ÉTUDE D'AVANT-PROJET DETAILLE POUR LA RÉALISATION D'UNE ADDUCTION D'EAU POTABLE SIMPLIFIEE (AEPS) DANS LE VILLAGE DE BAMA, COMMUNE DE KANGALA, BURKINA-FASO.

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

Presenté et soutenu publiquement le 19 Janvier 2026 par :

Daouda OUEDRAOGO (2022 0848)

Directeur de mémoire : Dr. Angelbert Chabi BIAOU, Enseignant-Chercheur 2iE.

Encadrant 2iE : Dr. Moussa Diagne FAYE, Enseignant-Chercheur 2iE

Maître de stage : M. Adama ZOMBRE, Ingénieur du Génie Rural, DGEP

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

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr. Lawani Adjadi MOUNIROU, Enseignant-Chercheur 2iE.

Membres du Jury :

Examinateur 1 : M. Soumahila SAKANDE

Examinateur 2 : M. Isidore DABIRE

Promotion 2025-2026

DEDICACE

JE DÉDIE CE MÉMOIRE À MES PARENTS ET À TOUTE MA FAMILLE.

SOYEZ EN REMERCIER

REMERCIEMENT

La réalisation du présent mémoire a été rendue possible grâce au soutien et à l'accompagnement de nombreuses personnes et institutions qui n'ont ménagé aucun effort pour nous apporter leur appui. Nous tenons à leur exprimer, par la présente, notre profonde reconnaissance.

- L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), pour la qualité des enseignements dispensés tout au long de notre cursus académique ;
- Dr Angelbert Chabi BIAOU, Maître de Conférences (CAMES), Enseignant-Chercheur en Hydraulique à 2iE, pour ses conseils avisés et ses orientations pertinentes, qui ont grandement contribué à l'aboutissement de ce travail ;
- Dr Moussa Faye DIAGNE, Maître-Assistant (CAMES), Enseignant-Chercheur en Hydraulique et Hydrogéologie, pour son encadrement rigoureux et son accompagnement tout au long de la réalisation de ce mémoire ;
- Monsieur Souro André SANON, Directeur Général, pour m'avoir accordé le stage ;
- Le Chef SRH de la DGEP, pour sa disponibilité et pour avoir facilité les démarches relatives à l'obtention du stage ;
- Monsieur Adama ZOMBRE, Ingénieur de Conception du Génie Rural, Chef de Service du Développement des Infrastructures et maître de stage, pour sa disponibilité, ses conseils et son encadrement durant toute la période de stage ;
- L'ensemble de mes camarades de la filière GEAAH, pour les moments de convivialité partagés et le soutien mutuel tout au long de la formation ;
- A mon épouse et mes enfants, Abigaël, Anael et Arielle, pour leur compréhension, leur patience et leurs encouragements ;
- Toute personne, qui de près ou de loin, a contribué à la concrétisation de ce travail.

RESUME

Ce mémoire présente une étude d'avant-projet détaillé (APD) pour la mise en place d'une Adduction d'Eau Potable Simplifiée (AEPS) dans le village de Bama situé dans la commune de Kangala, région du Guiriko au Burkina Faso. Le village rencontre des difficultés d'approvisionnement en eau potable, ne disposant actuellement d'aucun système d'AEPS.

Le projet, financé par le gouvernement du Royaume d'Arabie Saoudite à travers le Fonds Saoudien pour le Développement (FSD)[1] en vue du renforcement du secteur rural, prévoit la construction d'un système comprenant : un forage d'une capacité de 10 m³/h ; un château d'eau métallique de 40 m³ ; cinq (05) bornes-fontaines, chacune équipée de trois robinets pour un débit total de 1,08 l/s et 326 branchements particuliers.

Le système sera en service selon un mode d'adduction par refoulement sur une longueur de 2 500 m en conduite PEHD PN16-DN 110, suivi d'une distribution gravitaire sur 3 202 m, avec des diamètres nominaux en PN10 variant de DN63 à DN110[2], afin de satisfaire les besoins en eau d'une population estimée à 4 078 habitants à l'horizon 2050.

Pour un service quotidien de 12 heures, le besoin horaire en eau est de 7,77 m³, qui sera assuré par une pompe Grundfos SP 11-20. L'alimentation du pompage reposera sur une source d'énergie hybride, composée de 14 modules solaires de 300 Wc chacun (soit une puissance totale de 4 124,92 Wc) et d'un groupe électrogène de 26,66 KVA, permettant un pompage de 8 heures par jour avec l'énergie solaire et de 4 heures par jour avec l'énergie thermique.

Le coût total du projet est estimé à **166 201 820 (Cent soixante-six millions deux cents un mille huit cent vingt) F CFA TTC**, avec un prix de vente de **400 F CFA/m³** retenu. Le mode de gestion proposé est l'affermage, afin d'assurer la pérennité et la durabilité du système.

Mots clés :

1. **Adduction d'Eau Potable Simplifiée**
2. **Approvisionnement en Eau Potable**
3. **Hydrogéologie**
4. **Mode de gestion**

ABSTRACT

This report presents a detailed preliminary design study for the implementation of a Simplified Drinking Water Supply (SDWS) system in the village of Bama, Kangala commune, Guiriko region, Burkina Faso. The village faces difficulties in accessing drinking water, as it currently lacks any SDWS system.

The project, funded by the Government of the Kingdom of Saudi Arabia through the Saudi Fund for Development (SFD) for the strengthening of the rural sector, includes the construction of a system comprising: a borehole with a capacity of 10 m³/h; a 40 m³ metal water tower; five (5) standpipes, each equipped with three taps for a total flow rate of 1,08 l/s; and 326 individual connections.

The system will operate using a pumped supply method over a length of 2 500 m in PN16-DN 110 HDPE pipe, followed by a gravity distribution over 3,202 m, with nominal PN10 diameters ranging from DN63 to DN110, to meet the water needs of an estimated population of 4,078 inhabitants by 2050.

For a 12-hour daily service, the hourly water requirement is 7.77 m³, which will be supplied by a Grundfos SP 11-20 pump. The pumping system will be powered by a hybrid energy source, consisting of 14 solar modules of 300 Wc each (for a total power of 4 124,92 Wc) and a 26,66 kVA generator, allowing for 8 hours of pumping per day using solar energy and 4 hours per day using thermal energy.

The total project cost is estimated at 166 201 820 CFA francs (including VAT), with a selling price of 400 CFA francs/m³. The proposed management model is a lease agreement, to ensure the system's long-term viability and sustainability.

Keywords:

1. Simplified Drinking Water Supply
2. Drinking Water Supply
3. Hydrogeology
4. Management Model

SIGLES ET ABREVIATIONS

2iE :	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
AEP :	Approvisionnement en Eau Potable
AEPS :	Adduction d'Eau Potable Simplifiée
AFDH :	Approche Fondée sur les Droits Humains
AUE :	Association d'Usager d'Eau
BF :	Borne Fontaine
Bjm	Besoin journalier moyen
BNDT	Base Nationale des Données du Territoire
BP	Branchement Privé/Particulier
Bpj	Besoin de production de pointe journalière
Cps	Coefficient de pointe saisonnière
Cpj	Coefficient de pointe journalière
Cph	Coefficient de pointe horaire
Cs	Consommation spécifique
Cu	Capacité utile d'un réservoir
DGEP	Direction Générale de l'Eau Potable
D_{INT}	Diamètre intérieur nominal
DN	Diamètre Nominal
Dth	Diamètre intérieur théorique
Djm	Demande journalière moyenne
Djp	Demande journalière de pointe
GEAAH	Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-Agricoles
GPS	Global Positioning System
Hgéo	Hauteur géométrique
HMT	Hauteur Manométrique Totale
HTVA	Hors Taxe sur la Valeur Ajoutée
IGB	Institut Géographique du Burkina
INO	Inventaire National des Ouvrages
INSD	Institut National de la Statistique et de la Démographie
MEEA	Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement
ND	Niveau Dynamique
NS	Niveau Statique
NIES	Notice d'Impact Environnemental et Social
ODD	Objectifs du Développement Durable
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONEA	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
PEHD	PolyEthylène Haute Densité
PGES	Plan de Gestion Environnementale et Sociale
PMH	Pompe à Motricité Humaine
PN-AEP	Programme National de l'Approvisionnement en Eau Potable
PN10/16	Pression Nominale 10 bars/16 bars
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SP	Submersible Pump
TN	Terrain Naturel
TTC	Toute Taxe Comprise
UNICEF	Organisation des Nations Unies pour l'Enfance

SOMMAIRE

DEDICACE i
REMERCIEMENT ii
RESUME iii
ABSTRACT iv
SIGLES ET ABREVIATIONS v
SOMMAIRE vi
LISTE DES TABLEAUX x
LISTE DES FIGURES xi
FICHE SYNTHETIQUE xii
INTRODUCTION 1
I. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ÉTUDE 3
1.1. Présentation de la DGEP 3
1.1.1. Création et missions de la DGEP 3
1.1.2. Organisation de la DGEP 3
1.2. Présentation de la zone d'étude 5
1.2.1. Situation géographique de la zone d'étude 5
1.2.2. Présentation du milieu physique 6
1.2.3. Cadre humain et social 11
II. PRESENTATION DU PROJET 15
2.1. Contexte et justification 15
2.2. Objectifs du projet 16
2.3. Résultats attendus de l'étude 16
III. MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION 16
3.1. Matériels et logiciels utilisés 16
3.2. Documentation et collecte de données 17
3.3. Diagnostic et états des lieux 18
3.4. Mobilisation des Ressources en eau 18
3.5. Recherche documentaire et visite terrain 18

3.6. Interprétation des essais de pompage 19
3.7. Système d'information géographique (SIG) et Télédétection 19
3.8. Tracé du réseau 19
3.9. Estimation des différents paramètres 19
3.9.1. Horizon de dimensionnement et population d'étude 19
3.9.2. Consommation spécifique (Cs) 20
3.9.3. Taux de desserte de l'AEPS 20
3.9.4. Besoins moyens journaliers en eau de la population (Bmj) 20
3.9.5. Variations périodiques des consommations : coefficients de pointe 21
3.9.6. Rendement du réseau 21
3.9.7. Besoins en eau du jour de pointe 22
3.9.8. Besoin de production 22
3.9.9. Critères de dimensionnement 22
3.9.10. Mode de pose des conduites 22
3.9.11. Nature de la source d'eau 23
3.9.12. Système de pompage à choisir 23
3.9.13. Choix de la source d'énergie 24
3.9.14. Réservoir de stockage 25
3.9.15. Réseau de refoulement d'eau 28
3.9.16. Réseau de distribution 30
3.9.17. Simulation sur le logiciel Epanet 34
3.9.18. Equipements de protections et ouvrages annexes 34
3.9.19. Analyse de la rentabilité du projet 34
IV. ÉTUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE 35
4.1. Diagnostic et états des lieux 35
4.1.1. Sources de desserte en eau potable 35
4.1.2. Inventaire des ouvrages d'eau existants 36
4.1.3. Système de gestion actuelle des ouvrages 36
4.2. Mobilisation de la ressource en eau 36
4.2.1. Recherche documentaire et visite terrain 36
4.2.2. Foration et développement 37

4.2.3. Essais de pompage et interprétation 37
4.2.4. Analyse physico-chimique et microbiologique 38
4.3. Estimation des besoins en eau 39
4.3.1. Hypothèses de calcul 39
4.3.2. Consommation spécifique 39
4.3.3. Population et taux de desserte à l'horizon du projet 40
4.3.4. Nombre de BP et BF à l'horizon du projet 40
4.3.5. Adéquation entre les besoins évalués et la production en eau 41
4.4. Conduite de refoulement 41
4.5. HMT et choix de la pompe 42
4.5.1. HMT et choix de la pompe 42
4.5.2. Point de fonctionnement de la pompe 42
4.6. Étude et vérification du coup de bélier 43
4.7. Source d'énergie 44
4.7.1. Dimensionnement de la source solaire 44
4.7.2. Dimensionnement du groupe électrogène 44
4.8. Dimensionnement du réservoir de stockage 45
4.8.1. Détermination de la capacité du réservoir 45
4.9. Traitement de l'eau 45
4.10. Dimensionnement du réseau de distribution 45
4.10.1. Calcul des débits de distribution 45
4.10.2. Résultats du dimensionnement 46
4.10.3. Géométrie des tranchées 46
4.11. Détermination du volume de butée à mettre en place 47
4.12. Tracé du réseau de BAMA 47
4.13. Simulation sur Epanet 48
4.13.1. Résultats de la simulation 48
4.13.2. Comparaison des données calculées et simulées 48
V. ÉTUDE FINANCIERE 50
5.1. Évaluation du coût du projet 50
5.2. Calcul des amortissements et des charges d'exploitations 50

5.3. Prix de revient et de vente du mètre cube d'eau 51
5.4. Analyse de la rentabilité du projet 51
VI. SYSTÈME DE GESTION POUR L'AEPS DE BAMA 52
6.1. Organisation institutionnelle pour la gestion du service public de l'eau 52
6.2. Mode de gestion recommandé pour l'AEPS 52
VII. ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE 53
7.1. Cadre législatif du projet d'AEPS 53
7.2. Composantes et phases du projet 53
7.3. Identification et évaluation des impacts 53
7.4. Mesures d'atténuation ou compensatrices 55
7.5. Plan de gestion environnementale et sociale 55
7.5.1. Surveillance environnementale 56
7.5.2. Suivi environnemental 56
CONCLUSION 57
RECOMMANDATION 58
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES I
ANNEXES II

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Valeurs pratiques de la capacité utile du réservoir 26
Tableau 2 : Formules de calcul du diamètre de refoulement 29
Tableau 3 : Cote d'installation 37
Tableau 4: Récapitulatif des hypothèses 39
Tableau 5 : Population à l'horizon du projet 40
Tableau 6 : Taux de desserte à l'horizon 2050 40
Tableau 7 : Diamètre des conduites d'exhaure et montantes 42
Tableau 8 : Caractéristiques de la pompe retenue 42
Tableau 9 : Vérification Coup de bélier 44
Tableau 10: Synthèse des diamètres et leurs longueurs 46
Tableau 11 : Profondeur et largeur des tranchées 47
Tableau 12 : Cout total du projet en TTC 50
Tableau 13 : Calcul des prix de revient et vente théorique 454 510 368 51

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de la DGEP 4
Figure 2 : Carte de localisation du village de Bama 5
Figure 3 : Carte des sols de la commune de Kangala 7
Figure 4 : Réseau hydrographique de la commune de Kangala 8
Figure 5: Carte du couvert végétal 10
Figure 6 : Carte d'occupation des terres 11
Figure 7 : Interprétation des essais de pompage 38
Figure 8 : Evolution des demandes en eau et la capacité de production du forage 41
Figure 9 : Point de fonctionnement de la pompe 43
Figure 10 : Tracé du réseau 47
Figure 11: Pressions et vitesses simulées 48
Figure 12: Corrélation entre les pressions calculées et simulées 49
Figure 13 : Corrélation entre les vitesses calculées et simulées 49

FICHE SYNTHETIQUE

Localisation	**Région :** Guiriko (Ex Hauts-Bassins). **Province :** Kénédougou **Commune :** Kangala **Village :** Bama	
Ressource en eau	**Source d'approvisionnement en eau :** - Forage (10m^3/h)	
Caractéristiques du réseau de refoulement	**Capacité du réservoir :** 40 m^3 **Hauteur sous radier :**10 m **Nombre de forage :** 01 **Ouvrage d'exhaure** : Une (01) pompe **Caractéristiques minimales de la pompe prévue :** Q = 10 m^3/h, HMT = 90 m, P = 4 kW **Conduite de refoulement pour le forage existant :** Conduites PEHD pression PN16 DN 110, longueur totale :2 500 ml.	
Source d'énergie	**Source d'énergie du forage existant :** solaire Puissance crête du champ solaire : 4, 125 KWc Puissance de l'onduleur : RSI 4 kw Puissance du groupe électrogène : 26,66 kva	
Caractéristiques du réseau de distribution	**Plus basse pression dans le réseau :** 10 m **Plus haute pression dans le réseau :** 17,85 m **Nombre de bornes-fontaines :** 05 **Conduites de distribution en** PEHD **PN 10** : **Longueur Total du réseau :** 3202 m **Longueur DN 110 :** 2380, 27 m **Longueur DN 90 :** 297,33 m **Longueur DN 63 :** 524, 40 m	
Ouvrages annexes	**Local technique** : 01 **Local groupe électrogène :** 01 **Toilettes :** 01	
Coûts estimatifs des travaux	**Montant des travaux (FCFA TTC)**	**166 201 820**

INTRODUCTION

Le Burkina Faso, pays d'Afrique subsaharienne, fait face, à l'instar de nombreux pays africains, à d'importants défis en matière d'approvisionnement en eau potable. Cette situation est accentuée par la nature géologique du territoire, dont plus de 80 % de la superficie est composée du socle cristallin[3].

Selon les résultats de l'INO de 2024[4], le taux national d'accès à l'eau potable est estimé à 78,6 %. Toutefois, cette moyenne masque de fortes disparités entre les milieux de résidence. En effet, en 2024, le taux d'accès atteint 91,8 % en milieu urbain contre seulement 71,5 % en milieu rural, alors même que la majorité de la population burkinabè vit en zone rurale.

Face à ce constat, le Burkina Faso a engagé, depuis plusieurs décennies, l'élaboration et la mise en œuvre de programmes et projets ambitieux, tels que le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement (PN-AEPA 2005–2015) et le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP 2015–2030). Ces initiatives visent à réduire les maladies d'origine hydrique tout en garantissant une disponibilité suffisante et une qualité adéquate de l'eau pour les différents usages.

Bama est un village de la commune rurale de Kangala, situé dans la région du Guiriko (ex Hauts-Bassins)[5], dont la population est estimée à 2 144 habitants en 2025. Malgré cette démographie, la localité ne dispose pas d'un système d'Adduction d'Eau Potable Simplifiée (AEPS), alors que le décret de 2019 relatif aux normes et critères d'accès à l'eau potable stipule que tout village comptant au moins 2 000 habitants doit être doté d'une AEPS[6]. C'est dans ce contexte que, dans le cadre du programme de réalisation de cent (100) forages équipés de Pompes à Motricité Humaine (PMH) et de dix (10) AEPS, financé par le gouvernement du Royaume d'Arabie Saoudite à travers le Fonds Saoudien pour le Développement (FSD)[1], le ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement a retenu le village de Bama pour bénéficier d'une adduction d'eau potable simplifiée. L'objectif est d'améliorer durablement les conditions d'accès à l'eau potable des populations locales.

Dans cette perspective, la réalisation d'une étude d'avant-projet détaillé pour la mise en place d'une AEPS s'avère indispensable. Cette étude constitue le thème du présent mémoire de fin de cycle de master 2 en Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-

Agricoles (GEAAH). Elle repose notamment sur un diagnostic du système existant, l'évaluation du potentiel exploitable des eaux souterraines, la conception et le dimensionnement des ouvrages, la proposition d'un mode de gestion adapté, l'estimation des coûts ainsi que l'élaboration d'une Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES).

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

1.1. Présentation de la DGEP

1.1.1. Création et missions de la DGEP

La DGEP est l'une des structures centrales du MEEA[7]. Dans son opérationnalisation, le ministre a adopté l'arrêté n°2024-1086/MEEA/CAB du 30 décembre 2024, précisant son organisation, ses attributions et son fonctionnement. Elle a pour mission principale, la mise en œuvre et le suivi des politiques et stratégies nationales liées à l'eau potable, en collaboration avec l'ensemble des acteurs.

1.1.2. Organisation de la DGEP

Sous la conduite d'un Directeur General nommé par décret pris en conseil des ministres sur proposition du MEEA, la DGEP est structurée en plusieurs services appuyés par un assistant technique. Elle comptabilise également deux directions techniques.

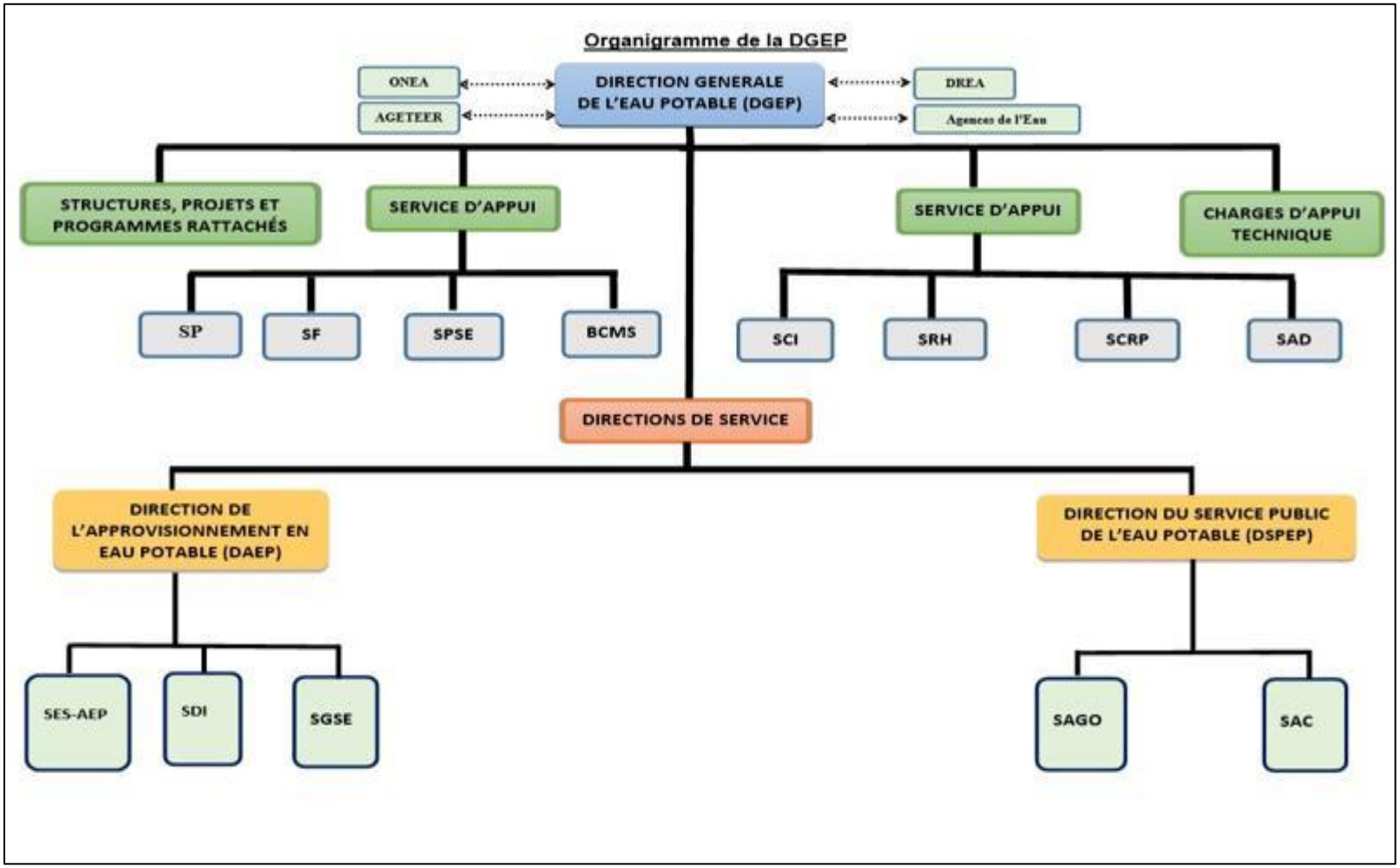


Figure 1 : Organigramme de la DGEP

1.2. Présentation de la zone d'étude

1.2.1. Situation géographique de la zone d'étude

Bama est un village relevant de la commune rurale de Kangala, de la province du Kénédougou dans la région du Guiriko (ex Hauts Bassins) au Burkina Faso[8]. Il est situé à 09 km à l'est du chef-lieu de la commune et 60 km de Orodara. L'accès au site se fait par une route non bitumée et détériorée. Il est composé de (02) grands quartiers à savoir Bama 1ou quartier 1 et Bama 2 ou quartier 2 et quatre sous quartiers avec une distance moyenne de moins de 500 mètres entre eux. Les sous quartiers sont : Traoresso Bengalisso, Dembelela, Coulibalysso. La figure 2 ci-après donne la localisation géographique du village dans l'espace communale.

Il est limité comme suit :

à l'Est par le village de Kangala;

à l'Ouest par le village de Sagnaga ;

au Sud par le village de Koloko;

au Nord par le village de Kotoura.

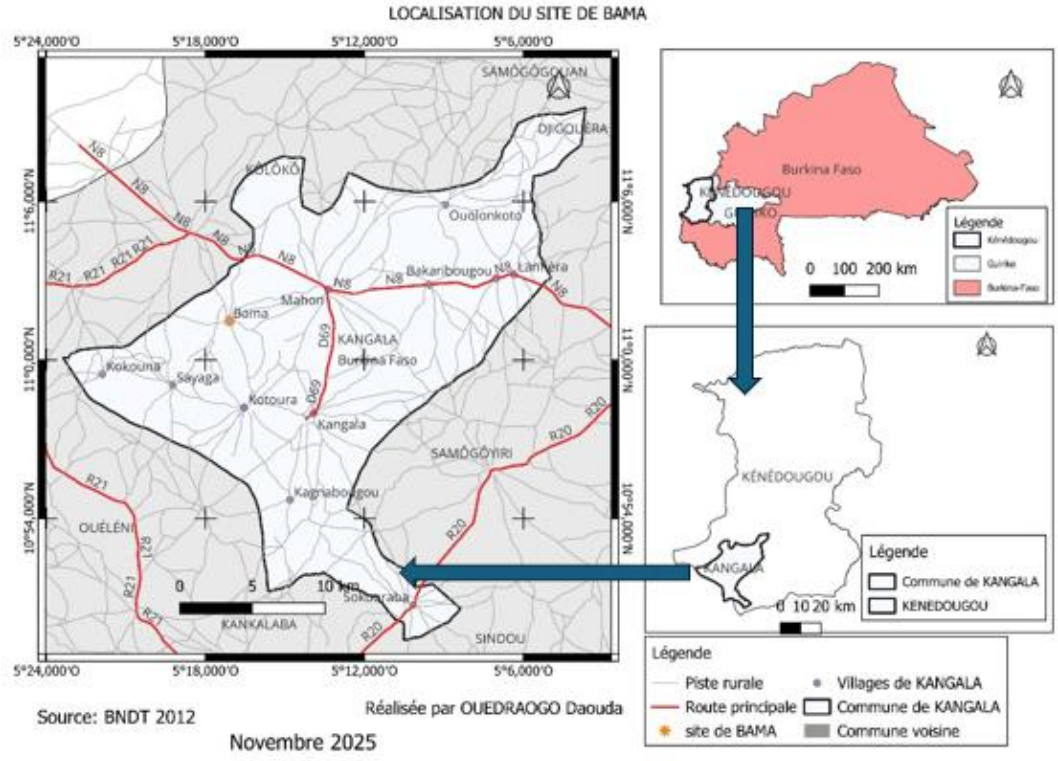


Figure 2 : Carte de localisation du village de Bama

1.2.2. Présentation du milieu physique

La description du milieu physique de la commune portera sur son relief, son profil pédologique, son climat, son hydrographie, sa faune, sa flore et sa géologie.

❖ Géologie et Relief

Les formations géologiques rencontrées dans la commune de Kangala sont issues en grande partie du socle précambrien (roches cristallines et métamorphiques). On retrouve également des formations plus récentes du quaternaire (dépôts éoliens). Il s'agit essentiellement du précambrien inférieur ou anté-birrimien, du précambrien moyen ou birrimien, de l'infracambrien et du quaternaire. Ces formations géologiques constituées de granite, sable, gravier, cuirasse, constituent un atout pour les travaux dans le bâtiment et dans la construction des routes.

❖ Sols

Selon les données recueillies au niveau du Service Départemental de l'Agriculture de Kangala et recoupées avec celles de la revue documentaire, les sols de la commune de Kangala peuvent être regroupés en trois (03) principaux types de sols. Ce sont :

- Les sols limono-argileux à argile-limoneux en surface et argileux en profondeur. Ce sont des sols hydromorphes à pseudogley en bordure des cours d'eau. Ils sont chimiquement riches et conviennent généralement bien au riz et à la culture maraîchère, gingembre et patates ;
- Les sols gravillonnaires. Ce sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion sur sédiments sablo-argileux, de profondeur faible (inférieur à 40 cm). Ils sont gravillonnaires, hétérogènes dans l'espace, à valeur agricole faible. Ces sols sont peu épais, riches en graviers ferrugineux. Ces sols sont généralement utilisés pour la production céréalière ;
- Les sols argileux-sableux en surface et argileux en profondeur. Ils regroupent des sols bruns eutrophes en unité pure ou en terme dominant d'association avec d'autres sols. Ces sols sont pour la plupart profonds (supérieur à 100 cm), de couleur brun foncé. Ils sont saturés, riches en base et en minéraux et pauvres en matières organiques. Les sols argileux-sableux en surface et argileux en profondeur sont pour la plupart d'excellente qualité, et aptes pour la culture de rente comme le sésame, le coton et l'arachide.

Les sols de la commune de Kangala sont soumis, ces dernières années, à une dégradation continue. Cette dégradation se traduit par le décapage de couche arable par les eaux de ruissellement et des vents, l'ensablement des cours d'eau entrainant la baisse de leur fertilité.

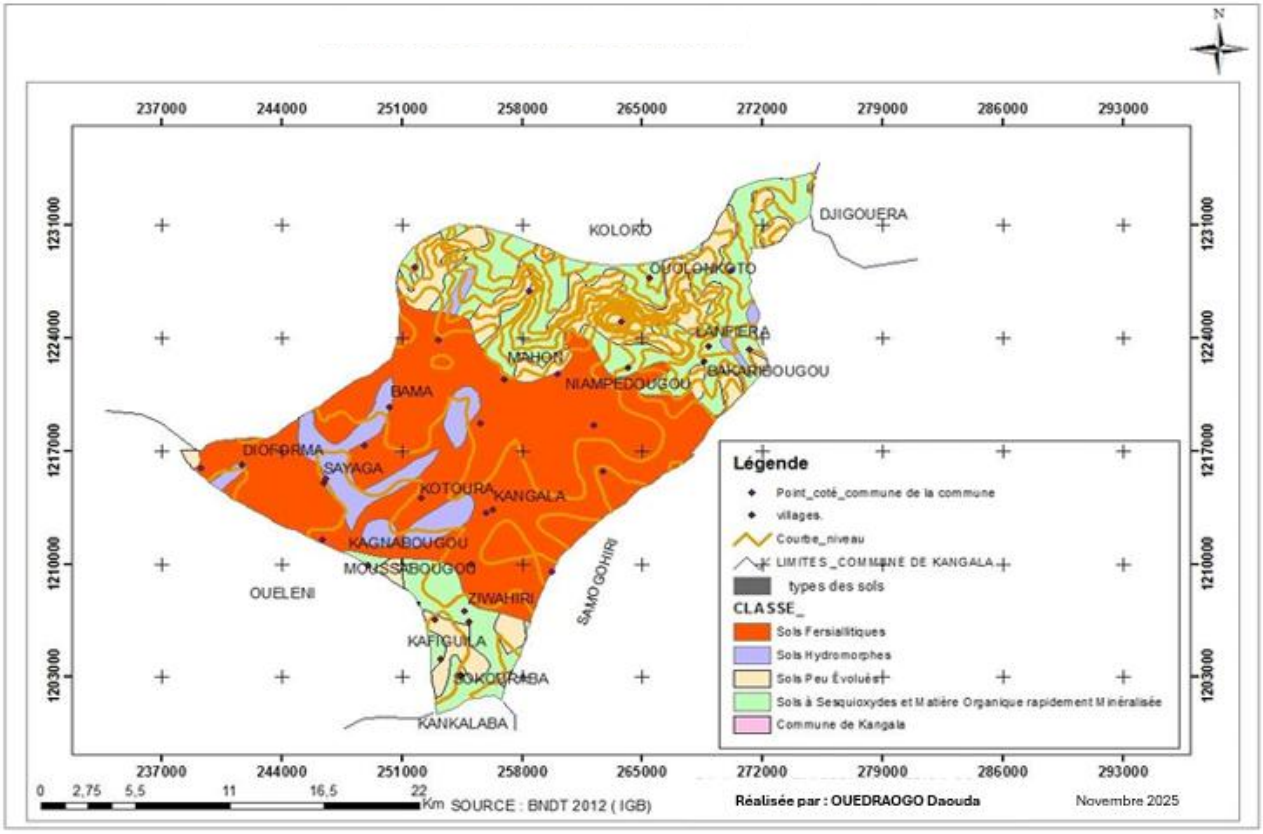


Figure 3 : Carte des sols de la commune de Kangala

❖ Climat et pluviométrie

La commune de Kangala est située dans la zone Sud-soudanienne et est caractérisée par une saison sèche de décembre à avril et une saison pluvieuse (Mai à Novembre). La pluviométrie est abondante avec un moyen de 1050 mm par an réparti sur 48 jours de pluie durant la période 2015-2019 (Source : PCD). Depuis les deux dernières décennies, on note une tendance générale à la baisse de la pluviométrie (10%), le nombre de pluie (19 jours, 27%) et une augmentation des températures. Cette situation est probablement liée aux effets des changements climatiques, d'où la nécessité de prise de mesures d'adaptation et d'adaptation dans les actions de développement au niveau local.

