



**ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE POUR LA REALISATION D'UN
SYSTEME D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE A SAPAGA, COMMUNE
DE ZORGHO, DANS LA REGION DU PLATEAU CENTRAL AU BURKINA FASO**

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

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

Présenté et soutenu publiquement le 19 juillet 2024 par
Yipènè Ange Clovis BATIONO (20190050)

Directeur de mémoire : Dr. Angelbert Chabi BIAOU, Maitre de Conférence CAMES

Encadrant 2iE : Dr. Lawani Adjadi MOUNIROU, Maitre-Assistant CAMES

Maître de stage : Jean-Pierre MAHE, Directeur Experts-Solidaires

Structure (s) d'accueil du stage : Experts-Solidaires

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr Yacouba KONATE, Maitre de Conférence CAMES**

Membres et correcteurs : **M. Hamed ALI SAHAD**

M. Hilaire SAWADOGO

Promotion [2023/2024]

DEDICACES

Je dédie ce présent mémoire, symbole de mon travail et de mes efforts à mes parents, Honora et Roseline BATIONO qui n'ont ménagé aucun effort pour me soutenir tout au long de mon parcours. Merci pour tous les sacrifices. Vous êtes ma source de motivation.

A ma sœur et à mon frère, merci d'être toujours présents à mes côtés.

Merci à tous du fond du cœur.

REMERCIEMENTS

Il convient de rappeler que ce travail n'aurait jamais vu le jour sans l'accompagnement et la participation de certaines personnes à qui nous exprimons notre profonde gratitude.

Ces remerciements sont adressés à :

- L'Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, et tout le corps de formation ;
- L'Ecole de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg pour nous avoir permis de participer au programme de mobilité et pour l'encadrement ;
- Dr. Angelbert Chabi BIAOU, Maitre de Conférences (CAMES), Enseignant-chercheur à 2iE, notre directeur de mémoire pour s'être engagé à nos côtés ;
- Dr. Lawani Adjadi MOUNIROU, Maitre-Assistant (CAMES), Enseignant-chercheur à 2iE, notre encadreur pédagogique, pour sa disponibilité, son encadrement et ses conseils avisés ;
- Experts Solidaires, ONG de solidarité internationale pour l'accueil et l'opportunité d'effectuer notre stage en son sein ;
- M. Jean-Pierre MAHE, Directeur d'Experts-Solidaires pour nous avoir accepté au sein de sa structure et pour le suivi tout le long de notre stage ;
- M. Patrick SAVARY, chargé de projets eau et assainissement pour l'encadrement et le suivi tout le long de notre stage ;
- M. Issiaka SAWADOGO, Directeur de l'ONG ACDIL pour son accompagnement et ses conseils ;
- M. Yves TAPSOBA, chef de service eau et assainissement à la mairie de Zorgho pour sa disponibilité et son engagement ;
- M. Alfred NIKIEMA, ingénieur eau et assainissement à l'ONEA ;
- A ma promotion 2iE (2019-2024) avec qui nous avons partagé cette belle expérience durant ces cinq années ;

A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin et de quelle que manière à la rédaction de ce mémoire, qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

RESUME

Le projet de réalisation du système d'approvisionnement en eau de la localité de Sapaga s'inscrit dans le cadre d'une coopération décentralisée entre la commune de Zorgho, celle de Verrières Le Buisson et le SEDIF, syndicat des eaux d'îles de France pour l'amélioration du secteur eau et assainissement dans la commune plus précisément dans la localité de Sapaga. Ce présent mémoire intitulé « Etude d'Avant-Projet Détaillé pour la réalisation d'un Système d'Approvisionnement en Eau potable dans la localité de Sapaga, commune de Zorgho dans la région du Plateau Central au Burkina Faso » est réalisé dans cette optique avec pour objectif l'augmentation du niveau d'accès à l'eau potable par la mise en place d'un réseau d'approvisionnement en eau. Sapaga, localité située dans la commune de Zorgho aura une population de 10966 habitants à l'horizon du projet. Le taux de desserte du réseau sera de 60 % avec des besoins de pointe évalués à 322,53 m³/j. Un forage de 13 m³/h alimentant le château à partir d'une conduite d'adduction en PeHD DN110 PN16 de 731 m de long en 12 h de pompage permettra de couvrir la demande jusqu'en 2030. D'autres forages sont prévus afin de renforcer la capacité de la ressource en eau. Le château d'eau aura une capacité de 100 m³ avec une hauteur sous radier de 12 m. Le réseau de distribution est un réseau maillé avec des ramifications aux bornes fontaines d'une longueur totale de 18772 m. Les conduites de distribution seront en PeHD PN10. L'alimentation en énergie du réseau sera assurée par un champ solaire de 24 panneaux de 360 Wc et par le réseau SONABEL. Un groupe de 15 kVA est prévu comme solution palliative. Le coût total du projet est évalué à 413 642 642 FCFA TTC.

