2,37	2,39	55,2	96,8	110	0,14	4,44	10	320,64	28,48	0,33
19	N19-N20	N20	300,75	723,8	0,229	1,55	1,68	46,2	79,2	90	1,27	5,70	10	316,45	32,67	0,34
20	N20-N21	N21	306,27	313,6	0,099	1,45	1,51	43,8	79,2	90	0,45	6,15	10	322,42	26,70	0,31
21	N21-N22	N22	311,75	508,1	0,161	0,79	0,88	33,5	51,4	63	2,21	8,36	10	330,11	19,01	0,42
23	N23-N24	N24	317,81	392,5	0,124	0,58	0,65	28,8	51,4	63	0,97	10,22	10	338,03	11,09	0,31
24	N24-N25	N25	316,18	258,4	0,082	0,50	0,55	26,3	40,8	50	1,42	11,64	10	337,82	11,30	0,42
25	N25-BF9N	BF9N	315,57	28,9	0,000	0,50	0,50	25,2	40,8	50	0,14	11,78	10	337,35	11,77	0,38
39	N33-BF3	BF3	318,86	1,515	0,000	0,50	0,50	25,2	40,8	50	0,01	2,78	10	331,64	17,48	0,38
38	N32-N33	N33	318,01	19,84	0,006	0,50	0,50	25,3	40,8	50	0,09	2,77	10	330,78	18,34	0,39
37	N10-N32	N32	317,59	134,4	0,043	0,51	0,53	26,0	40,8	50	0,70	2,67	10	330,26	18,86	0,41
44	N14-BF4	BF4	307,41	58,12	0,000	0,50	0,50	25,2	40,8	50	0,27	3,70	10	321,11	28,01	0,38
26	N7-N26	N26	322,12	5,426	0,002	1,26	1,27	40,1	51,4	63	0,05	1,58	10	333,70	15,42	0,61
31	N26-N27	N27	314,9	486	0,154	0,50	0,58	27,3	40,8	50	3,05	4,63	10	329,53	19,59	0,45
32	N27-BF8	BF8	315,28	10,39	0,000	0,50	0,50	25,2	40,8	50	0,05	4,68	10	329,96	19,16	0,38
40	N2-N43	N43	327	86,4	0,027	0,73	0,74	30,8	51,4	63	0,28	0,42	10	337,42	11,70	0,36
41	N43-N44	N44	316,5	593,5	0,188	0,54	0,65	28,7	51,4	63	1,45	1,87	10	328,37	20,75	0,31

ID Tuyau	Tronçon	ID Nœud	Z aval	Longueur	Qi(l/s)	$\sum Q_{aval}$	Q_{fi}	Dth	Dcom(PN10)		Ji	$\sum_{i=0}^{i=x} Ji$	Pser	Hx	Pr	Uréelle
			m	m	l/s	l/s	l/s	mm	Int(mm)	Ext(mm)	m	m	m	m	m	m/s
42	N44-N45	N45	318,4	131,6	0,042	0,50	0,52	25,8	40,8	50	0,67	2,54	10	330,94	18,18	0,40
43	N45-BF10N	BF10N	318,6	14,88	0,000	0,50	0,50	25,2	40,8	50	0,07	2,61	10	331,21	17,91	0,38
27	N26-N28	N28	322,17	236,2	0,075	0,54	0,58	27,1	40,8	50	1,45	3,03	10	335,20	13,92	0,44
33	N28-N30	N30	320,33	112,3	0,036	0,50	0,52	25,7	40,8	50	0,57	3,59	10	333,92	15,20	0,40
34	N30-BF5	BF5	320,4	9,043	0,000	0,50	0,50	25,2	40,8	50	0,04	3,64	10	334,04	15,08	0,38
56	N15-N46	N46	307,77	7,316	0,002	0,50	0,50	25,3	40,8	50	0,03	3,99	10	321,76	27,36	0,38
57	N46-BF6	BF6	308,09	3,434	0,000	0,50	0,50	25,2	40,8	50	0,02	4,01	10	322,10	27,02	0,38
53	N19-N35	N35	302,84	290	0,092	0,50	0,55	26,5	40,8	50	1,63	6,07	10	318,91	30,21	0,42
54	N35-BF7	BF7	302,67	14,98	0,000	0,50	0,50	25,2	40,8	50	0,07	6,14	10	318,81	30,31	0,38
35	N8-N34	N34	319,3	15,51	0,005	0,50	0,50	25,3	40,8	50	0,07	1,76	10	331,06	18,06	0,38
7	N7-N8	N8	319,38	150	0,048	5,64	5,67	84,9	141	160	0,15	1,69	10	331,07	18,05	0,36
36	N34-BF1	BF1	319,95	3,824	0,000	0,50	0,50	25,2	40,8	50	0,02	1,78	10	331,73	17,39	0,38
55	N21-BF2	BF2	307,5	90	0,000	0,50	0,50	25,2	40,8	50	0,42	6,58	10	324,08	25,04	0,38
4	N4-N5	N5	325,82	193,6	0,061	7,09	7,13	95,3	141	160	0,30	0,87	10	336,69	12,43	0,46
22	N22-N23	N23	311,96	269,9	0,086	0,71	0,75	31,0	51,4	63	0,88	9,24	10	331,20	17,92	0,36
9	N9-N10	N10	313,68	194,74	0,062	5,02	5,06	80,3	141	160	0,16	1,97	10	325,65	23,47	0,32
13	N13-N14	N14	308,86	105,9	0,034	4,36	4,38	74,7	96,8	110	0,41	3,43	10	322,29	26,83	0,59

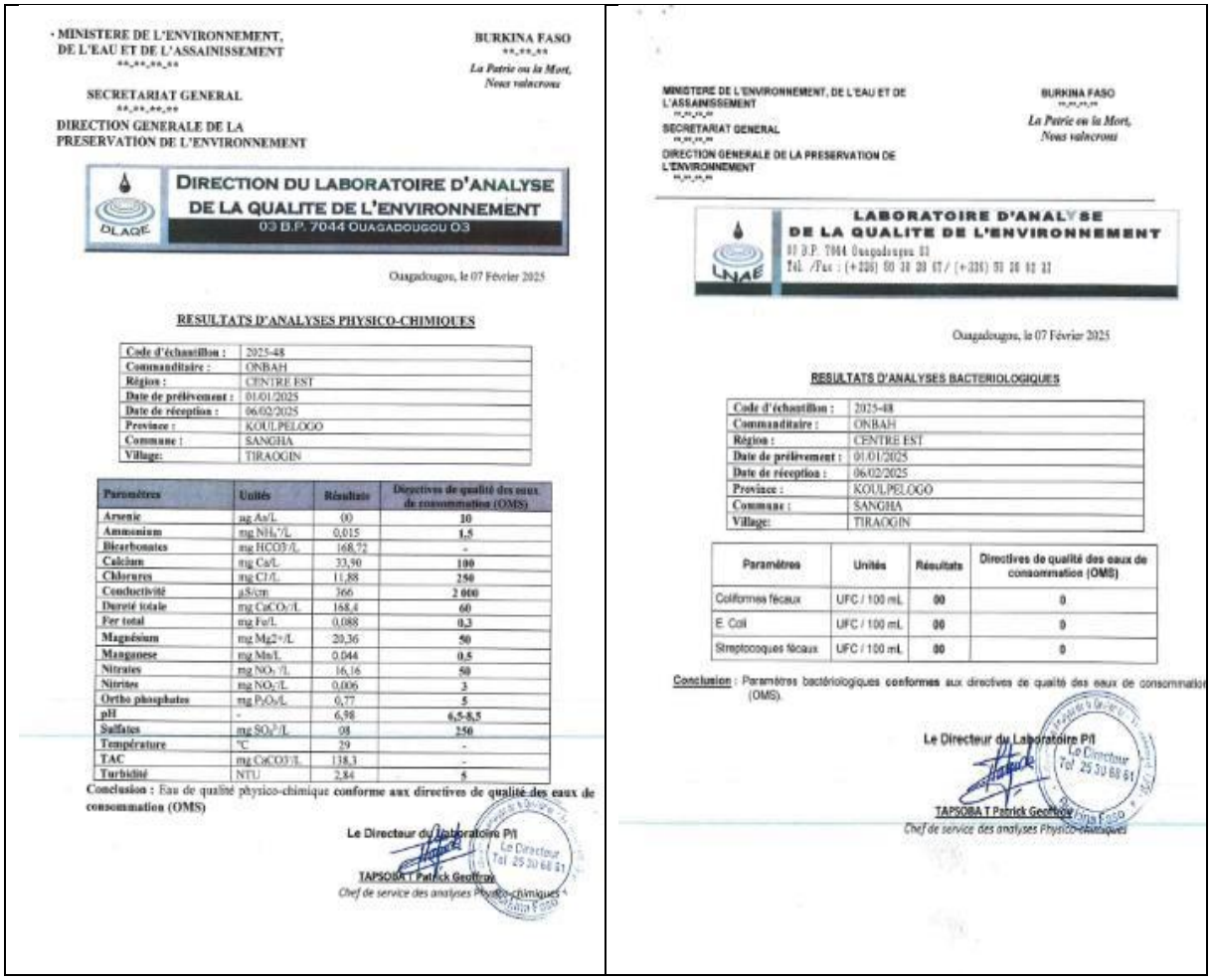
Annexe 7 : Valeurs statistiques des volumes journaliers des centres par type d'adduction

Conditions d'exploitation	Capacité utile
Adduction nocturne	90% Vj
Adduction avec pompage solaire (environ 8h/j)	50% Vj
Adduction continue (24h/24)	30% Vj
Adduction de jour, durant les périodes de consommation	10% à 30% Vj

Annexe 8: Détermination de la capacité du réservoir (méthode analytique)

Horaire	**00h-02 h**	**02h-06 h**	**06h-08h**	**08h-11h**	**11h-14 h**	**14h-16h**	**16h-18h**	**18h-22h**	**22h-00 h**
Tranche d'heure	2	4	2	3	3	2	2	4	2
Coefficients de consommation	0,10	0,18	2,19	1,80	1,50	1,20	2,00	0,50	0,20
Débit de pompage (m3/h)	0,0	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	0,0	0,0
Volume pompé par tranche (m3)	0,0	79,0	39,5	59,3	59,3	39,5	39,5	0,0	0,0
Volumes pompés cumulés (m3)	0,0	79,0	118,5	177,8	237,0	276,5	316,0	316,0	316,0
Débit moyen de distribution (m3/h)	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2
Volume distribué par tranche (m3)	2,7	9,5	57,7	71,1	59,3	31,6	52,7	26,3	5,3
Volumes distribués cumulés	2,7	12,1	69,8	140,9	200,2	231,8	284,4	310,8	316,0
Volume pompé - volume distribué	-2,7	66,9	48,7	36,9	36,9	44,8	31,6	5,3	0,0

Annexe 9 : résultats d'analyse physico-chimique et microbiologique (nouveau forage)



· MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT
****

SECRETARIAT GENERAL
****

DIRECTION GENERALE DE LA PRESERVATION DE L'ENVIRONNEMENT

BURKINA FASO
****
La Patrie ou la Mort, Nous vaincrons

DIRECTION DU LABORATOIRE D'ANALYSE DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT
03 B.P. 7044 OUAGADOUGOU 03

Ouagadougou, le 07 Février 2025

RESULTATS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Code d'échantillon :	2025-48
Commanditaire :	ONBAH
Région :	CENTRE EST
Date de prélèvement :	01/01/2025
Date de réception :	06/02/2025
Province :	KOULPELOGO
Commune :	SANGHA
Village:	TIRAOGIN

Paramètres	Unités	Résultats	Directives de qualité des eaux de consommation (OMS)
Arsenic	ng As/L	(0)	10
Ammonium	mg NH_4^+/L	0,015	1,5
Bicarbonates	mg $HCO3^-$/L	168,72	-
Calcium	mg Ca/L	33,90	100
Chlorures	mg Cl/L	11,88	250
Conductivité	µS/cm	366	2 000
Dureté totale	mg $CaCO_3$/L	168,4	60
Fer total	mg Fe/L	0,088	0,3
Magnésium	mg $Mg2^+$/L	20,36	50
Manganese	mg Mn/L	0.044	0,5
Nitrates	mg NO_3^-/L	16,16	50
Nitrites	mg NO_2^-/L	0,006	3
Ortho phosphates	mg P_2O_5/L	0,77	5
pH	-	6,98	6,5-8,5
Sulfates	mg SO_4^{2-}/L	08	250
Température	°C	29	-
TAC	mg $CaCO3^-$/L	138,3	-
Turbidité	NTU	2,84	5

Conclusion : Eau de qualité physico-chimique **conforme aux directives de qualité des eaux de consommation (OMS)**

Le Directeur du Laboratoire P/I
TAPSOBA T Patrick Geoffroy
Chef de service des analyses Physico-chimiques

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT
****

SECRETARIAT GENERAL
****

DIRECTION GENERALE DE LA PRESERVATION DE L'ENVIRONNEMENT
****

BURKINA FASO
****
La Patrie ou la Mort, Nous vaincrons

LABORATOIRE D'ANALYSE DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT
01 B.P. 7044 Ouagadougou 01
Tél. /Fax : (+226) 50 30 60 61 / (+226) 50 36 02 21

Ouagadougou, le 07 Février 2025

RESULTATS D'ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Code d'échantillon :	2025-48
Commanditaire :	ONBAH
Région :	CENTRE EST
Date de prélèvement :	01/01/2025
Date de réception :	06/02/2025
Province :	KOULPELOGO
Commune :	SANGHA
Village:	TIRAOGIN

Paramètres	Unités	Résultats	Directives de qualité des eaux de consommation (OMS)
Coliformes fécaux	UFC / 100 mL	00	0
E. Coli	UFC / 100 mL	00	0
Streptocoques fécaux	UFC / 100 mL	00	0

Conclusion : Paramètres bactériologiques **conformes** aux directives de qualité des eaux de consommation (OMS).