❖ Hydrographie et hydrogéologie

Le réseau hydrographique offre d'énormes possibilités d'aménagement de retenue d'eau à vocation agrosylvopastorale. La commune est caractérisée par la ligne de partage des eaux qui

divise le territoire. Le côté Nord, l'eau se verse dans les affluents du Banzon qui continue dans le barrage de Samadeni dans le bassin hydrographique du Mouhoun. Ces eaux ne tarissent pas. Côté Sud de la Commune, (au Sud du goudron RN8) l'eau se verse dans le bassin de Comoé via plusieurs cours d'eau, de rivières et de mares qui tarissent lors de la saison sèche. Malheureusement, ce réseau hydrographique important connait des postes de sècheresse à une certaine période de la saison non pluvieuse. Selon les témoignages des populations, les réserves en eau souterraine baissent progressivement, en témoigne la profondeur et la faible recharge de la nappe phréatique rendant difficile la réalisation de forages à certains endroits.

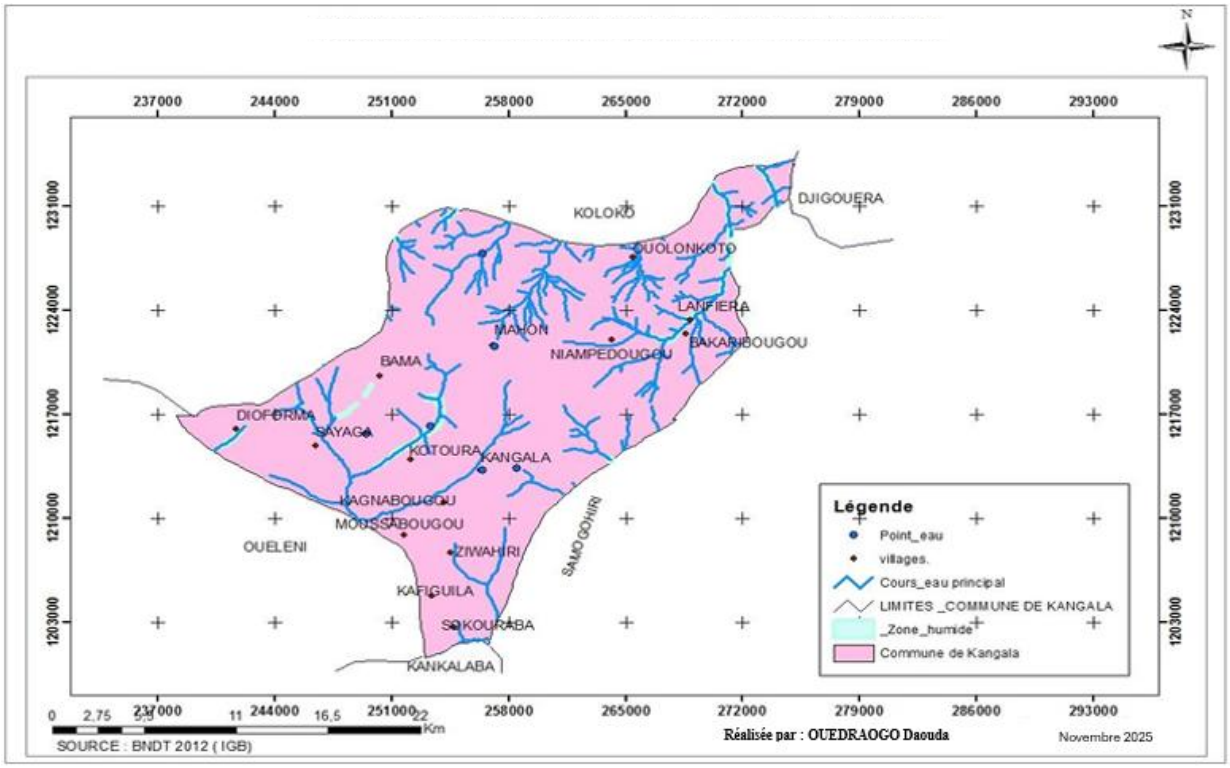


Figure 4 : Réseau hydrographique de la commune de Kangala

❖ Faune et la flore

La commune de Kangala appartient au domaine phytogéographique caractérisé par des importantes précipitations qui favorisent le développement des arbres feuillus dont la densité de peuplement, la hauteur et le nombre de strates sont importants par rapport au reste de la province. La principale formation végétale est la savane (boisée, arborée et arbustive). La savane boisée : On y rencontre des espèces forestières très diversifiées et des espèces de reboisement.

Ainsi, les principales espèces végétales que l'on rencontre sur l'espace communal sont : Lannea microcarpa (Raisinier sauvage), Pyliostigma reticulatum, Elaeis guineensis (Palmier à huile),

Parkia biglobosa (Néré), Vitellaria parkii (Karité), Bombax costatum (Kapokier), Ziziphus mauritiana (Jujubier), Saba senegalensis (Liane), Acacia macrostacha (Zamènè), Khaya senegalensis (caïlcédrat), Tamarindus indica (tamarinier), le rônier, Anacardium occidentale (anacarde), Magifera indica (manguier), Musa sp. (Bananier), etc.

La strate herbacée comprend : Andopogon gayanus (Musu kala), Loudetia superba, Loudetia togoensis (Ngasa), Andropogon shirensis, Pennisetum pedicelatum, Euphorbia hirta.

La savane arborée et arbustive est la formation dominante de la commune. Les espèces dominantes sont des épineuses (Acacia radiana, Acacia laeta, Acacia nilotica, Acacia seyal, Balanites aegyptiaca) et des non épineuses (Combretum micranthum, Combretum aculeatum, Guiera senegalensis, Piliostigma reticulatum). Selon la base nationale d'occupation des terres, elle occuperait 21 841 ha ou 42 % de la superficie communale.

Toutes ces formations végétales sont confrontées à une dégradation croissante du fait des aléas climatiques (effets du changement climatique), de l'action anthropique (défrichements, émondage, apparition anarchique des sites aurifères). Il est donc urgent de prendre des mesures appropriées (restauration, protection des sols, reboisement) pour faire face à la forte dégradation des formations végétales et atténuer leur effet sur les populations et sur le développement de la commune.

Outre les formations naturelles suscitées, on enregistre des formations naturelles. Il s'agit entre autres de plantations de verger faites par les populations d'année en année pour la production fruitière. Les espèces reboisées sont le manguier, l'anacarde et l'oranger.

Les ressources fauniques sont presque inexistantes. Le gros gibier auparavant rencontré dans la commune a quasiment disparu pour faire place au petit gibier constitué essentiellement de quelques rongeurs (lièvres, écureuils, hérissons), de reptiles (serpents) et d'oiseaux (cigognes, calaos, francolins, pintades sauvages). La dégradation du couvert végétal, les feux de brousse et le braconnage ont entamé considérablement le biotope de certaines espèces.

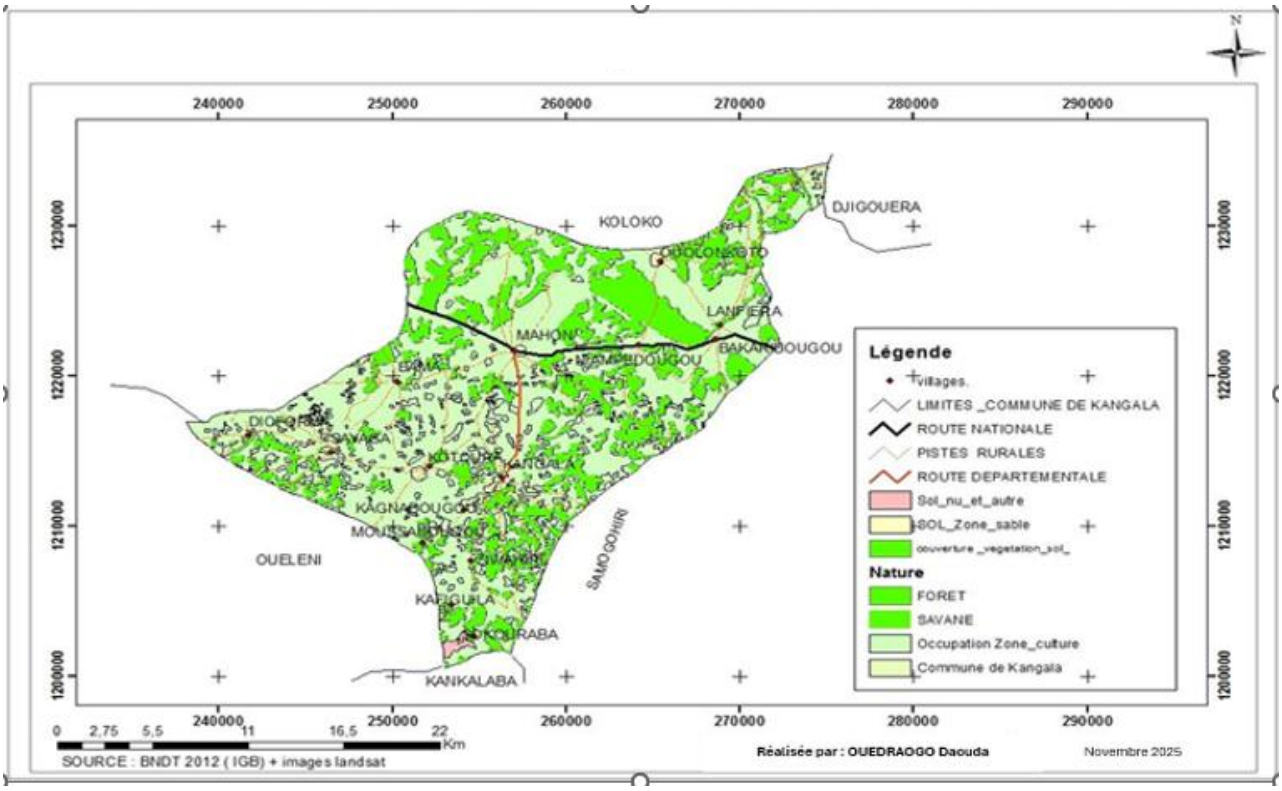


Figure 5: Carte du couvert végétal

❖ Occupation des terres et gestion des ressources

Le régime foncier dominant dans la commune est celui du droit coutumier. Dans ce régime foncier, les véritables propriétaires fonciers sont les ancêtres. L'accès à la terre pour les autochtones s'effectue à l'intérieur du clan ou du lignage qui jouit du droit de propriété collectif. Pour les migrants, il faut demander la terre à un clan ou un lignage ou passer par le chef de terre s'il s'agit de terre vacante. Le régime foncier traditionnel exige de l'occupant le respect des rites culturels et également de ne pas couper les arbres utiles comme le karité, néré etc. Malgré ce droit coutumier traditionnel bien structuré, l'Etat reste le principal propriétaire qui consacre ledit droit par la loi sur le régime foncier au Burkina Faso.

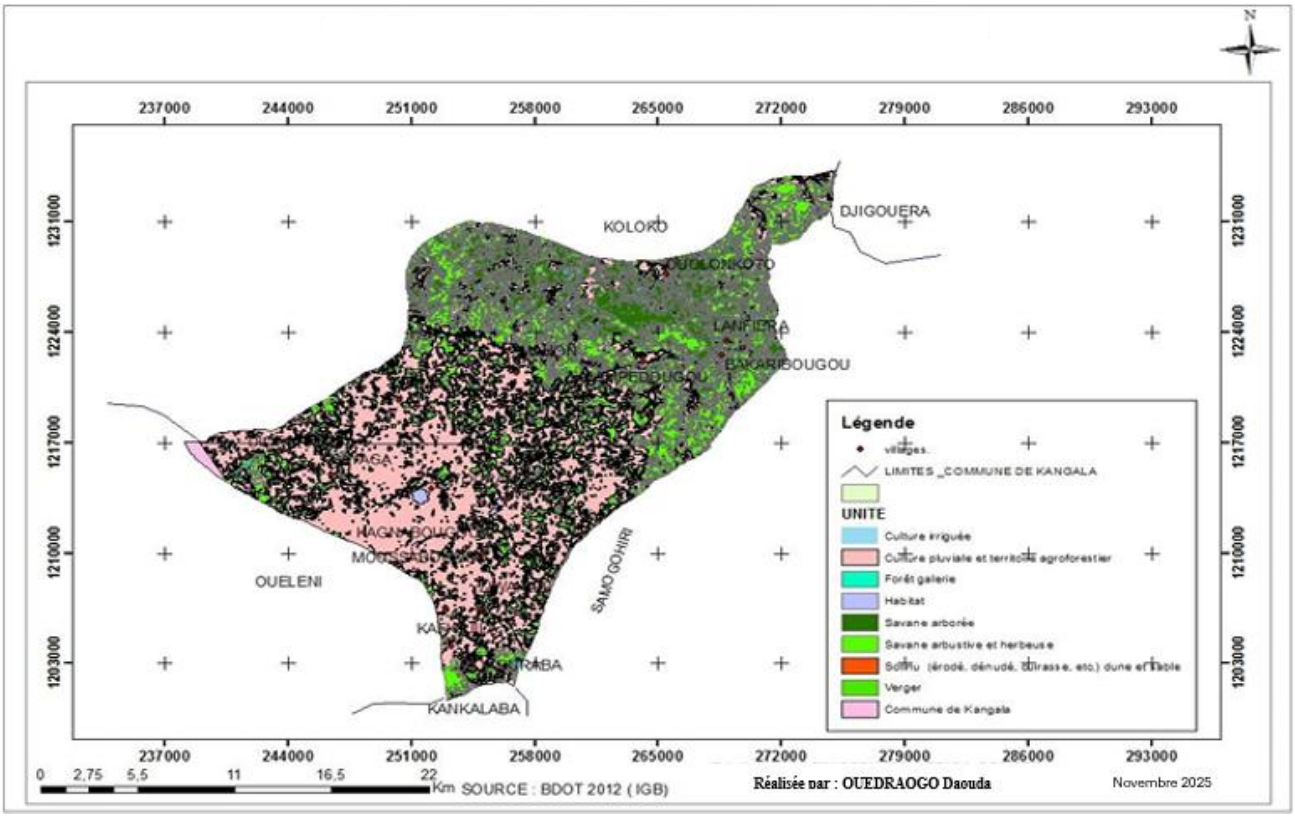


Figure 6 : Carte d'occupation des terres

Dans l'ensemble de la commune, il se dégage les grands ensembles suivants :

- Une zone de culture occupant 57% du territoire communal avec une prédominance du territoire agricole avec présence d'espace, des cultures pluviales (41%) et surtout des vergers de 10% ;
- Une zone de végétation occupant 43% du territoire communal avec une nette dominance de la savane arbustive ;
- Les terres nues et l'habitat occupent moins de 0,5% de la superficie communale.

1.2.3. Cadre humain et social

- **Structure sociale**

a. Historique et peuplement

Le nom « Bama » désignerait en langue dioula « grouiller pour toi même ». Il a été fondé par deux frères TRAORE venus de Mantina du Mali à la recherche de terre fertile vers les années de la traître négrière.

Environ 50% de la population est musulmane, la religion chrétienne occupe 20% et celle traditionnelle 30%.

Sur le plan coutumier, la chefferie et la maîtrise foncière sont assurées par une même famille. Il n'existe aucun interdit entre les groupes sociaux représentés dans le village. TRAORE Ousmane Porna est l'actuel chef du village. Sur le plan ethnique en rencontrent majoritairement les Senoufos. Il faut noter que la culture de l'oignon est strictement interdite dans le village.

b. Structure de la population

Au 5ème Recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) de 2019, le village de Bama comptait 1837 habitants dont 870 hommes et 967 femmes soit un rapport de féminité de 111% (environs111 femmes pour 100 hommes). En effet, les femmes sont plus nombreuses que les hommes. Cette population est majoritairement composée de jeunes. En effet, 57,25% de la population du village a moins de 20 ans. Le tableau ci-dessous donne la répartition de la population par tranche d'âge.

Pour les besoins d'estimation de la population à l'horizon du projet, le taux d'accroissement de 2,606% qui correspond à celui de la province du Kénédougou (RGPH de 2019) a été retenu, conformément aux orientations de la DGEP. Sur cette base, les projections de la population sont faites suivant la formule de Thomas MALTHUS ci-après : $Pn = P\,0\times(1+\alpha)^{n}$, avec :

- Pn : Population à l'horizon du projet ;
- P0 : population 2019 du RGPH ;
- α : taux d'accroissement de la population ;
- n : intervalle d'années entre Pn et P0.

Avec ces résultats, la population de Bama était de 1837 habitants en 2019 et sera de 4078 habitants à l'horizon 2050.

c. Données sociodémographiques

Les données sociodémographiques sont issues de l'enquête-ménage qui a concerné 73 ménages sur un total de 361.

A l'analyse, la répartition par sexe montre que la quasi-totalité des chefs de ménage enquêtés sont des hommes. La proportion des chefs de ménage hommes est de 98% contre 2% pour les chefs de ménage femmes.

Pour ce qui concerne le niveau d'instruction, l'analyse des données collectées fait ressortir qu'une grande partie des chefs de ménages n'ont aucun niveau, soit 70 % qui ne sait ni lire ni

écrire. Cependant, on note que 21% des chefs de ménages sont alphabétisés ou un niveau du primaire, franco-arabe et medersa de même que 9% qui ont le niveau secondaire,

En termes d'âge, l'analyse de l'échantillon de l'enquête terrain montre que 47% de la population à un âge de plus de 15 ans.

Sur le plan de la scolarisation, les résultats montrent que 54 % des enfants de moins de 15 ans vont à l'école. Cela signifie que près de 46 enfants sur 100 en âge scolaire ne sont pas à l'école ou ont abandonnés.

Cela traduit les efforts à fournir sur le plan de l'éducation pour rattraper ce retard. Par extrapolation, ce niveau de scolarisation, couplé à la faiblesse du niveau d'instruction de la majorité des chefs de ménage traduit les efforts de sensibilisation à fournir par les acteurs en matière de gestion de l'eau et d'assainissement.

S'agissant de l'habitat et de l'équipement, ils constituent des composantes du niveau de la pauvreté non monétaire des populations car permettent d'évaluer le confort et la sécurité des espaces dans lesquels vivent ces populations et, ont un impact direct sur leur santé. Pour ce faire, l'étude s'est focalisée sur le type de logement dans lequel vivent les ménages ainsi que des principales composantes du logement et enfin la situation des équipements du ménage.

Selon les résultats de l'enquête, le type de logement dominant dans le village est le logement fait en banco amélioré. En effet, 50% des ménages vivent dans des logements en banco améliorés contre 10% qui vivent dans des maisons en banco simple. Les ménages vivant dans des maisons en dur ne constituent que 40% des ménages enquêtés.

Quant à l'équipement des ménages, les résultats de l'analyse montrent que 94 ménages sur 100 possèdent une plaque solaire. La possession de radio et moto est aussi significative, respectivement 55% et 75%. Par contre la possession de poste téléviseur est aussi significatif dans les ménages avec 58%.

d. Les flux migratoires

Les flux migratoires dans le village sont caractérisés par un déplacement des jeunes résidents hors du territoire villageois, communal et même du pays. Les principales destinations de ces populations sont la ville de Bobo-Dioulasso, Ouagadougou et la Mali. Il s'agit, pour les

personnes concernées, principalement de déplacements saisonniers à la recherche d'emplois au cours de la saison sèche. La population jeune est la plus concernée par le phénomène migratoire. Les principales raisons sont entre autres, le commerce, l'éducation ou la recherche d'activités saisonnières.

e. Les activités économiques.

Sur le plan économique, l'Agriculture constitue l'activité prédominante de la localité et est pratiquée par la quasi-totalité de la population. La plupart des agriculteurs associent culture de rente et la culture vivrière :

- Les céréales : Maïs, Riz, Sorgho, Arachide ; Mil
- Les cutures de rente ; coton, sésame.

L'élevage est aussi dans une moindre mesure pratiquée par quelques agriculteurs. Le cheptel est composé des petits ruminants (moutons, chèvre) et des grand ruminant (bœuf). L'élevage de la volaille est aussi pratiqué par la plupart des ménages.

L'artisanat (la poterie et la vannerie) est une activité pratiquée par les femmes et les jeunes filles.

L'agriculture et l'élevage constituent les deux importantes activités économiques du village selon l'enquête ménage et pratiquée par la quasi-totalité de la population. La plupart des agriculteurs associent culture de rente et vivrière, avec l'utilisation du fumier et des engrais chimiques pour augmenter les rendements de la production.

L'élevage qui constitue la deuxième activité économique majeure est marqué par deux systèmes : le système traditionnel extensif transhumant marqué par des migrations cycliques à la recherche de pâturages et de points d'eau et le système traditionnel extensif sédentaire qui est caractérisé par un élevage en association avec l'agriculture ou l'agro-pastoralisme avec le plus souvent un cheptel constitué de bovins, de petits ruminants, et de volaille à travers l'aviculture traditionnelle.

Les contraintes majeures dans ce secteur sont principalement le manque de pâturage, le manque d'eau, surtout en saison sèche et le manque de formation.

Pour les activités secondaires, Il a été recensé dans la localité 07 boutiques, 17 petites entreprises (mécaniciens, vente de lubrifiants et de carburant, vente de bétail et de volaille).

II. PRESENTATION DU PROJET

2.1. Contexte et justification

L'accès durable à l'eau potable demeure un enjeu majeur pour de nombreux pays africains. Cette situation s'explique notamment par la faiblesse des investissements consacrés au sous-secteur de l'eau, combinée à la disponibilité limitée des ressources hydriques et à leur répartition spatiale très contrastée. D'après le rapport 2022 du Programme conjoint OMS/UNICEF (JMP)[9], une part importante de la population africaine reste privée de services essentiels : environ 411 millions de personnes ne bénéficient pas d'un service élémentaire d'eau potable, 779 millions sont dépourvues de services d'assainissement de base et près de 839 millions n'ont pas accès à des services d'hygiène adéquats.

Le Burkina Faso, pays sahélien situé en Afrique de l'Ouest, est pleinement concerné par ces défis. Il couvre une superficie d'environ 274 000 km². Les données issues du Recensement Général de la Population et de l'Habitation de 2019 indiquent une population de 20 505 155 habitants, caractérisée par un taux d'accroissement annuel de 2,93 %, avec une proportion féminine estimée à 51,7 %. Le climat est marqué par une pluviométrie variable, allant d'environ 500 mm par an dans la partie nord à près de 1 000 mm au sud. Sur le plan géologique et hydrogéologique, le pays est dominé par des formations de socle cristallin (environ 80 % du territoire), complétées par des formations sédimentaires (20 %), ce qui limite globalement le potentiel des ressources en eaux souterraines et rend leur mobilisation complexe.

Les résultats de l'Inventaire National des Ouvrages Hydrauliques réalisé en 2024 estiment le taux national d'accès à l'eau potable à 78,6 %. Toutefois, cette valeur globale dissimule des inégalités notables selon les milieux de résidence. En effet, l'accès en zone urbaine atteint 91,8 %, tandis qu'il reste limité à 71,5 % en milieu rural, où vit pourtant la majorité de la population.

Afin de répondre à ces insuffisances et de progresser vers l'atteinte des Objectifs de Développement Durable (ODD), le Burkina Faso a mis en place le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP 2016–2030). Ce programme constitue le principal instrument de planification du sous-secteur de l'eau potable et intègre l'Approche Fondée sur les Droits Humains. Pour ce faire, le MEAA a obtenu un appui financier du Fonds Saoudien pour le Développement, destiné au renforcement de l'accès à l'eau potable en milieu rural. La mise en œuvre est assurée par la DGEP dans les régions du Guiriko (anciennement Hauts-Bassins) et du Tannouyan (anciennement Cascades).

L'intervention vise, entre autres, la réalisation de systèmes d'Adduction d'Eau Potable Simplifiée (AEPS) au profit des villages ciblés. La mise en place de ces infrastructures nécessite préalablement la conduite d'études techniques détaillées. À cet effet, la DGEP a lancé des études portant sur la réalisation de dix (10) AEPS dans les zones concernées

Dans ce contexte, la présente étude porte sur l'élaboration d'un avant-projet détaillé pour la construction d'un système d'Adduction d'Eau Potable Simplifiée au sein du village de Bama, situé dans la commune de Kangala, région du Guiriko, au Burkina Faso.

2.2. Objectifs du projet

L'objectif général du projet est de contribuer à l'amélioration durable de l'accès à l'eau potable pour les populations du village de Bama.

De manière spécifique, le projet vise à :

- établir un diagnostic approfondi de la situation actuelle de l'approvisionnement en eau potable dans le village ;
- élaborer une proposition de conception technique du système, accompagnée de son dimensionnement assorti d'une évaluation financière ;
- définir un mode de gestion adapté et durable de l'ouvrage et réaliser une Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES) afin d'anticiper et de maîtriser les effets du projet sur l'environnement et les communautés locales.

2.3. Résultats attendus de l'étude

Les résultats attendus de la présente étude se déclinent comme suit :

- un site de forage à fort débit est identifié et caractérisé ;
- le potentiel et la disponibilité de la ressource en eau souterraine sont évalués ;
- les différentes composantes du système d'Adduction d'Eau Potable Simplifiée (AEPS) font l'objet d'un dimensionnement technique approprié ;
- une Notice d'Impact Environnemental et Social est élaborée afin d'apprécier et de maîtriser les effets du projet.

III. MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION

3.1. Matériels et logiciels utilisés

Dans le cadre de la réalisation de la présente étude, divers matériels et outils ont été mobilisés. Il s'agit principalement de :

- fiches de collecte de données destinées au recueil des informations de terrain ;
- un double décamètre utilisé pour les mesures de distances ;
- une sonde piézométrique permettant le suivi des niveaux d'eau au cours des essais de pompage ;
- un chronomètre pour le contrôle et l'enregistrement des durées de mesure ;
- un GPS différentiel employé pour la réalisation des levés topographiques, aussi bien planimétriques qu'altimétriques, le long des axes identifiés.

Par ailleurs, plusieurs logiciels ont été utilisés pour le traitement, l'analyse et la restitution des données, notamment :

- QGIS version 3.22.12 pour l'élaboration des cartes de la zone d'étude ;
- Google Earth pour l'observation et la visualisation générale du site d'étude ;
- ArcGIS pour la compilation et le traitement des données spatiales ;
- Microsoft Office et Zotero pour la rédaction et la mise en forme du rapport ;
- EPACAD / EPANET pour la modélisation et la simulation hydraulique du réseau ;
- AutoCAD pour la conception et la réalisation des plans graphiques des ouvrages ;

3.2. Documentation et collecte de données

Afin de faciliter la conduite de la présente étude, une prise de connaissance préalable des attentes du projet a été réalisée à travers l'analyse des termes de référence ainsi que du rapport de l'étude socio-économique. Cette étape a permis de mieux cerner les objectifs et les orientations générales de l'intervention.

Par la suite, une phase de collecte et d'exploitation documentaire a été menée afin de disposer des informations nécessaires à l'élaboration de l'étude. Les données et documents consultés comprennent notamment le PCD de la commune de Kangala, des supports pédagogiques relatifs à l'Adduction d'Eau Potable (AEP), des mémoires et travaux similaires, les résultats du Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH), ainsi que la base de données de l'Inventaire National des Ouvrages (INO) disponible auprès de la Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP).

Enfin, des recherches complémentaires ont été effectuées aussi bien à la bibliothèque de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) que sur des plateformes en ligne, en vue de consulter divers documents scientifiques et techniques en lien avec la thématique de l'étude.

3.3. Diagnostic et états des lieux

Le diagnostic réalisé a permis de recenser les différentes sources d'approvisionnement en eau, d'inventorier les ouvrages hydrauliques existants et d'analyser les modes de gestion actuellement en vigueur pour ces infrastructures. Ces résultats ont été obtenus grâce aux visites de terrain, complétées par des enquêtes menées auprès des populations locales.

3.4. Mobilisation des Ressources en eau

Le système d'alimentation en eau potable projeté sera basé sur l'exploitation des eaux souterraines à partir d'un forage à fort débit. Ce choix se justifie par l'absence de ressources en eaux de surface exploitables et par les contraintes liées à leur traitement. Dans ce contexte, il apparaît indispensable de s'assurer au préalable de la disponibilité et du potentiel de la ressource en eau souterraine, en particulier dans un environnement hydrogéologique dominé par le socle cristallin, généralement peu favorable à la mobilisation des eaux souterraines.

La réalisation d'un forage dans ce type de contexte nécessite une approche pluridisciplinaire, mobilisant plusieurs méthodes complémentaires, chacune apportant des informations spécifiques sur les conditions d'occurrence et de circulation de l'eau. En effet, les formations cristallines sont caractérisées par une hydrogéologie de milieux discontinus ou fissurés, où la présence et la productivité des aquifères dépendent essentiellement du degré d'altération et de fracturation des roches.

Ces formations sont principalement constituées de roches cristallines, notamment les roches éruptives, regroupant les roches plutoniques et volcaniques, ainsi que les roches métamorphiques, également appelées roches cristallophylliennes.

3.5. Recherche documentaire et visite terrain

Une revue documentaire approfondie a été menée afin de mieux cerner la problématique de l'étude et d'orienter efficacement les travaux de recherche. Cette étape a permis de rassembler des informations relatives à la monographie de la zone d'étude, notamment les caractéristiques climatiques, la végétation, le relief, ainsi que les aspects humains et socioéconomiques.