Mots clés :

Réseau d'approvisionnement

Réseau maillé

Dimensionnement réseau

Pompage mixte

Sapaga

ABSTRACT

The construction project of a water supply system in the locality of Sapaga is part of a decentralized cooperation between the municipality of Verrières Le Buisson, the île of France water syndicate (SEDIF) and the municipality of Zorgho to improve the water and sanitation sector in the municipality, and more specifically in the locality of Sapaga. This brief, entitled “Detailed preliminary design study for the construction of a drinking water supply system in the Sapaga locality” is conducted with the objective of increasing the level of access to drinking water by establishing a water supply network. Sapaga located in the municipality of Zorgho, has an estimated population of 10,966 inhabitants by the end of the project. The network coverage rate will be 60%, with a peak demand estimated at 322.53 m³/d. A borehole with a capacity of 13 m³/d, supplying the water tower from a 731 m-long PeHD DN110 PN16 supply pipe with 12 hours of pumping will cover demand until 2030. Further boreholes are planned to increase the capacity of the water resource. The water tower will have a capacity of 100 m³ with an invert height of 12 m. The distribution network will be a meshed network with branches at standpipes, totaling 18,772 m in length. The pipes will be made of PeHD PN10. The network will be powered during the day by a solar field of 25 panels with 360-Wc each and by the SONABEL network. A 15 kVA generator is planned as a backup solution. The total cost of the project is estimated at 413,642,642 FCFA including taxes.

Keywords:

Adduction network

Meshed network

Network sizing

Mixed pumping

Sapaga

LISTE DES ABREVIATIONS

AEP : Approvisionnement en Eau Potable

APD : Avant-Projet Détaillé

SAEP : Système d'approvisionnement en Eau Potable

PMH : Pompe à Motricité Humaine

PEA : Poste d'Eau Autonome

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

SEDIF : Syndicat des Eaux d'Iles de France

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie

BP : Branchement Privé

BF : Borne Fontaine

PCD : Plan Communal de Développement

PeHD : Polyéthylène Haute Densité

PN : Pression Nominale

PMA : Pression Maximale Admissible

HMT : Hauteur Manométrique Totale

INO : Inventaire National des Ouvrages

ND : Niveau Dynamique

TN : Terrain Naturel

SONABEL : Société Nationale d'Electricité du Burkina

NIES : Notice d'Impact Environnemental et Social

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	v
SOMMAIRE.....	Erreur ! Signet non défini.
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES	ix
FICHE SIGNALÉTIQUE DU PROJET.....	x
INTRODUCTION	1
I. PRESENTATION DE L'ASSOCIATION ET DE LA LOCALITE DU PROJET.....	2
I.1 Description de l'association.....	2
I.2 Présentation de la localité d'étude	3
II. PRESENTATION DU PROJET	8
II.1 Contexte et justification	8
II.2 Finalité de l'étude	8
II.3 Diagnostic des ouvrages existants	9
II.4 Population	9
III. MATERIELS ET METHODOLOGIE DE CONCEPTION	10
III.1 Matériels utilisés	10
III.2 Méthodologie de conception.....	10
IV. RESULTATS DE L'ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE.....	31
IV.1 Evaluation de la population	31
IV.2 Détermination des besoins, de la demande en eau, des débits d'adduction et de distribution et de la position des forages.....	31
IV.3 Dimensionnement du réseau.....	34
IV.4 Détermination du volume du château, de la durée de séjour et de celle du contact avec le chlore	39
IV.5 Système de pompage et protection du réseau d'adduction	40
IV.6 Dimensionnement de la source d'alimentation énergétique	42
IV.7 Pose des conduites	43
IV.8 Equipements annexes.....	43

V.	ETUDE DE FAISABILITE FINANCIERE DU PROJET ET MODE DE GESTION ...	45
V.1	Etude de faisabilité financière.....	45
V.2	Mode de gestion.....	46
VI.	SYNTHESE NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL.....	47
VI.1	Rappel des phases de travaux	47
VI.2	Evaluation des potentiels impacts.....	47
VI.3	Plan de gestion environnementale et sociale	49
	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	51
	CONCLUSION.....	51
	RECOMMANDATIONS.....	52
	BIBLIOGRAPHIE.....	53
	ANNEXES.....	I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Logiciels utilisés pour l'étude.....	10
Tableau 2 : Estimation de la population.....	31
Tableau 3 : Evaluation des besoins journaliers	31
Tableau 4 : Evaluation des besoins de pointe et de la demande en eau	32
Tableau 5 : Débits d'adduction et de distribution.....	32
Tableau 6 : Dimensionnement conduite d'adduction	35
Tableau 7 : Linéaire du réseau de distribution	36
Tableau 8 : Caractéristiques du réservoir.....	39
Tableau 9 : Temps de contact et temps de séjour	39
Tableau 10 : Détermination de la HMT	40
Tableau 11 : Caractéristiques de la pompe choisie	40
Tableau 12 : Caractéristiques du point de fonctionnement.....	40
Tableau 13 : Vérification du risque de coup de bélier	41
Tableau 14 : Caractéristiques du champ solaire.....	42
Tableau 15 : Pose des conduites.....	43
Tableau 16 : Coût du projet.....	45