Le Directeur du Laboratoire P/I
TAPSOBA T Patrick Geoffroy
Chef de service des analyses Physico-chimiques

Annexe 10 : résultats de dimensionnement du système de traitement

Paramètres	Unités	Valeur
Dpj	m^3/j	316,04
Concentration en chlore dans la solution mère	g/l	5
Temps minimal de contact	**h**	**2,8**
Temps maximal de séjour	**j**	**0,25**
Dose de traitement	mg/l	2
Débit de pompage (Station 1)	m^3/h	10
Débit de pompage (Station 2)	m^3/h	10
Temps de pompage	h	16
Débit de la pompe doseuse (Station 1)	**l/h**	**4**
Débit de la pompe doseuse (Station 2)	**l/h**	**4**
Volume journalier de la solution préparée de chlore (Station 1)	**l**	**71**
Volume journalier de la solution préparée de chlore (Station 2)	**l**	**71**
Masse journalière de chlore (Station 1)	**g**	**351**
Masse journalière de chlore (Station 2)	**g**	**351**
Masse annuelle de chlore	**kg**	**257**
Masse annuelle d'hypochlorite de calcium	**kg**	**394**

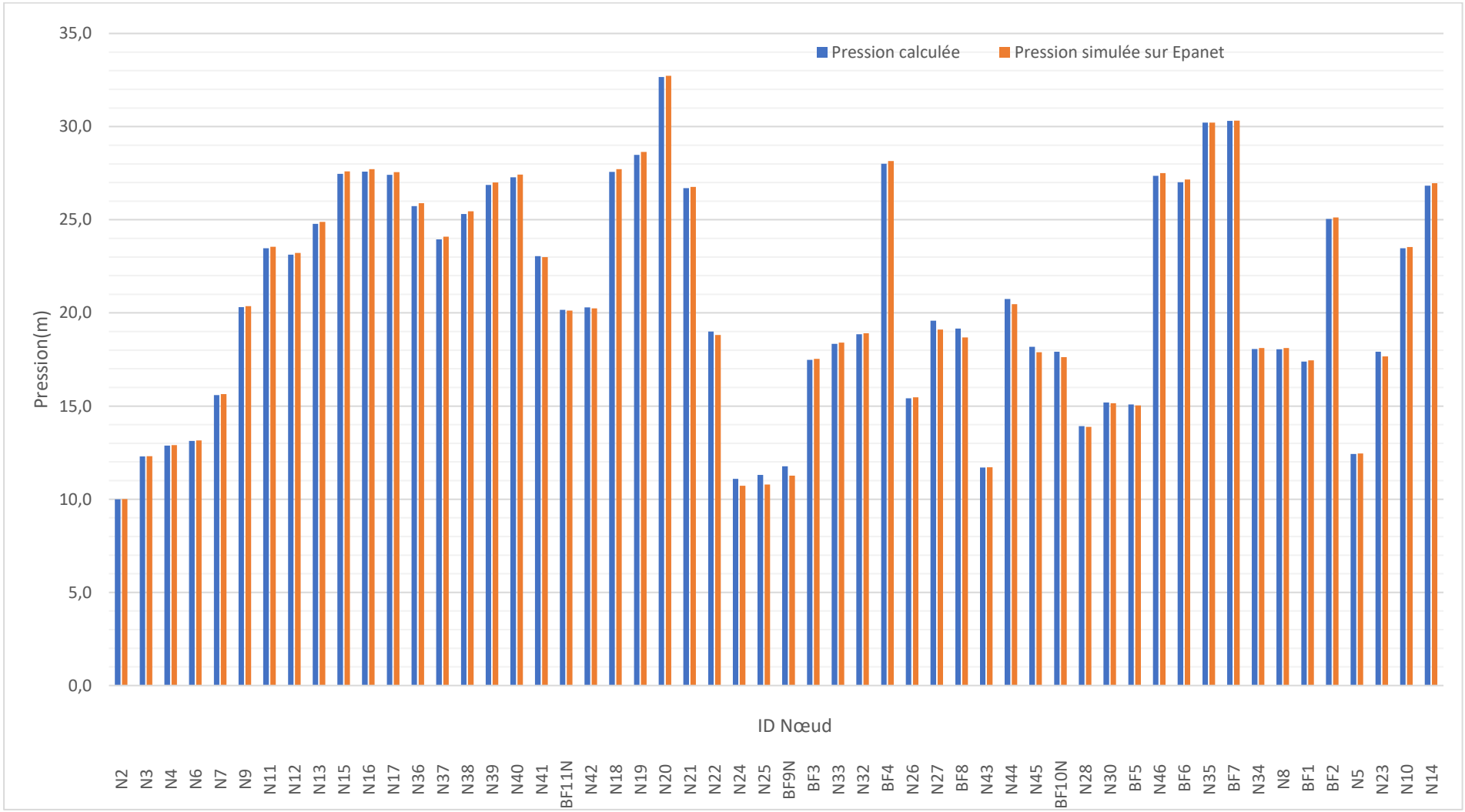
Annexe 11 : Rapport sur l'état des nœuds du réseau

	Altitude	Demande Base	Demande	Charge	Pression
ID Noeud	m	LPS	LPS	m	m
Noeud n2	328,98	0	0	338,99	10,01
Noeud n3	326,33	0,072	0,07	338,64	12,31
Noeud n4	325,67	0,016	0,02	338,57	12,9
Noeud n6	324,97	0,032	0,03	338,13	13,16
Noeud n7	322	0,109	0,11	337,64	15,64
Noeud n9	317	0,048	0,05	337,37	20,37
Noeud n11	313,3	0,03	0,03	336,85	23,55
Noeud n12	313,32	0,025	0,03	336,55	23,23
Noeud n13	311,33	0,028	0,03	336,22	24,89
Noeud n15	307,7	0,055	0,05	335,31	27,61
Noeud n16	307,53	0,007	0,01	335,26	27,73
Noeud n17	307,45	0,034	0,03	335,02	27,57
Noeud n36	308,73	0,032	0,03	334,63	25,9
Noeud n37	309,81	0,064	0,06	333,91	24,1
Noeud n38	308	0,046	0,05	333,46	25,46
Noeud n39	305,98	0,055	0,05	332,99	27,01
Noeud n40	305,45	0,016	0,02	332,87	27,42
Noeud n41	307,71	0,1	0,1	330,71	23
Noeud BF3N	309,99	0,5	0,5	330,12	20,13
Noeud n42	309,99	0,029	0,03	330,24	20,25
Noeud n18	307,25	0,01	0,01	334,98	27,73
Noeud n19	306,2	0,034	0,03	334,85	28,65
Noeud n20	300,75	0,229	0,23	333,5	32,75
Noeud n21	306,27	0,099	0,1	333,05	26,78
Noeud n22	311,75	0,161	0,16	330,6	18,85
Noeud n24	317,81	0,124	0,12	328,6	10,79
Noeud n25	316,18	0,082	0,08	327,06	10,88
Noeud BF1N	315,57	0,5	0,5	326,93	11,36
Noeud BF3	318,86	0,5	0,5	336,41	17,55
Noeud n33	318,01	0,006	0,01	336,41	18,4
Noeud n32	317,59	0,043	0,04	336,5	18,91
Noeud BF4	307,41	0,5	0,5	335,56	28,15
Noeud n26	322,12	0,002	0	337,59	15,47
Noeud n27	314,9	0,154	0,15	334,01	19,11
Noeud BF8	315,28	0,5	0,5	333,96	18,68
Noeud n43	327	0,027	0,03	338,71	11,71
Noeud n44	316,5	0,188	0,19	336,97	20,47
Noeud n45	318,4	0,042	0,04	336,29	17,89
Noeud BF2N	318,6	0,5	0,5	336,22	17,62
Noeud n28	322,17	0,075	0,08	336,06	13,89
Noeud n30	320,33	0,036	0,04	335,48	15,15
Noeud BF5	320,4	0,5	0,5	335,44	15,04
Noeud n46	307,77	0,002	0	335,28	27,51
Noeud BF6	308,09	0,5	0,5	335,26	27,17
Noeud n35	302,84	0,092	0,09	333,07	30,23
Noeud BF7	302,67	0,5	0,5	333	30,33
Noeud n34	319,3	0,005	0	337,42	18,12
Noeud n8	319,38	0,048	0,05	337,5	18,12
Noeud BF1	319,95	0,5	0,5	337,41	17,46
Noeud BF2	307,5	0,5	0,5	332,64	25,14
Noeud n5	325,82	0,061	0,06	338,28	12,46
Noeud n23	311,96	0,086	0,09	329,68	17,72
Noeud n10	313,68	0,062	0,06	337,22	23,54
Noeud n14	308,86	0,034	0,03	335,82	26,96
Réservoir R	338,92	Sans Valeur	-8	339,12	0,2

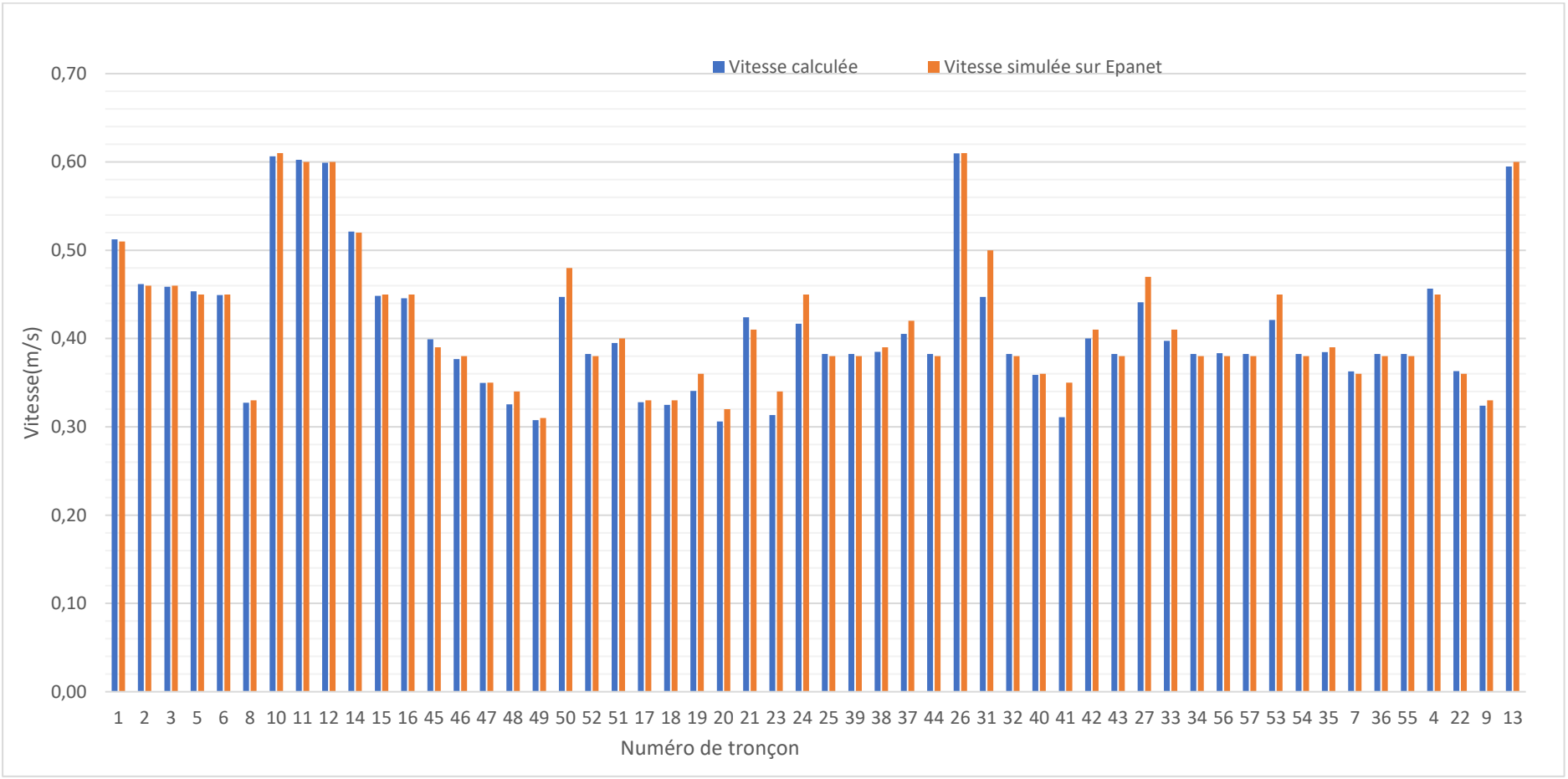
Annexe 12 : rapport sur l'état des arcs du réseau