Par ailleurs, l'exploitation des données issues de l'Inventaire National des Ouvrages d'Hydraulique et d'Assainissement (INO 2024), combinée à l'analyse de rapports d'études antérieures, a permis d'apprécier le niveau d'accès à l'eau potable et de dresser un état des lieux des infrastructures hydrauliques existantes dans la zone concernée.

À la suite de cette phase documentaire, des missions de terrain ont été effectuées afin de vérifier la présence et la faisabilité de la réalisation d'un forage à gros débit.

3.6. Interprétation des essais de pompage

Pour l'interprétation des essais de pompage réalisés avec quatre paliers enchaînés, le logiciel OUAIP a été utilisé, en intégrant le débit mesuré à chaque palier ainsi que le rabattement admissible correspondant. Cette approche a permis de déterminer le débit critique en projetant le point d'intersection des droites représentant les coefficients de pertes de charge linéaires et quadratiques sur l'axe des débits.

Les valeurs des coefficients de pertes de charge ainsi obtenues ont ensuite été exploitées pour calculer le rabattement admissible correspondant au débit d'exploitation retenu pour le forage.

3.7. Système d'information géographique (SIG) et Télédétection

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) ont été mobilisés via la plateforme USGS afin de télécharger les images satellitaires couvrant la commune de Kangala.

3.8. Tracé du réseau

Le tracé du réseau a été élaboré en collaboration avec les différentes parties prenantes du projet, après avoir identifié les emplacements des bornes-fontaines, du château d'eau et du local technique. Lors de cette phase, des contraintes importantes ont été prises en compte, notamment la préservation des lieux sacrés, des tombes, ainsi que le positionnement des concessions et des routes.

Une fois le tracé validé par l'ensemble des parties prenantes, une simulation hydraulique du réseau a été réalisée afin de vérifier le bon fonctionnement du système et d'assurer sa performance en exploitation.

3.9. Estimation des différents paramètres

3.9.1. Horizon de dimensionnement et population d'étude

Chaque système d'Adduction d'Eau Potable (AEP) doit être dimensionné en fonction de la population à desservir à un horizon défini. La détermination de cet horizon est donc cruciale afin de garantir un dimensionnement adéquat et durable. Pour ce faire, l'horizon de conception est établi à partir de projections démographiques, économiques et sociales, permettant de prendre en compte les besoins futurs en eau des populations.

Le projet d'AEP du village de Bama a été planifié pour une durée de 25 ans. La population du village est estimée à 2 144 habitants en 2025, et devrait atteindre 4 078 habitants en 2050.

3.9.2. Consommation spécifique (Cs)

La Cs est le volume d'eau potable nécessaire pour satisfaire de façon journalière les besoins d'une personne, exprimé en litres par jour et par habitant (l/jour/hbt). Ce paramètre est essentiel pour estimer la demande en eau des populations et optimiser le dimensionnement des systèmes d'Adduction d'Eau Potable (AEP).

Dans le cadre de cette étude, la consommation moyenne journalière par habitant a été calculée à partir des résultats de l'enquête socio-économique. Cette valeur a ensuite été comparée aux références du PN-AEP ainsi qu'à la consommation spécifique révisée. La valeur retenue pour le dimensionnement du projet est de 25 litres/jour/habitant pour les branchements privés (BP) et de 20 litres/jour/habitant pour les bornes-fontaines (BF), car elle se rapproche de la consommation observée lors de l'enquête, qui était de 31,66 litres/jour/habitant[10].

3.9.3. Taux de desserte de l'AEPS

Cet indicateur représente la proportion de la population ayant accès à l'eau potable dans une zone géographique donnée. Il constitue un outil essentiel pour évaluer l'accès à l'eau des populations et orienter les décisions d'investissement dans les infrastructures hydrauliques.

Pour les besoins de cette étude, les données du PN-AEP, initialement prévues pour l'horizon 2030, ont été extrapolées linéairement jusqu'à 2050, correspondant à l'horizon de conception du projet. La formule d'extrapolation utilisée est présentée ci-dessous :

$$\tau_n = \frac{(n-2025)x(\tau_{2030}-\tau_{2025})}{(2030-2025)} + \tau_{2025}$$

$$\begin{cases} \tau_{2025} : Taux\ d'accès\ à\ l'année\ 2025 \\ \tau_{2030} : Taux\ d'accès\ à\ l'année\ 2030 \\ \tau_n : Taux\ d'accès\ à\ l'année\ n \\ \text{n} : Année\ n \end{cases}$$

3.9.4. Besoins moyens journaliers en eau de la population (Bmj)

Les besoins en eau correspondent au volume nécessaire pour satisfaire la consommation d'une population cible. Ils incluent à la fois :

- les besoins domestiques, représentant la consommation des ménages,
- les besoins annexes, correspondant aux besoins en eau des infrastructures publiques telles que les écoles, les centres de santé (CSPS), les marchés, les lieux de culte (églises, mosquées), etc.

Pour tenir compte de ces besoins annexes dans le cadre de cette étude, un pourcentage équivalent à 10 % des besoins domestiques a été retenu.

Les calculs ont été effectués à l'aide des formules suivantes :

$$B_{d=Cs_{BF}}.Po_{desser/BF} + Cs_{BP}.Po_{dessee/BP}$$

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

$$B_{jm} = 1{,}1.B_d \quad \begin{cases} B_{jm} : Besoins\ moyens\ journalier \\ B_d : Besoin\ domestique \end{cases}$$

3.9.5. Variations périodiques des consommations : coefficients de pointe

La demande en eau des populations varie selon les périodes, influencée par les saisons, les jours de la semaine et les heures de la journée. En vue de prendre en compte les habitudes et comportements de consommation d'eau potable au sein des centres, des coefficients spécifiques ont été adoptés afin de refléter ces variations temporelles. Les valeurs retenues sont présentées ci-après :

- Coefficient de pointe journalière

Le coefficient de pointe journalière exprime l'augmentation temporaire de la demande en eau et est généralement compris entre 1,05 et 1,15. Il est souvent observé lors des journées de grandes festivités ou de repos collectif, en particulier pendant la saison sèche. Dans le cadre de cette étude, un coefficient de pointe journalière de 1,15 a été retenu.

- Coefficient de pointe horaire

Il s'agit d'un indicateur reflétant les habitudes de consommation des utilisateurs au cours de la journée, utilisé pour déterminer le débit de pointe à satisfaire dans le réseau. Sa valeur se situe généralement entre 1,5 et 3 et peut être calculée à partir de la formule suivante :

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

3.9.6. Rendement du réseau

Le rendement est un indicateur utilisé pour évaluer l'efficacité du système d'approvisionnement en eau potable. Il permet de connaitre les pertes survenues au cours des différentes étapes de mobilisation et de distribution, permettant ainsi de distinguer les pertes liées à l'adduction de celles survenues au niveau de la distribution.

Pour le présent projet, un rendement global initial de 90 % a été retenu, avec une diminution progressive de 1 % tous les cinq ans, afin de tenir compte de l'usure et de la vétusté potentielles des équipements.

3.9.7. Besoins en eau du jour de pointe

Ils correspondent au volume d'eau maximal requis pour satisfaire la demande effective des populations pendant les périodes où la consommation atteint son niveau le plus élevé au cours de la journée. Ces débits sont essentiels pour le dimensionnement des infrastructures de distribution, afin de garantir une desserte adéquate même lors des périodes de forte demande. Ils sont calculés à l'aide de la formule suivante :

$$B_{jp} = B_{jm}.C_{jp} \quad \begin{cases} B_{jp} : \text{Besoin du jour de pointe} \\ B_{jm} : \textit{Besoin moyen journalier} \\ C_{jp} : \textit{Coefficient de pointe journalière} \end{cases}$$

3.9.8. Besoin de production

C'est le volume d'eau nécessaire pour satisfaire la demande des différents usagers sur une période donnée, en tenant compte du rendement du réseau ainsi que des usages domestiques, industriels et agricoles. Cette évaluation permet d'optimiser la planification et d'assurer une desserte en eau potable adéquate pour l'ensemble de la population. Le calcul de ces besoins est effectué à l'aide de la formule suivante :

$$B_{produc} = \frac{B_{jp}}{\eta_{ré}} \quad \begin{cases} B_{produc} : \text{Besoin de production} \\ B_{jp} : \text{Besoin du jour de pointe} \\ \eta_{ré} : \text{Rendement du réseau} \end{cases}$$

3.9.9. Critères de dimensionnement

On peut définir les paramètres de conception comme l'ensemble des conditions et facteurs permettant de déterminer la capacité et les caractéristiques techniques nécessaires à la conception et au dimensionnement d'un système d'AEP. Ces paramètres tiennent compte des différents éléments qui sont : le forage, le château, le système de pompage et la source d'énergie utilisée pour le fonctionnement du réseau.

3.9.10. Mode de pose des conduites

Pour assurer une installation correcte et sécurisée des conduites, tout en garantissant leur durabilité et leur protection contre les activités humaines et les conditions climatiques, leur pose doit respecter certaines normes techniques. Cela inclut la détermination des dimensions des fouilles (profondeur et largeur) et aussi la mise en place d'un lit de sable.

Les dimensions des fouilles reposent sur les prescriptions techniques de l'étude, les caractéristiques géologiques et physiques du terrain, ainsi que sur les diamètres commerciaux des conduites [9]. Les valeurs précises de profondeur et de largeur sont calculées à partir des relations suivantes :

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

3.9.11. Nature de la source d'eau

Pour l'alimentation du système d'Adduction d'Eau Potable (AEP), le choix s'est porté sur les eaux souterraines, exploitées à partir d'un forage. Cette ressource présente l'avantage d'une qualité élevée, nécessitant uniquement un traitement d'appoint limité, généralement par chloration simple. Ce type de traitement est à la fois plus facile à maîtriser et moins coûteux que les traitements nécessaires pour les eaux de surface, qui sont souvent plus complexes.

La zone d'étude dispose d'un forage à gros débit, supérieur à 10 m³/h, qui sera utilisé comme source principale pour l'alimentation du système.

3.9.12. Système de pompage à choisir

Un système de pompage d'eau regroupe l'ensemble des équipements et installations nécessaires pour prélever l'eau depuis une source donnée qu'elle soit souterraine ou de surface et l'acheminement vers un château ou un refoulement distributif. Il est composé de : pompes, conduites, vannes, réservoirs et les appareils de contrôle.

Les calculs correspondants sont réalisés à l'aide des formules suivantes :

$$HMT = H_g + \triangle H \qquad \begin{cases} HMT : Hateur\ manometrique\ totale \\ H_g : Hauteur\ géométrique \\ \triangle H : Pertes\ de\ charges\ totales \end{cases}$$

$$H_g = Z_{tr-pl} - Z_{ndf} \qquad \begin{cases} H_g : Hauteur\ géometrique \\ Z_{tr-pl} : Cote\ du\ trop-plein\ du\ reservoir \\ Z_{ndf} : Cote\ du\ niveau\ dynamique\ du\ forage \end{cases}$$

$$P_{hy} = \frac{\rho x g x Q x HMT}{1000} \qquad \begin{cases} P_{hy} : Puissance\ hydraulique\ en\ Kw \\ HMT : Hauteur\ manométrique\ en \\ g : intensité\ de\ la\ pésenteur\ en \frac{m}{s2} \end{cases}$$

$$P_{Ab} = \frac{P_{hy}}{\eta_p} \qquad \begin{cases} \mathrm{P_{Ab}} : Puissance\ absorbée\ \ en\ Kw \\ \mathrm{P_{hy}} : Puissance\ hydraulique\ en\ Kw \\ \eta_p : Rendement\ de\ la\ pompe \end{cases}$$

$$P_m = \frac{P_{ab}}{\eta_m} \quad \begin{cases} P_m : \text{Puissance du moteur en Kw} \\ P_{ab} : \text{Puissance absorbée en Kw} \\ \eta_m : \text{Rendement du moteur} \end{cases}$$

3.9.13. Choix de la source d'énergie

La visite de terrain a révélé que le village bénéficiaire de l'Adduction d'Eau Potable Simplifiée (AEPS) n'est pas raccordé au réseau électrique de la SONABEL. Cela a conduit au choix d'un système de pompage hybride, combinant une source solaire photovoltaïque, utilisée durant la journée pendant 8 heures, et un système thermique, prenant le relais pendant 4 heures. Ce dispositif permet d'assurer le pompage quotidien pendant 12 heures, correspondant aux périodes d'exploitation prévues pour l'alimentation en eau potable du village.

✓ **Champ solaire**

Dans le cadre du dimensionnement du champ solaire, plusieurs paramètres ont été pris en compte, notamment le facteur de correction lié à l'ensoleillement et les pertes dues à la poussière. La puissance de crête (Pc) du système est calculée à partir de la formule proposée par Schiller, Royer, Djiako et Sy (1998)[11], présentée ci-dessous :

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

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

▪ **Disposition et nombre des panneaux solaires**

La relation suivante permet de calculer le nombre de modules solaires nécessaires pour constituer le champ solaire :

$$N_{mo} = \frac{Pc_T}{P_{c,mo}} \quad \begin{cases} N_{mo} : \text{Nombre de modules solaires} \\ Pc_T : \text{Puissance crete totale du champ solaire} \\ Pc, mo : \text{Puissance crete d'un module} \end{cases}$$

Les relations suivantes sont utilisées pour le calcul du nombre de panneaux à installer en série ainsi que du nombre à disposer en parallèle :

$$N_{mo,sé} = \frac{U_{max,sys\,PV}}{U_{nomi,mo}} \quad \begin{cases} N_{mo,sé} : Nombre\ de\ modules\ en\ série \\ U_{max,sys\ PV} : Tension\ maximale\ du\ champ\ photovoltaique \\ U_{nomi,mo} : Tension\ nominale\ du\ module\ photovoltaique \end{cases}$$

$$N_{mo,par} = \frac{Pc_T}{N_{mo,s}\ X\ P_{c,mo}} \begin{cases} N_{mo,par} : Nombre\ de\ modules\ en\ parallele \\ P_T : Puissance\ crête\ totale\ du\ champ \\ N_{mo,sé} : Nombre\ de\ module\ en\ série \\ P_{c,mo} : Puissance\ crête\ d'un\ module \end{cases}$$

Une fois le nombre de modules photovoltaïques déterminé pour les configurations en série et en parallèle, il est nécessaire de vérifier le ratio de surdimensionnement du champ solaire. Ce ratio doit rester inférieur à 10 % afin d'assurer une performance optimale du système. Il est calculé à l'aide de la formule suivante :

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

- ✓ **Groupe électrogène**

Pour garantir la continuité de l'alimentation en eau potable pendant les périodes de faible ensoleillement, il est nécessaire de dimensionner un groupe électrogène capable de fournir l'énergie requise aux pompes.

Dans le cadre de cette étude, la formule approximative de Schiller, Royer, Djiako et Sy (1998) a été utilisée pour le calcul du groupe électrogène. Cette formule est applicable aux pompes dont la puissance du moteur est inférieure à 20 kW. La puissance apparente du groupe électrogène est déterminée à partir de l'expression suivante :

$$P_{app} = max \begin{cases} 2x \frac{\rho\ x\ g\ x\ Q\ x\ HMT}{3600\ x\ \eta_p\ x\ cos\varphi}\ ; \\ 2x \frac{\sqrt{3}\ x\ Ux\ I_n\ x\ Cos\varphi}{1000} x\ 1{,}25 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_{app} : Puissance\ apparente\ du\ groupe\ en\ VA \\ U : Tension\ du\ moteur\ en\ volt \\ I_n : Intensité\ nominale\ du\ moteur\ en\ A \\ Cos\varphi : facteur\ de\ puisssance \end{cases}$$

3.9.14. Réservoir de stockage

Dans le cadre de cette étude, le réservoir de stockage d'eau potable constitue un ouvrage destiné à stocker l'eau à une altitude donnée afin de : lisser les pointes journalières de consommation,

assurer la pression du réseau gravitaire de distribution et équilibrer les pressions à travers le réseau.

Pour le projet de Bama, le réservoir sera de type métallique, étanche et de forme cylindro-conique. Ce choix est justifié par sa compatibilité avec les petits centres, son coût de réalisation relativement faible et la disponibilité des compétences techniques locales pour sa construction.

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

La capacité utile du réservoir peut être déterminée à l'aide de trois principales méthodes :

- Méthode analytique : Cette approche consiste à analyser les déficits et excédents d'eau non utilisée au cours de la journée. La capacité utile est obtenue en additionnant les valeurs maximales absolues des déficits et des surplus d'eau.

- Méthode graphique : Elle repose sur l'utilisation de courbes représentant les flux d'adduction et de distribution. En superposant ces courbes, il est possible de visualiser les écarts maximaux entre l'eau fournie et l'eau consommée, dont la somme permet de calculer la capacité utile du réservoir.

- Méthode forfaitaire : Cette méthode s'appuie sur l'expérience accumulée dans différents Pays et sur les données historiques des centres d'AEP. Dans le contexte du Burkina Faso, la capacité utile peut être estimée à partir de relations basées sur les demandes journalières de pointe. Les formules correspondantes sont présentées dans le Tableau 1[12], permettant de déterminer rapidement la capacité utile du réservoir.

Tableau 1 : Valeurs pratiques de la capacité utile du réservoir

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

- **Calcul de la hauteur sous radier**

Elle est la distance verticale entre la base de la fondation et le fond du réservoir ou de la cuve. Cette hauteur est cruciale pour assurer des conditions optimales de pression et de vitesse dans les systèmes d'Adduction d'Eau Potable (AEP). Sa détermination repose sur les formules suivantes :

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

$$Z_{rad} = Max(H_{imin}) \quad \begin{cases} H_{imina} : \text{Charge au nœud i imposé par le réservoir en m} \\ \Delta H_{irés} : \text{Perte de charge du nœud i au reservoir en m} \\ Z_{iaval} : \text{Cote du nœud aval i en m} \\ P_s : \text{Pression de service en m} \\ Z_{rad} : \text{Cote du radier en m} \\ H_{rad} : \text{Hauteur sous radier en m} \\ Z_{TNRés} : \text{Cote du terrain naturel} \end{cases}$$

$$H_{rad} = Z_{rad} - Z_{TNRés}$$

- **Traitement de l'eau**

Pour le projet de Bama, l'eau destinée à la distribution provient d'un forage dont la qualité est généralement très bonne, ne nécessitant donc pas de traitement complexe. Cependant, afin de renforcer la qualité sanitaire de l'eau, un traitement par chloration sera mis en œuvre. La solution préparée du chlore sera injectée dans le réseau de refoulement à l'aide d'une pompe doseuse.

- **Temps de contact minimal du chlore**

Il correspond à la durée minimale pendant laquelle le chlore doit rester en contact avec l'eau pour assurer une désinfection efficace, permettant l'élimination des micro-organismes.

Pour garantir une efficacité optimale, le temps de contact minimal doit être supérieur ou égal à 2 heures, conformément à la condition suivante :

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

- **Temps de séjour maximal du chlore**

La détermination du temps de séjour du chlore permet de savoir la durée pendant laquelle le chlore conserve un effet rémanent, assurant ainsi le maintien de la qualité de l'eau tout au long de la chaîne de distribution. Pour garantir la sécurité sanitaire, le temps de séjour maximal du chlore ne doit pas dépasser 2 jours. Cette vérification est réalisée à l'aide de l'expression suivante :

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

- **Quantité du chlore**

La norme retenue pour le chlore résiduel se situe entre 0,5 et 5 mg/L(OMS), valeur également appliquée dans les centres de traitement de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement.

Le débit d'injection de la pompe doseuse ainsi que le volume du bac de préparation du réactif sont déterminés à l'aide des relations suivantes :

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

$$V_b = q \times T \quad \begin{cases} V_b : Volume\ du\ bac\ en\ l \\ q : débit\ d'injection\ de\ la\ pompe\ doseuse\ en \frac{l}{h} \\ T : Temps\ de\ fonctionnement\ \ par\ j\ en\ H \end{cases}$$

3.9.15. Réseau de refoulement d'eau

Le réseau de refoulement comporte un ensemble des conduites et d'équipements permettant de transporter l'eau sous pression, généralement depuis un forage vers un château, un réseau de distribution (refoulement distributif)[13]. Ce réseau joue un rôle essentiel dans les systèmes d'Adduction d'Eau Potable (AEP), en assurant un transport efficace et fiable de l'eau.

- **Dimensionnement de la conduite de refoulement**

Pour le réseau de refoulement dans le cadre de cette étude, des conduites en PEHD avec une pression nominale de 16 bars (PN16) ont été retenues, en raison de leur fiabilité, de leur facilité de mise en œuvre et de leur disponibilité sur le marché local.

Le diamètre de la conduite de refoulement a été déterminé en utilisant plusieurs formules, permettant de sélectionner le plus petit diamètre nominal qui satisfait à la fois les conditions de vitesse et le critère de Flamant.

Tableau 2 : Formules de calcul du diamètre de refoulement

Formule de Bresse :	$D(m) = 1{,}5 \times \sqrt{Q\left(\frac{m^3}{s}\right)}$
Formule de Bresse modifiée	$D(m) = 0{,}8 \times \sqrt[3]{\left(Q\left(\frac{m3}{s}\right)\right)}$
Formule de Munier	$D(m) = (1 + 0{,}02 \times temps\ de\ pompage) \times \sqrt{\left(Q\left(\frac{m3}{s}\right)\right)}$
Les diamètres trouvés ont été vérifiés par la condition de flamant	V (m/s) <= 0,60 + D (m)

- **Vérification du coup de bélier**

L'arrêt ou le démarrage brusque d'une pompe, ainsi que la fermeture ou l'ouverture instantanée d'une vanne, provoquent une variation rapide de pression dans les conduites, pouvant entraîner des dépressions ou des surpressions[14]. Ce phénomène, appelé coup de bélier, peut être préjudiciable pour la conduite de refoulement et les équipements associés.

La vérification du coup de bélier implique le calcul de la célérité des ondes et des variations de pression dans les conduites. La célérité dépend notamment de la nature du matériau et du diamètre de la conduite, et est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$C = \sqrt{\frac{1}{\rho\left(\frac{1}{\varepsilon}+\frac{D}{E\,x\,e}\right)}}$$

$$\begin{cases} C\left[\frac{m}{s}\right] : célérité\ de\ l'onde \\ \varepsilon[Pa] : module\ d'elasticité\ de\ l'eau \\ \text{D[mm]} : diamètre\ intérieur\ de\ la\ conduite \\ \text{E[Pa]} : module\ d'élasticité\ de\ la\ conduite \\ \text{e[mm]} : épaisseur\ de\ la\ conduite \end{cases}$$

La variation maximale de pression dans la conduite, due à une fermeture rapide, est déterminée à l'aide de la formule de Joukovsky-Aliévi. Cette formule permet d'évaluer l'ampleur des surpressions ou dépressions générées lors d'une perturbation hydraulique soudaine, afin de prévenir les dommages sur le réseau et les équipements :

$$\Delta P = \pm \frac{CxV_0}{g}$$

$$\begin{cases} \triangle \text{ P} : variation\ maximale\ de\ pression\ (depression\ ou\ surpression) \\ V_o : vitesse\ d'ecoulement\ initial \end{cases}$$

Afin de déterminer si les variations de pression peuvent être préjudiciables et si des dispositifs anti-bélier doivent être installés pour protéger les installations, les conditions suivantes doivent être vérifiées :

$\text{Pmax} \geq PMA \;\; avec\; Pmax = HMT + \triangle P$

$$\begin{cases} \text{Pmax[m] : pression maximale} \\ \text{PMA[m] : Pression maximale admissible} = 1{,}2\text{xPN} \\ \text{Pmin[m] : Pression minimale} \\ \text{P}_{\text{atm}}\text{[m] : Pression atmosphérique} \approx 10{,}33 \end{cases}$$

$\text{Pmin} \leq P_{atm} \;\; avec\; Pmin = HMT - \triangle P$

3.9.16. Réseau de distribution

C'est l'ensemble des canalisations et équipements conçus pour assurer le transfert de l'eau potable depuis le réservoir de stockage jusqu'aux différents points de consommation (BF ou BP).

- **Types de réseau**

Le type de réseau retenu pour le village de Bama est ramifié, pour les raisons suivantes :

- Dans un petit centre disposant de forages fonctionnels, l'exigence de continuité de desserte est relativement faible, ce qui ne justifie pas l'installation d'un réseau maillé, bien que ce dernier offre davantage de flexibilité pour l'exploitation.
- La densité des points de desserte étant faible, un réseau ramifié s'avère suffisant.
- Le coût d'investissement pour un réseau ramifié est nettement inférieur à celui d'un réseau maillé dans le cas d'un petit centre.

Le mode de distribution adopté est gravitaire, avec un réservoir de stockage surplombant l'ensemble du réseau. L'implantation de la cuve et des bornes-fontaines a été réalisée en concertation avec les parties prenantes afin de respecter les sites sacrés et les propriétés privées.

Les conduites sont en PEHD PN10, avec des conditions de vitesses comprises entre 0,3 et 1,2 m/s afin de favoriser l'auto-curage et limiter les dépôts. Les pressions dans le réseau doivent être comprises entre 10 mCE et 50 mCE, garantissant ainsi une pression de service adéquate pour tous les usagers.

- **Points de distribution**

Dans le cadre de notre système d'AEP, les points de distribution sont constitués des branchement particuliers (BP) et des bornes-fontaines (BF), qui doivent être implantés dans le village afin de faciliter l'accès à l'eau potable pour la population.

Selon les recommandations du PN-AEP, une borne BF dessert en moyenne 500 personnes dans un rayon maximal de 500 m, et doit être implantée dans un emplacement accessible et approprié en toute saison. Quant aux branchements particuliers, ils sont prévus pour desservir environ 10 personnes par BP. On détermine le nombre de branchements particuliers à l'horizon 2050 à l'aide de la formule suivante :

$$N_{BP} = \frac{Po_{BP}}{10} \qquad \begin{cases} Po_{Bp} : \text{Population approvisionné en BP} \\ N_{BP} : \text{Nombre de branchement particulier BP} \end{cases}$$

- **Détermination des débits de BP et BF**

Le dimensionnement du réseau est réalisé en considérant le cas le plus défavorable, ce qui implique le calcul des débits de pointe horaire pour les BF et les BP. Les formules suivantes permettent de les déterminer :

$$Q_{dist} = \frac{B_{jp\ x\ C_{ph}}}{T_{dist}} \qquad \begin{cases} Q_{dist}\left[\frac{l}{s}\right] : débit\ de\ distribution \\ B_{jp}[l] : besoin\ de\ pointe\ journalier \\ C_{ph} : coefficient\ de\ pointe\ horaire \\ T_{dist}[l] : temps\ de\ distribution \end{cases}$$

Calcul du débit de pointe horaire des BF

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

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

Calcul du débit de pointe horaire des branchements particuliers

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

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

Nous avons considéré un temps de distribution pour les Bornes Fontaines et les branchements particuliers respectivement de 12 h et de 20 h par jour.

- **Méthode de dimensionnement du réseau ramifié**

Le dimensionnement du réseau ramifié sera effectué selon le principe de calcul de l'aval vers l'amont, c'est-à-dire que le calcul des conduites commence à partir des points de consommation situés en bout de réseau et remonte progressivement vers les branches principales et le réservoir de stockage. Cette méthode permet de déterminer les diamètres optimaux des conduites en tenant compte des débits cumulés et des pertes de charge le long du réseau.

Débit fictif

Il sert au dimensionnement des conduites de distribution, en tenant compte à la fois du débit circulant dans la conduite et des prélèvements effectués aux nœuds situés en aval. Cette approche permet d'assurer que chaque tronçon du réseau est correctement dimensionné pour satisfaire la demande cumulée des usagers tout en maintenant des vitesses et pressions adéquates[12].

$$Q_{fict} = 0{,}55\ Q_r + \Sigma Q_{aval} \qquad \begin{cases} Q_{fict}\left[\frac{l}{s}\right] : \text{débit fictif} \\ Q_r\left[\frac{l}{s}\right] : \text{débit en route} \\ \Sigma Q_{aval}\left[\frac{l}{s}\right] : \text{débit aval} \end{cases}$$

Calcul du diamètre des conduites

Pour déterminer le diamètre théorique des conduites, nous avons utilisé l'équation de continuité, qui relie le débit transporté à la section de la conduite et à la vitesse d'écoulement. La valeur obtenue a ensuite servi de base pour sélectionner le diamètre commercial approprié, compatible avec les standards disponibles sur le marché.

$$D_{th}: \sqrt{\frac{4xQ_{fict}}{\pi xV}} \qquad \begin{cases} D_{th}[m] : \text{diamètre théorique} \\ Q_{fict}\left[\frac{l}{s}\right] : \text{débit fictif} \\ V\left[\frac{m}{s}\right] : \text{vitesse théorique} = \frac{1m}{s} \end{cases}$$

Calcul des pertes de charges

Les pertes de charge linéaires dans le réseau ont été estimées en utilisant la formule de Manning-Strickler, qui permet de relier la vitesse d'écoulement, le diamètre de la conduite et la rugosité

du matériau. Quant aux pertes de charge singulières (liées aux coudes, regards, vannes, etc.), elles ont été approximées à 10 % des pertes de charge linéaires, conformément aux pratiques usuelles de dimensionnement.

$$J_L(m) = \frac{10.29 * Q^2}{Ks^2 * D^{5.33}} * L$$

Où : J_L est la perte de charge linéaire exprimée en m
Q est le débit qui passe dans la conduite en m3/s
L est la longueur de la conduite en ml
D est le diamètre de la conduite exprimé en m
Ks est le coefficient de rugosité de Manning Strickler avec Ks = 120 pour conduites en plastique.

Calcul des vitesses réelles et des pressions de services

L'équation de continuité a été appliquée pour déterminer les vitesses réelles dans chacun des tronçons du réseau, après avoir sélectionné les diamètres commerciaux. Cette vérification a permis de s'assurer que les vitesses respectent les limites recommandées, à savoir 0,3 m/s ≤ V réelle ≤ 1,2 m/s, garantissant à la fois un écoulement efficace et la prévention des dépôts ou de l'érosion dans les conduites.

$$V = \frac{4xQ_{fict}}{\pi x Di^2} \quad \begin{cases} V[\frac{m}{s}] : vitesse\ de\ la\ conduite \\ Q_{fict}\left[\frac{l}{s}\right] : \text{débit fictif} \\ Di^2 : diamètre\ interieur\ de\ la\ conduite \end{cases}$$

Les pressions de service ont été évaluées pour l'ensemble des nœuds du réseau ainsi que pour les points de distribution (bornes-fontaines et branchements particuliers). La pression de service en chaque point est calculée en considérant la charge totale au niveau du point, à laquelle on soustrait le rapport du carré de la vitesse d'écoulement sur deux fois l'accélération de la pesanteur, afin de tenir compte de l'effet de la vitesse sur la pression disponible.

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

$$P_{srj} = H_j - Z_j - \Sigma_j \Delta H \quad \begin{cases} P_{srj}[mCe] : pression\ réelle\ de\ service\ au\ point\ j \\ H_j[m] : charge\ au\ point\ j \\ Z_j[m] : cote\ au\ point\ j \end{cases}$$

3.9.17. Simulation sur le logiciel Epanet

Pour la vérification du bon fonctionnement hydraulique du réseau de distribution et le contrôle de la précision des calculs réalisés sur Excel, le logiciel EPANET a été utilisé pour la simulation. Les principaux paramètres d'entrée considérés sont les suivants :

- Nœuds : altitude, coordonnées géographiques (longitude et latitude) et demande de base en eau.
- Réservoir de stockage (cuve) : altitude du radier, diamètre et volume du réservoir, ainsi que niveaux minimum et maximum d'exploitation.
- Tronçons du réseau (arcs) : longueur et diamètre des conduites, ainsi que la rugosité du matériau.