	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.
ID Arc	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau p2	226,3	141	7,24	0,46	1,51
Tuyau p3	51,17	141	7,17	0,46	1,49
Tuyau p6	342,5	141	7,06	0,45	1,44
Tuyau p11	79,73	96,8	4,44	0,6	3,83
Tuyau p12	86,92	96,8	4,42	0,6	3,79
Tuyau p15	23,61	96,8	3,3	0,45	2,22
Tuyau p16	108,5	96,8	3,29	0,45	2,19
Tuyau p45	101	51,4	0,84	0,41	3,83
Tuyau p46	202,8	51,4	0,81	0,39	3,56
Tuyau p48	174,3	51,4	0,7	0,34	2,72
Tuyau p49	49,97	51,4	0,64	0,31	2,34
Tuyau p50	315,4	40,8	0,63	0,48	6,86
Tuyau p17	31,13	96,8	2,42	0,33	1,24
Tuyau p18	107,8	96,8	2,41	0,33	1,23
Tuyau p19	723,8	79,2	1,78	0,36	1,86
Tuyau p20	313,6	79,2	1,55	0,32	1,45
Tuyau p21	508,1	51,4	0,95	0,46	4,81
Tuyau p24	258,4	40,8	0,58	0,45	5,95
Tuyau p25	28,9	40,8	0,5	0,38	4,5
Tuyau p41	593,5	51,4	0,73	0,35	2,94
Tuyau p42	131,6	40,8	0,54	0,41	5,21
Tuyau p43	14,88	40,8	0,5	0,38	4,51
Tuyau p34	9,043	40,8	0,5	0,38	4,53
Tuyau p57	3,434	40,8	0,5	0,38	4,59
Tuyau p35	15,58	40,8	0,5	0,39	4,59
Tuyau p36	3,824	40,8	0,5	0,38	4,58
Tuyau p51	93,1	40,8	0,53	0,4	4,98
Tuyau p4	193,6	141	7,15	0,46	1,48
Tuyau p5	101,48	141	7,09	0,45	1,46
Tuyau p9	194,74	141	5,08	0,33	0,78
Tuyau p10	95,02	96,8	4,47	0,61	3,87
Tuyau p44	58,12	40,8	0,5	0,38	4,49
Tuyau p13	105,9	96,8	4,39	0,6	3,74
Tuyau p14	175	96,8	3,86	0,52	2,94
Tuyau p32	10,39	40,8	0,5	0,38	4,52
Tuyau p31	486	40,8	0,65	0,5	7,38
Tuyau p33	112,3	40,8	0,54	0,41	5,11
Tuyau p54	14,98	40,8	0,5	0,38	4,51
Tuyau p53	290	40,8	0,59	0,45	6,14
Tuyau p7	150	141	5,69	0,36	0,97
Tuyau p8	151	141	5,13	0,33	0,8
Tuyau p55	90	40,8	0,5	0,38	4,49
Tuyau p40	86,4	51,4	0,76	0,36	3,14
Tuyau p23	392,5	51,4	0,71	0,34	2,76
Tuyau p22	269,9	51,4	0,79	0,38	3,42
Tuyau p52	27,72	40,8	0,5	0,38	4,5
Tuyau p47	145,8	51,4	0,75	0,36	3,06
Tuyau p56	7,316	40,8	0,5	0,38	4,57
Tuyau p39	1,515	40,8	0,5	0,38	4,72
Tuyau p38	19,84	40,8	0,51	0,39	4,61
Tuyau p37	134,4	40,8	0,55	0,42	5,34
Tuyau p27	236,2	40,8	0,61	0,47	6,51
Tuyau p26	5,426	51,4	1,27	0,61	8,32
Tuyau p1	73,53	141	8	0,51	1,82

Annexe 13 : Comparaison des pressions calculées et simulées



Annexe 14 : Comparaison des vitesses calculées et simulées



Annexe 15 : Rapports sur l'état des nœuds et des arcs (54h et 69h)

État des Noeuds du Réseau à 54:00 Heures

ID Noeud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud n2	328,98	0	0	343,79	14,81
Noeud n3	326,33	0,033	0,07	343,44	17,11
Noeud n4	325,67	0,007	0,02	343,37	17,7
Noeud n6	324,97	0,015	0,03	342,93	17,96
Noeud n7	322	0,05	0,11	342,44	20,44
Noeud n9	317	0,022	0,05	342,17	25,17
Noeud n11	313,3	0,014	0,03	341,65	28,35
Noeud n12	313,32	0,012	0,03	341,34	28,02
Noeud n13	311,33	0,013	0,03	341,01	29,68
Noeud n15	307,7	0,025	0,05	340,1	32,4
Noeud n16	307,53	0,003	0,01	340,05	32,52
Noeud n17	307,45	0,016	0,04	339,81	32,36
Noeud n36	308,73	0,015	0,03	339,42	30,69
Noeud n37	309,81	0,029	0,06	338,7	28,89
Noeud n38	308	0,021	0,05	338,26	30,26
Noeud n39	305,98	0,025	0,05	337,78	31,8
Noeud n40	305,45	0,007	0,02	337,66	32,21
Noeud n41	307,71	0,046	0,1	335,49	27,78
Noeud BF3N	309,99	0,228	0,5	335	25,01
Noeud n42	309,99	0,014	0,03	335,02	25,03
Noeud n18	307,25	0,005	0,01	339,77	32,52
Noeud n19	306,2	0,016	0,04	339,64	33,44
Noeud n20	300,75	0,105	0,23	338,29	37,54
Noeud n21	306,27	0,046	0,1	337,84	31,57
Noeud n22	311,75	0,074	0,16	335,4	23,65
Noeud n24	317,81	0,057	0,12	331,46	13,65
Noeud n25	316,18	0,037	0,08	329,93	13,75
Noeud BF1N	315,57	0,228	0,5	329,8	14,23
Noeud BF3	318,86	0,228	0,5	341,2	22,34
Noeud n33	318,01	0,003	0,01	341,21	23,2
Noeud n32	317,59	0,02	0,04	341,3	23,71
Noeud BF4	307,41	0,228	0,5	340,22	32,81
Noeud n26	322,12	0,001	0	342,39	20,27
Noeud n27	314,9	0,071	0,16	338,8	23,9
Noeud BF8	315,28	0,228	0,5	338,75	23,47
Noeud n43	327	0,013	0,03	343,51	16,51
Noeud n44	316,5	0,086	0,19	341,78	25,28
Noeud n45	318,4	0,019	0,04	341,09	22,69
Noeud BF2N	318,6	0,228	0,5	341,03	22,43
Noeud n28	322,17	0,034	0,07	340,87	18,7
Noeud n30	320,33	0,016	0,04	340,3	19,97
Noeud BF5	320,4	0,228	0,5	340,25	19,85
Noeud n46	307,77	0,001	0	340,07	32,3
Noeud BF6	308,09	0,228	0,5	340,05	31,96
Noeud n35	302,84	0,042	0,09	337,87	35,03
Noeud BF7	302,67	0,228	0,5	337,8	35,13
Noeud n34	319,3	0,002	0	342,21	22,91
Noeud n8	319,38	0,022	0,05	342,29	22,91
Noeud BF1	319,95	0,228	0,5	342,2	22,25
Noeud BF2	307,5	0,228	0,5	337,48	29,98
Noeud n5	325,82	0,028	0,06	343,08	17,26
Noeud n23	311,96	0,039	0,09	334,48	22,52
Noeud n10	313,68	0,028	0,06	342,02	28,34
Noeud n14	308,86	0,015	0,03	340,62	31,76
Réservoir R	338,92	Sans Valeur	-2,44	343,92	5

État des Arcs du Réseau à 54:00 Heures

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit. m/km
Tuyau p2	226,28	141	7,24	0,46	1,51
Tuyau p3	51,17	141	7,17	0,46	1,49
Tuyau p6	342,46	141	7,06	0,45	1,44
Tuyau p11	79,73	96,8	4,45	0,6	3,83
Tuyau p12	86,92	96,8	4,42	0,6	3,79
Tuyau p15	23,61	96,8	3,3	0,45	2,22
Tuyau p16	108,5	96,8	3,3	0,45	2,2
Tuyau p45	101	51,4	0,84	0,41	3,83
Tuyau p46	202,8	51,4	0,81	0,39	3,56
Tuyau p48	174,3	51,4	0,7	0,34	2,72
Tuyau p49	49,97	51,4	0,65	0,31	2,34
Tuyau p50	315,4	40,8	0,63	0,48	6,89
Tuyau p17	31,13	96,8	2,42	0,33	1,25
Tuyau p18	107,8	96,8	2,41	0,33	1,23
Tuyau p19	723,82	79,2	1,78	0,36	1,87
Tuyau p20	313,59	79,2	1,55	0,32	1,45
Tuyau p21	508,1	51,4	0,95	0,46	4,8
Tuyau p24	258,4	40,8	0,58	0,44	5,91
Tuyau p25	28,9	40,8	0,5	0,38	4,48
Tuyau p41	593,47	51,4	0,73	0,35	2,93
Tuyau p42	131,6	40,8	0,54	0,41	5,19
Tuyau p43	14,88	40,8	0,5	0,38	4,5
Tuyau p34	9,04	40,8	0,5	0,38	4,51
Tuyau p57	3,43	40,8	0,5	0,38	4,58
Tuyau p35	15,58	40,8	0,5	0,39	4,57
Tuyau p36	3,82	40,8	0,5	0,38	4,57
Tuyau p51	93,1	40,8	0,53	0,41	5
Tuyau p4	196,58	141	7,16	0,46	1,48
Tuyau p5	101,48	141	7,09	0,45	1,46
Tuyau p9	194,44	141	5,09	0,33	0,79
Tuyau p10	95,02	96,8	4,48	0,61	3,88
Tuyau p44	89,09	40,8	0,5	0,38	4,47
Tuyau p13	105,9	96,8	4,39	0,6	3,74
Tuyau p14	175	96,8	3,86	0,52	2,94
Tuyau p32	10,39	40,8	0,5	0,38	4,51
Tuyau p31	486,02	40,8	0,65	0,5	7,39
Tuyau p33	112,3	40,8	0,53	0,41	5,07
Tuyau p54	14,98	40,8	0,5	0,38	4,5
Tuyau p53	290	40,8	0,59	0,45	6,12
Tuyau p7	155,5	141	5,69	0,36	0,97
Tuyau p8	146,2	141	5,14	0,33	0,8
Tuyau p55	79,42	40,8	0,5	0,38	4,48
Tuyau p40	86,37	51,4	0,76	0,37	3,15
Tuyau p23	1096,95	51,4	0,7	0,34	2,75
Tuyau p22	269,9	51,4	0,79	0,38	3,4
Tuyau p52	5,98	40,8	0,5	0,38	4,54
Tuyau p47	145,8	51,4	0,75	0,36	3,06
Tuyau p56	7,316	40,8	0,5	0,38	4,56
Tuyau p39	1,51	40,8	0,5	0,38	4,71
Tuyau p38	19,84	40,8	0,51	0,39	4,6
Tuyau p37	134,4	40,8	0,55	0,42	5,35
Tuyau p27	236,2	40,8	0,61	0,47	6,46
Tuyau p26	5,43	51,4	1,27	0,61	8,3
Tuyau p1	73,53	141	8	0,51	1,82

État des Noeuds du Réseau à 69:00 Heures

ID Noeud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud n2	328,98	0	0	339,22	10,24
Noeud n3	326,33	0,033	0,02	339,21	12,88
Noeud n4	325,67	0,007	0	339,21	13,54
Noeud n6	324,97	0,015	0,01	339,21	14,24
Noeud n7	322	0,05	0,03	339,2	17,2
Noeud n9	317	0,022	0,01	339,2	22,2
Noeud n11	313,3	0,014	0,01	339,19	25,89
Noeud n12	313,32	0,012	0,01	339,19	25,87
Noeud n13	311,33	0,013	0,01	339,18	27,85
Noeud n15	307,7	0,025	0,01	339,17	31,47
Noeud n16	307,53	0,003	0	339,17	31,64
Noeud n17	307,45	0,016	0,01	339,16	31,71
Noeud n36	308,73	0,015	0,01	339,16	30,43
Noeud n37	309,81	0,029	0,01	339,15	29,34
Noeud n38	308	0,021	0,01	339,15	31,15
Noeud n39	305,98	0,025	0,01	339,15	33,17
Noeud n40	305,45	0,007	0	339,14	33,69
Noeud n41	307,71	0,046	0,02	339,14	31,43
Noeud BF3N	309,99	0,228	0	339,14	29,15
Noeud n42	309,99	0,014	0,01	339,14	29,15
Noeud n18	307,25	0,005	0	339,16	31,91
Noeud n19	306,2	0,016	0,01	339,16	32,96
Noeud n20	300,75	0,105	0,05	339,14	38,39
Noeud n21	306,27	0,046	0,02	339,14	32,87
Noeud n22	311,75	0,074	0,04	339,1	27,35
Noeud n24	317,81	0,057	0,03	339,07	21,26
Noeud n25	316,18	0,037	0,02	339,07	22,89
Noeud BF1N	315,57	0,228	0	339,07	23,5
Noeud BF3	318,86	0,228	0	339,2	20,34
Noeud n33	318,01	0,003	0	339,2	21,19
Noeud n32	317,59	0,02	0,01	339,2	21,61
Noeud BF4	307,41	0,228	0	339,18	31,77
Noeud n26	322,12	0,001	0	339,2	17,08
Noeud n27	314,9	0,071	0,04	339,19	24,29
Noeud BF8	315,28	0,228	0	339,19	23,91
Noeud n43	327	0,013	0,01	339,21	12,21
Noeud n44	316,5	0,086	0,04	339,2	22,7
Noeud n45	318,4	0,019	0,01	339,2	20,8
Noeud BF2N	318,6	0,228	0	339,2	20,6
Noeud n28	322,17	0,034	0,02	339,2	17,03
Noeud n30	320,33	0,016	0,01	339,2	18,87
Noeud BF5	320,4	0,228	0	339,2	18,8
Noeud n46	307,77	0,001	0	339,17	31,4
Noeud BF6	308,09	0,228	0,11	339,17	31,08
Noeud n35	302,84	0,042	0,02	339,16	36,32
Noeud BF7	302,67	0,228	0	339,16	36,49
Noeud n34	319,3	0,002	0	339,2	19,9
Noeud n8	319,38	0,022	0,01	339,2	19,82
Noeud BF1	319,95	0,228	0	339,2	19,25
Noeud BF2	307,5	0,228	0	339,14	31,64
Noeud n5	325,82	0,028	0,01	339,21	13,39
Noeud n23	311,96	0,039	0,02	339,09	27,13
Noeud n10	313,68	0,028	0,01	339,2	25,52
Noeud n14	308,86	0,015	0,01	339,18	30,32
Réservoir R	338,92	Sans Valeur	2,09	339,22	0,3

État des Arcs du Réseau à 69:00 Heures

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit. m/km
Tuyau p2	226,28	141	0,63	0,04	0,02
Tuyau p3	51,17	141	0,61	0,04	0,02
Tuyau p6	342,46	141	0,59	0,04	0,01
Tuyau p11	79,73	96,8	0,45	0,06	0,05
Tuyau p12	86,92	96,8	0,44	0,06	0,05
Tuyau p15	23,61	96,8	0,3	0,04	0,03
Tuyau p16	108,5	96,8	0,3	0,04	0,03
Tuyau p45	101	51,4	0,08	0,04	0,05
Tuyau p46	202,8	51,4	0,07	0,03	0,04
Tuyau p48	174,3	51,4	0,05	0,02	0,02
Tuyau p49	49,97	51,4	0,03	0,02	0,01
Tuyau p50	315,4	40,8	0,03	0,02	0,02
Tuyau p17	31,13	96,8	0,21	0,03	0,01
Tuyau p18	107,8	96,8	0,21	0,03	0,01
Tuyau p19	723,82	79,2	0,18	0,04	0,03
Tuyau p20	313,59	79,2	0,13	0,03	0,01
Tuyau p21	508,1	51,4	0,1	0,05	0,08
Tuyau p24	258,4	40,8	0,02	0,01	0,01
Tuyau p25	28,9	40,8	0	0	0
Tuyau p41	593,47	51,4	0,05	0,03	0,02
Tuyau p42	131,6	40,8	0,01	0,01	0
Tuyau p43	14,88	40,8	0	0	0
Tuyau p34	9,04	40,8	0	0	0
Tuyau p57	3,43	40,8	0,11	0,09	0,29
Tuyau p35	15,58	40,8	0	0	0
Tuyau p36	3,82	40,8	0	0	0
Tuyau p51	93,1	40,8	0,01	0,01	0
Tuyau p4	196,58	141	0,61	0,04	0,02
Tuyau p5	101,48	141	0,59	0,04	0,02
Tuyau p9	194,44	141	0,48	0,03	0,01
Tuyau p10	95,02	96,8	0,45	0,06	0,06
Tuyau p44	89,09	40,8	0	0	0
Tuyau p13	105,9	96,8	0,43	0,06	0,05
Tuyau p14	175	96,8	0,43	0,06	0,05
Tuyau p32	10,39	40,8	0	0	0
Tuyau p31	486,02	40,8	0,04	0,03	0,03
Tuyau p33	112,3	40,8	0,01	0,01	0
Tuyau p54	14,98	40,8	0	0	0
Tuyau p53	290	40,8	0,02	0,02	0,01
Tuyau p7	155,5	141	0,5	0,03	0,01
Tuyau p8	146,2	141	0,49	0,03	0,01
Tuyau p55	79,42	40,8	0	0	0
Tuyau p40	86,37	51,4	0,06	0,03	0,03
Tuyau p23	1096,95	51,4	0,05	0,02	0,02
Tuyau p22	269,9	51,4	0,07	0,03	0,03
Tuyau p52	5,98	40,8	0	0	0
Tuyau p47	145,8	51,4	0,06	0,03	0,03
Tuyau p56	7,316	40,8	0,11	0,09	0,29
Tuyau p39	1,51	40,8	0	0	0
Tuyau p38	19,84	40,8	0	0	0
Tuyau p37	134,4	40,8	0,01	0,01	0
Tuyau p27	236,2	40,8	0,03	0,02	0,02
Tuyau p26	5,43	51,4	0,06	0,03	0,03
Tuyau p1	73,53	141	0,69	0,04	0,02

Annexe 16 : Devis quantitatif et descriptif

Poste	DESIGNATION DES TRAVAUX	Unité	Qté	P.U (FCFA)	P. T (FCFA)
1	**GENERALITES**				
1.1	Amené, installation et repli du matériel	ff	1	3 500 000	3 500 000
1.2	Dossier d'exécution	ff	1	1 000 000	1 000 000
1.3	Etablissement de plans de recollement des ouvrages exécutés	ff	1	500 000	500 000
	Sous-Total 1				**5 000 000**
2	**FORAGE**				
2.1	Développement du forage	ff	1	250 000	250 000
2.2	Pompage par paliers (4h) et observation remontée (1h)	ff	1	350 000	350 000
2.3	Essai de pompage de longue durée (72h) et observation remontée(24h)	ff	1	750 000	750 000
2.4	Prélèvement et analyses physico-chimique, Bactériologique et de métaux lourds de l'eau au laboratoire	ff	1	125 000	125 000
	Conduite de refoulement				
2.5	Excavation et remblai, fourniture et pose de tuyau PEHD De 90 PN 16, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...) tout terrain confondu (forage existant)	ml	3510	9 000	31 590 000
2.6	Excavation et remblai, fourniture et pose de tuyau PEHD De 90 PN 16, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...) tout terrain confondu (nouveau forage)	ml	910	9 000	8 190 000
2.7	Fourniture et pose de pièces spéciales de raccordement (Coudes, Te, Réducteurs…)	ens	1	3 000 000	3 000 000
2.8	Mise en place de bornes de repérage de la conduite de refoulement	ff	1	1 500 000	1 500 000
2.9	Mise en place de butées en béton	m3	1	175 000	175 000
	Sous-Total 2				**45 930 000**
3	**FOURNITURE ET POSE DES EQUIPEMENTS DE PRODUCTION**				
3.1	**Génie civil et équipement de la tête de forage**				
3.1.1	Regard de la tête de forage en cage selon plan joint.	ens	1	400 000	400 000

3.1.2	Fourniture et installation de pièces conformes au plan pour l'équipement de la tête de forage : tuyau galva, ventouse, coudes, raccords union M/F, bride ronde filetée, compteur volumétrique DN50, clapet AR, manomètre, pressostat double seuil, filtre, vanne, robinet de prise, y compris raccordements à la pompe (foraduc) et au réseau	ens	1	750 000	750 000
3.2	**Pompe immergée**				
3.2.1	Fourniture et pose d'un groupe électropompe GRUNDFOS de débit minimum 10 m3/h, HMT 75 m, y compris essais de marche et câble de sécurité en acier inoxydable et toutes sujétions. (Forages existant)	u	1	4 000 000	4 000 000
3.2.2	Fourniture et pose d'un groupe électropompe GRUNDFOS de débit minimum 11 m3/h, HMT 90 m, y compris essais de marche et câble de sécurité en acier inoxydable et toutes sujétions. (Forages existant)	u	1	5 000 000	5 000 000
3.2.3	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique U1000 R02V de 4x4mm² enterré sous PVC et signalé par grillage avertisseur pour l'alimentation de la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage à partir de l'armoire électrique, y compris toute sujétions	ens	1	500 000	500 000
3.2.4	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique à immersion permanente de 4x4 mm² pour l'alimentation de l'électropompe à partir de la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage, y compris toute sujétion	ens	1	350 000	350 000
3.2.5	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique U1000 R02V de 3x1,5mm² pour l'asservissement surpression de l'électropompe du pressostat à la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage, y compris toute sujétion	ens	1	300 000	300 000

3.2.6	Fourniture, pose et raccordement des câbles d'électrodes de niveau à immersion permanente de 2x6 mm² des électrodes dans le forage à la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage, y compris toutes sujétions	ens	1	250 000	250 000
3.2.7	Fourniture, pose et raccordement d'un coffret étanche équipée de bornes de jonction pour le raccordement des câbles dans l'abri de la tête de forage câble de 4x2,5 mm², y compris toute sujétion	u	1	150 000	150 000
3.2.8	Fourniture, pose et raccordement de sonde de détection de niveau	u	1	50 000	50 000
3.2.9	Fourniture, pose et raccordement d'un avertisseur sonore, y compris toute sujétion	u	1	50 000	50 000
3.2.10	Puits de terre équipé et mise à la terre des masses des équipements électriques des locaux, y compris toute sujétion	u	1	150 000	150 000
3.2.11	Fourniture, pose et raccordement d'un parafoudre 800V, y compris toute sujétion	u	1	250 000	250 000
3.2.12	Fourniture, pose et raccordement d'un coupe circuit CA pour la partie alternatif, y compris toute sujétion	u	1	150 000	150 000
	Sous-Total 3				**12 350 000**
4	**SOURCE D'ENERGIE**				
4.1	**ENERGIE SOLAIRE NOUVEAU FORAGE**				
4.1.1	Fourniture et pose d'une station solaire de 5 kWc (Support et plateforme, plaques solaires, boîte de raccordement, y compris pièces de rechange et outillages spécifiques, y compris toutes sujétions.	ens	1	5 000 000	5 000 000
4.1.2	Fourniture, pose et raccordement d'une protection contre les surcharges Côté Continu (Disjoncteur DC), y compris toute sujétion	ff	1	100 000	100 000
4.1.3	Fourniture, pose, raccordement et essai d'un onduleur pour pompe RSI 4000, Tension MPP mini recommandée 400 VDC , Tension MPP maxi recommandée 800 VCD, y compris toutes sujétions	u	1	3 000 000	3 000 000

4.1.4	Inverseur de source solaire/Electrique	u	1	2 750 000	2 750 000
4.2	**ENERGIE SOLAIRE FORAGE EXISTANT**				
4.2.1	Fourniture et pose d'une station solaire de 7 kWc (Support et plateforme, plaques solaires, boîte de raccordement, y compris pièces de rechange et outillages spécifiques, y compris toutes sujétions.	ens	1	7 000 000	7 000 000
4.2.2	Fourniture, pose et raccordement d'une protection contre les surcharges Côté Continu (Disjoncteur DC), y compris toute sujétion	ff	1	100 000	100 000
4.2.4	Inverseur de source solaire/Electrique	u	0	2 750 000	-
	4.3 RACCORDEMENT AU RESEAU SONABEL				
4.3.1	Raccordement au réseau électrique existant y compris abonnement triphasé de 20A	ens	1	1 500 000	1 500 000
	Sous-Total 4				**19 450 000**
5	**POMPE DOSEUSE ET ACCESSOIRES**				
5.1	Fourniture et pose d'un bac mélangeur (Kit comprenant un bac en polyéthylène avec trappe de remplissage, bouchon de vidange et fond spécifiquement moulé pour limiter la perte de produit. Equipé d'un agitateur en inox 316 L (ou agitateur en PVC) et d'un moto-réducteur surélevé à rotation lente (48 tours/min)) d'au moins 100 litres pour préparation de solution), tuyau de raccordement avec le bac surmonté de la pompe doseuse et autres accessoires indispensable pour l'installation, y compris toutes sujétions.	u	4,00	800 000	3 200 000
5.2	Fourniture du Filtre doseur	ff	2,00	940 000	1 880 000
5.3	Fournitures des pièces et travaux de plomberie	ff	2,00	596 000	1 192 000
5.4	Fourniture de désinfectant alimentaire chlore en pastille (fût de 45 kg)	ff	2,00	420 000	840 000
5.5	Fourniture et pose de super et hangar de protection	ff	2,00	725 000	1 450 000
5.6	Fouille et remblais pour installation	ff	2,00	220 000	440 000
5.7	Main d'œuvre (plomberie et mise en service)	ff	2,00	950 000	1 900 000

5.8	Formation des techniciens pour l'exploitation	ff	2,00	450 000	900 000
	Sous total 5				**11 802 000**
6	**CHÂTEAU D'EAU**				
6.1	Clôture grillagée de 2 m de haut, de 10 m x 10 m avec une porte grillagée fermant à clé, selon plan joint.	ml	40	10 000	400 000
6.2	Études géotechniques pour fondation du château d'eau	ff	1	400 000	400 000
6.3	Chateau d'eau de 100 m3, hauteur sous radier= 10m: Fabrication et pose de la cuve métallique y compris différentes colonnes (alimentation, distribution, vidange et trop plein, …) + tour, trou d'aération, toutes sujétions comprises équipement complet du regard By-pass (clapet anti retour, compteur, vannes); échelle de lecture,peinture anti rouille et peinture alimentaire intérieure, peinture extérieure, désinfection, divers,…) et échelle dont les deux mètres les plus bas amovibles, suivant plans.	ens	1	75 000 000	75 000 000
6.4	Construction d'un regard au pied du château (by pass).	u	1	400 000	400 000
6.5	Essai d'étanchéité du château	u	1	100 000	100 000
	Sous-Total 6				**76 300 000**
7	**RESEAU DE DISTRIBUTION**				
7.1	**Tuyauterie**				
7.1.1	Excavation et remblai, fourniture et pose de tuyau PEHD De 160 PN10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur, etc.)en tout terrain de toute nature	ml	1485	12 000	17 820 000
7.1.2	Excavation et remblai, fourniture et pose de tuyau PEHD De 110 PN10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur, etc.)en tout terrain de toute nature	ml	814	8500	6 919 000
7.1.3	Excavation et remblai, fourniture et pose de tuyau PEHD De 90 PN10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur, etc.) en tout terrain de toute nature	ml	1038	6500	6 747 000