3.9.18. Equipements de protections et ouvrages annexes

Pour assurer le bon fonctionnement du réseau et garantir sa protection, il est nécessaire d'installer des équipements spécifiques tels que les ventouses, clapets anti-retours, vidanges, by-pass et vannes d'arrêt. La mise en place de ces pièces particulières doit être accompagnée de la construction de butées de protection pour prévenir tout dommage.

Par ailleurs, il est essentiel de prévoir des ouvrages annexes permettant une exploitation et une gestion optimale du système d'AEP, notamment : le local technique, le bureau de gestion et une clôture grillagée pour sécuriser les installations.

3.9.19. Analyse de la rentabilité du projet

Le but de l'analyse financière est d'étudier les conditions de rentabilité des capitaux investis par le projet, à l'équilibre financier des services publics ou privés chargés de gérer le projet[15]. Il s'agit d'évaluer les critères de rentabilité suivant :

- ✓ **Le taux de rentabilité simple (TRS) :** c'est le ratio du profit en année normale de pleine production à l'investissement initial. Le TRS explicite le rendement de l'unité monétaire investie pendant un certain nombre d'années. Il permet une meilleure comparaison entre la somme actualisée des recettes nettes et le montant actualisé de l'investissement ;
- ✓ **La valeur actuelle nette (VAN)** qui correspond à la valeur de tous les flux monétaires positifs ou négatifs anticipés du projet. La valeur actuelle de l'échéancier de flux financiers positifs (recettes) et négatifs (coûts) peut nous aider dans le choix de projets intéressants : tout projet présentant une somme de flux financiers actualisés positive c'est-à-dire un cash-flow positif ou avantage supplémentaire net positif est à

priori intéressant du point de vue financier. La VAN est calculée à l'aide de la formule suivante :

$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{R_t - I_t - C_t}{(1+\alpha)^t}$	Avec : - R_t : Recettes totale à l'année t - C_t : Charge d'exploitation à l'année t - I_t : Investissement à l'année t - α : Taux d'actualisation

✓ **Le 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. Il correspond au taux d'actualisation pour lequel la VAN est égale à zéro. Il est exprimé comme suit :

$VAN = 0 \Rightarrow \sum_{t=1}^{n} \frac{R_t - I_t - C_t}{(1+\alpha)^t} = 0$	Avec : - R_t : Recettes totale à l'année t - C_t : Charge d'exploitation à l'année t - I_t : Investissement à l'année t - α : Taux d'actualisation

IV. ÉTUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

Cette section a pour objectif de mettre en évidence et de commenter les principaux résultats obtenus à la suite du dimensionnement des différents éléments de l'Adduction en Eau Potable Simplifiée (AEPS). Elle permet d'analyser la pertinence des choix techniques réalisés et de discuter l'impact des paramètres dimensionnés sur le fonctionnement global du système.

4.1. Diagnostic et états des lieux

Les visites sur le terrain et les enquêtes réalisées auprès des populations ont permis de recenser et d'inventorier l'ensemble des ouvrages hydrauliques existants dans la zone d'étude.

4.1.1. Sources de desserte en eau potable

Les résultats de l'étude révèlent que l'approvisionnement en eau des populations repose majoritairement sur les forages munis de pompes à motricité humaine, ainsi que sur les puits traditionnels. L'analyse des réponses montre que 75 % des enquêtés déclarent disposer en permanence d'une quantité d'eau potable suffisante, tandis que 20 % estiment que leurs besoins sont satisfaits de manière intermittente[10]. En revanche, 5 % des personnes interrogées indiquent ne jamais être satisfaites en matière d'accès à l'eau de boisson. Par ailleurs, il apparaît que les

forages constituent la principale source d'approvisionnement pour la majorité des ménages, lesquels utilisent essentiellement des bidons de 20 litres et des barriques de 200 litres pour le transport de l'eau.

4.1.2. Inventaire des ouvrages d'eau existants

D'après les données de l'inventaire national des ouvrages hydrauliques de 2024, le village de Bama dispose de cinq (05) forages dont quatre (04) communautaires et un (01) institutionnel. Le village a un taux d'accès de 79,4%. On remarque que la localité ne dispose pas d'un système d'Approvisionnement en Eau Potable Simplifiée. L'insuffisance des données sur les forages existants notamment en termes de débit et de profondeur n'a pas permis d'identifier plusieurs forages à gros débits. Seul un forage à gros débit, de débit supérieur à 12 m3/h a été réalisé. Le récapitulatif des forages de la zone d'étude est présenté.

4.1.3. Système de gestion actuelle des ouvrages

La responsabilité de l'exploitation et de l'entretien des forages équipés de pompes à motricité humaine du village a été confiée aux associations d'usagers de l'eau, conformément aux dispositions du document cadre régissant la gestion du service public de l'eau en milieu rural et semi-urbain, à travers la signature d'une convention de délégation. Bien que ces associations aient été créées et formées depuis 2014, elles ne disposent pas de récépissés officiels. Par ailleurs, leur fonctionnement demeure insuffisant, notamment en raison de l'absence d'un système régulier de cotisation. Les contributions financières sont généralement collectées de manière ponctuelle, principalement lors de la survenue de pannes, ce qui empêche la constitution d'un fonds destiné à l'entretien préventif et au renouvellement des équipements.

4.2. Mobilisation de la ressource en eau

4.2.1. Recherche documentaire et visite terrain

L'identification des forages à fort rendement, définis par un débit supérieur à 5 m^3/h, a été réalisée à travers une analyse documentaire complétée par des visites de terrain dans la zone d'étude. Ces investigations ont permis de recenser un seul forage répondant à ce critère, présentant un débit de 12,073 m^3/h. Cet ouvrage, réalisé en 2024 par la Direction Générale de l'Eau Potable (DGEP), constitue une ressource stratégique pour le projet. En conséquence, il est proposé de retenir ce forage comme source d'alimentation en eau du système envisagé. À cet effet, une analyse approfondie des données issues des travaux de foration ainsi que des essais de pompage s'avère indispensable afin de déterminer, d'une part, le débit optimal d'exploitation

et, d'autre part, le débit critique du forage. Les coordonnées géographiques de l'ouvrage sont les suivantes : latitude 11°01'26,700'' et longitude 05°17'31,818''.

4.2.2. Foration et développement

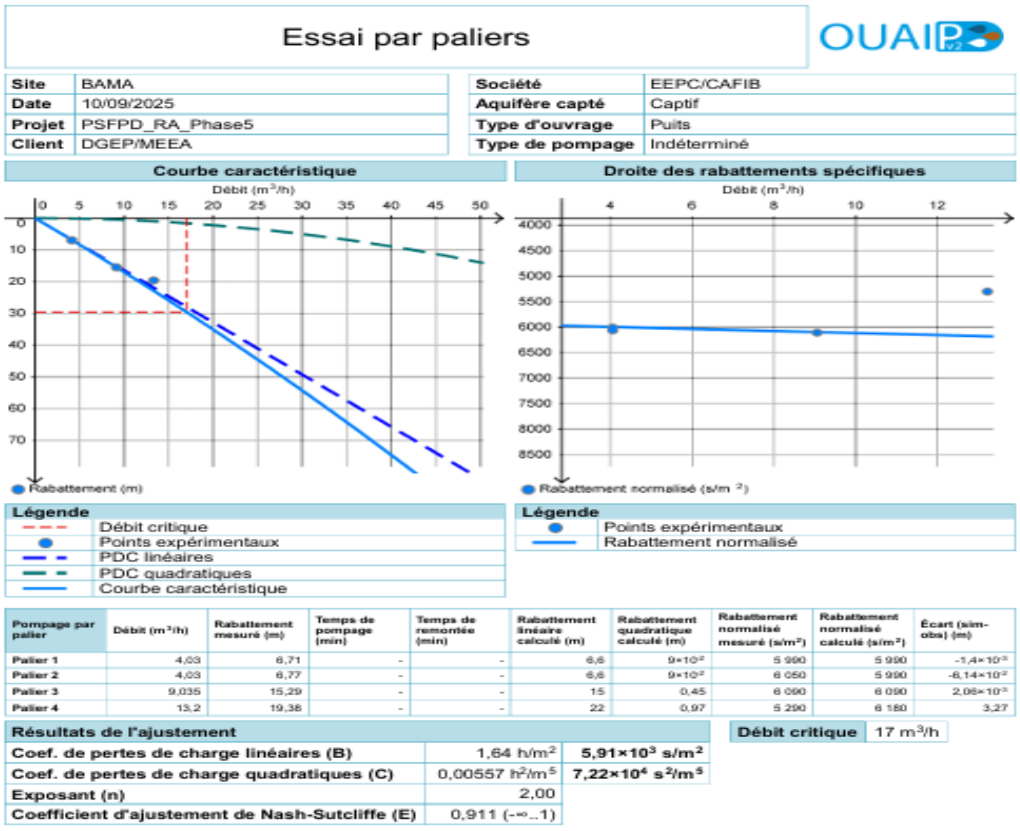
L'analyse des données issues des travaux de foration indique que l'ouvrage présente une profondeur totale équipée de 69,90 m, avec un niveau statique mesuré à 10,31 m. Le débit enregistré à la fin des opérations de foration était de 12 m³/h. À l'issue d'une phase de développement d'une durée de quatre heures, l'eau est apparue claire et le débit mesuré a atteint 12,983 m³/h.

4.2.3. Essais de pompage et interprétation

La détermination des paramètres hydrauliques du forage ainsi que de la profondeur optimale d'installation de la pompe a été réalisée à l'aide du logiciel OUAIP (Outil d'Aide à l'Interprétation des Essais de Pompage)[16]. L'interprétation des résultats a permis d'estimer un coefficient de perte de charge linéaire $B=5,91x10^3$ s/m^2 et un coefficient de perte de charge quadratique $C=7,22x10^4$ s^2/m^5 avec un débit critique évalué à 17 m³/h. En retenant un débit d'exploitation de 10 m³/h, le rabattement calculé est de 18,47 m, conduisant à un niveau dynamique de 28,74 m. En intégrant les variations saisonnières du niveau d'eau ainsi qu'une marge de sécurité pour le fonctionnement de la pompe, la profondeur d'implantation de la pompe immergée a été fixée à 52 m, correspondant à une cote d'installation de 535,35 m. Les résultats obtenus sont présentés ci-après.

Tableau 3 : Cote d'installation

CALCUL DE PROFONDEUR D'INSTALLATION								
Q ex(m3/h)	S (m)	ΔS (m)	ΔIA (m)	NS (m)	Prof d'installation (m)	Prof d'installation retenue (m)	ZTN forage (m)	Cote d'installation retenue/sol (m)
10	18,47	5	5	10,27	52	52	597,35	535,35



Essai par paliers

OUAIPS

Site	BAMA	**Société**	EEPC/CAFIB
Date	10/09/2025	**Aquifère capté**	Captif
Projet	PSFPD_RA_Phase5	**Type d'ouvrage**	Puits
Client	DGEP/MEEA	**Type de pompage**	Indéterminé

Courbe caractéristique

Débit (m^3/h)

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

0 10 20 30 40 50 60 70

Rabattement (m)

Droite des rabattements spécifiques

Débit (m^3/h)

4 6 8 10 12

4000 4500 5000 5500 6000 6500 7000 7500 8000 8500

Rabattement normalisé (s/m^2)

Légende	
	Débit critique
	Points expérimentaux
	PDC linéaires
	PDC quadratiques
	Courbe caractéristique

Légende	
	Points expérimentaux
	Rabattement normalisé

Pompage par palier	Débit (m^3/h)	Rabattement mesuré (m)	Temps de pompage (min)	Temps de remontée (min)	Rabattement linéaire calculé (m)	Rabattement quadratique calculé (m)	Rabattement normalisé mesuré (s/m^2)	Rabattement normalisé calculé (s/m^2)	Écart (sim-obs) (m)
Palier 1	4,03	6,71	-	-	6,6	9×10^{-2}	5 990	5 990	$-1,4\times10^{-3}$
Palier 2	4,03	6,77	-	-	6,6	9×10^{-2}	6 050	5 990	$-8,14\times10^{-2}$
Palier 3	9,035	15,29	-	-	15	0,45	6 090	6 090	$2,08\times10^{-3}$
Palier 4	13,2	19,38	-	-	22	0,97	5 290	6 180	3,27

Résultats de l'ajustement		
Coef. de pertes de charge linéaires (B)	1,64 h/m^2	**$5,91\times10^{3}$ s/m^2**
Coef. de pertes de charge quadratiques (C)	0,00557 h^2/m^5	**$7,22\times10^{4}$ s^2/m^5**
Exposant (n)	2,00	
Coefficient d'ajustement de Nash-Sutcliffe (E)	0,911 (-∞..1)	

Débit critique 17 m^3/h

Figure 7 : Interprétation des essais de pompage

L'analyse des résultats issus des tests de pompage montre que l'ouvrage peut fonctionner de façon stable avec un débit de 10 m³/h. À ce régime d'exploitation, l'équilibre hydrodynamique du forage est maintenu et les conditions de fonctionnement de la pompe restent sécurisées, excluant tout risque de mise à sec, comme le confirment les données consignées dans les fiches d'essais.

4.2.4. Analyse physico-chimique et microbiologique

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques indiquent que l'ensemble des paramètres mesurés respecte les exigences réglementaires en matière de potabilité en vigueur au Burkina Faso. En conséquence, l'eau issue de ce forage ne présente aucun risque sanitaire et peut être intégrée au réseau de refoulement du système d'alimentation en eau potable envisagé. Les données détaillées de ces analyses sont présentées dans les fiches de résultats correspondantes.

4.3. Estimation des besoins en eau

4.3.1. Hypothèses de calcul

La conception de l'AEPS repose sur des principes de base établis préalablement, destinés à guider les décisions techniques et à garantir que le système réponde aux besoins en eau de manière fiable et durable.

Tableau 4: Récapitulatif des hypothèses

Hypothèses de Base	Valeurs
Année de référence	**2019**
Horizon de dimensionnement	**2050**
Population 2019	**1837**
Taux d'accroissement de la population	**2,606%**
Taux d'accès de l'AEPS à l'horizon du projet	**90%**
Pourcentage de personnes s'approvisionnant à la BF à l'horizon 20250	**10%**
Pourcentage de personnes s'alimentant par BP à l'horizon 2050	**80%**
Consommation spécifique moyenne des ménages selon l'enquête ménage en l/j/h	**31,66**
Consommation spécifique choisie pour les BF en l/j/hbt	**20**
Consommation spécifique retenue pour les BP en l/j/hbt	**25**
Nombre de personnes par ménage	**6**
Coefficient de pointe saisonnière Cps	**1,15**
Coefficient de pointe journalière Cpj	**1,15**
Coefficient de pointe horaire Cph	**2,5<Cph<3**
Rendement du réseau	**90%**
Temps de pompage choisi en h	**12**
Temps de distribution BF	**12**
Nombre de robinets par BF	**3**
Temps de distribution par BP en h	**20**
Nature et pression nominale des conduites d'adduction	**PEHD-PN16**
Nature et pression nominales des conduites de distribution	**PEHD-PN10**
Vitesse en m/s	**0,3<V<1,2**
Pression de service mCe	**10<P<50**

4.3.2. Consommation spécifique

Selon l'approche méthodologique suivie, l'enquête a permis d'évaluer la consommation moyenne d'eau par personne ainsi que celle des lieux à usage collectif. Les données adoptées s'appuient sur les références actualisées du MEEA pour 2023, avec une consommation journalière de 25 l par habitant pour les BP et de 20 l par habitant pour les BF.

4.3.3. Population et taux de desserte à l'horizon du projet

- Estimation de l'évolution de la population

Pour déterminer la population projetée à l'horizon du projet, le calcul s'est basé sur un taux de croissance annuel de 2,606 %, en prenant comme référence la population recensée en 2019. Cette approche permet de prévenir tout risque de sous-dimensionnement des infrastructures.

Tableau 5 : Population à l'horizon du projet

Désignation	**Année**							
	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2049	2050
Taux d'accroissement (%)	2, 606	2, 606	2, 606	2, 606	2, 606	2, 606	2, 606	2, 606
Population totale	1837	2144	2438	2773	3153	3586	3975	4078

- Taux de desserte de la population à l'horizon du projet

Les bâtiments familiaux (BF) et les bâtiments publics (BP) ont été retenus comme principaux points de distribution par lesquels le système d'alimentation en eau potable simplifié (AEPS) assurera l'approvisionnement des usagers. À l'horizon du projet, on estime que 90 % de la population pourra être desservie, avec une répartition de 80 % via les BP et de 10 % via les BF. Ces proportions sont établies en se basant sur les objectifs du PN-AEP, extrapolés linéairement jusqu'en 2050. Les résultats détaillés sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Taux de desserte à l'horizon 2050

Extrapolation des taux de desserte en eau								
Année	2019	2025	2026	2030	2035	2040	2045	2050
BP	0,098	9 ,8%	0,1	0,56	0,62	0,68	0,74	0,8
BF	22 ,9%	0,229	0,464	0,24	20 ,5%	0,17	13 ,5%	0,1
PMH	67 ,3%	0,673	0,436	0,2	17 ,5%	0,15	12 ,5%	0,1
AEPS	32,7%	32,7%	56,4%	80%	82 ,5%	85%	87,5%	90%

4.3.4. Nombre de BP et BF à l'horizon du projet

Pour atteindre les objectifs du PN-AEP à l'horizon 2030, prolongés jusqu'à l'échéance du projet en 2050, le calcul des besoins a montré qu'il faudra prévoir 326 BP. Par ailleurs, cinq (05) BF sont envisagés afin de faciliter l'approvisionnement en eau dans les différents quartiers, permettant aux ménages de s'approvisionner avant que tous puissent se raccorder directement au réseau.

En termes de consommation, la demande domestique journalière du village est estimée à 123,34 m^3/j pour 2050.

4.3.5. Adéquation entre les besoins évalués et la production en eau

Le forage peut fournir jusqu'à 120 m³ d'eau par jour, sur une période de pompage de 12 heures. Cette capacité est proche des besoins moyens estimés à 123,341 m³/j à l'horizon 2050, ce qui indique que le forage pourra couvrir la majorité des demandes pendant toute la durée du projet. Le graphique suivant met en évidence la comparaison entre les besoins journaliers et la production disponible.

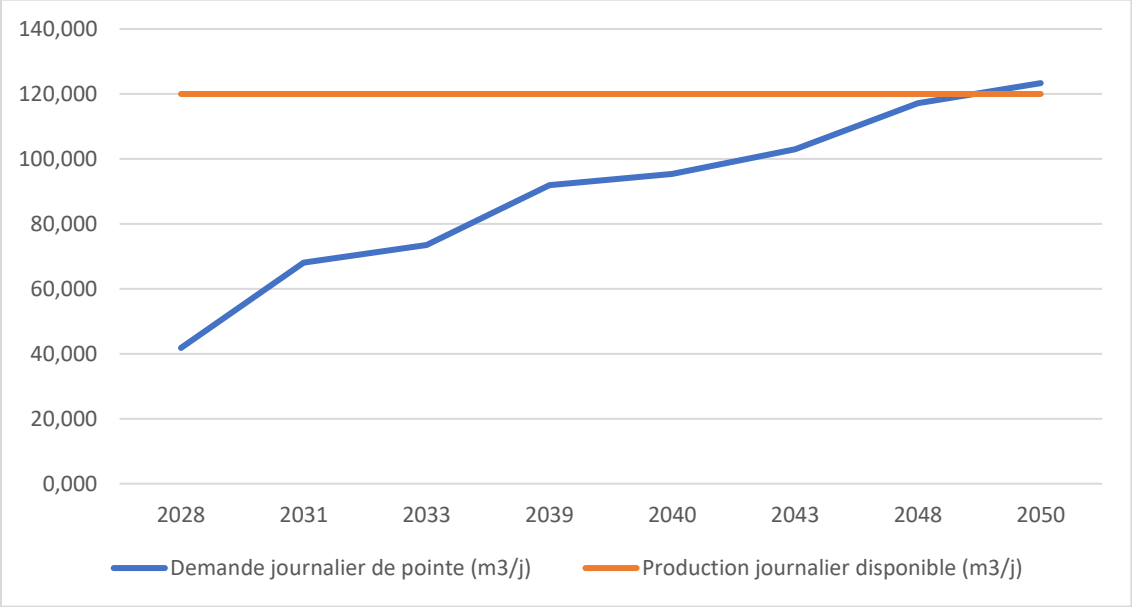


Figure 8 : Evolution des demandes en eau et la capacité de production du forage

4.4. Conduite de refoulement

- Débit de refoulement

Pour l'alimentation en eau de l'AEPS de Bama, l'eau souterraine a été choisie comme source principale. Le forage sélectionné, exploité à un débit de 10 m³/h, constitue la base pour le calcul et le dimensionnement de la conduite de refoulement.

- Diamètre de la conduite de refoulement

Conformément à la méthodologie, le calcul des diamètres de la conduite de refoulement a été effectué à l'aide de formules empiriques, en fonction du débit prévu. Une conduite principale reliera le forage au château d'eau afin d'assurer son alimentation.

L'analyse a permis de retenir un diamètre qui respecte à la fois les critères GLS et Flamant. Cette approche garantit à la fois des pertes de charge limitées et un coût d'exploitation minimal.

À l'issue du calcul des diamètres et de la vérification des conditions, un diamètre commercial **DN110 de pression PN16** a été retenu pour le réseau de refoulement.

Tableau 7 : Diamètre des conduites d'exhaure et montantes

Ouvrages	Désignation	Longueur (m)	Q_P (m^3/h)	DN (mm)	Dint(mm)
Forage	Colonne d'exhaure tête de forage	50	10	63	51,4
Réservoir d'eau	Colonne montante	13,94	10	110	90

4.5. HMT et choix de la pompe

4.5.1. HMT et choix de la pompe

La hauteur manométrique totale (HMT) et le débit d'exploitation constituent des critères essentiels dans le choix d'une pompe immergée. La HMT a été déterminée en tenant compte de la hauteur géométrique ainsi que des pertes de charge calculées à l'aide de la formule de Manning-Strickler. Les résultats détaillés sont présentés dans l'annexe 8, avec une HMT de 90 m considérant un niveau dynamique de 28,74 m.

À partir de ces calculs et en fonction du débit d'exploitation prévu, la pompe retenue est une Grundfos SP 11-20, équipée d'un moteur triphasé MS4000 d'une puissance nominale de 4 kW. Le rendement combiné pompe + moteur est de 55,2 %.

Tableau 8 : Caractéristiques de la pompe retenue

Type de pompe	**Caractéristique moteur**				**η_p (%)**	**Cosφ**	**Fréquence (Hz)**	**In (A)**
	Type	**PN (Kw)**	**Tension(V)**	**Poids (Kg)**				
SP 11-20	MS4000	4	3x400	41	70,5	0,8	50	9.6

4.5.2. Point de fonctionnement de la pompe

Le point de fonctionnement de la pompe est déterminé par l'intersection entre la courbe caractéristique de la pompe et celle du réseau. De manière similaire, le rendement du réseau est identifié à l'endroit où la courbe de rendement croise la courbe caractéristique du réseau.

- Point de fonctionnement de la pompe SP11-20[14]

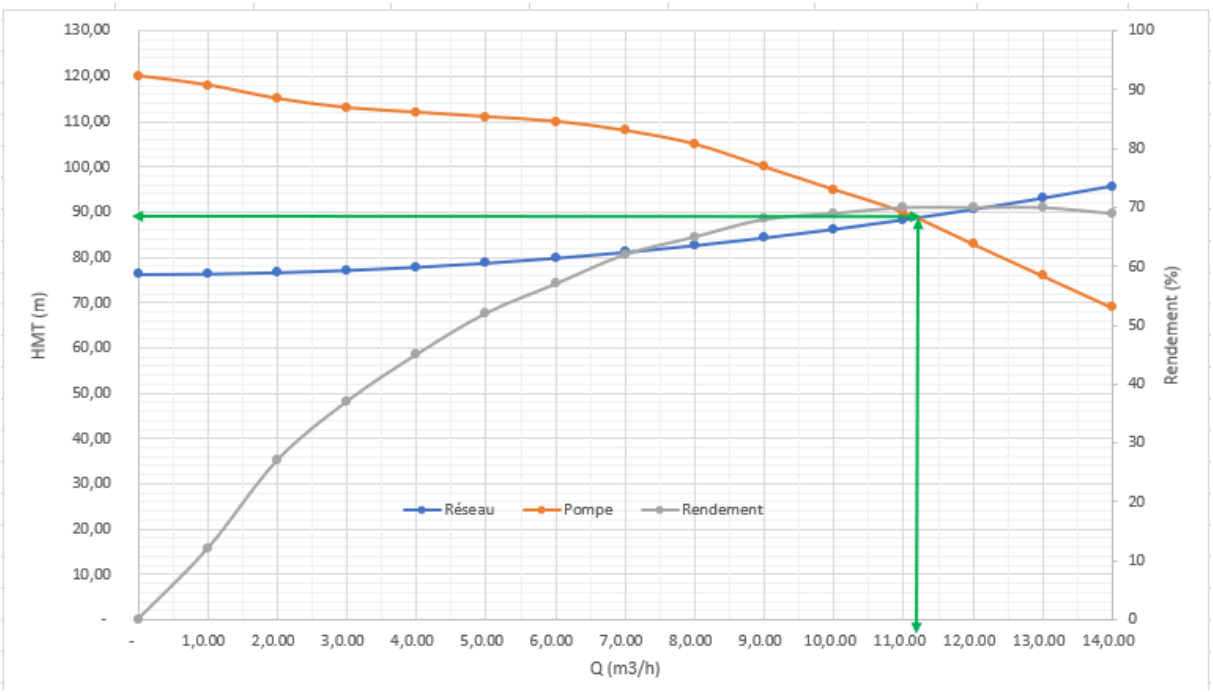


Figure 9 : Point de fonctionnement de la pompe

4.6. Étude et vérification du coup de bélier

Les résultats du dimensionnement indiquent que le rapport entre la pression maximale admissible et la pression nominale reste inférieur à 1,2, tandis que la pression minimale demeure supérieure à la pression atmosphérique. Cela montre qu'aucun risque significatif de coup de bélier, en surpression ou en dépression, n'est à craindre pour la conduite de refoulement. Par conséquent, l'installation d'un dispositif anti-bélier n'est pas strictement nécessaire. Cependant, par mesure de précaution, une ventouse sera mise en place au niveau de la tête du forage afin de faciliter l'évacuation de l'air pouvant s'accumuler lors du remplissage.

Tableau 9 : Vérification Coup de bélier

Paramètres	**Pompe**
Module de Young de la conduite (10^6Pa)	930
Module d'élasticité de l'eau (10^6Pa)	2000
Longueur conduite de refoulement (m)	2500
Diamètre nominal (mm)	110
Diamètre intérieur (mm)	90
Epaisseur e (mm)	10
Pesanteur g (m/s^2)	9,81
Célérité de l'onde (m/s)	313,46
Vitesse (m/s)	0,69
Variation maximale de pression (m)	22.05
HMT (m)	90
Pression atmosphérique (m)	10.33
Pression nominale (m)	160
Pression maximale admissible PMA (m)	192
Surpression Hmax (m)	112,05
Dépression Hmin (m)	67,95
Rapport Hmax/PMA<1,2	0,58

4.7. Source d'énergie

Le pompage sera assuré par une source d'énergie hybride combinant un champ solaire photovoltaïque, couvrant 8 heures de fonctionnement quotidien, et un groupe électrogène fournissant l'énergie thermique nécessaire pendant les 4 heures restantes de la journée.

4.7.1. Dimensionnement de la source solaire

Le dimensionnement a permis de définir la puissance crête nécessaire pour alimenter le forage ainsi que la configuration des panneaux solaires en série et en parallèle. La puissance crête requise pour le forage est estimée à 4 124,92 Wc, et les modules choisis sont des panneaux solaires monocristallins Victron de 300 Wc chacun.

Concernant l'onduleur, le calcul de la puissance apparente nécessaire pour l'électropompe a conduit à une valeur de 4,2 kW. Sur cette base, l'onduleur retenu est un modèle RSI 4000 d'une puissance nominale de 4 kW.

4.7.2. Dimensionnement du groupe électrogène

Pour le dimensionnement de la source thermique, la formule de Schiller, Royer et Djiako a été appliquée, étant donné que la puissance absorbée par le moteur est inférieure à 20 kW. Sur la

base des résultats obtenus, un groupe électrogène de marque Kipor, d'une puissance de 26,66 kVA, a été retenu.

4.8. Dimensionnement du réservoir de stockage

4.8.1. Détermination de la capacité du réservoir

Pour déterminer le volume utile du réservoir, une moyenne des résultats obtenus à partir de la méthode forfaitaire et de la méthode analytique a été retenue.

- Méthode forfaitaire : Cette approche consiste à estimer la capacité du réservoir en prenant en compte 30 % de la demande journalière de pointe, qui est de 123,34 m³/j. Cette méthode a conduit à une capacité utile de 37 m³.
- Méthode analytique : Elle consiste à calculer le volume nécessaire en additionnant les excédents et déficits d'eau qui apparaîtraient sans stockage. Cette méthode a donné un volume utile de 35,97 m³.

En prenant la moyenne des deux résultats (36,5 m³), une capacité utile de 40 m³ a été retenue pour le réservoir cylindro-conique.

4.9. Traitement de l'eau

Le traitement sera assuré par une pompe doseuse de marque DOSATRON avec un débit d'injection de 4 l/h.

Le temps de contact calculé est de 4,76 heures, supérieur au minimum recommandé de 2 heures, tandis que le temps de séjour de 0,30 jour reste inférieur au maximum de 2 jours, garantissant ainsi la rémanence du chlore et la conformité microbiologique de l'eau.

La dose d'injection étant de 4 l/h, le volume du bac à réactif est estimé à 48 litres, et un volume de 60 litres a été retenu afin de prévoir une marge de sécurité. La quantité annuelle d'hypochlorite de calcium nécessaire pour assurer le traitement de l'eau est évaluée à 117 kg.

4.10. Dimensionnement du réseau de distribution

4.10.1. Calcul des débits de distribution

Pour assurer un approvisionnement continu en eau tout au long de l'année, le réseau de distribution a été dimensionné en se basant sur le débit de pointe horaire. À l'horizon du projet, le débit total de distribution est estimé à 19,43 m³/h, dont 13,88 m³/h répartis entre les différents points de desserte. Le débit attribué aux branchements privés (BP) est de 3,85 l/s, tandis que celui destiné aux bornes fontaines (BF) est de 5,55 m³/h, soit 1,54 l/s.

4.10.2. Résultats du dimensionnement

Le réseau de distribution s'étend sur 3 202 m (3,202 km) et est prévu pour desservir 5 bornes-fontaines et 326 branchements particuliers à l'horizon 2050. Le dimensionnement a été réalisé à partir du débit fictif, qui permet de simuler les débits à travers le réseau.

Le débit de pointe horaire des branchements privés (BP), estimé à 9,39 l/s, a été réparti sur la longueur totale du réseau afin de calculer le débit linéique, évalué à 0,00105 l/m. À partir de ce débit fictif et des longueurs de chaque tronçon, les débits initiaux de mise en service ont été déterminés. Les débits des bornes-fontaines (BF), soit 1,54 l/s, ont été utilisés comme débits ponctuels pour le calcul des débits aval.