7.1.4	Excavation et remblai, fourniture et pose de tuyau PEHD De 63 PN10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur, etc.) en tout terrain de toute nature	ml	2530	5500	13 915 000
7.1.5	Excavation et remblai, fourniture et pose de tuyau PEHD De 50 PN10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur, etc.) en tout terrain de toute nature	ml	2363	5000	11 815 000
7.1.6	Essais de pression	ff	1	300 000	300 000
7.1.7	Rinçage et désinfection	ff	1	450 000	450 000
7.2	**Fourniture et pose d'équipement de robinetterie vanne :**				
7.2.1	Vannes de sectionnement DN 110	u	2	350 000	700 000
7.2.2	Vannes de sectionnement DN 63	u	2	200 000	400 000
7.2.3	Equipement complet vidange y compris regard en béton	ens	1	350 000	350 000
7.2.4	Equipement complet ventouse y compris regard en béton	ens	1	350 000	350 000
7.2.5	Fourniture et pose de pièces spéciales (coudes, té, etc.)	ens	1	500 000	500 000
7.2.6	Fourniture et pose de bouche à clé (tabernacle, tube alonge, tête de bouche, etc.)	ens	1	300 000	300 000
7.2.7	Mise en place de butées	m3	1	175 000	175 000
7.2.8	Fourniture et pose de conduite Galva DN convenable servant de fourreau, traversée de route et remise en état.	ml	35	50 000	1 750 000
7.3	**Bornes fontaines (BF), branchements particulier (BP)**				
7.3.1	Construction et branchement de bornes fontaines à 3 robinets, fourniture et pose de hangar y compris l'ensemble de la tuyauterie, pièces de raccordements, compteur, vanne et robinetterie, massif en béton cyclopéen, puits perdu (conformément aux. plans), prise en charge sur la conduite de distribution et toutes sujétions.	u	3	1 000 000	3 000 000
7.3.2	Fourniture de pièces pour BF(3 robinets, pièces de raccordements, compteur, vanne et robinetterie	u	8	50 000	400 000

7.3.3	Génie Civil et raccordement de BP (branchements situés à moins de 50m du réseau selon les normes appliquées par l'ONEA et composé en entre autres : lyre, compteur, tuyau pehd 40, collier deprise en charge, etc.), y compris toutes sujétions	u	50	150 000	7 500 000
7.3.4	Fourniture et pose de lampadaire solaire , de 80w doté d'un mât en acier galvanisé au droit des bornes fontaines	u	11	300 000	3 300 000
7.3.5	Fournitures de pièces de rechange pour l'entretien du réseau (têtes de robinet, compteurs et conduites)	ff	1	250 000	250 000
7.3.6	Fourniture de pièces de rechange pour l'entretien électromécanique (Kits de maintenance du groupes (filtres et joints) caisses à outils pour la maintenance du groupe, les ampoules de remplacement, équipements d'entretien des plaques (échelles, balai à manche)	ff	1	500 000	500 000
7.3.7	Confection et pose de plaques d'immatriculation pour bornes fontaines	u	11	25 000	275 000
7.3.8	Confection et pose de plaques de renseignements pour forage et château d'eau (Données institutionnelles du projet+ Données techniques de l'ouvrage correspondant)	u	2	25 000	50 000
	Sous-Total 7				**77 766 000**
8	**CONSTRUCTION DE LOCAUX DIVERS**				
8.1	Construction du local de technique conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	1	1 500 000	1 500 000
8.2	Réhabilitation des ancien locaux	ens	1	1 500 000	1 500 000
8.3	Aménagement d'une clôture en parpaing pour l'ensemble (local technique, station solaire et latrine VIP) conformément aux plans y compris toutes sujétions	ml	100	25 000	2 500 000
	Sous-Total 8				**5 500 000**
TOTAL HTVA					**254 098 000**
TVA					**45 737 640**
TOTAL TTC					**299 835 640**

Annexe 17 : Charges d'exploitation

Charges de personnel

Année	Chef de centre	Caissier	Responsable réseau	Fontainier (50 F/m^3 d'eau vendue à la BF)	Gardien	Total
2026	960 000	960 000	960 000	660 141	600 000	4 140 141
2027	960 000	960 000	960 000	677 635	600 000	4 157 635
2028	960 000	960 000	960 000	695 592	600 000	4 175 592
2029	960 000	960 000	960 000	607 681	600 000	4 087 681
2030	960 000	960 000	960 000	625 493	600 000	4 105 493
2031	960 000	960 000	960 000	640 315	600 000	4 120 315
2032	960 000	960 000	960 000	657 283	600 000	4 137 283
2033	960 000	960 000	960 000	674 701	600 000	4 154 701
2034	960 000	960 000	960 000	665 542	600 000	4 145 542
2035	960 000	960 000	960 000	681 312	600 000	4 161 312
2036	960 000	960 000	960 000	699 367	600 000	4 179 367
2037	960 000	960 000	960 000	717 900	600 000	4 197 900
2038	960 000	960 000	960 000	738 943	600 000	4 218 943
2039	960 000	960 000	960 000	657 785	600 000	4 137 785
2040	960 000	960 000	960 000	675 216	600 000	4 155 216

Estimation des coûts d'énergie et des coûts de maintenance et d'entretien

Année	**Nombre de jr**	**Sonabel**	**Redevance eau(CFE)**	**Coût de maintenance et d'entretien**	**Total**
2026	365	264000	34 327	2 000 000	2 298 327
2027	365	264000	35 237	2 000 000	2 299 237
2028	365	264000	36 171	2 000 000	2 300 171
2029	365	264000	57 527	2 000 000	2 321 527
2030	365	264000	59 052	2 000 000	2 323 052
2031	365	264000	60 616	2 000 000	2 324 616
2032	365	264000	62 223	2 000 000	2 326 223
2033	365	264000	63 872	2 000 000	2 327 872
2034	365	264000	72 375	2 000 000	2 336 375
2035	365	264000	74 293	2 000 000	2 338 293
2036	365	264000	76 261	2 000 000	2 340 261
2037	365	264000	78 282	2 000 000	2 342 282
2038	365	264000	80 357	2 000 000	2 344 357
2039	365	264000	86 828	2 000 000	2 350 828
2040	365	264000	89 129	2 000 000	2 353 129

Charges pour le traitement et l'analyse de l'eau

Année	Nombre de jr	Production (m3/j)	Quantité d'hypochlorite de calcium (kg)	Coût chlore	Montant analyse
2026	365	121,7	137	1 366 880	200 000
2027	365	124,9	140	1 403 102	200 000
2028	365	128,2	144	1 440 284	200 000
2029	366	204,0	230	2 296 949	200 000
2030	365	209,4	235	2 351 376	200 000
2031	365	214,9	241	2 413 687	200 000
2032	365	220,6	248	2 477 650	200 000
2033	366	226,5	255	2 550 275	200 000
2034	365	256,6	288	2 881 887	200 000
2035	365	263,4	296	2 958 257	200 000
2036	365	270,4	304	3 036 651	200 000
2037	366	277,6	313	3 125 663	200 000
2038	365	284,9	320	3 199 726	200 000
2039	365	307,8	346	3 457 389	200 000
2040	365	316,0	355	3 549 009	200 000
Total	5478	3426,9	3851	38 508 785	200 000

Annexe 18 : volume consommé et payé

Années	Population	Taux de desserte		Conso. Spécifique(l/j/hbt)		Consommation Totale payante (m3/j)	
	Sangha	BP	BF	BF	BP	BP	BF
2019	3 884	-	-	-	-	-	-
2026	4 664	28%	28%	25	40	58	36
2027	4 788	28%	28%	25	40	59	37
2028	4 915	28%	28%	25	40	61	38
2029	5 045	56%	24%	25	40	124	33
2030	5 179	56%	24%	25	40	128	34
2031	5 316	56%	24%	25	40	131	35
2032	5 457	56%	24%	25	40	134	36
2033	5 602	56%	24%	25	40	138	37
2034	5 750	64%	23%	25	40	162	36
2035	5 902	64%	23%	25	40	166	37
2036	6 059	64%	23%	25	40	171	38
2037	6 219	64%	23%	25	40	175	39
2038	6 384	64%	23%	25	40	180	40
2039	6 553	70%	20%	25	40	202	36
2040	6 727	70%	20%	25	40	207	37

Annexe 19 : Recettes issues de la vente d'eau et des redevances

Années	Nbr de jours	Volume d'eau vendu (m3/j)		Prix de vente du m3 (F CFA) fermier		Redevance abonné	Nbr BP	Total recettes (FCFA)
		BP	BF	BF	BP ménage			
2026	365	58	36	400	450	12 000	50	14 991 069
2027	365	59	37	400	450	12 000	143	16 488 433
2028	365	61	38	400	450	12 000	143	16 879 902
2029	365	124	33	400	450	12 000	143	25 334 530
2030	366	128	34	400	450	12 000	311	28 042 844
2031	365	131	35	400	450	12 000	311	28 618 898
2032	365	134	36	400	450	12 000	311	29 278 401
2033	365	138	37	400	450	12 000	311	29 955 380
2034	366	162	36	400	450	12 000	311	33 426 726
2035	365	166	37	400	450	12 000	420	35 438 353
2036	365	171	38	400	450	12 000	420	36 243 909
2037	365	175	39	400	450	12 000	420	37 070 813
2038	366	180	40	400	450	12 000	420	38 009 711
2039	365	202	36	400	450	12 000	420	40 428 824
2040	365	207	37	400	450	12 000	524	42 614 628

Annexe 20 : Calcul de la VAN et du TRI

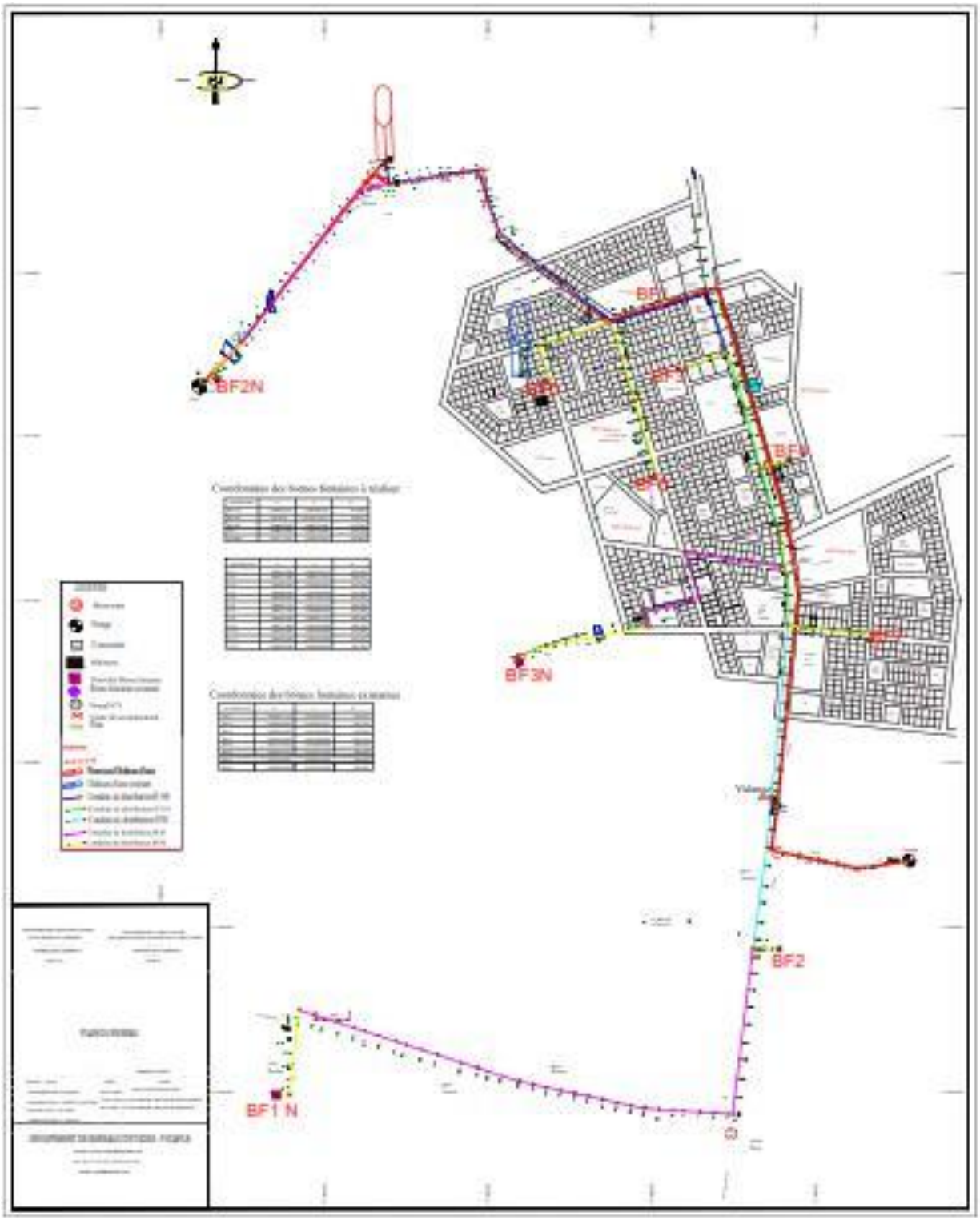
Année	Investissement	Recettes	Charges d'exploitation	Provisions aux amortissements d'exploitation	Cash Flow
2025	**319 827 422**				**-319 827 422**
2026		14 991 069	8 039 675		6 951 394
2027		16 488 433	8 095 211	3000000	5 393 222
2028		16 879 902	8 152 218		8 727 684
2029		25 334 530	8 963 684		16 370 846
2030		28 042 844	9 038 972	9000000	10 003 872
2031		28 618 898	9 119 235		19 499 663
2032		29 278 401	9 203 378		20 075 022
2033		29 955 380	9 296 720	3000000	17 658 660
2034		33 426 726	9 636 178		23 790 548
2035		35 438 353	9 732 154	9000000	16 706 199
2036		36 243 909	9 832 541		26 411 369
2037		37 070 813	9 944 127		27 126 686
2038		38 009 711	10 043 383		27 966 328
2039		40 428 824	10 232 829		30 195 995
2040		42 614 628	10 346 482		32 268 145
		452 822 419	**139 676 786**	**24 000 000**	**289 145 633**
VAN pour α = 5%				**-127 813 000**	
TRI				**-1,02%**	

Annexe 21 : Plan de gestion environnemental et social du projet

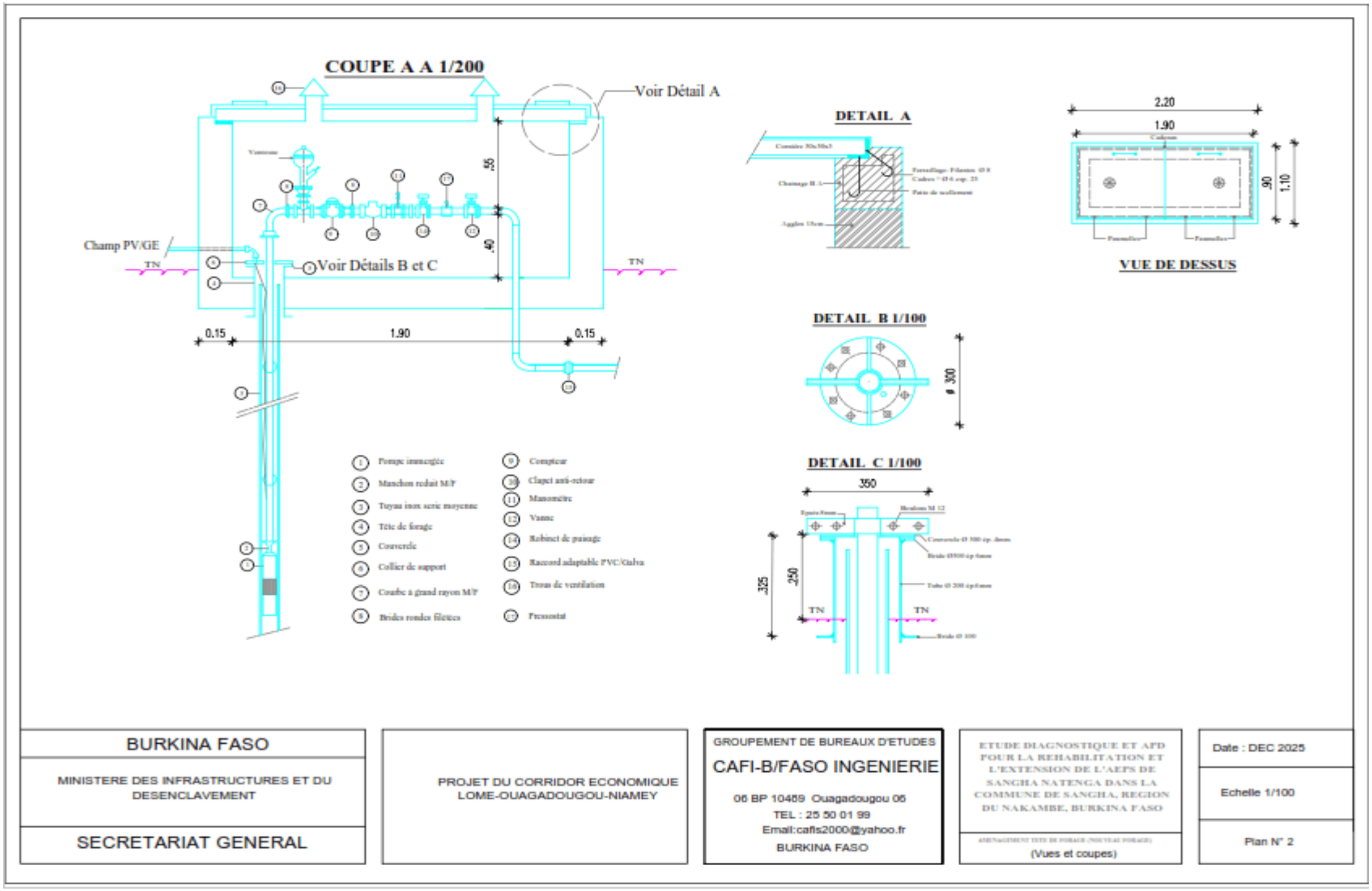
Phase du projet	Impact environnemental / social	Mesures de mitigation / prescriptions	Responsable de mise en œuvre	Période d'exécution	Indicateurs de suivi
Au cours des travaux	Destruction de la végétation	Limiter le défrichement au strict nécessaire	Entreprise/Bureau de contrôle	Pendant travaux	Surface défrichée réduite
Au cours des travaux	Dégradation des sols	Stocker la terre végétale et remettre en état après travaux	Entreprise/Bureau de contrôle	Pendant / fin travaux	Sol remis en état
Au cours des travaux	Pollution par déchets solides	Collecter, stocker et évacuer les déchets vers des sites autorisés	Entreprise/Bureau de contrôle	Pendant travaux	Chantier propre
Au cours des travaux	Pollution par huiles et carburants	Interdire le rejet au sol, aménager une aire étanche de maintenance	Entreprise/Bureau de contrôle	Pendant travaux	Absence de traces d'huile
Au cours des travaux	Risques pour la santé des ouvriers	Fournir et imposer le port des EPI (casques, bottes, gants)	Entreprise/Bureau de contrôle	Pendant travaux	EPI utilisés
Au cours des travaux	Insécurité des populations	Signaliser le chantier et limiter l'accès aux zones dangereuses	Entreprise/Bureau de contrôle	Pendant travaux	Signalisation en place
En phase d'exploitation	Contamination de l'eau	Désinfecter l'ouvrage et assurer une chloration régulière	Exploitant / Comité de gestion	Exploitation	Taux de chlore conforme
En phase d'exploitation	Mauvaise qualité de l'eau	Réaliser des analyses physico-chimiques et bactériologiques périodiques	Fermier	Exploitation	Résultats conformes
En phase d'exploitation	Dégradation des ouvrages	Clôturer le forage et aménager un drainage périphérique	Maître d'ouvrage / Commune	Après travaux	Ouvrage protégé
En phase d'exploitation	Mauvaise gestion sociale	Mettre en place et former un comité de gestion AEPS	Commune / Service eau	Exploitation	Comité fonctionnel
En phase d'exploitation	Manque de sensibilisation	Sensibiliser les usagers à l'hygiène et à la protection des ouvrages	Comité de gestion	Exploitation	Séances réalisées

Annexe 22 : plans et graphiques

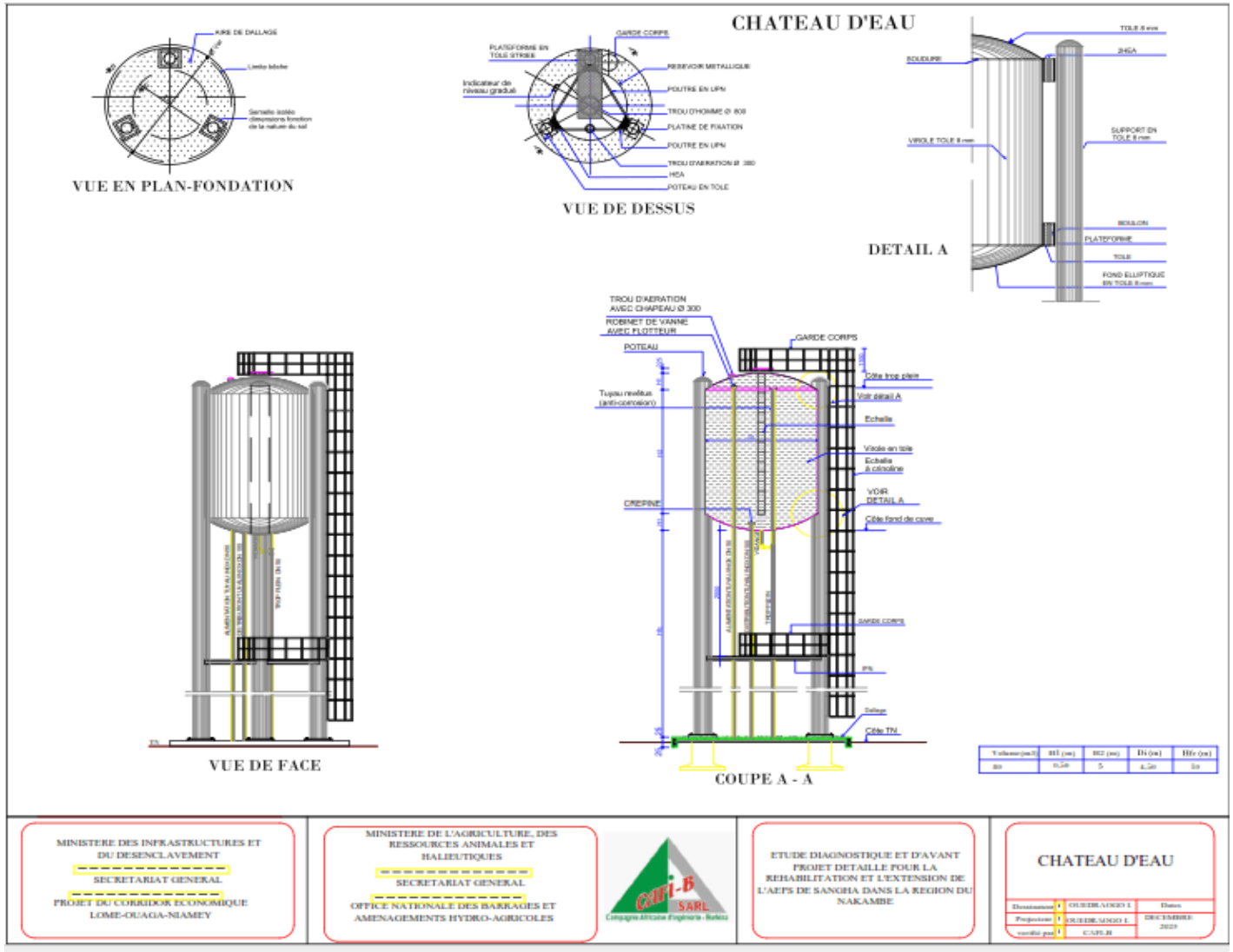
1. Plan de masse du réseau de l'AEPS (nouveau réseau)