Ces débits fictifs ont ensuite servi à déterminer les diamètres théoriques des conduites, qui ont été ajustés aux diamètres commerciaux disponibles sur le marché. Les pertes de charge, les pressions aux nœuds et les vitesses d'écoulement ont été calculées en utilisant les diamètres intérieurs des conduites commerciales retenues pour chaque tronçon.

Les diamètres nominaux en PEHD-PN10 choisis pour le réseau varient entre 63 mm et 90 mm, avec une vitesse d'écoulement minimale de 0,26 m/s et maximale de 0,77 m/s. La pression minimale de service est de 10 mCe et la pression maximale de service de 12,87 mCe, toutes deux conformes aux plages de pression recommandées.

Concernant le réservoir, la cote maximale de la cote minimale imposée est de 607,13 m, alors que la cote du terrain naturel (TN) du réservoir est de 597,35 m, ce qui correspond à une hauteur sous-radier de 10 m.

Tableau 10: Synthèse des diamètres et leurs longueurs

Désignation	Réseau de refoulement	Réseau de distribution		
Nature de conduite	PEHD-PN16	PEHD-PN10		
Diamètre commercial (mm)	110	63	90	110
Longueur (m)	2500	524,4	297,33	2380,27
Longueur totale (m)	2500	3202		

4.10.3. Géométrie des tranchées

Les calculs relatifs aux dimensions des fouilles, effectués en fonction des différents diamètres nominaux des conduites, ont permis de définir les caractéristiques optimales pour la pose des

canalisations. La profondeur de pose retenue pour l'ensemble du réseau, comprenant l'adduction et la distribution, est de 1 mètre, avec une largeur de fouille de 0,6 mètre. Les résultats détaillés sont présentés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Profondeur et largeur des tranchées

Dimensions des tranchées		**Diamètres commerciaux**		
		110	90	63
Valeurs calculées	Profondeurs en m	0,91	0,89	0,863
	Largeurs en m	0,51	0,49	0,463
Valeurs choisies	Profondeurs en m	**1**		
	Largeurs en m	**0,6**		

4.11. Détermination du volume de butée à mettre en place

Pour assurer la stabilité des tés et des coudes installés sur le réseau, un dimensionnement des butées a été réalisé. Ce calcul a permis d'estimer un volume total de béton d'environ 3,724 m³ nécessaire pour la mise en œuvre de ces appuis.

4.12. Tracé du réseau de BAMA

Le tracé du réseau a été réalisé avec google earth en faisant ressortir tous les ouvrages.

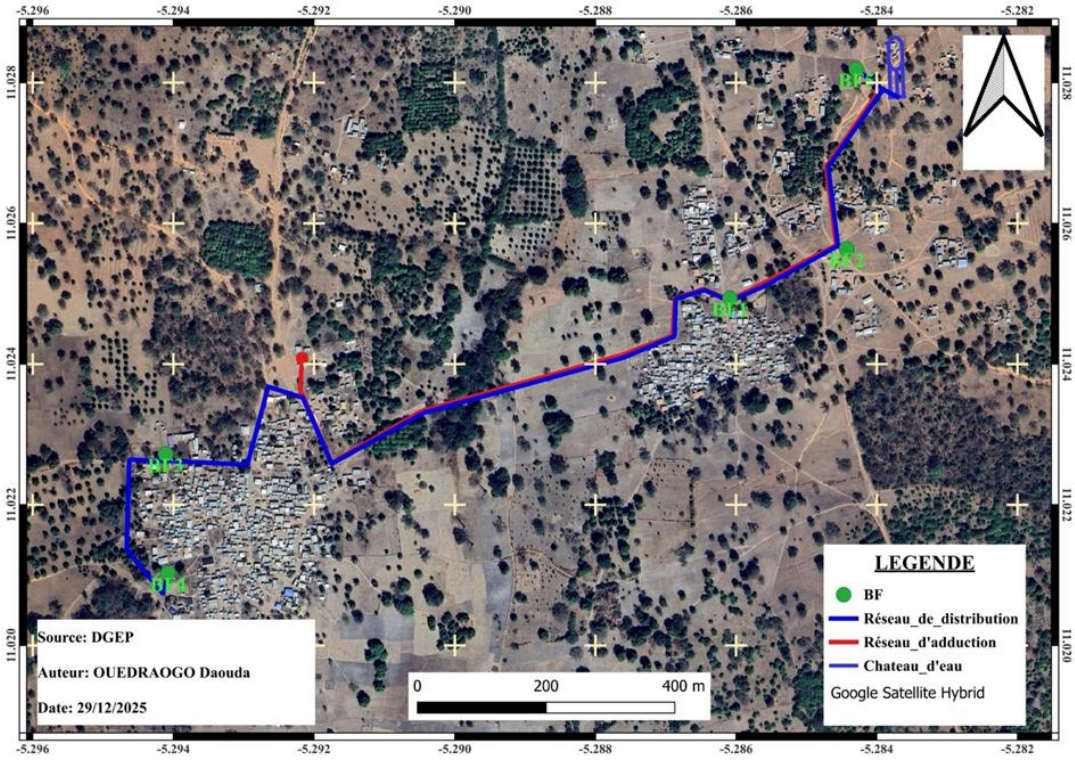


Figure 10 : Tracé du réseau

4.13. Simulation sur Epanet

4.13.1. Résultats de la simulation

Pour vérifier le bon fonctionnement du réseau de distribution et valider les résultats obtenus sur Excel, une modélisation hydraulique a été réalisée à l'aide du logiciel EPANET. La simulation a permis d'évaluer les pressions et les vitesses d'écoulement dans le réseau. Les résultats montrent une pression maximale de 17,85 mCe et une pression minimale de 10 mCe. En ce qui concerne les vitesses, la valeur maximale est de 0,78 m/s, tandis que la vitesse minimale est de 0,23 m/s. Ces résultats confirment que le réseau peut assurer une distribution continue et fiable de l'eau. Les résultats de la simulation sont présentés dans la figure ci-dessous :

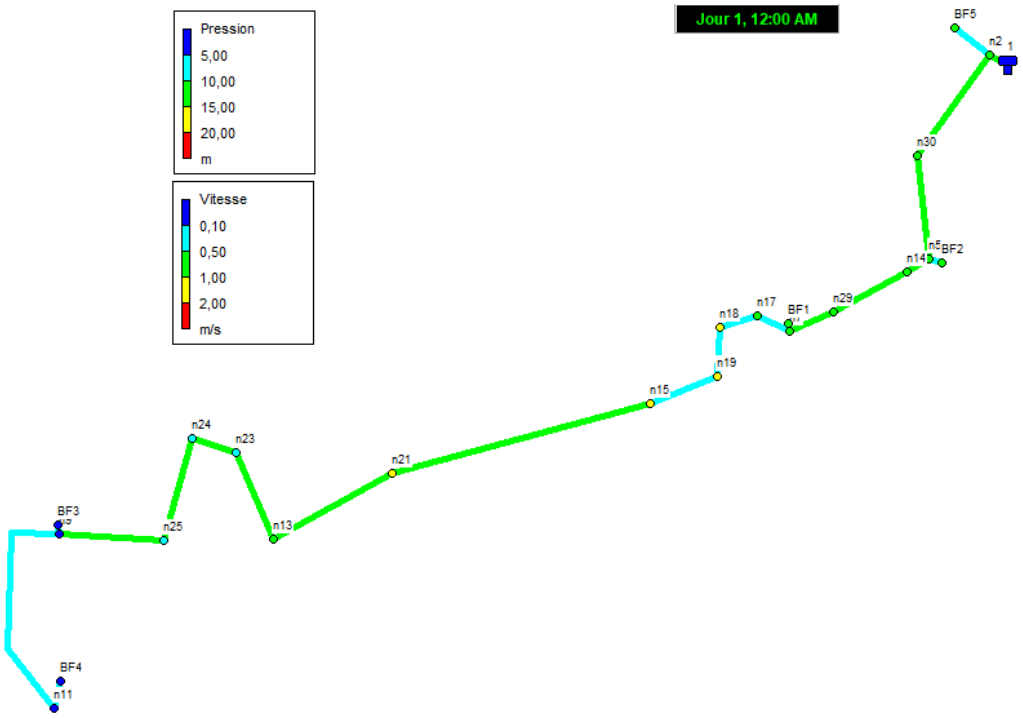


Figure 11: Pressions et vitesses simulées

4.13.2. Comparaison des données calculées et simulées

À l'issue de la simulation, les vitesses d'écoulement le long des tronçons ainsi que les pressions aux différents nœuds du réseau ont été comparées aux valeurs calculées. Ces données ont ensuite été représentées sous forme de graphiques afin de faciliter l'analyse comparative et de visualiser les écarts éventuels. Les résultats sont présentés dans les différentes figures ci-dessous.

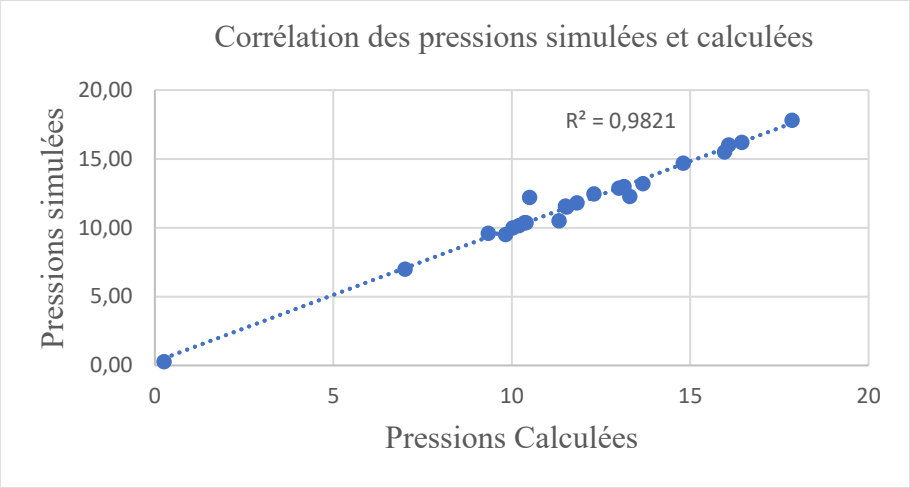


Figure 12: Corrélation entre les pressions calculées et simulées

L'analyse des pressions indique que le coefficient de corrélation entre les valeurs simulées et celles calculées est très proche de 1. Cela montre une forte concordance entre les deux ensembles de données, confirmant que les pressions prévues et simulées sont pratiquement équivalentes et que le réseau fonctionnera conformément aux attentes.

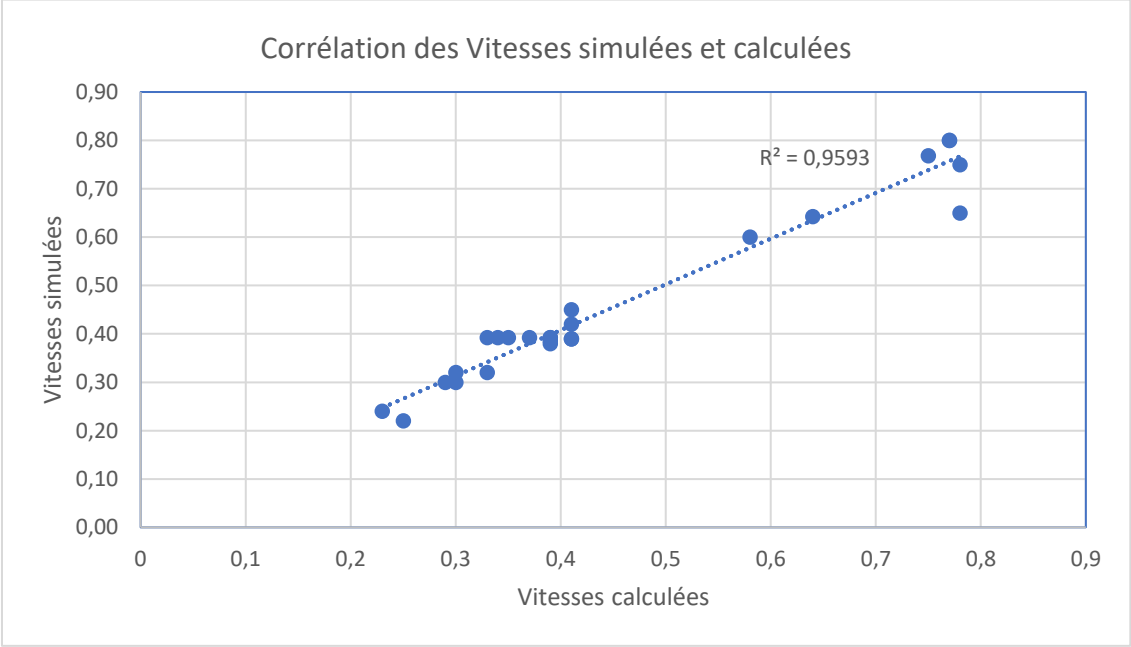


Figure 13 : Corrélation entre les vitesses calculées et simulées

L'analyse des résultats montre que le coefficient de corrélation entre les vitesses simulées et les vitesses calculées est proche de 1. Cela indique une très bonne concordance entre les valeurs théoriques et les résultats de simulation, confirmant que les diamètres retenus pour les conduites sont appropriés et permettront un fonctionnement fiable et efficace du réseau de distribution.

V. ÉTUDE FINANCIERE

L'analyse économique et financière peut être définie comme un processus permettant d'évaluer la viabilité, la rentabilité et l'impact d'un projet sur le plan financier. Elle vise à mesurer la rentabilité des investissements réalisés dans le projet, ainsi que l'équilibre financier des entités publiques ou privées chargées de la gestion du système.

5.1. Évaluation du coût du projet

L'analyse financière a été réalisée en examinant différentes rubriques du projet. La synthèse des résultats obtenus est présentée dans le tableau 12.

Tableau 12 : Cout total du projet en TTC

Poste N°	DÉSIGNATION DES TRAVAUX	Cout Total en FCFA
1	GÉNÉRALITÉS	5 000 000
2	FORAGE	30 700 000
3	FOURNITURE ET POSE DES ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION	7 850 000
4	SOURCE D'ÉNERGIE	21 125 000
5	CHÂTEAU D'EAU	26 300 000
6	TRAITEMENT DE L'EAU	4 420 000
7	RÉSEAU DE DISTRIBUTION	37 954 000
8	CONSTRUCTION DE LOCAUX DIVERS	7 000 000
9	FORMATION	500 000
Sous-Total HTVA		**140 849 000**
TVA (18%)		25 352 820
Sous-Total HTTC		**166 201 820**

L'analyse du tableau 12 indique que le coût global du projet, toutes taxes comprises, est estimé à 166 201 820 francs CFA (TTC).

5.2. Calcul des amortissements et des charges d'exploitations

Les dotations aux amortissements permettent de déterminer les montants à prévoir pour le renouvellement des équipements arrivant en fin de vie, ainsi que pour couvrir en permanence les charges de fonctionnement et les salaires du personnel.

Les équipements concernés comprennent notamment les pompes, les bornes-fontaines, les onduleurs, les groupes électrogènes et leurs accessoires, dont la durée de vie est inférieure à 15 ans. Le coût total des amortissements pour ces équipements, à l'horizon du projet, est estimé à 123 811 250 francs CFA.

En ce qui concerne les charges d'exploitation, elles s'élèvent à 164 497 298 francs CFA, dont 99 108 740 francs CFA pour les frais de fonctionnement et 65 388 558 francs CFA pour la rémunération du personnel.

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

Le prix de revient a été calculé en rapportant le montant total des charges d'exploitation et des dotations aux amortissements à la quantité d'eau facturée aux usagers. Le tableau 13 présente les résultats obtenus, incluant à la fois le prix de revient et le prix de vente théorique de l'eau.

Tableau 13 : Calcul des prix de revient et vente théorique 454 510 368

Désignation	Unité	Total sur 25 ans
Dotations aux amortissement	F CFA	123811250
Charges d'exploitation	F CFA	164 497 298
Volume d'eau produit	m^3	1 605 760
Volume d'eau facturée (85%)	m^3	1364896
Prix de revient du m^3 d'eau	F CFA	333
Prix de vente théorique du mètre cube d'eau (20%)	F CFA	400

D'après les calculs, le prix de revient d'un mètre cube d'eau est estimé à 333 francs CFA. En appliquant une marge bénéficiaire de 20 %, le prix de vente théorique atteint 400 francs CFA par mètre cube. En se référant à la fourchette tarifaire pratiquée au Burkina Faso, qui varie entre 300 et 500 francs CFA par mètre cube, nous proposons de fixer le prix à 400 francs CFA/m^3. Cela correspond, pour les usagers des bornes-fontaines, à un coût de 10 francs CFA pour un récipient de 20 litres et 100 francs CFA pour un fût de 200 litres.

5.4. Analyse de la rentabilité du projet

- Valeur Actuelle Nette (VAN)

Le calcul de la VAN avec 5% et 3% nous donne respectivement -12 048 597 et -8 676 919.

- Taux de Rentabilité Interne (TRI)

Le calcul du TRI nous donne 0.

La réalisation d'un système d'AEP est à but social et non lucratif, ainsi la rentabilité sera évaluée sans prendre en compte les coûts d'investissement. Cependant, les recettes réalisées devraient permettre d'assurer l'exploitation continue de l'ouvrage tout en assurant le renouvellement des équipements.

VI. SYSTÈME DE GESTION POUR L'AEPS DE BAMA

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

Dans le domaine de l'approvisionnement en eau potable, la gestion des infrastructures constitue un défi majeur afin d'assurer leur durabilité et de garantir un service continu aux usagers[17]. Pour encadrer de manière efficace ce secteur, l'État burkinabè a entrepris, depuis plusieurs années, l'élaboration et la mise en œuvre de textes réglementaires visant à structurer la gestion de l'eau potable. Parmi ces textes, on peut citer :

- La loi-décret n°2009-107/PRES/PM/MATD/MAHRH/MEF/MFPRE, qui prévoit le transfert des compétences et des ressources de l'État aux communes dans les domaines de l'eau potable et de l'assainissement ;
- Le décret n°2000-514/PRES/PM/MEE du 3 novembre, portant adoption d'un document cadre de réforme du système de gestion des infrastructures hydrauliques en milieu rural et semi-urbain
- La loi n°002-2001/AN du 8 février 2001, dite loi d'orientation relative à la gestion de l'eau.

Au Burkina Faso, la gestion du service public de l'eau potable en milieu rural est assurée par le ministère en charge de l'eau, en collaboration avec le ministère en charge de la décentralisation, qui supervise les collectivités territoriales, et le ministère en charge des finances, qui assure le contrôle financier du secteur.

6.2. Mode de gestion recommandé pour l'AEPS

Les systèmes d'approvisionnement en eau potable en milieu rural (AEPS) peuvent être gérés selon différents modes, allant de la régie directe à l'affermage, chacun présentant des avantages et des limites spécifiques. Le ministère en charge de l'eau recommande le mode d'affermage pour la gestion des AEPS[17].

Dans ce cadre, le système d'AEP sera géré par affermage, car ce mode assure à la fois la sécurité des infrastructures et une distribution continue de l'eau aux usagers. Le fermier, bénéficiant d'un personnel qualifié et des compétences techniques nécessaires, peut garantir une gestion optimale des ouvrages.

Ce système permet également à un fermier de gérer un ensemble d'AEPS, ce qui compense les pertes liées aux installations situées dans des zones moins rentables. Selon les ateliers de bilan

de gestion des AEPS organisés par le ministère, il est recommandé qu'un fermier gère au minimum vingt (20) systèmes pour que la gestion soit économiquement viable.

VII. ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE

Avant de lancer un projet de développement, il est essentiel de réaliser une évaluation environnementale et sociale[18]. Cette démarche permet d'identifier et d'analyser les effets du projet sur l'environnement et sur les populations. L'objectif est de mettre en évidence les impacts positifs et négatifs afin de concevoir un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) destiné à réduire ou compenser les effets négatifs potentiels liés à la mise en œuvre du projet.

7.1. Cadre législatif du projet d'AEPS

Conformément aux prescriptions techniques du décret n°2015-1187/PRES-TRANS/PM/MERH/MATD/MM/MS/MARHASA/MRA/MICA/MHU/MIDT/MCT du 22 octobre 2015, qui fixe les conditions et procédures pour la réalisation et la validation des évaluations environnementales stratégiques, des études et des notices d'impact environnemental et social, les projets d'approvisionnement en eau potable situés dans des centres semi-urbains sont classés en catégorie B. Ces projets doivent faire l'objet d'une Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES).

La NIES a pour objectif principal de réaliser une analyse sommaire et prospective permettant d'identifier et d'évaluer les effets du projet sur l'environnement, ainsi que de proposer les mesures de mitigation appropriées pour réduire les impacts négatifs potentiels.

7.2. Composantes et phases du projet

Le projet de réalisation de l'AEPS dans le village de Bama, situé dans la commune rurale de Kangala, comprend principalement quatre composantes : l'approvisionnement en eau potable, la fourniture de la source d'énergie, les travaux d'assainissement et le génie civil[19].

La mise en œuvre des travaux se déroulera en trois grandes phases : la phase de préparation du site et d'installation du chantier ; la phase de construction des infrastructures et la phase de mise en service et d'exploitation du système.

7.3. Identification et évaluation des impacts

La mise en place d'un système d'approvisionnement en eau potable implique diverses activités, telles que les levés topographiques, les travaux de génie civil, l'implantation et l'aménagement

de bâtiments, le transport de matériaux, ainsi que l'équipement et l'exploitation du système. Ces interventions entraînent des effets, positifs ou négatifs, sur l'environnement naturel et le tissu social.

L'identification des impacts a été réalisée à l'aide de la matrice de Léopold, qui permet de recenser les effets du projet sur le milieu physique, humain et biologique, en distinguant les conséquences favorables et défavorables. L'ampleur et la portée de ces impacts ont été évaluées grâce à la matrice de FECTEAU, qui prend en compte l'intensité, l'étendue et la durée de chaque effet, et les classe en mineur, moyen ou majeur.

Principaux impacts positifs du projet :

- Augmentation de l'accès à l'eau potable et aux infrastructures d'assainissement, améliorant ainsi les conditions de vie et la santé des populations (réduction des corvées d'eau, diminution des maladies hydriques) ;
- Création d'emplois locaux grâce au recrutement de main-d'œuvre par les entreprises chargées des travaux ;
- Développement d'activités génératrices de revenus pour les femmes et les jeunes ;
- Amélioration des conditions de travail dans les écoles et les espaces publics tels que les centres de santé, les marchés et les gares.

Impacts négatifs sur le plan social :

- Perte de terres cultivables pour l'implantation de certaines infrastructures ;
- Risques accrus de maladies transmissibles, telles que les IST/SIDA ;
- Abattage d'arbres présents sur le site ;
- Possibilité d'accidents ou de blessures affectant le personnel et les habitants du village ;
- Perturbation temporaire du trafic routier.

Impacts environnementaux négatifs :

- Destruction ou altération des habitats de la faune et de la microfaune ;
- Pollution liée aux déchets de chantier (ferrailles, tôles, gravats) et aux déchets spéciaux (huiles de vidange, produits de maintenance) ;
- Diminution de la capacité de stockage du carbone due à la réduction du couvert végétal dans la zone des travaux ;

- Déstabilisation du sol et risque d'érosion ;
- Dégradation de la qualité de l'air (poussières, fumées) et nuisances sonores liées à la circulation des engins.

7.4. Mesures d'atténuation ou compensatrices

Afin de réduire ou d'éliminer les effets défavorables liés à la réalisation du projet, il est indispensable de mettre en place des mesures de mitigation adaptées. Les actions suivantes sont proposées :

- Former les bénéficiaires à la surveillance communautaire des infrastructures pour en assurer le suivi et la durabilité ;
- Limiter la poussière sur les voies d'accès et les zones de circulation des engins par un arrosage régulier ;
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre en effectuant une maintenance préventive et curative des équipements et engins de chantier ;
- Fournir à tout le personnel de chantier des équipements de protection individuelle et veiller strictement à leur utilisation ;
- Délimiter et sécuriser les fouilles à l'aide de rubans de signalisation adaptés ;
- Installer des panneaux de signalisation et de limitation de vitesse dans les zones à risque pour prévenir les accidents ;
- Mettre en place des plans de déviation et d'organisation de la circulation afin de faciliter la mobilité des riverains pendant les travaux ;
- Organiser des sessions de sensibilisation sur les IST, le VIH/SIDA et la prévention des grossesses non désirées ;
- Favoriser l'embauche locale, en particulier pour les postes non qualifiés, afin de renforcer l'intégration de la communauté dans le projet ;
- Installer des poubelles dans la base vie du chantier pour assurer une gestion correcte des déchets produits ;
- Effectuer un nettoyage complet du site avant la remise officielle des ouvrages ;
- Réaliser des opérations de reboisement pour compenser la végétation détruite lors des travaux.

7.5. Plan de gestion environnementale et sociale

Le PGES constitue un document opérationnel découlant du processus d'évaluation environnementale. Il a pour principal objectif de s'assurer que les mesures de mitigation

définies dans la Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES) sont effectivement mises en œuvre et produisent les résultats attendus.

Ce plan permet également de vérifier la conformité du projet aux politiques et normes environnementales et sociales nationales, ainsi qu'aux standards et sauvegardes de la Banque Africaine de Développement (BAD).

Le PGES repose sur deux volets complémentaires :

- La surveillance environnementale, qui consiste à observer et contrôler le respect des mesures de mitigation sur le terrain ;
- Le suivi environnemental, qui évalue l'efficacité de ces mesures et leur impact sur l'environnement et les communautés concernées.

7.5.1. Surveillance environnementale

Cette étape est cruciale, car elle permet de vérifier la justesse des impacts anticipés et d'évaluer si les mesures de prévention et de mitigation mises en place contribuent effectivement à atteindre les objectifs du projet et à produire les résultats attendus.

7.5.2. Suivi environnemental

Il s'agit d'un processus continu, mis en œuvre tout au long des phases de réalisation du projet, visant à évaluer l'efficacité des mesures de mitigation adoptées. Cela implique une analyse régulière des composantes environnementales clés et une appréciation des effets immédiats du projet, afin de vérifier la pertinence des actions entreprises et, si nécessaire, d'apporter les ajustements appropriés.

CONCLUSION

La conception du réseau d'approvisionnement en eau potable (AEP) de la localité de Bama a été pensée pour répondre aux besoins de la population à l'horizon 2050. Le système comprend un château d'eau d'une capacité utile de 40 m³ destiné à alimenter cinq bornes-fontaines, tout en intégrant la possibilité de futurs branchements privés.

Les enquêtes socio-économiques menées indiquent que le projet présente une forte viabilité sociale et économique. Il suscite un intérêt marqué chez les populations locales et contribuera à atténuer les problèmes d'accès à l'eau potable. En pratique, ce réseau permettra de réduire les temps d'attente aux points de distribution et la distance parcourue pour se procurer de l'eau, tout en favorisant le développement d'activités génératrices de revenus.

Sur le plan technique, la demande en eau a été estimée à 123,34 m³/j, pour une population projetée de 4 078 habitants à l'horizon 2050. Pour satisfaire cette demande, un forage de 10 m³/h sera réalisé. L'eau sera acheminée vers le réservoir de stockage par refoulement à l'aide d'une pompe immergée SP 11-20, via une conduite en PEHD DN110 PN16. Le réservoir, doté d'une hauteur sous-radier de 10 m, alimentera par gravité un réseau de distribution de 3 202 m composé de conduites en PEHD-PN10 allant de DN63 à DN110, desservant les cinq bornes-fontaines et 326 branchements particuliers.

Le pompage sera assuré de manière continue grâce à une source solaire composée de 14 modules de 300 Wc chacun, fournissant une puissance crête totale de 4,125 kWc pour un fonctionnement quotidien de huit heures, et à une source thermique constituée d'un groupe électrogène de 26,66 KVA fonctionnant quatre heures par jour, permettant une alternance efficace des sources d'énergie.

Le coût global du projet, toutes taxes comprises, est estimé à 166 201 820 FCFA. Le prix de vente de l'eau a été fixé à 400 FCFA/m³, couvrant à la fois les charges d'exploitation et le renouvellement des équipements dont la durée de vie est inférieure ou égale à 15 ans. La gestion du système sera confiée à un fermier via un contrat d'affermage, garantissant la maintenance et la continuité du service.

Sur le plan environnemental, la réalisation du projet aura des impacts positifs et négatifs. Pour limiter les effets défavorables, des mesures de mitigation et d'amélioration ont été définies, et un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) a été élaboré afin d'assurer la mise en œuvre effective de ces mesures et de suivre leur efficacité.

RECOMMANDATION

Pour le maître d'ouvrage :

- Adopter le mode de gestion par affermage et sélectionner un fermier expérimenté, déjà en charge de systèmes similaires et disposant d'une expérience significative ;
- Engager des entreprises qualifiées et compétentes pour la réalisation des travaux ;
- Mettre en place un cadre de concertation regroupant toutes les parties prenantes et assurer son animation régulière ;
- Se procurer tous les documents nécessaires à la sécurisation foncière des investissements afin de prévenir tout litige ou désagrément ;

Pour le maître d'œuvre et l'entreprise chargée des travaux :

- Effectuer les essais de pompage du forage conformément aux normes et bonnes pratiques ;
- Garantir la mise en œuvre effective des mesures d'atténuation ou de bonification définies dans le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) ;
- Prioriser l'emploi de la main-d'œuvre locale pour les travaux correspondant à leurs compétences, favorisant ainsi une meilleure intégration du projet dans la communauté ;
- Assurer un contrôle rigoureux de la qualité des ouvrages et équipements installés, conformément aux règles de l'art ;
- Prendre en compte les mécanismes endogènes de résolution des conflits en cas de litige.
- Livrer des ouvrages strictement conformes aux prescriptions du dossier d'appel d'offres.

Pour le fermier chargé de la gestion du système :

- Veiller au respect intégral des termes du contrat d'affermage.
- Effectuer régulièrement des analyses de l'eau pour garantir sa qualité conformément aux normes en vigueur.
- Assurer l'hygiène autour des points de distribution et promouvoir une utilisation rationnelle de l'eau en animant des séances de sensibilisation auprès des usagers.
- Former les fontainiers et le chef de réseau à la gestion et à l'exploitation efficace du système.
- Réaliser un suivi-évaluation régulier du fonctionnement du système et transmettre des rapports détaillés au maître d'ouvrage.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Document de Projet.
2. Catalogue_Tubes PVC pression.
3. 2-9 PN AEP 2016 2030 (1).
4. Résultats INO_2024 Version finale.
5. MONOGRAPHIE DES HAUTS-BASSINS 5E RGPH.
6. 2-28 Décret portant défintion des normes,critères et indicateurs d'accès à l'eau potable.
7. ORGANIGRAMME MEEA.
8. RAPPORT FINAL PCD KANGALA 2020-2024.
9. Item 5.6_Rick on JMP global monitoring and GLASS.
10. SITE DE BAMA- RAPPORT D'ETUDE SOCIO-ECONOMIQUE VP.
11. 2ie_cours_d_approvisionnement_en_eau_potable_zoungrana_2003.
12. Dr.FAYE M. Cours AEP_FAYE_S5_S6_v2.0.0. Published online 2024.
13. Faye DMD. INGENIERIE DES RESEAUX EAU POTABLE ADDUCTION - RÉSERVOIRS - RÉSEAUX DE DISTRIBUTION.
14. Essentiel de Pompes et stations de pompage.CE.
15. 1_RAPPORT_TECHNIQUE_APD_AEP_TOUGOUYA KOKO PRISE EN COMPTE AMENDEMENT VFVF.
16. hydrogeologie.
17. Document cadre de gestion du service public de l'eau potable en milieu rural au Burkina Faso_vp (2).
18. N°20220840_COMPAORE_Abdoulaye_ Mémoires_ S10 GEAAH_Juillet_2025 VF_104806.
19. 1-Mémoire technique Bougoula APD Prov.