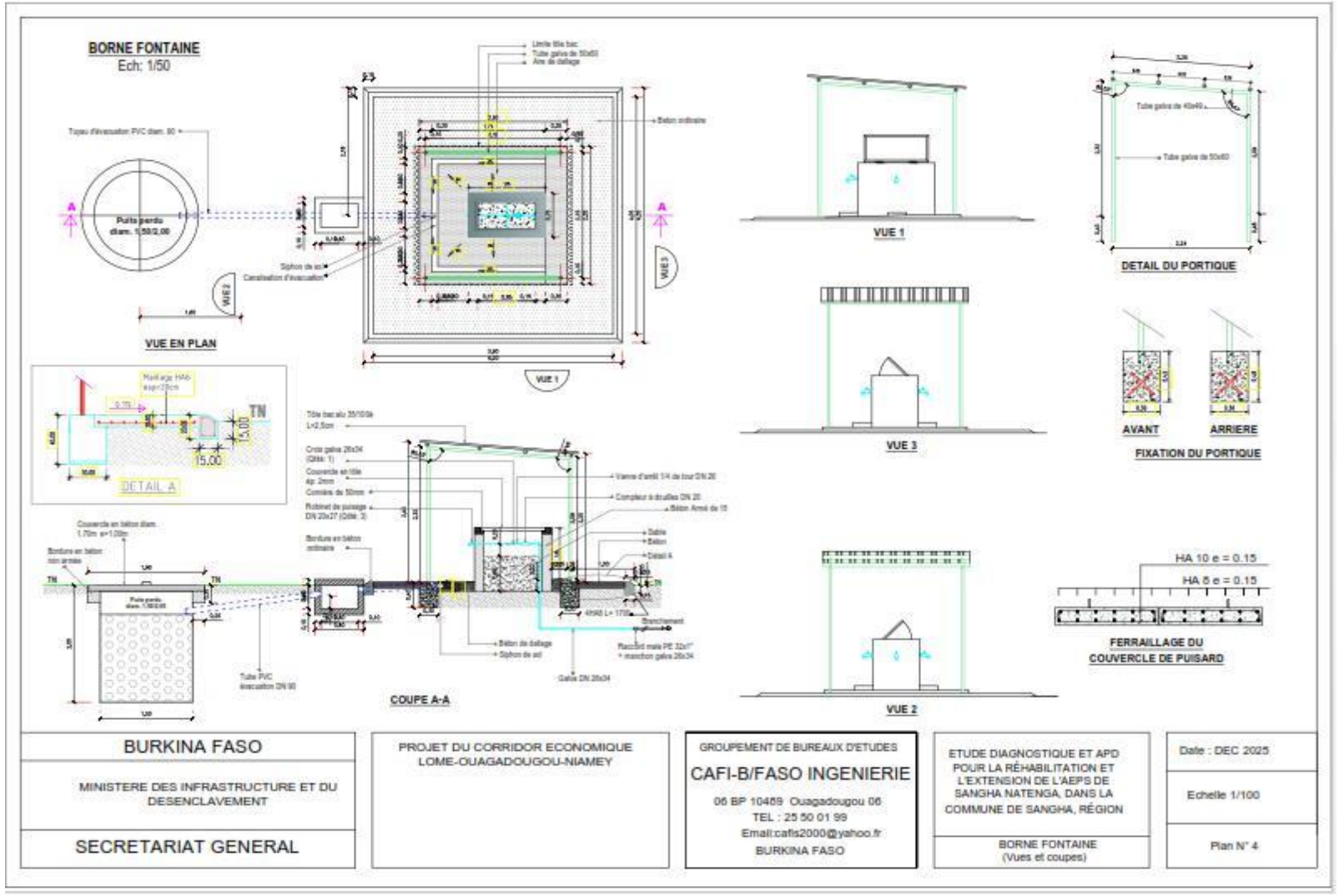
2. Aménagement tête de forage



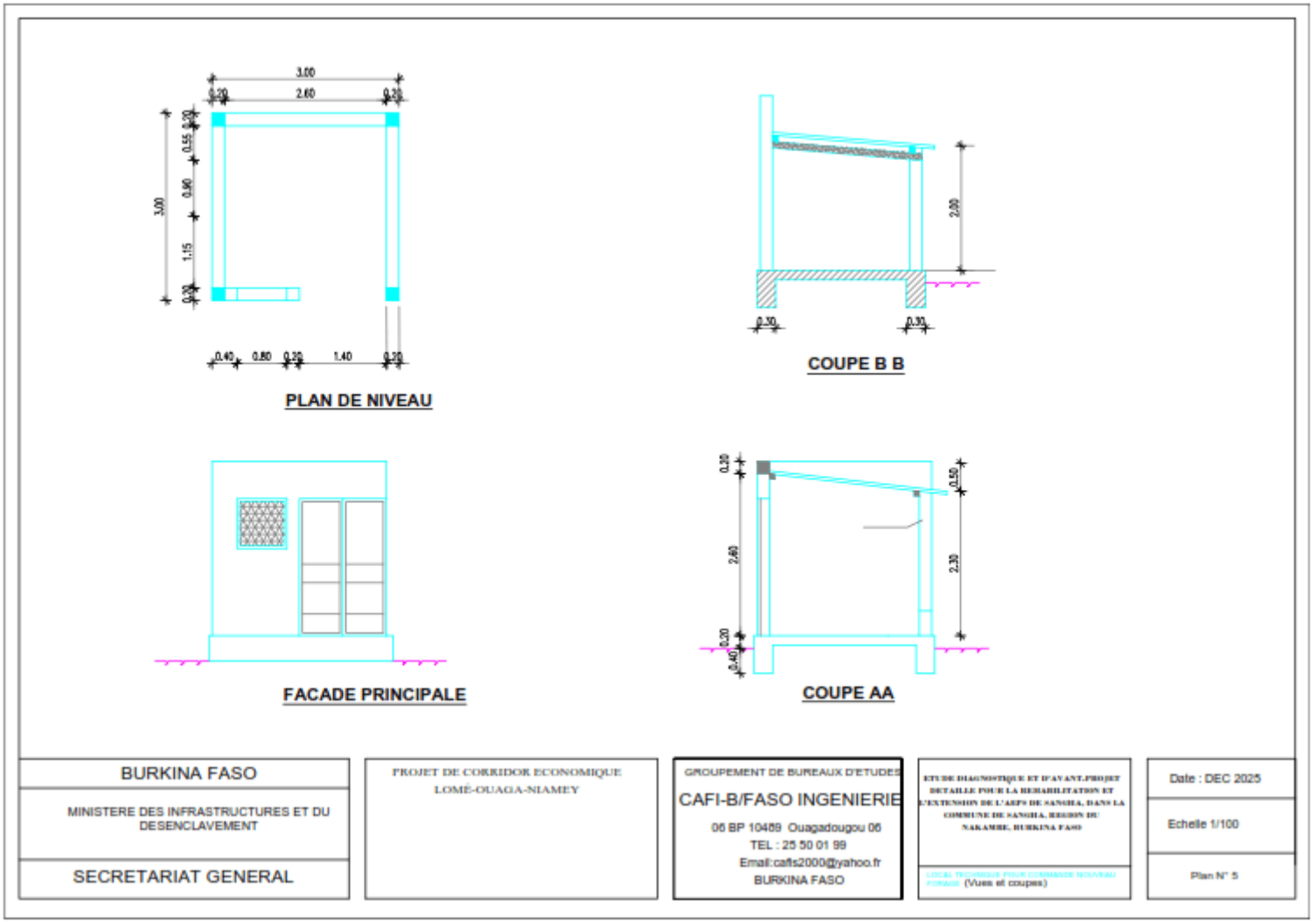
3. Château d'eau



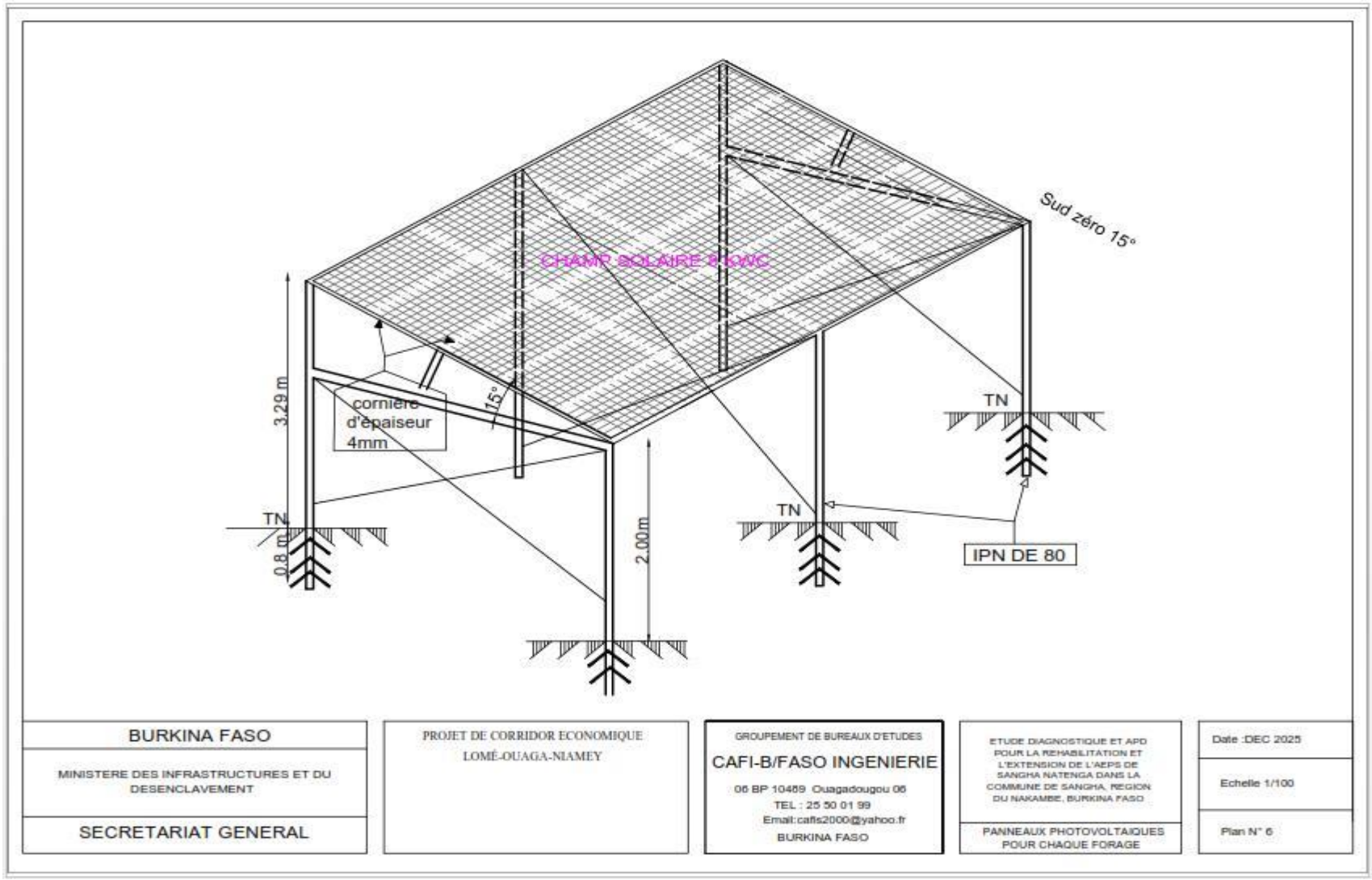
4. Borne fontaine



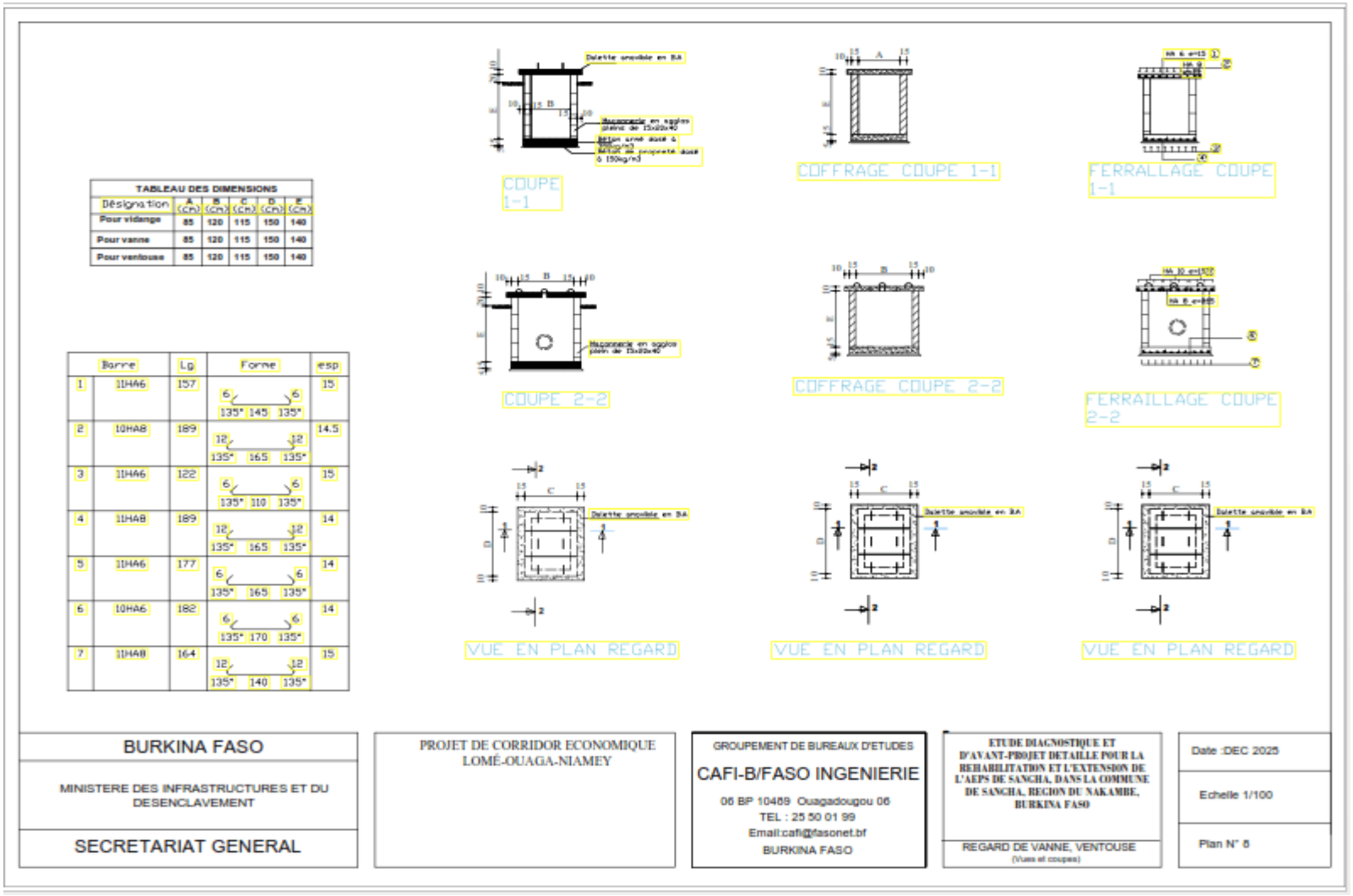
5. Local technique



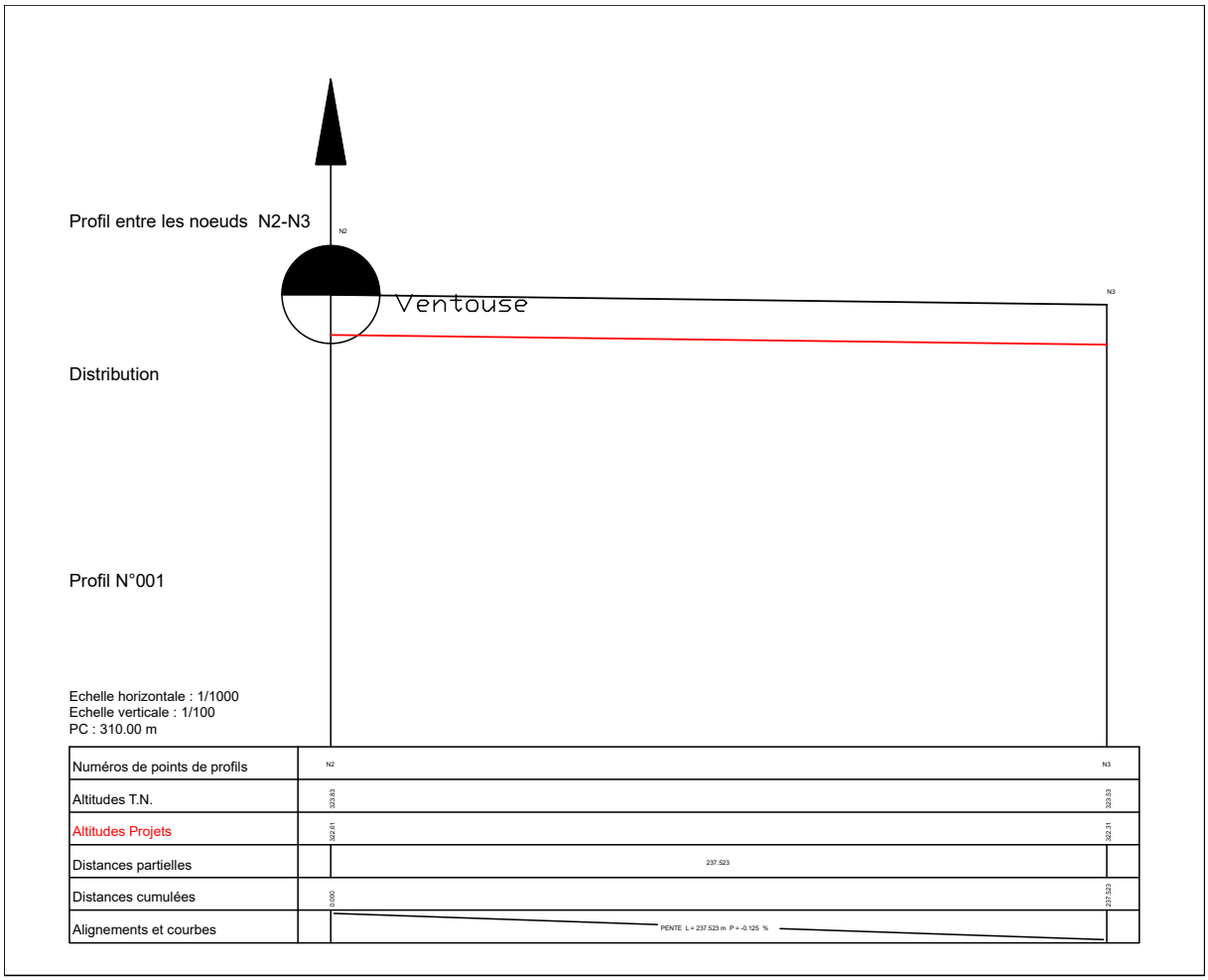
6. Installation solaire



7. Regards


TABLEAU DES DIMENSIONS
Désignation | A (Cm) | B (Cm) | C (Cm) | D (Cm) | E (Cm)
Pour vidange | 85 | 120 | 115 | 150 | 140
Pour vanne | 85 | 120 | 115 | 150 | 140
Pour ventouse | 85 | 120 | 115 | 150 | 140
Barre | Lg | Forme | esp
1 | 10HA6 | 157 | 6 135° 145 135° 6 | 15
2 | 10HA8 | 189 | 12 135° 165 135° 12 | 14.5
3 | 10HA6 | 122 | 6 135° 110 135° 6 | 15
4 | 10HA8 | 189 | 12 135° 165 135° 12 | 14
5 | 10HA6 | 177 | 6 135° 165 135° 6 | 14
6 | 10HA6 | 182 | 6 135° 170 135° 6 | 14
7 | 10HA8 | 164 | 12 135° 140 135° 12 | 15
COUPE 1-1
COFFRAGE COUPE 1-1
FERRAILLAGE COUPE 1-1
COUPE 2-2
COFFRAGE COUPE 2-2
FERRAILLAGE COUPE 2-2
VUE EN PLAN REGARD
VUE EN PLAN REGARD
VUE EN PLAN REGARD
BURKINA FASO
MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DESENCLAVEMENT
SECRETARIAT GENERAL
PROJET DE CORRIDOR ECONOMIQUE LOMÉ-OUAGA-NIAMEY
GROUPEMENT DE BUREAUX D'ETUDES
CAFI-B/FASO INGENIERIE
06 BP 10469 Ouagadougou 06
TEL : 25 50 01 99
Email:cafi@fasonet.bf
BURKINA FASO
ETUDE DIAGNOSTIQUE ET D'AVANT-PROJET DETAILLE POUR LA REHABILITATION ET L'EXTENSION DE L'AEPS DE SANGHA, DANS LA COMMUNE DE SANGHA, REGION DU NAKAMBE, BURKINA FASO
REGARD DE VANNE, VENTOUSE
(Vues et coupes)
Date :DEC 2025
Echelle 1/100
Plan N° 6

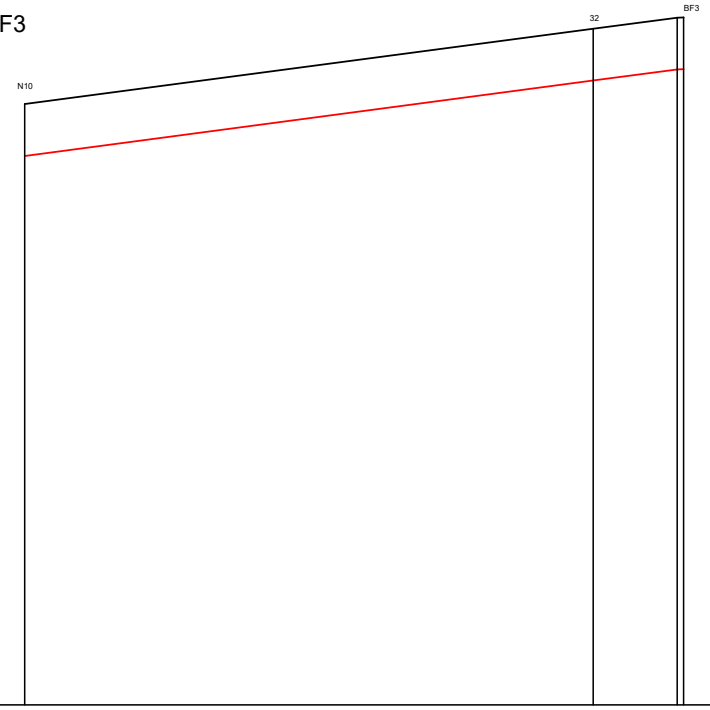
8. Profils en long



Profil entre les noeuds N10-BF3

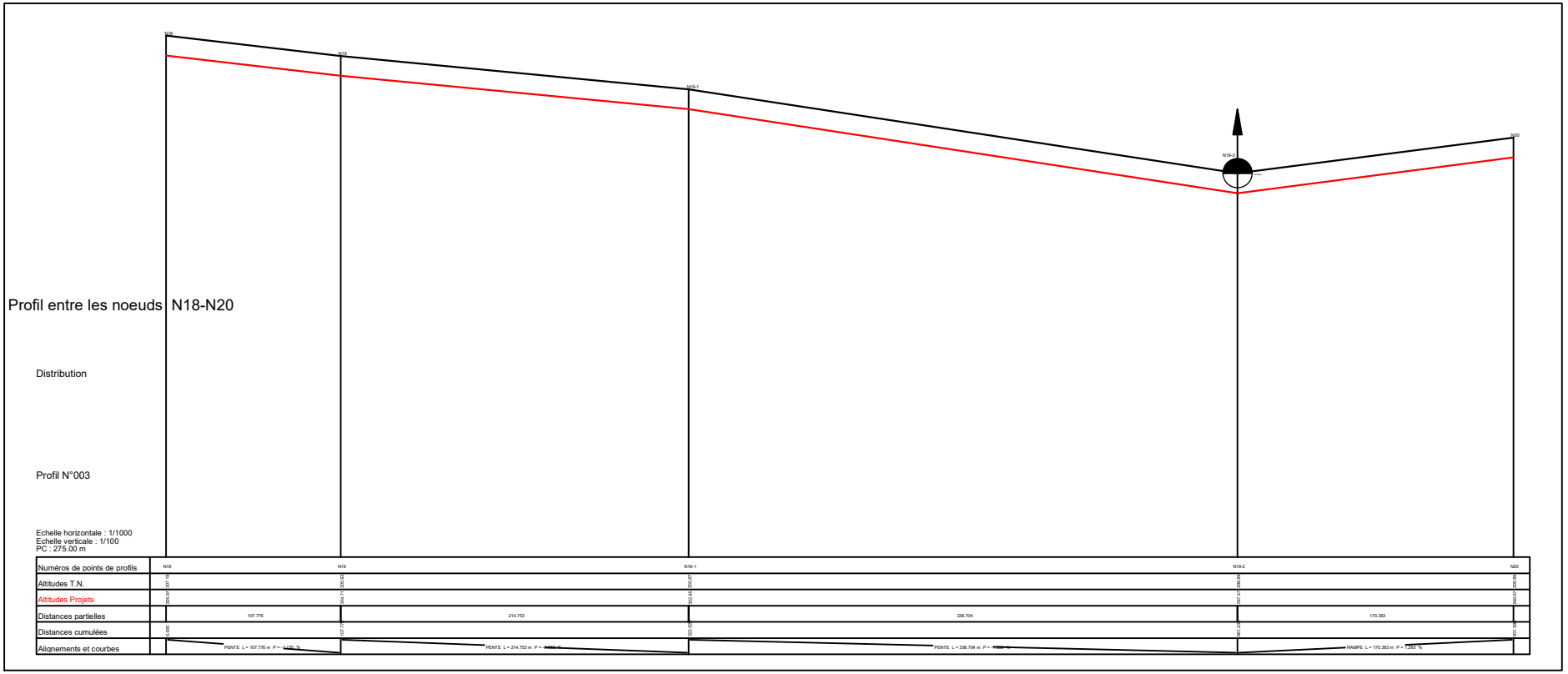
Distribution

Profil N°002

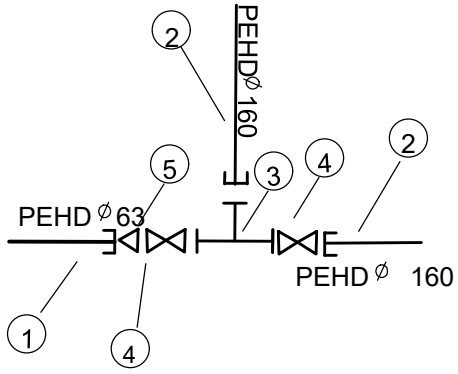
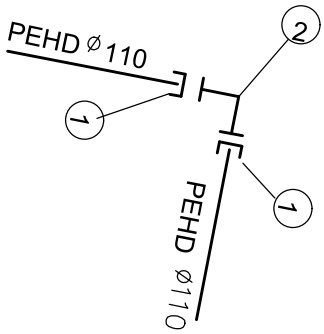


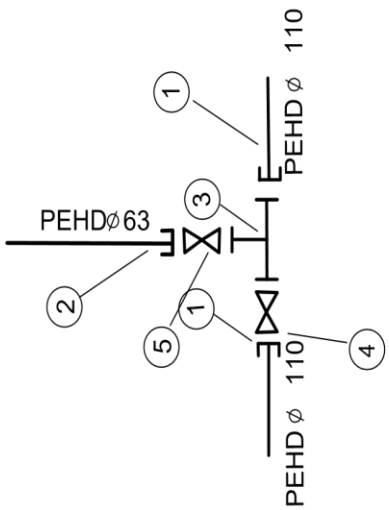
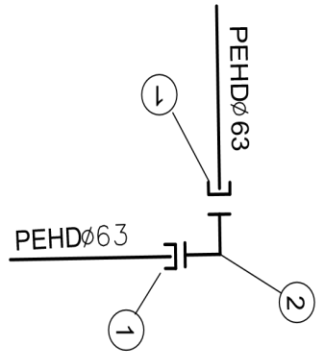
Echelle horizontale : 1/1000
Echelle verticale : 1/100
PC : 300.00 m

Numéros de points de profils	N10	32	BF3
Altitudes T.N.	314.18	315.96	316.22 316.22
Altitudes Projets	312.96	314.74	315.00 315.00
Distances partielles		134.084	19.842 1.546
Distances cumulées	0.000	134.084	153.926 155.471
Alignements et courbes		RAMPE L = 153.926 m P = 1.326 %	


Profil entre les noeuds N18-N20
Distribution
Profil N°003
Echelle horizontale : 1/1000
Echelle verticale : 1/100
PC : 275.00 m
Numéros de points de profils
Altitudes T.N.
Altitudes Projets
Distances partielles
Distances cumulées
Alignements et courbes
N18
N19
N19-1
N19-2
N20
107.776
214.753
338.704
170.363
PENTE L = 107.776 m
PENTE L = 214.753 m
PENTE L = 338.704 m
RAMPE L = 170.363 m

9. Carnet des nœuds

N° nœuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
2		1	Adaptateur à bride DN 63	01
		2	Adaptateur à bride DN 160	02
		3	Té fonte à 3 Brides égales DN 160	01
		4	Vanne à 2 Brides DN 160	02
		5	Cône Fte reduit 2B DN 160/63	01
9		1	adaptateur à bride DN 110	02
		2	Coude 1/4 fonte 2 Brides DN 110	01

17		1	Adaptateur à bride DN 110	02
		2	Adaptateur à bride DN 63	01
		3	Té fonte à 3 Brides réduit DN 110/63	01
		4	Vanne à 2 Brides DN 110	01
		5	Vanne à 2 Brides DN 63	01
22		1	adaptateur à bride DN63	02
		2	Coude 1/4 fonte 2 Brides DN 63	01