ANNEXES

Annexe 1 : Récapitulatif des forages de Bama

POINTS D'EAU POTABLE VILLAGE DE Bama				**Fonctionnalité**
BAMA	BAMA 1(Kokoro)	PMH	Communautaire	Fonctionnel
	BAMA 1(Koutchidé)	PMH	Communautaire	Fonctionnel
	Bama 2	PMH	Communautaire	Fonctionnel
	Bama 2 (Kokoba)	PMH	Communautaire	Fonctionnel
	Ecole primaire public	PMH	institutionnel	Fonctionnel
1 FORAGE INSTITUTIONNEL ET 04 COMMUNAUTAIRES				

Annexe 2 : Fiches de foration, de développement et des essais de pompage

FICHE TECHNIQUE DE FORAGE

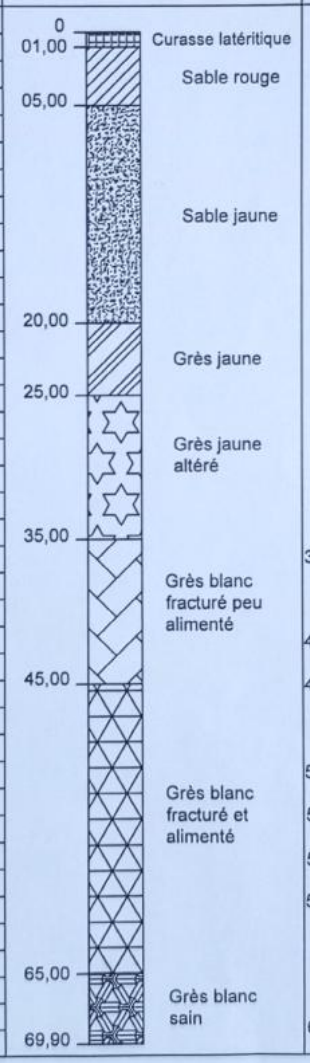
Projet : Programme Saoudien de forage de puits et de développement rural en Afrique - Phase V

Client : EDS		Entreprise : EEPC & CAFI-B	
Région: Haut bassin	Date début foration : 09/06/2024	Date fin des travaux : 10/06/2024	
Province: Kenedougou	Hauteur table : 1,20 m	Hauteur hors sol : 0,60 m	
Commune: Kangala	Longueur trilame : 0,33 m	Profondeur altération : 27,5 m	
Village: Bama	Longueur tige : 5 m	Profondeur forée : 69,90 m	
Quartier: Bama	Longueur MFT : 1,10 m	Profondeur équipée : 69,90 m	
Site géophysique : SE3	Coordonnées GPS : N11°01'26,700''	W05°17'31,818''	

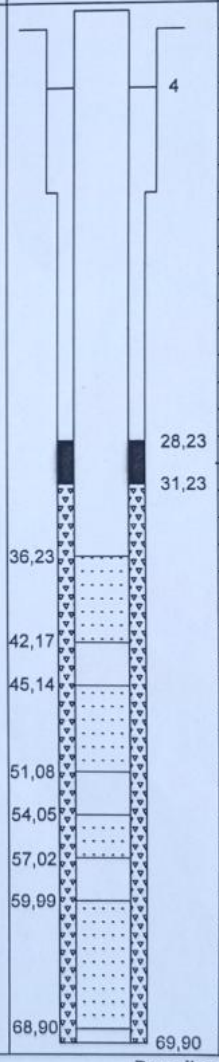
Avancement

N° tige	Prof. (m)	Temps (mn)
1	4,13	3
2	9,13	3
3	14,13	2
4	19,13	3
5	24,13	4
6	29,90	7
7	34,90	2
8	39,90	2
9	44,90	2
10	49,90	4
11	54,90	5
12	59,90	6
13	64,90	7
14	69,90	9
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		

Lithologie



Equipement



Venues d'eau

N° V.E.	Prof. (m)
1e V.E.	38
2e V.E.	46
3e V.E.	54
4e V.E.	
5e V.E.	
6e V.E.	

Mesure de débit

Prof. (m)	Q (m3/h)
40	3,600
50	7,500
60	9,500

Débit fin foration: 12 m3/h

Massif filtrant : 31,23 m à 69,90 m

Packer : 28,23 m à 31,23 m

Remblai : 4 m à 28,23 m

Décanteur : 1 m

PVC pleins :

Diamètre : 165 mm

0 m à 36,23 m
42,17 m à 45,14 m
51,08 m à 54,05 m
57,02 m à 59,99 m
m à m
m à m

Crépines PVC :

Diamètre : 165 mm

36,23 m à 42,17 m
45,14 m à 51,08 m
54,05 m à 57,02 m
59,99 m à 68,90 m
m à m
m à m

Pour la mission de contrôle

G. Maumouni

Pour l'entreprise

AVONYO K. Emmanuel

FICHE DE DEVELOPPEMENT

Projet : Programme Saoudien de forage de puits et de développement rural en Afrique – Phase V

Région: Haut Bassin
Province: Kenedougou
Commune: Kangala
Village: Bama
Quartier/Localité: Bama

Maître d'ouvrage : EDS
Entreprise : BEPC & CAFI-B
Type de compresseur : Deutz | Pression : 12 Bars
Opérateur : WELGO Hamado
Contrôleur :

Coordonnées GPS : N11°01'26,700" W05°17'31,818"
Date début des travaux : 26/07/2024
Date fin des travaux : 26/07/2024

Caractéristiques du forage :
Profondeur forée : 69,90 m
Profondeur équipée : 69,90 m
Profondeur avant développement : 69,90 m
Profondeur après développement : 69,90 m
Niveau statique : 10,31 m/sol
Débit foration : 12,000 m3/h

Phase de développement:
Durée air lift : 4 H
Hauteur repère (hors sol) : PVC / 0,50 m
Teneur en sable : cm
Durée air lift : 4 H
Production au fond de trou : 12,983 m3/h

Heure (h/mn)	Temps (mn)	Profondeur de l'émulseur (m)	Débit (m3/h)	Niveau dynamique (m)	Observations
10H30	0	30			Eau peu trouble
	10	〃 〃			〃 〃
	15	〃 〃			〃 〃
	30	30			〃 〃
	45	〃 〃	8,03		〃 〃
11H30	60	49			Eau peu claire
	75	〃 〃			〃 〃
	90	〃 〃			〃 〃
	105	49			Eau claire
12H30	120	〃 〃	12,983		〃 〃
	135	FT-1			〃 〃
	150	〃 〃			〃 〃
	165	〃 〃			Eau claire
13H30	180	〃 〃			〃 〃
	195	〃 〃			〃 〃
	210	〃 〃			〃 〃
	225	〃 〃			〃 〃
14H30	240	FT-1	12,983	30,46	Eau claire

Observations :

L'Opérateur
Welgo Hamado

Le Contrôleur
NELLOGO Djakaridja
DPEA-KND

FICHE D'ESSAI DE POMPAGE/ ESSAI DE DEBITS SIMPLIFIES

Région: Haut Bassin
Province: Kénédougou
Commune: Kangala
Village: Bama
Quartier/Localité: Bama

Projet : Programme Saoudien de forage de puits et de développement rural en Afrique – Phase V
Maître d'ouvrage: EDS
Entreprise: EEPC & CAFI-B
Contrôle:
Coordonnées GPS : N 11°01'26,700" W05°17'31,818"

Date de pompage : de h mn à h mn

DESCENTE Heure	Temps (mn)	Niveau Eau	Rabat. (S) (m)	Débit Q (m3/h)	S/Q	Observations
15H05	0	10,26 ← NS		4,030		
	3	16,53	6,27			
	5	16,69				
	10	16,83				
	15	16,87				
	20	16,90				
	30	16,93	6,67			
	40	16,95				
16H05	60	16,97	6,71			Eau claire
	80	17,00				
	100	17,02				
17H05	120	17,03	6,77	4,030		
	125	19,42	9,16	9,035		
	130	24,80				
	140	25,30				
	150	25,41				Eau claire
	160	25,48				
18H05	180	25,55	15,29	9,035		
	190	29,35	19,09	13,200		
	200	29,51				
	210	29,55				
	220	29,59				Eau claire
	230	29,62				
19H05	240	29,64	19,38	13,200		

REMONTEE de h mn à h mn			
	3	14,56	4,3
	5	12,36	2,1
	10	10,83	0,57
	20	10,48	0,22
	30	10,28	0,02
	40	10,27	0,01
	50		
	60		

CARACTERISTIQUES DU FORAGE

Profondeur forée : 69,90 m
Profondeur mesurée : 69,90 m
Profondeur socle : 42,60 m
Nature socle : Grès
Venues d'eau à : 38 ; 46 ; 54 m
Profondeur sommet crépines: 36,23 m
Débit foration : 12 m³/h
Débit développement : 12,983 m³/h

DONNEES DE L'ESSAI

Nature et hauteur du repère: PVC / 0,50 m
NS avant l'essai: 10,26 m
Profondeur avant essai : 69,90 m
Profondeur après essai : 69,90 m
Profondeur de la pompe de pompage : 52 m
:

L'Opérateur

Wedgo Hamado

Le Contrôleur

NELLOGO Djakaridja
DPEA-KND



ESSAI DE POMPAGE LONGUE DUREE (Durée : .....h)

Projet : Programme Saoudien de forage de puits et de développement rural en Afrique - Phase V

Client : EDS
Région : Haut Bassin
Province : Kénédougou
Commune : Kangala
Village : Bama
Quartier : Bama
Date essai : Le 27/07/2024
Heure début essai : 20H11
Heure fin essai :

Entreprise : EEPC & CAFI-B
Débit de développement : 12,983 m³/h
Profondeur forage : 69,20 m
Profondeur pompe essai : 52 m
Niveau statique : 10,27 m
Hauteur repère : 0,50 m
Niveau statique/sol :
Niveau dynamique Max : 28,74 m
Rabattement Max : 18,47 m

Descente

Heure	T(mn)	N.D (m)	Rabat (m)	Débit (m³/h)	Observa.
20H11	0	10,27			Eau claire
	1	14,36	4,09		
	2	17,59	7,32	12,983	
	3	19,47	9,2		
	4	20,11	9,84		
	5	22,50	12,23		
	6	27,13	16,86		
	7	27,54	17,27		
	8	27,68	17,41		
	9	27,88	17,61		
	10	28,04	17,77		
	12	28,16	17,89		
	14	28,22	17,95		
	16	28,28	18,01		
	18	28,28	18,01		
	20	28,28	18,01		
	25	28,28	18,01		
	30	28,29	18,02		
	35	28,29	18,02		
	40	28,29	18,02		
	50	28,30	18,03		
	60	28,30	18,03		
	70	28,38	18,11		

Heure	T(mn)	N.D (m)	Rabat (m)	Débit (m³/h)	Observa.
	80	28,42	18,15		Eau claire
	90	28,45	18,18		
	105	28,47	18,20		
	120	28,49	18,22	12,983	
	135	28,53	18,26		
	150	28,55	18,28		
	165	28,57	18,30		
	180	28,59	18,32		
	210	28,60	18,33		
	240	28,62	18,35		
	270	28,62	18,35		
	300	28,62	18,35		
	360	28,62	18,35		
	420	28,63	18,36		
	480	28,64	18,37		
	600	28,66	18,39		
	720	28,67	18,40		
	840	28,69	18,42		
	960	28,70	18,43		
	1080	28,71	18,44		
	1200	28,72	18,45		
	1320	28,73	18,46		
20H11	1440	28,74	18,47		

Remontée

Heure	T(mn)	N.D (m)	Observa.
	0	28,74	
	2	16,42	
	4	13,36	
	6	11,96	
	8	10,84	
	10	10,74	
	15	10,63	
	20	10,60	
	25	10,54	
	30	10,50	
	35	10,45	
	40	10,40	
	50	10,34	
	60	10,30	
	70	10,30	
	80	10,28	
	90	10,28	
	105	10,27	
22H11	120	10,27	

Heure	T(mn)	N.D (m)	Observa.
	135		
	150		
	165		
	180		
	210		
	240		
	270		
	300		
	360		
	420		
	480		
	600		
	720		
	840		
	960		
	1080		
	1200		
	1320		
	1440		

Bureau de contrôle

NELLOGO Djakaridja

Entreprise

Wédgo Hamado

Annexe 3 : Fiches d'analyse microbiologique et physico-chimique

LABORATOIRE H2O INTERNATIONAL

LABORATOIRE H2O *International*

Analyse des eaux - Analyse des sols et de l'Air
Evaluations environnementales - Formation

Sarl – Saaba derrière la prefecture – 01 BP 6207 Ouaga 01 – Tél. : (+226) 64 24 48 28 / 71 35 37 42 – Email : eaulaboratoire@gmail.com-
RCCM BFOUA 2019B 3525 – IFU n° 00119809H – Sect. AB – Lot 29 – Parcelle 24 – Regime fiscal : RN – Compte Bancaire CBAO n°
036001697001 46 – Compte CORIS CMF n° 1000/00221524001 – Compte CODEC-Ouaga n°108/00190
Burkina Faso Web : www.labh2ointernational.net

Ouagadougou le 19 Août 2024

Etude : **2024/00922**
Date de prélèvement : 27**/07/2024**
Date de réception : **09/08/2024**
Période d'analyse : 09 au 19**/08/2024**
Prélevé par EEPC et CAFI-B

Province : Kénédougou
Commune : Kangala
Village : Bama
Quartier : Bama

DEMANDEUR : Fond Saoudien

Rapport d'essais (Microbiologie)

Tableau-Résultats

PARAMETRES	RESULTATS	UNITE(S)	Normes Burkina Faso (OMS)	METHODE (S)
Germes aérobies totaux à 22°C	-	/ml	-	FM sur Plate Count Agar
Germes aérobies totaux à 37°C	-	/ml	-	FM sur Plate Count Agar
Bactéries coliformes totaux	00	/100ml	0	FM sur Chromocult Agar
Bactéries coliformes fécaux	00	/100ml	0	FM sur Chromocult Agar
Escherichia coli	-	/100ml	0	FM sur Chromocult Agar
Spores de bactéries anaérobies sulfito réductrices	-	/20ml	0	FM sur gelose viande - foie
Streptocoques fécaux	00	/100ml	0	FM sur Slanetz Bartley
Pseudomonas spp	-	/250ml	0	FM sur Cetrimide agar

CONCLUSION

L'échantillon d'eau reçu est conforme aux normes de potabilité en vigueur au Burkina Faso se rapportant aussi aux directives de l'OMS pour les paramètres microbiologiques analysés.

LANKOANDE Bibata
Responsable du service de contrôle
Qualité, environnement et hygiène.

E-24-00922 Etude 24/00922 1

LABORATOIRE H2O INTERNATIONAL

LABORATOIRE H2O International

Analyse des eaux - Analyse des sols et de l'Air
Evaluations environnementales - Formation

Sarl – Saaba derrière la prefecture – 01 BP 6207 Ouaga 01 – Tél. : (+226) 64 24 48 28 / 71 35 37 42 – Email : eaulaboratoire@gmail.com-
RCCM BFOUA 2019B 3525 – IFU n° 00119809H – Sect. AB – Lot 29 – Parcelle 24 – Regime fiscal : RN – Compte Bancaire CBAO n°
036001697001 46 – Compte CORIS CMF n° 1000/00221524001 – Compte CODEC-Ouaga n°108/00190
Burkina Faso Web : www.labh2ointernational.net

Ouagadougou le 19 Août 2024

Etude : **2024/00922**
Date de prélèvement : 27/07/2024
Date de réception : **09/08/2024**
Période d'analyse : 09 au 19/08/2024
Prélevé par EEPC et CAFI-B

Province : Kénédougou
Commune : Kangala
Village : Bama
Quartier : Bama

DEMANDEUR : Fond Saoudien

Rapport d'essais (Physico-chimie)

Tableau – Résultats

PARAMETRES	Résultats	Moyen	Normes
pH	7,00	Multiparamètre pH/ORP/°C/EC/TDS/NaCl	-
Température (°C)	27,3	Multiparamètre pH/ORP/°C/EC/TDS/NaCl	-
TA (°f)	0	Titration acido-basique	-
Carbonates (mg/L)	0	Titration acido-basique /Minititrator&pHmeter	-
TAC (°f)	0,18	Titration acido-basique /Minititrator&pHmeter	-
Turbidité (NTU)	0,86	ISO Turbidity Meter	5
Conductivité (µS/cm)	240	Multiparamètre pH/ORP/°C/EC/TDS/NaCl	-
Dureté totale (mmol/L)	0,8	Méthode volumétrique (complexométrie)	-
Calcium (mg/L)	8,16	Méthode volumétrique (complexométrie)	-
Magnésium (mg/L)	4,84	Volumétrie avec burette de 50 ml	-
Chlorures (mg/L)	42,54	Titrimétrie Burette de 50 ml	250
Bicarbonates (mg/L)	2,19	Méthode volumétrique	-
TDS (mg/L)	121	Multiparamètre pH/ORP/°C/EC/TDS/NaCl	1000
NH4 (mg/L)	0,02	Spectrophotomètre de laboratoire DR3900 HACH	1,5
NO2 (mg/L)	0,660	Spectrophotomètre de laboratoire DR3900 HACH	3
NO3 (mg/L)	21,1	Spectrophotomètre de laboratoire DR3900 HACH	50
Fer total (mg/L)	<0,01	Spectromètre d'absorption atomique	0,3
O-PO4 (o + p) (mg/L)	0,24	Spectrophotomètre de laboratoire DR3900 HACH	5
Phosphore (mg/L)	0,08	Spectrophotomètre de laboratoire DR3900 HACH	2
Sulfates (mg/L)	<1	Spectrophotomètre de laboratoire DR3900 HACH	250
Potassium (mg/L)	0,1	Photomètre à flamme BWB-XP	12
Sodium (mg/L)	4,7	Photomètre à flamme BWB-XP	200
Manganèse (mg/L)	0,005	Spectromètre d'absorption atomique	0,5
Fluorure (mg/L)	0,08	Spectrophotomètre de laboratoire DR3900 HACH	1,5
Zinc (mg/L)	0,04	Spectromètre d'absorption atomique	3
Arsenic (mg/L)	<0,001	Spectromètre d'absorption atomique	0,01
Mercure (mg/L)	<0,001	Spectromètre d'absorption atomique	0,001
Plomb (mg/L)	<0,001	Spectromètre d'absorption atomique	0,01
Cadmium (mg/L)	<0,001	Spectromètre d'absorption atomique	0,003
Salinité (mg/L)	57,7	Multiparamètre pH/ORP/°C/EC/TDS/NaCl	-
Cyanure libre (mg/L)	0,005	Spectrophotomètre de laboratoire HI 96714	0,07

E-24-00922 Etude 24/00922 1

Annexe 4 : Évaluation des consommations spécifiques

Nom du quartier	Nbre de ménage	Pop. Totale en 2025	L/hbt/jour	Taux moyen L/hbt/jour
Bama 2	87	523	29,16	
Bama 2 (Kokoba)	87	523	29,16	
BAMA 1(Kokoro)	93	523	34,16	**31,66**
BAMA 1(Koutchidé)	94	522	34,16	
TOTAL GLOBAL	**361**	**2089**	**175,35**	
Cs retenue pour les BF				20
Cs retenue pour les BP				25

Annexe 5 : Évaluation des besoins en eau des usagers

Année	**2030**	**2040**	**2050**
Population global	2438	3153	4078
Taux de la population desservie en BF et BP selon le PN-AEP avec projection	0,8	0,9	0,9
Population à desservir par BF et BP selon le PN-AEP avec projection	1950	2838	3670
Consommation spécifique (Cs) (l/hab./j) BF	20	20	20
Consommation spécifique (Cs) (l/hab./j) BP	25	25	25
Besoins annexes : 10% de Cs	1,1	1,1	1,1
Pertes sur le réseau :10% de Bj	1,1	1,1	1,1
Coefficient de pointe journalier (Cpj)	1,15	1,15	1,15
Coefficient de pointe horaire (Cph)	2,5	2,5	2,5
Coefficient de pointe Saisonnier (Cps)	1,15	1,15	1,15
Besoin journalier moyen en eau (Bjm) (m3/j) (BF)	10,3	18,7	24,22
Besoin journalier moyen en eau (Bjm) (m3/j) (BP)	30	46,8	60,56
Besoin journalier moyen en eau (Bjm) (m3/j) (BF+BP)	40,3	65,6	84,79
Demande journalière moyenne (Djm) (m3/j) (BF)	11,3	20,6	26,65
Demande journalière moyenne (Djm) (m3/j) (BP)	33	51,5	66,62
Demande journalière moyenne (Djm) (m3/j) (BF+BP)	44,4	72,1	93,26
Demande journalière de pointe (Djp) (m3/j) (BF)	15	27,3	35,24
Demande journalière de pointe (Djp) (m3/j) (BP)	43,7	68,1	88,1
Demande journalière de pointe (Djp) (m3/j) (BF+BP)	58,7	95,4	123,3
Volume fourni par les PMH suivant la régression (20% en 2030 et 10% en 2040)	7	3,5	3,5

Débit moyen horaire (Qmh) (m3/h) (BF)	0,94	1,72	2,22
Débit moyen horaire (Qmh) (m3/h) (BP)	2,75	4,29	5,55
Débit moyen horaire (Qmh) (m3/h) (BF+BP)	3,7	6,01	7,77
Débit de pointe horaire (Qph) (m3/h) (BF)	2,36	4,29	5,55
Débit de pointe horaire (Qph) (m3/h) (BP)	6,88	10,7	13,88
Débit de pointe horaire (Qph) (m3/h) (BF+BP)	9,24	15	19,43
Débit de dimensionnement (l/s)	2,57	4,17	5,4
Volume des château m3	17,6	28,6	37
Débit de dimensionnement (l/s) pour BF	0,66	1,19	1,54
Débit de dimensionnement (l/s) pour BP	1,91	2,98	3,86
Débit de dimensionnement (l/s) pour (BF+BP)	2,57	4,17	5,4
Calcul du débit d'une BF (l/s)	0,93	0,93	0,93
Nombre théorique de BF	0,71	1,29	1,67
Nombre réel de BF	2	4	5
Nombre de BF selon l'étude socio-économique	5	5	5
Débit de dimensionnement reparti sur les 5 BF (l/s)	0,51	0,83	1,08

Annexe 6 : Évaluation de la ressource en eau souterraine

Année	**2028**	**2031**	**2033**	**2039**	**2040**	**2043**	**2048**	**2050**
Temps de pompage (heure) (Solaire 8 heures et thermique 4 heures	12	12	12	12	12	12	12	12
Demande journalière de pointe (m^3/j)	41,798	68,088	73,452	91,908	95,363	103,014	117,155	123,341
Débit disponible (m^3/h)	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
Production journalier disponible (m^3/j)	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000
Déficit journalier (m^3/j)	-78,202	-51,912	-46,548	-28,092	-24,637	-16,986	-2,845	3,341
Débit à rechercher (m^3/h)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Production journalière pour un forage de (05m3/h) minimum	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
Nombre théorique prévisionnel de forages à gros débit (05m^3/h) minimum	-1,303	-0,865	-0,776	-0,468	-0,411	-0,283	-0,047	0,056
Nombre réel prévisionnel de forages à gros débit (05m^3/h) minimum	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Annexe 7 : Diamètres calculés des conduites de refoulement

Débit de pompage : 10,00 m3/h						
Nombre d'heure : 12,00 h						
	Dth (mm)	Dint(mm)	DN (mm)	V(m/s)	Condition de flamant	Observation

Formule de bresse	79,06	90	110	0,44	0,69	Vérifié
Formule de bresse modifié	112,46	114,6	140	0,27	0,7146	Non Vérifié
Formule de minier	65,35	73,6	90	0,65	0,6736	Vérifié

Annexe 8 : Calcul de la Hauteur Manométrique Totale

Paramètres	**Valeurs**
Cote TN du forage	585
Cote TN du réservoir	597,35
Niveau dynamique max après pompage	50
Cote niveau dinamique	535
Hauteur sous radier	9,78
Hauteur cuve	4,16
Cote sommet cuve	611,29
Hgeo	76,29
Ks1	120
Ks2	90
Longueur (m) refoulement	2500
Longueur colonne montant du forage 63 PHED	50
Longueur colonne montant du château en galva 90 (mm)	13,94
Débit (m3/h)	10
Longueur galva tete de forage	3
Diamètre galva tete de forage (mm)	63
Diamètre intérieur refoulement (mm)	90
Diamètre intérieur colonne montante forage PHED 63 (mm)	51,4
Diamètre intérieur colonne montante du château en galva 90 (mm)	90
Pdc1 sur le refoulement	5,73
Pdc2 sur colonne montant du forage	2,27
Pdc3 sur colonne montant du château	0,06
Pdc4 sur tete galva forage	0,08
Pdc total	8,14
HMT	84,43
HMT adoptee	90

Annexe 9 : Données utilisées pour le traçage de la courbe caractéristique de la pompe, du réseau

Débit (m3/h)	**-**	**1,00**	**2,00**	**3,00**	**4,00**	**5,00**	**6,00**	**7,00**	**8,00**	**9,00**	**10,00**	**11,00**	**12,00**	**13,00**	**14,00**
HMTpompe (m)	120,00	118,00	115,00	113,00	112,00	111,00	110,00	108,00	105,00	100,00	95,00	90,00	83,00	76,00	69,00
Hgéo (m)	76,29	76,29	76,29	76,29	76,29	76,29	76,29	76,29	76,29	76,29	76,29	76,29	76,29	76,29	76,29
Pdc1 sur le refoulement	-	0,06	0,23	0,52	0,92	1,43	2,06	2,81	3,67	4,64	5,73	6,93	8,25	9,68	11,23
Pdc2 sur colonne montant du forage	-	0,04	0,16	0,36	0,65	1,01	1,45	1,98	2,59	3,27	4,04	4,89	5,82	6,83	7,92
Pdc3 sur colonne montant du château	-	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11
Pdc4 sur tête galva forage	-	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16
Pdc total	-	0,10	0,40	0,89	1,59	2,48	3,57	4,86	6,34	8,03	9,91	11,99	14,27	16,75	19,42
HMT total(m)	76,29	76,39	76,69	77,18	77,87	78,77	79,86	81,14	82,63	84,32	86,20	88,28	90,56	93,04	95,71

Annexe 10 : Vérification du coup de bélier

Paramètres	**Pompe**
Module de Young de la conduite (10^6Pa)	930
Module d'élasticité de l'eau (10^6Pa)	2000
Longueur conduite de refoulement (m)	2500
Diamètre nominal (mm)	110
Diamètre intérieur (mm)	90
Epaisseur e (mm)	10
Pesanteur g (m/s^2)	9,81
Célérité de l'onde (m/s)	313,46
Vitesse (m/s)	0,69
Variation maximale de pression (m)	22.05
HMT (m)	90
Pression atmosphérique (m)	10.33
Pression nominale (m)	160
Pression maximale admissible **PMA** (m)	192
Surpression Hmax (m)	112,05
Dépression Hmin (m)	67,95
Rapport Hmax/PMA<1,2	0,58

Annexe 11 : Résultats de dimensionnement de la source solaire

Tableau 1 : Caractéristique du champ photovoltaïque

Désignation	Electropompe et autres charges
Puissance requise (Wc)	4124,92
Puissance réelle (Wc)	4200
Puissance d'un module solaire (Wc)	300
Nombre de modules retenus	14
Tension du module (V)	24
Tension du champ solaire (V)	48
Modules en série	2
Modules en dérivation	7

Tableau 2 : Caractéristique du panneau solaire

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

Tableau 3 : Caractéristique de l'onduleur retenu

Nature	**Unité**	**Electropompe**
Onduleurs Grundfos		
Fréquence	(Hz)	RSI IP66
Puissance nominale	(Kw)	4
Tension Nominale	(V)	3x385-415
Tension d'entrée DC	(V)	600
Tension de sortie AC	(V)	230
Courant de sortie AC	(A)	16
Masse nette	(Kg)	20

Annexe 12 : Caractéristique de la source thermique

Désignation	**Valeurs**
Groupe électrogènes Kipor	KADE30SS3
Type de moteur	KM493G
Fréquence nominale	50 Hz
Puissance nominale	23, 2 KW
Tension nominale	230/400V
Intensité	34,6A
Vitesse de rotation	1500 r/min
Capacité du réservoir	95 l
Poids	850 Kg

Annexe 13 : Détermination de la capacité du réservoir

Tableau 1 : Détermination de la capacité utile du réservoir par la méthode analytique

Horaire	6h à 8h	8h à 10h	10h à12h	12h à 15 h	15h à 16h	16h à 18 h	18h à 20h	20h à 22h	22h à 24h	24h à 06 h
Tranche d'heure	2	2	2	3	1	2	2	2	2	6
Coefficients de consommation	0,5	2	1,2	0,5	1,1	1	0	0	0	0
Débit de pompage (m3/h)	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	0,00	0,00
Volume pompé par tranche (m3)	15,42	15,42	15,42	23,13	7,71	15,42	15,42	15,42	0,00	0,00
Volumes pompés cumulés (m3)	15,42	30,84	46,25	69,38	77,09	92,51	107,92	123,34	123,34	123,34
Débit moyen de distribution (m3/h)	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28	0,00	0,00	0,00	0,00
Volume distribué par tranche (m3)	10,28	41,11	24,67	15,42	11,31	20,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Volumes distribués cumulés	10,28	51,39	76,06	91,48	102,78	123,34	123,34	123,34	123,34	123,34
Volume pompé - volume distribué	5,14	-20,56	-29,81	-22,10	-25,70	-30,84	-15,42	0,00	0,00	0,00
EXCEDENT MAX							5,14			
DEFICIT MAX							30,83525176			

Tableau 2 : Dimensions constructives du réservoir

Dimensions de la cuve du réservoir métallique cylindrique	
Capacité utile	40 m^3
Proposition de hauteur utile	4 m
Revanche	0,5m
Hauteur totale	4, 5 m
Diamètre théorique	3,5 m
Hauteur sous-cuve retenue	10 m
Côte TN réservoir	597,35 m
Côté radier du réservoir	607,35 m
Côte trop-plein	611,35 m
Epaisseur de la tôle	10 mm

Annexe 14 : Caractéristique du dispositif de traitement

Désinfection au chlore		
Débit de pointe horaire de distribution	[m3/h]	19,43
Demande du jour de pointe	[m3/j]	123.33
Volume du réservoir	[m3]	40
Temps de contact du chlore	[h]	4,76 >2
Temps de séjour	[j]	0,3 < 2
Dose de traitement	[mg/l]	2
Débit d'eau à traiter	[m3/h]	10
Concentration de la solution de chlore	[g/l]	5
Débit d'injection de la pompe doseuse	[l/h]	4
Temps de fonctionnement journalier	[h]	12
Volume du Bac	[l]	80
Masse journalière de chlore	[g/j]	320
Masse annuelle de chlore	[kg/an]	116,8

Annexe 15 : Débit de distribution /76419539

	Désignation	**Unité**	**2026**	**2030**	**2040**	**2050**
Réseau de distribution (BF)	Temps de distribution	[h]	12	12	12	12
	Nombre de BF	[u]	5	5	5	5
	Débit moyen Horaire des BF	[m3/h]	0,43	0,94	1,72	2,22
	Cph des BF	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Débit de pointe horaire des BF	[m3/h]	1,06	2,36	4,29	5,55
		[l/s]	0,29	0,65	1,19	1,54
	Nombre de robinets de 0,15l/s par BF	[l/s]	3	3	3	3
	Débit réel de pointe horaire de chaque BF	[l/s]	0,36	0,36	0,36	0,36
Réseau de distribution (BP)	Temps de distribution	[h]	20	20	20	20
	Débit moyen horaire des BP	[m3/h]	1,24	2,75	4,29	5,55
	Cph des BP	-	2,5	2,5	2,5	2,5
	Débit de pointe horaire des BP	[m3/h]	3,1	6,88	10,7	13,9

		[l/s]	0,86	1,91	2,98	3,85
Débit de distribution	Débit de pointe horaire du réseau de distribution	[l/s]	1,16	2,57	4,17	5,4
		[m3/h]	4,17	9,24	15	19,4

Annexe 16 : Résultats de dimensionnement des conduites de distribution

TRONÇON		LONG(m)	Q(l/S)	Dth(mm)	DINT(mm) PHED PN 10	DN(mm)	J(m) Sur le tronçon (1)	R ∑J (2)	Côté TN(m) (extrémité aval) (3)	Pmine en X (m) (4)	Zmine (m) (imposé par x) (5)	P en X (m) pour max des zmine(6)	V (m/s)
CE									597,35				
CH	N2	22,67	5,40	82,897	103,40	110,000	0,094	0,094	596,89	10,000	606,984	10,145	0,64
N2	BF5	51,30	1,08	37,073	59,20	63,000	0,166	0,259	596,50	10,000	606,759	10,369	0,39
N2	N5	273,80	4,32	74,145	84,60	90,000	2,109	2,203	594,55	10,000	606,753	10,376	0,77
N5	BF2	14,23	1,08	37,073	59,20	63,000	0,046	2,249	594,88	10,000	607,129	10,000	0,39
N5	N16	876,10	3,24	64,212	103,40	110,000	1,302	3,504	591,16	10,000	604,664	12,464	0,39
N16	BF1	7,88	1,08	37,073	59,20	63,000	0,025	3,530	591,33	10,000	604,860	12,269	0,39
N16	N23	1481,50	2,16	52,429	103,40	110,000	0,978	4,483	590,45	10,000	604,933	12,196	0,26
N23	BF3	32,42	1,08	37,073	59,20	63,000	0,105	4,587	591,01	10,000	605,597	11,531	0,39
N23	N27	379,19	1,08	37,073	59,20	63,000	1,226	5,708	588,55	10,000	604,258	12,870	0,39
N27	BF4	39,38	1,08	37,073	59,20	63,000	0,127	5,835	589,71	10,000	605,545	11,583	0,39

Annexe 17 : Devis Estimatif

CENTRE DE BAMA (PROVINCE DU KENEDOUGOU) APD VERSION PROVISOIRE					
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DES TRAVAUX					
Poste N°	DÉSIGNATION DES TRAVAUX	Unité	Qté	P.U (FCFA)	P. T (FCFA)
1	GÉNÉRALITÉS				
1.1	Amené, installation et repli du matériel	ff	1	3500000	3500000
1.2	Dossier d'exécution	ff	1	1000000	1000000
1.3	Établissement de plans de recollement des ouvrages exécutés	ff	1	500000	500000
	Sous-Total 1				5000000
2	FORAGE				
2.1	Développement du forage	ff	1	250000	250000
2.2	Pompage par paliers (4h) et observation remontée (1h)	ff	1	350000	350000
2.3	Essai de pompage de longue durée (24h) et observation remontée (6h)	ff	1	750000	750000
2.4	Prélèvement et analyses physico-chimiques, bactériologique et de métaux lourds de l'eau au laboratoire	ff	1	150000	150000
2.5	Conduite de refoulement				
2.6	Excavation et remblai, fourniture et pose de tuyau PEHD De 110 PN 16, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur...) tout terrain confondues (forage existant)	ml	2500	11000	27500000
2.7	Fourniture et pose de pièces spéciales de raccordement (Coudes, Te, Réducteurs…)	ens	1	500000	500000
2.8	Mise en place de bornes de repérage de la conduite de refoulement	ff	1	850000	850000
2.9	Mise en place de butées en béton	m^3	1	350000	350000
	Sous-Total 2				30700000
3	FOURNITURE ET POSE DES ÉQUIPEMENTS 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	400000	400000

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 DN 50, clapet AR, manomètre, pressostat double seuil, filtre, vanne, robinet de prise, y compris raccordements à la pompe (foraduc) et au réseau,	ens	1	750000	750000
3.2	Pompe immergée				
3.2.1	Fourniture et pose d'un groupe électropompe GRUNDFOS de débit minimum 10 m^3/h, HMT 90 m, y compris essais de marche et câble de sécurité en acier inoxydable et toutes sujétions. (forages existants)	u	1	4500000	4500000
3.2.2	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique U1000 R02V de 4x4mm² enterrés sous PVC et signalés 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	ens	1	500000	500000
3.2.3	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	350000	350000
3.2.4	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	300000	300000
3.2.5	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	250000	250000

3.2.6	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	150000	150000
3.2.7	Fourniture, pose et raccordement de sonde de détection de niveau	u	1	50000	50000
3.2.8	Fourniture, pose et raccordement d'un avertisseur sonore, y compris toute sujétion	u	1	50000	50000
3.2.9	Puits de terre équipé et mise à la terre des masses des équipements électriques des locaux, y compris toute sujétion	u	1	150000	150000
3.2.10	Fourniture, pose et raccordement d'un parafoudre 800V, y compris toute sujétion	u	1	250000	250000
3.2.11	Fourniture, pose et raccordement d'un coupe-circuit CA pour la partie alternatif, y compris toute sujétion	u	1	150000	150000
	Sous-Total 3				7850000
4	SOURCE D'ÉNERGIE				
4.1	GROUPE ÉLECTROGÈNE				
4.1.1	Fourniture, pose, raccordement et mise en service d'un groupe électrogène diésel triphasé à service continu, de 26 kVA, 3PH+N 230/400V 50HZ à démarrage électrique avec possibilité de démarrage par manivelle, y compris pièces de rechange et outillages spécifiques et toute sujétion	u	1	8000000	8000000
4.1.2	Fourniture, pose et raccordement d'une cuve journalière de 200 litres équipée de pompe manuelle type JAPPY, y compris toute sujétion	u	1	1000000	1000000
4.1.3	Fourniture et pose d'un bac à sable de 50 litres avec une pelle, y compris et toute sujétion	u	1	150000	150000
4.1.4	Rallonge du tuyau d'échappement hors du local groupe électrogène et calorifugeage	ens	1	75000	75000
4.1.5	Fourniture et pose d'un extincteur + support de fixation	ens	1	150000	150000

4.1.6	Fourniture, pose et raccordement d'un câble électrique U1000 R02V de 4x6mm² pour raccordement onduleur-inverseur-Groupe Elec et Inverseur-coffret de commande y compris toute sujétion	ens	1	350000	350000
4.1.7	Génie civil du local du groupe électrogène, y compris tous les équipements (électriques, éclairage, prises, interrupteurs, etc.) conformément aux plans	ens	1	1800000	1800000
4.2	ÉNERGIE SOLAIRE				
4.2.1	Fourniture et pose d'une station solaire de 4,2 kWc (Support et plateforme, plaques solaires, boîte de raccordement, y compris pièces de rechange et outillages spécifiques, y compris toutes sujétions. (Forage existant)	ens	1	6500000	6500000
4.2.2	Fourniture, pose et raccordement d'une protection contre les surcharges Côté Continu (Disjoncteur DC), y compris toute sujétion	ff	1	100000	100000
4.2.3	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	3000000	3000000
4.2.4	Inverseur de source solaire/électrique	u	0	2750000	-
4.3	RACCORDEMENT AU RÉSEAU SONABEL				
4.3.1	Raccordement au réseau électrique existant, y compris abonnement triphasé de 20A	ens	0	1500000	-
	Sous-Total 4				21125000
5	CHÂTEAU D'EAU				
5.1	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	10000	400000
5.2	Études géotechniques pour fondation du château d'eau	ff	1	400000	400000

5.3	Château d'eau de 40 m^3, 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+equipement complet du regard By-pass (clapet antiretour, compteur, vannes) ; échelle de lecture, peinture antirouille et peinture alimentaire intérieure, peinture extérieure, désinfection, divers,…) et échelle dont les deux mètres les plus bas amovibles, suivant plans.	ens	1	25000000	25000000
5.4	Construction d'un regard au pied du château (by-pass).	u	1	400000	400000
5.5	Essai d'étanchéité du château	u	1	100000	100000
	Sous-Total 5				26300000
6	TRAITEMENT DE L'EAU				
6.1	Pompe doseuse type Dosatron de 10 litres/h (y compris accessoires de raccordement)	u	1	3500000	3500000
6.2	Agitateur de 0,75 KW	ens	1	500000	500000
6.3	Bac de solution de 100 litres	u	1	420000	420000
	Sous total 6				4420000
7	RÉSEAU DE DISTRIBUTION				
7.1	Tuyauterie				
7.1.1	Excavation et remblai, fourniture et pose de tuyau PEHD De 90 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur, etc.) en tout terrain de toute nature	ml	714	9000	6426000
7.1.2	Excavation et remblai, fourniture et pose de tuyau PEHD De 63 et 110 PN 10, y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur, etc.) en tout terrain de toute nature	ml	2488	6000	14928000
7.1.3	Essais de pression	ff	1	300000	300000
7.1.4	Rinçage et désinfection	ff	1	450000	450000
7.2	Fourniture et pose d'équipement de robinetterie vanne :				
7.2.1	Vannes de sectionnement DN 90	u	1	350000	350000
7.2.2	Vannes de sectionnement DN 50	u	2	200000	400000
7.2.3	Equipement complet vidange y compris regard en béton	ens	1	350000	350000

7.2.4	Equipement complet ventouse y compris regard en béton	ens	1	350000	350000
7.2.5	Fourniture et pose de pièces spéciales (coudes, té, etc.)	ens	1	500000	500000
7.2.6	Fourniture et pose de bouche à clé (tabernacle, tube allonge, tête de bouche, etc.)	ens	1	300000	300000
7.2.7	Mise en place de butées	m^3	1	175000	175000
7.2.8	Fourniture et pose de conduite Galva DN convenable servant de fourreau, traversée de route et remise en état.	ml	0	50000	-
7.3	Bornes fontaines (BF), branchements particulier (BP) et abreuvoir				
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	5	1000000	5000000
7.3.2	Génie Civil et raccordement de BP (branchement situé à moins de 50m du réseau selon les normes appliquées par l'ONEA et composé en entre autres : lyre, compteur, tuyau pehd 40, collier de prise en charge, etc.), y compris toutes sujétions	u	50	150000	7500000
7.3.3	Fournitures de pièces de rechange pour l'entretien du réseau (têtes de robinet, compteurs et conduites)	ff	1	250000	250000
7.3.4	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, équipement d'entretien des plaques (échelles, balai à manche)	ff	1	500000	500000
7.3.5	Confection et pose de plaques d'immatriculation pour bornes-fontaines	u	5	25000	125000

7.3.6	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	25000	50000
	Sous-Total 7				37954000
8	CONSTRUCTION DE LOCAUX DIVERS				
8.1	Construction du local de Bureau/magasin conformément aux plans, y compris toutes sujétions	u	1	3000000	3000000
8.2	Construction de latrine douche VIP double fosses, conformément aux plans y compris toutes sujétions	ens	1	1500000	1500000
8.3	Aménagement d'une clôture en parpaing pour l'ensemble (local bureau/magasin, station solaire et latrine VIP). Conformément aux plans y compris toutes sujétions	ml	100	25000	2500000
	Sous-Total 8				7000000
9	FORMATION				
9.1	Formation des responsables d'exploitation du réseau	ff	1	500000	500000
	Sous-Total 9				500000
TOTAL HORS TVA					**140849000**
TVA					**25352820**
TOTAL TTC					**166201820**

Annexe 18 : Différents modes de gestion des AEPS au BF

Mode de gestion	Avantages	Inconvénients	Conditions de mise en œuvre
La régie directe	Création d'emplois	Tous les risques pèsent sur la commune	Réalisation d'une étude de faisabilité
	Maîtrise de l'exploitation des ouvrages	Augmentation des charges de travail	Personnel qualifié et compétent
	Proximité de service	Risque d'impact politique sur les choix	Délibération du conseil municipal
	Souplesse dans les choix		Présence d'infrastructures et de ressources humaines
	Valorisation de l'expertise locale	Lourdeur dans les procédures d'acquisition des biens	Existence d'un fonds de roulement
La régie autonome	Moins de charges		Fonctionnalité des installations
	Dividende politique		
	Création d'emplois	Tous les risques pèsent sur la commune	Réalisation d'une étude de faisabilité
	Maîtrise de l'exploitation des ouvrages	Augmentation des charges de travail	Personnel qualifié et compétent
Affermage	Proximité de service	Risque d'impact politique sur les choix	Délibération du conseil municipal
	Fluidité dans les décisions		Disponibilité d'infrastructures et de moyen de travail
		Lourdeur dans les procédures d'acquisition des biens	
	Valorisation de l'expertise locale		Existence d'un fonds de roulement
	Moins de charges et de risques	Maîtrise d'ouvrage non complètement assurée	Réaliser d'une étude de faisabilité

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

Annexe 19 : Surveillance environnementale

Mesures d'atténuation	**Indicateurs**	**Fréquence de mesure**	**Responsable**	**Moyen de vérification**
Arrosage fréquent de la piste d'accès et des emprises des zones de circulation des engins	Degré des pollutions enregistrées au cours des travaux	Quotidienne	Structure de contrôle	Rapport d'incident
Entretien régulier des engins (machines et engins) pour corriger les émissions de gaz	Degré des pollutions et nuisances enregistrées au cours des travaux	Quotidienne	Structure de contrôle	Rapport d'incident

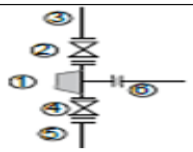
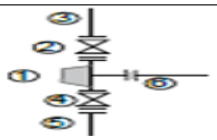
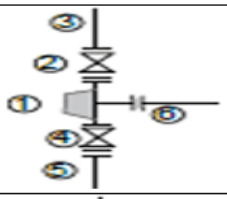
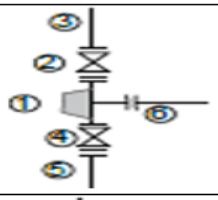
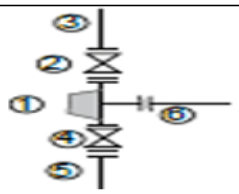
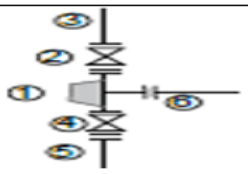
Fournir les EPI aux travailleurs et les rendre obligatoires pendant les travaux	Nombre des EPI offerts	Quotidienne	Entreprise d'exécution ; Structure de Contrôle	Rapport de chantier
Baliser les tranchées par des rubans avertisseurs	Nombre de tranchées barricadées	Quotidienne	Entreprise d'exécution ; Structure de Contrôle	Rapport de chantier
Utilisation de machines et engins minimisant les vibrations	Absence de bruits	Quotidienne	Structure de contrôle	Rapport de chantier
Installation de panneaux avertisseurs et de limitation de vitesse	Nombre d'incidents enregistrés au cours de la réalisation du projet	Hebdomadaire	Entreprise ou Structure de contrôle	Rapport d'incidents
Recrutement de la main-d'œuvre locale	Nombre d'ouvriers recrutés par l'entreprise au sein de la population locale	Mensuelle	Entreprise d'exécution des travaux	Rapport de chantier
Séances de sensibilisation sur les IST et le VIH/SIDA	Nombre de personnes sensibilisées sur les IST et le VIH/SIDA et nombre d'affiches réalisées et de préservatifs offerts	Hebdomadaire	Entreprise d'exécution des travaux	Rapport de chantier
Maintien d'une bonne collaboration avec les comités villageois de développement (CVD) et des conseillers locaux pour gérer les éventuels conflits ou désagréments	Nombre de conflits gérés	Hebdomadaire	Entreprise d'exécution des travaux	Rapport d'incident
Réalisation de plantations d'arbres sur les sites concernés en vue de compenser les déboisements consécutifs aux travaux.	Nombre d'arbres plantés	Fin des travaux	Structure de contrôle	Procès – verbaux de réception définitive

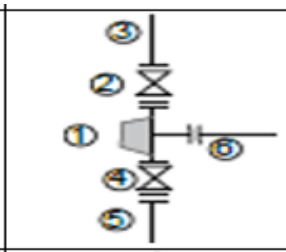
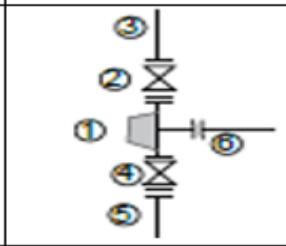
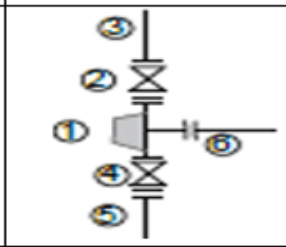
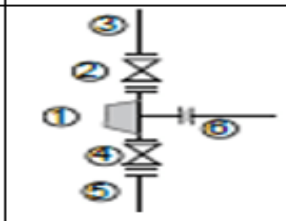
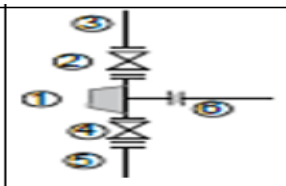
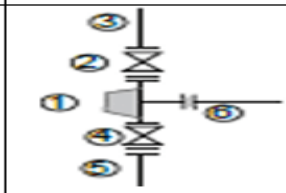
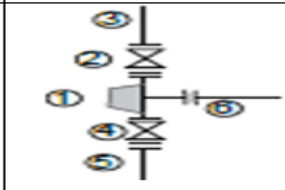
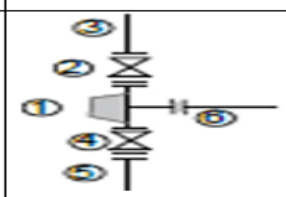
Nettoyage et remise en état du site à la fin des travaux	Absence de déchets sur le site, Nombre de tranchées ouvertes et remises en état ;	Fin des travaux	Structure de contrôle	Procès – verbaux de réception définitive

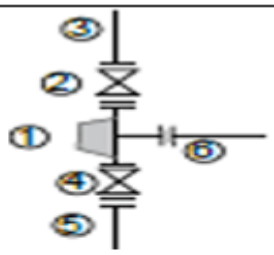
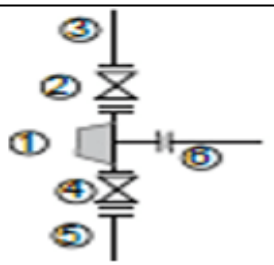
Annexe 20 : Suivi environnemental

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

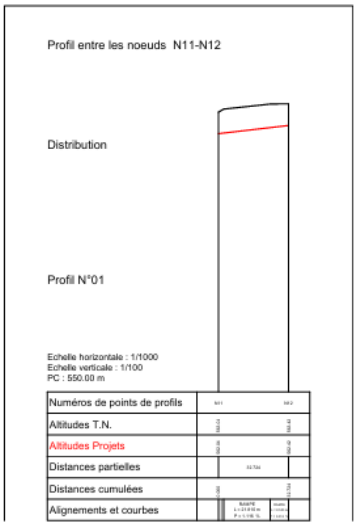
Annexe 21 : Carnet des nœuds

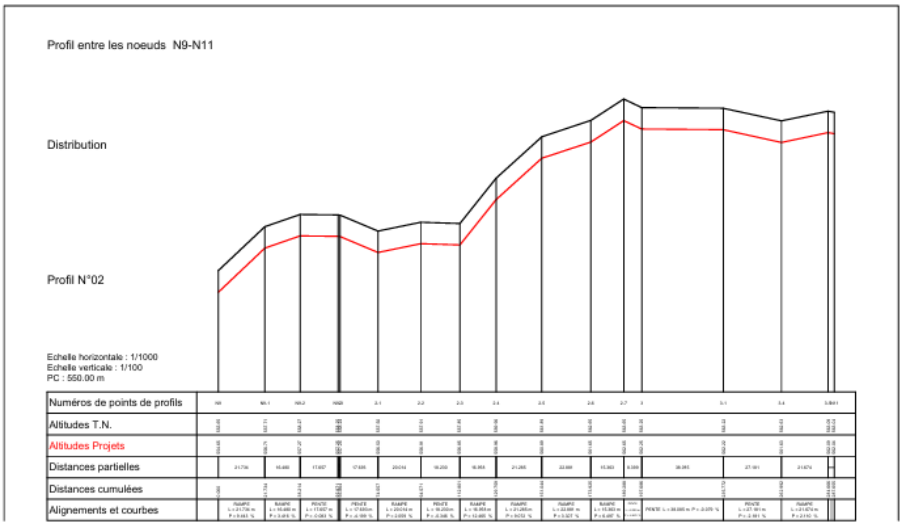
Noeud	Schéma	Nomenclature	Nombre
5 ;6 ;9 ;15 ;34		1-Coude ¼ DN63 2-Vanne de sectionnement DN63 3-Conduite+adapteur à bride DN63 4-Conduite+adapteur à bride DN63	4 4 4 4
1		1-Coude ¼ DN90/75 2-Vanne de sectionnement DN90 3-Conduite+adapteur à bride DN90 4-Conduite+adapteur à bride DN63	1 1 1 1
1		1-Coude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

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

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

Annexe 21 : Profil en long

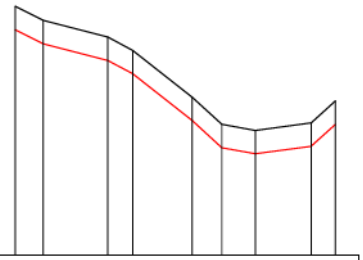




Profil entre les noeuds N25-N10

Distribution

Profil N°03



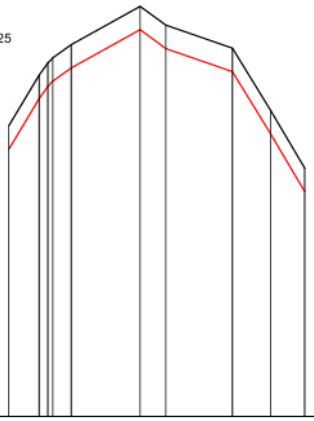
Echelle horizontale : 1/1000
Echelle verticale : 1/100
PC : 550.00 m

Numéros de points de profils	
Altitudes T.N.	
Altitudes Projets	
Distances partielles	
Distances cumulées	
Alignements et courbes	

Profil entre les noeuds N24-N25

Distribution

Profil N°04



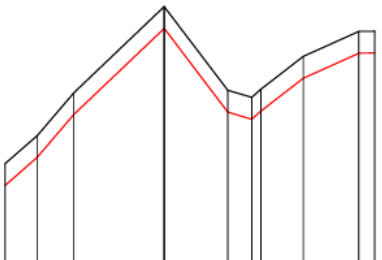
Echelle horizontale : 1/1000
Echelle verticale : 1/100
PC : 550.00 m

Numéros de points de profils	
Altitudes T.N.	
Altitudes Projets	
Distances partielles	
Distances cumulées	
Alignements et courbes	

Profil entre les noeuds N13-N24

Distribution

Profil N°05



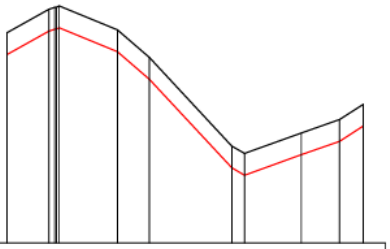
Echelle horizontale : 1/1000
Echelle verticale : 1/100
PC : 550.00 m

Numéros de points de profils	
Altitudes T.N.	
Altitudes Projets	
Distances partielles	
Distances cumulées	
Alignements et courbes	

Profil entre les noeuds N21-N13

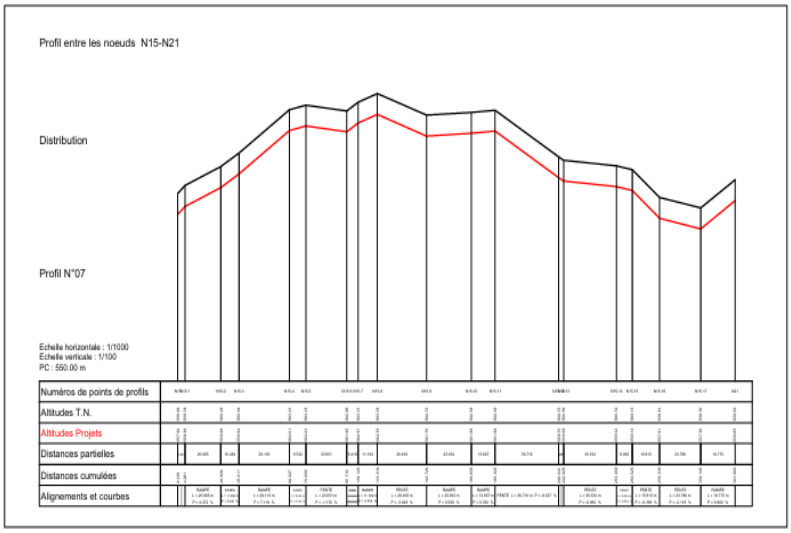
Distribution

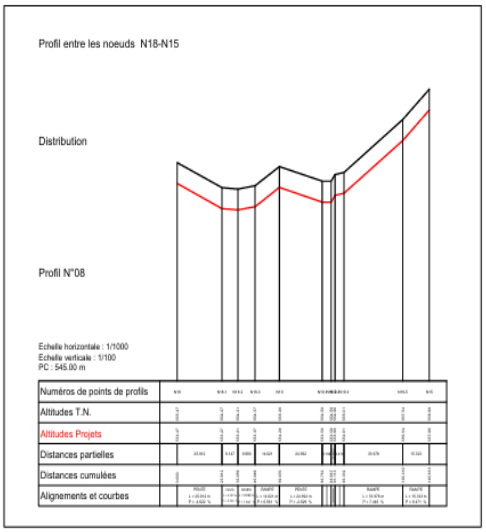
Profil N°06

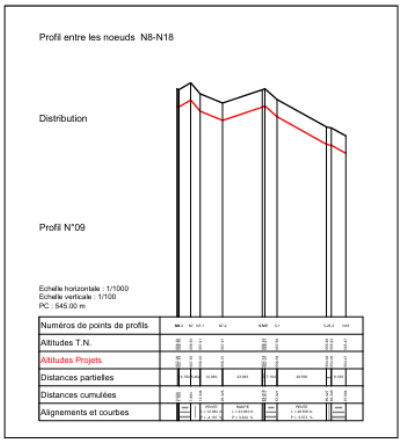


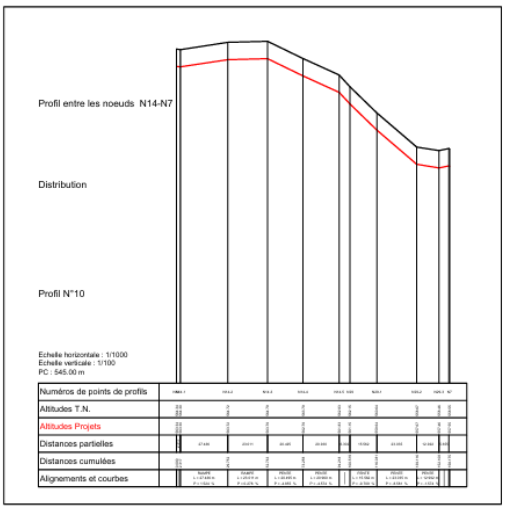
Echelle horizontale : 1/1000
Echelle verticale : 1/100
PC : 550.00 m

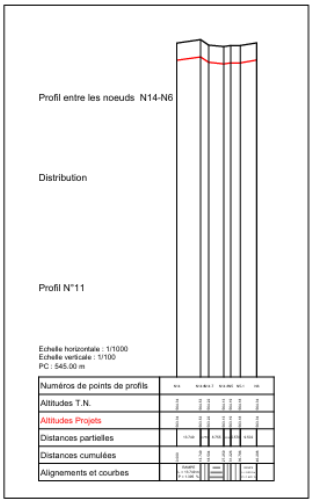
Numéros de points de profils	
Altitudes T.N.	
Altitudes Projets	
Distances partielles	
Distances cumulées	
Alignements et courbes	

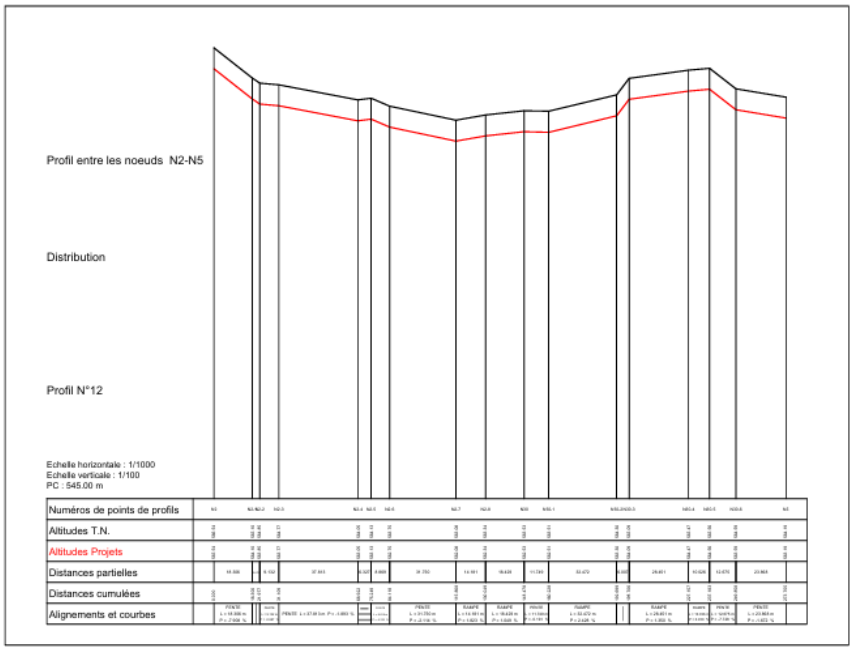

Profil entre les noeuds N15-N21
Distribution
Profil N°07
Echelle horizontale : 1/1000
Echelle verticale : 1/100
PC : 550.00 m
Numéros de points de profils
Altitudes T.N.
Altitudes Projets
Distances partielles
Distances cumulées
Alignements et courbes

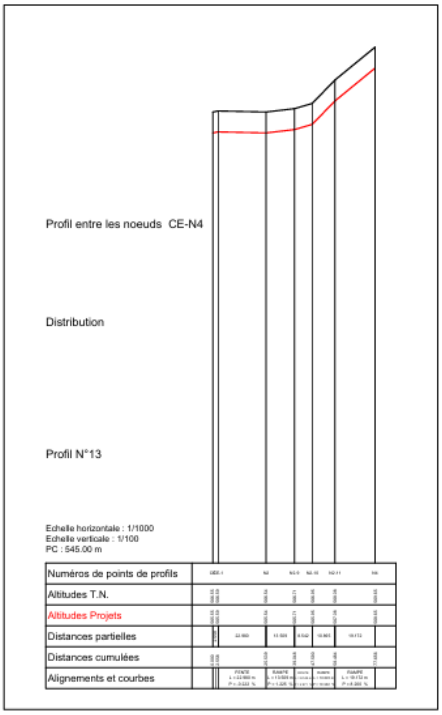

Profil entre les noeuds N18-N15
Distribution
Profil N°08
Echelle horizontale : 1/1000
Echelle verticale : 1/100
PC : 545.00 m
Numéros de points de profils
Altitudes T.N.
Altitudes Projets
Distances partielles
Distances cumulées
Alignements et courbes


Profil entre les noeuds N8-N18
Distribution
Profil N°09
Echelle horizontale : 1/1000
Echelle verticale : 1/100
PC : 545.00 m
Numéros de points de profils
Altitudes T.N.
Altitudes Projets
Distances partielles
Distances cumulées
Alignements et courbes


Profil entre les noeuds N14-N7
Distribution
Profil N°10
Echelle horizontale : 1/1000
Echelle verticale : 1/100
PC : 545.00 m
Numéros de points de profils
Altitudes T.N.
Altitudes Projets
Distances partielles
Distances cumulées
Alignements et courbes

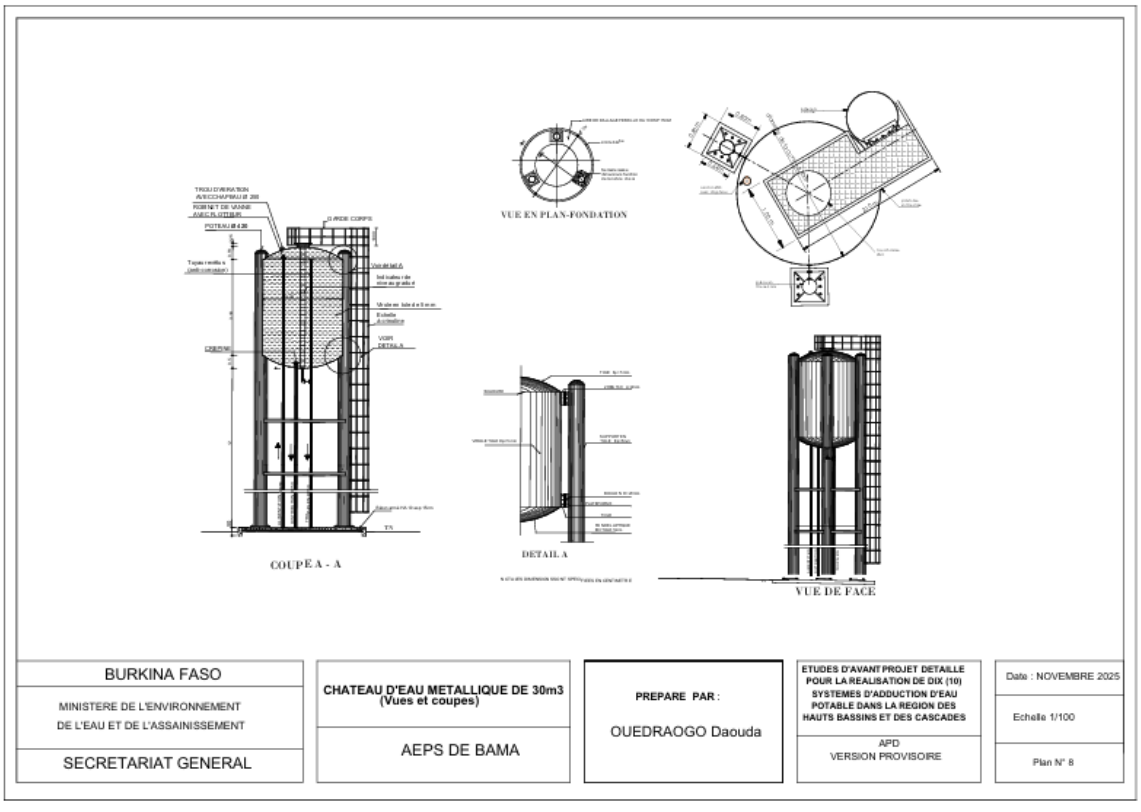

Profil entre les noeuds N14-N6
Distribution
Profil N°11
Echelle horizontale : 1/1000
Echelle verticale : 1/100
PC : 545.00 m
Numéros de points de profils
Altitudes T.N.
Altitudes Projets
Distances partielles
Distances cumulées
Alignements et courbes



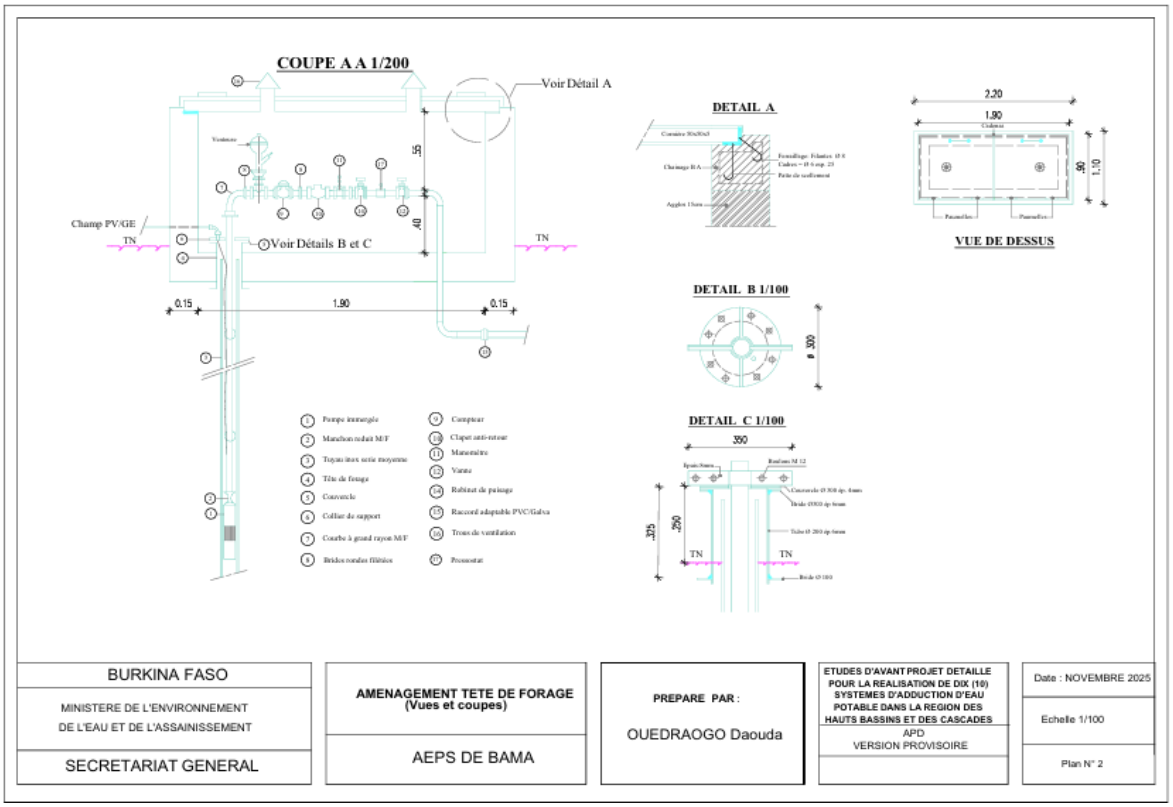


Annexe 22 : Plan des ouvrages

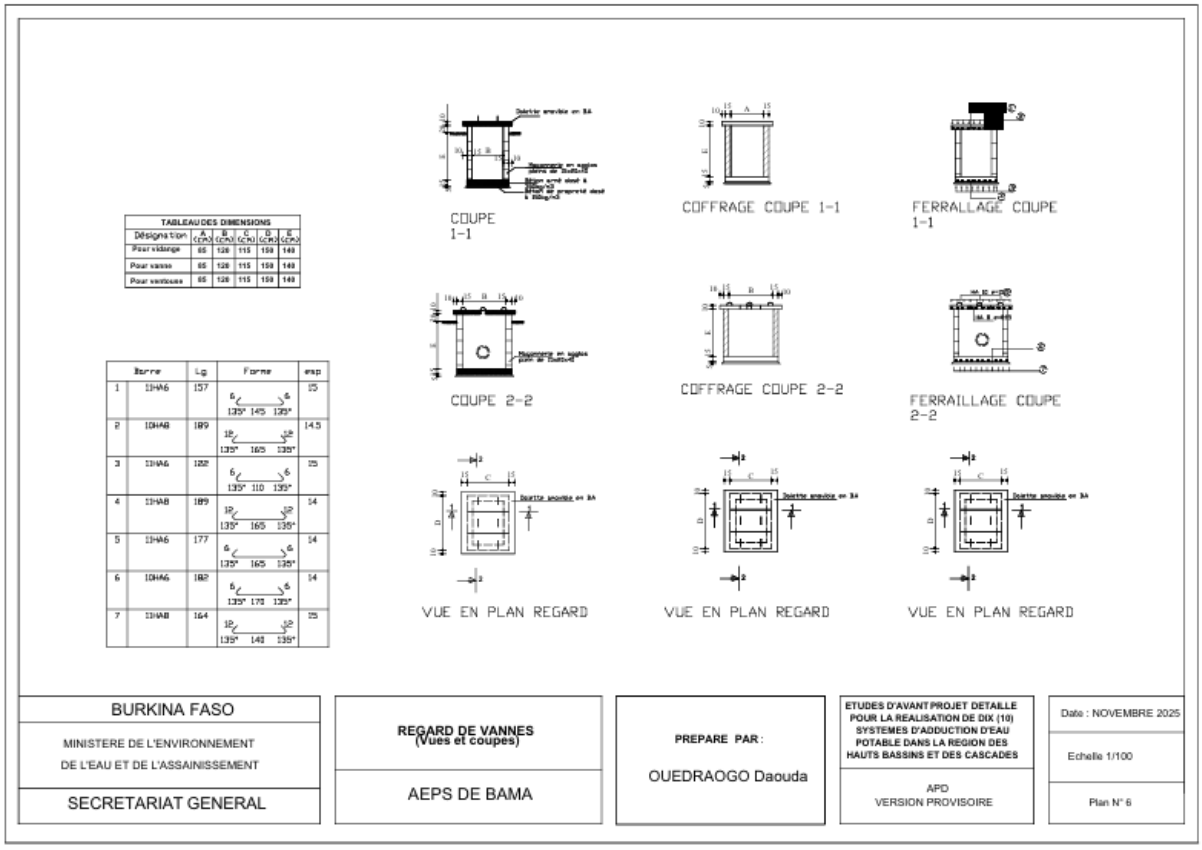
Graphique 1 : Château d'eau



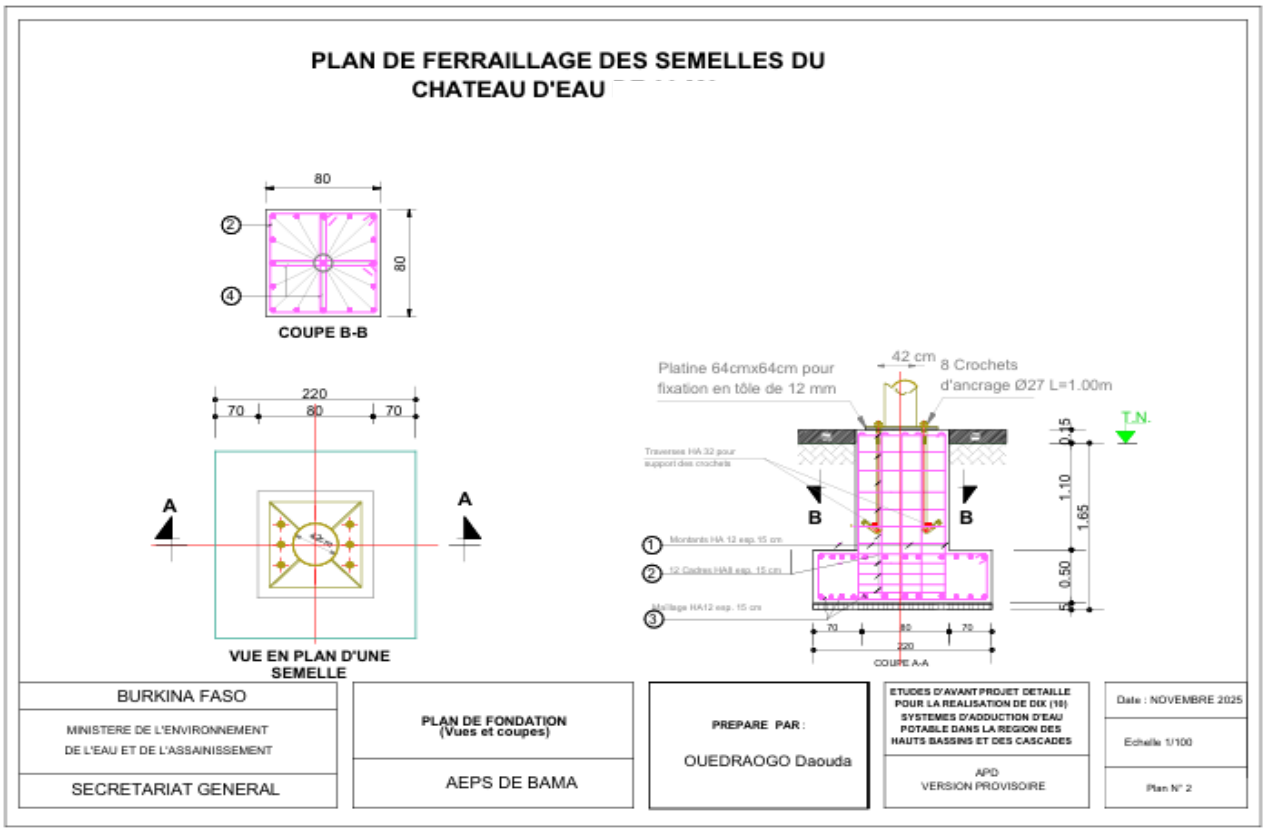
Graphique 2 : Tête de forage



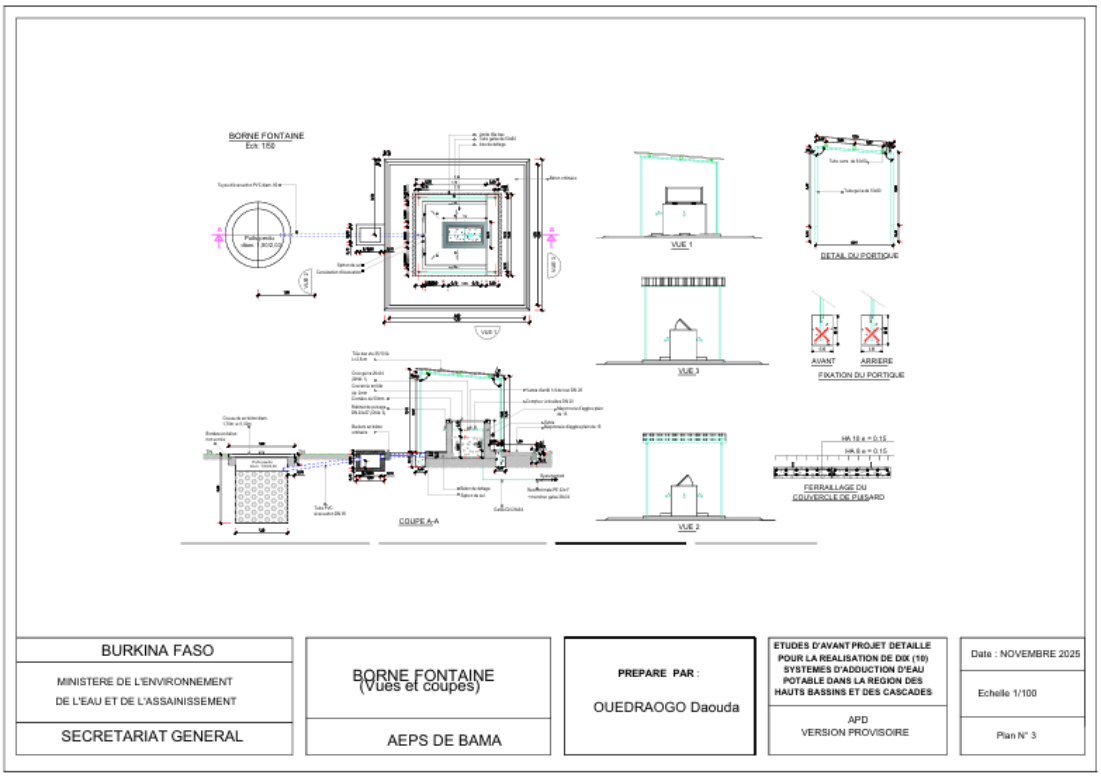
Graphique 3 : Regard vanne



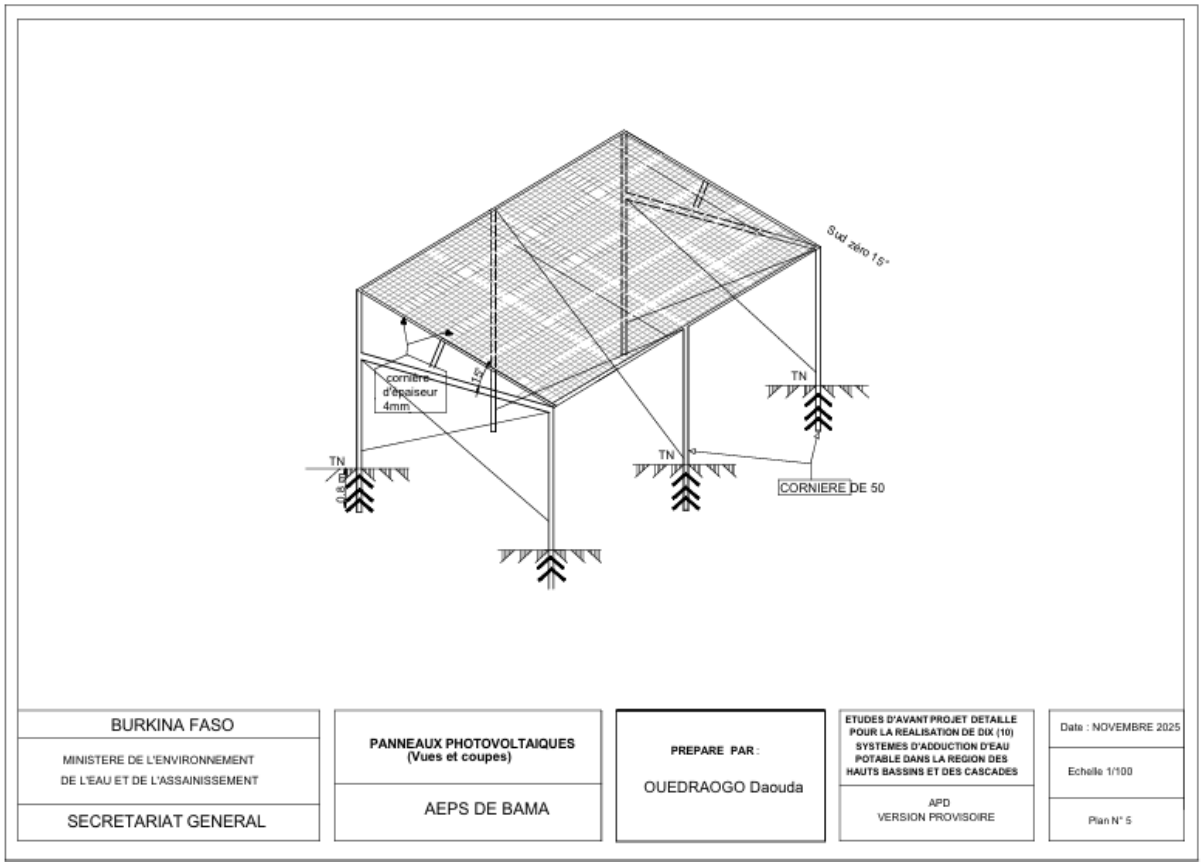
Graphique 4 : Plan de fondation



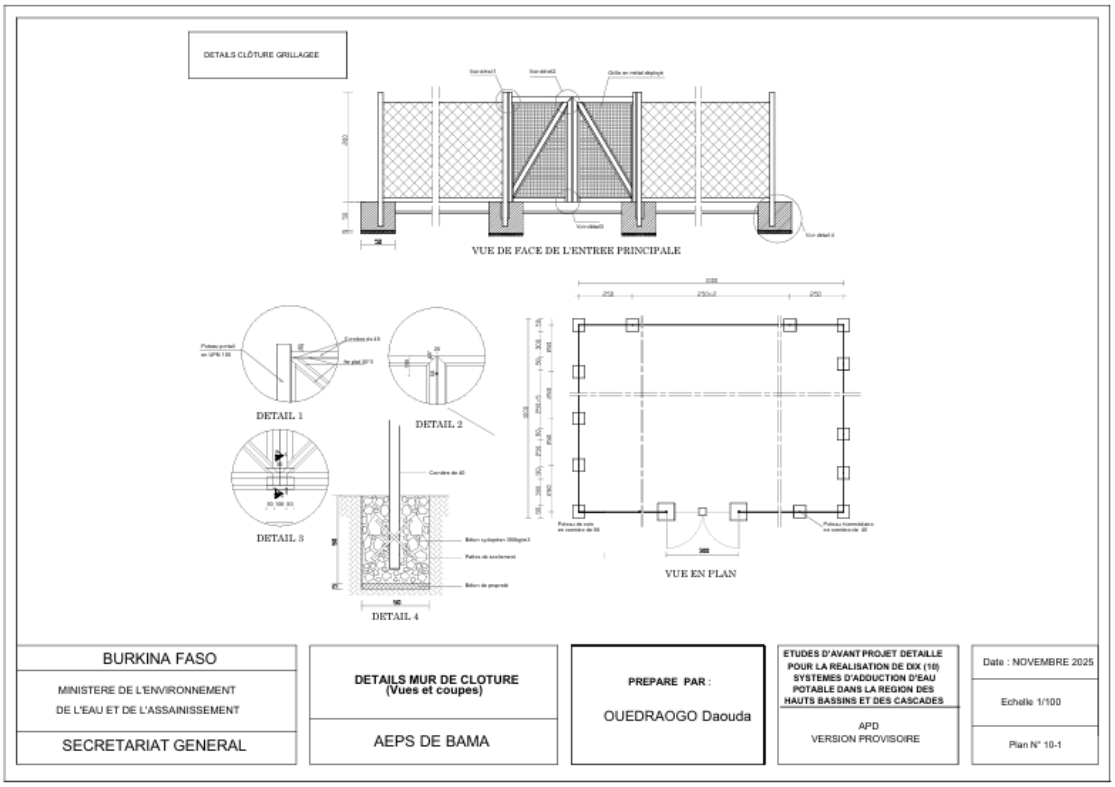
Graphique 5 : Borne Fontaine



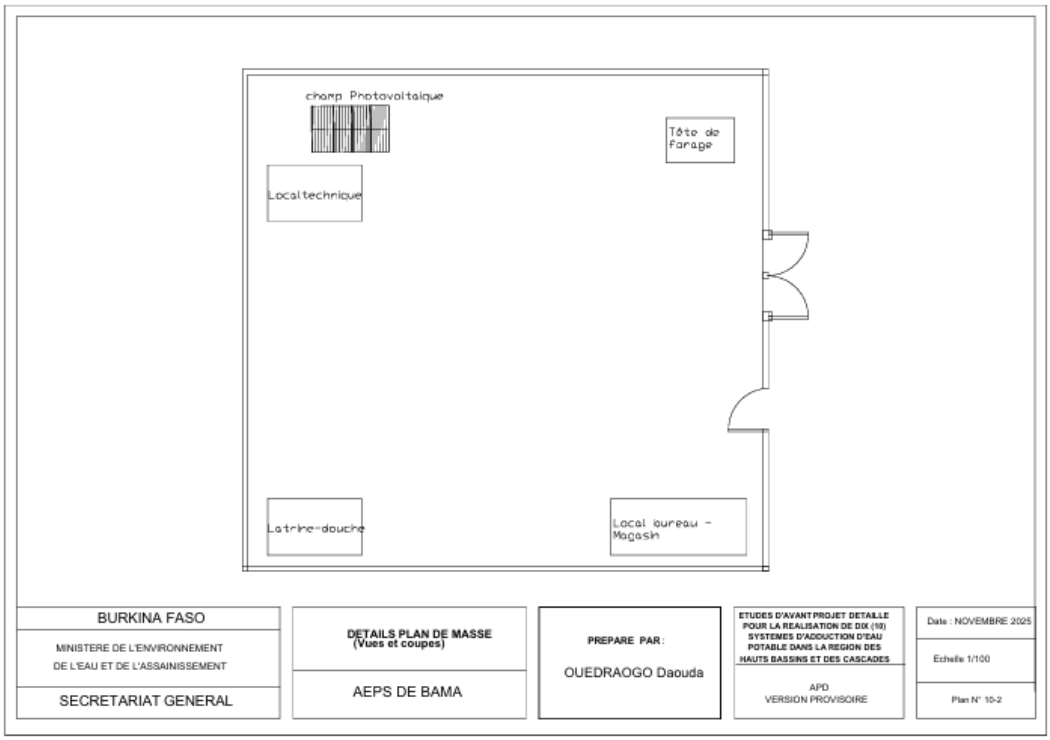
Graphique 6 : Panneau solaire



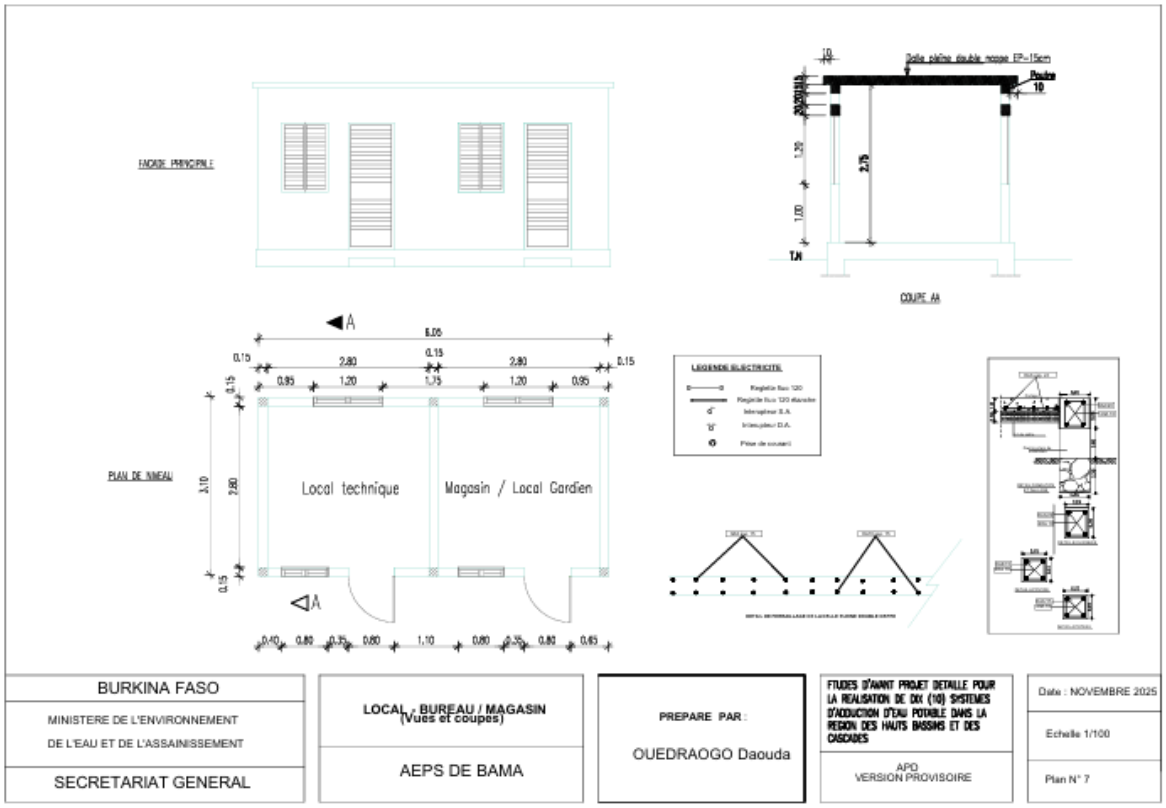
Graphique 7 : Détails sur mur de clôture



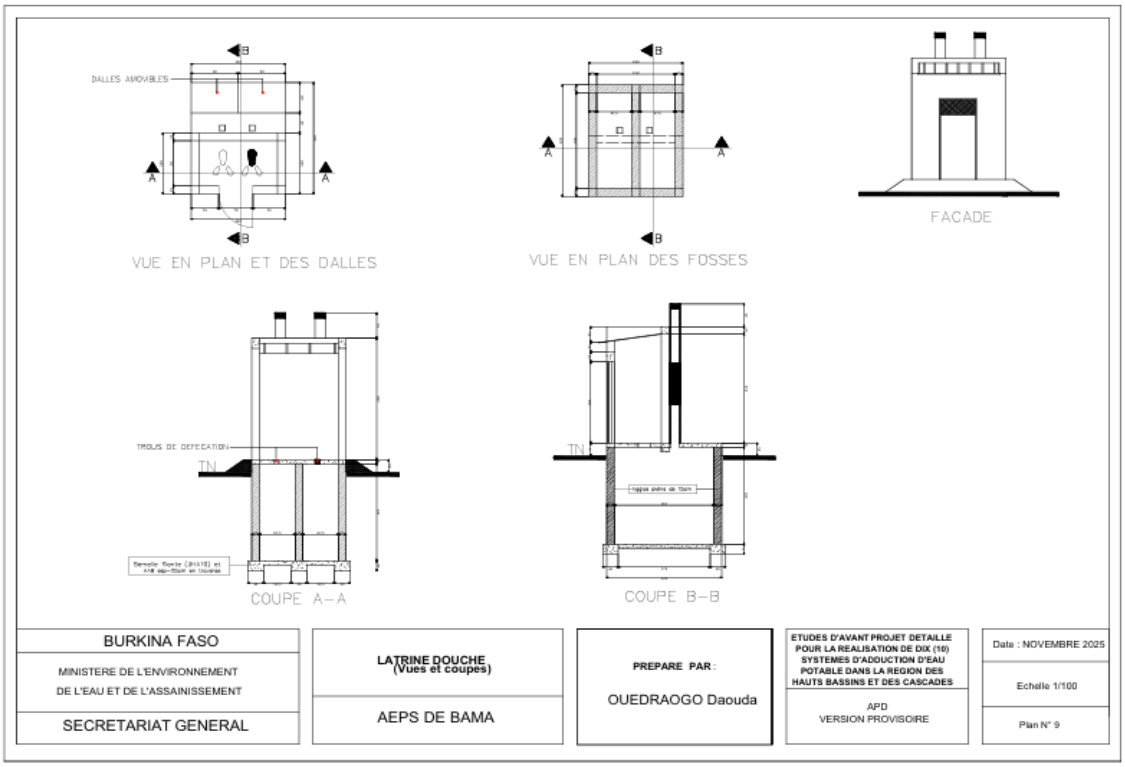
Graphique 8 : Plan de masse



Graphique 9 : Local bureau-magasin



Graphique 10 : Latrine-douche



Graphique 11 : Réseau de BAMA