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte indiquant de la localité de Sapaga	4
Figure 2 : Cartographie des linéaments majeurs (Source rapport géophysique Bugéco)	33
Figure 3 : Cartographie de quelques profils effectués sur le terrain	34
Figure 4 : Comparaison des vitesses simulées et calculées	37
Figure 5 : Coefficient de détermination des vitesses simulées et calculées	37
Figure 6 : Comparaison des pressions simulées et calculées	38
Figure 7 : Coefficient de détermination des pressions simulées et calculées	38
Figure 8 : Détermination du point caractéristique de la pompe	41

FICHE SIGNALÉTIQUE DU PROJET

Situation géographique	
Région/Province/Commune/Localité	Plateau Central/Ganzourgou/Zorgho/Sapaga
Coordonnées géographiques	Latitude : 12°11'24" N Longitude : 0°25'53" O
Informations socio-économiques	
Population 2019	5717 hbts
Taux d'accroissement	3,15%
Population 2024	6676 hbts
Population 2040	10966 hbts
Taux de couverture	60%
Consommation spécifique aux BP	40 l/j/hbt
Consommation spécifique aux BF	25 l/j/hbt
Demande de pointe journalière (2040)	358,37 m ³ /j
Débit de pointe horaire	12,13 l/s
Ressource hydrique	
Forage	1
Niveau dynamique	40 m
Hauteur manométrique totale	67,59 m
Source d'énergie	
Solaire	24 panneaux de 360 Wc
Groupe électrogène	15 kVA
Château d'eau	
Type	Métallique
Forme	Cylindrique
Capacité	100 m ³
Hauteur sous radier	12 m
Refoulement	
Matériau /pression	PeHD PN16
Diamètre	DN 110
Longueur	731 m
Distribution	
Matériau/pression	PeHD PN10
Diamètre	DN 63, 90, 110, 160
Longueur	18771,9 m
Bornes fontaines	
Nombre	3
Robinet par BF	3
Débit par BF	0,75 l/s
Coût financier	
Coût global	413 642 642 FCFA
Coût du mètre cube	444,40 FCFA

INTRODUCTION

L'accès à l'eau potable est un enjeu crucial pour le développement socio-économique et la santé publique, en particulier dans les régions en développement. Le Burkina Faso, et plus spécifiquement la commune de Zorgho dans la région du plateau central fait face à des défis significatifs en matière d'approvisionnement en eau potable. La localité de Sapaga dans la commune de Zorgho illustre bien cette réalité affectant la qualité de vie de ses habitants et limitant les possibilités de développement local. De nombreux efforts sont actuellement fait afin d'être en adéquation avec la politique nationale de l'eau qui stipule qu'afin de contribuer au développement durable, la ressource hydrique doit être maîtrisée et gérée de manière efficiente pour garantir la disponibilité de l'eau et l'assainissement pour tous. Ce mémoire s'inscrit dans cette optique d'amélioration de la situation actuelle en eau et porte sur le thème : « Etude d'avant-projet détaillé pour la réalisation d'un système d'approvisionnement en eau potable dans la localité de Sapaga ».

L'objectif principal de cette étude est de fournir une solution technique viable et durable pour l'approvisionnement en eau potable à Sapaga. Une attention particulière sera portée aux aspects environnementaux et socio-économiques pour garantir que le projet soit non seulement techniquement viable, mais aussi bénéfique pour la communauté locale et respectueux de l'environnement.

Notre mémoire sera structuré en plusieurs parties. Une première section qui fournira une présentation détaillée du contexte géographique, socio-économique et du milieu physique de la localité. Une seconde section qui présentera l'état des lieux et la méthodologie de l'étude et pour finir, une troisième section qui présentera les résultats de l'étude technique et financière ainsi que la notice d'impact environnemental et social. Des annexes seront ajoutées en complément afin de fournir plus de détails sur les résultats de l'étude.

La réalisation de ce projet d'approvisionnement en eau potable dans la localité de Sapaga ne représentera pas seulement une avancée technique, mais également un pas important vers l'amélioration durable des conditions de vie dans la localité.

I. PRESENTATION DE L'ASSOCIATION ET DE LA LOCALITE DU PROJET

I.1 Description de l'association

I.1.1 Description d'ensemble

Le réseau associatif Experts-Solidaires se fixe pour objectif de venir en aide aux populations les plus démunies du monde en leur octroyant des conditions de vie meilleures. Il se fixe pour cibles principales les groupements ou coopératives locales, les communes en manque de ressources financières pour bénéficier d'expertises fiables. Les besoins vitaux tels que la disponibilité de l'eau, l'alimentation, le logement ainsi qu'un environnement viable sont aussi nécessaire pour l'homme où qu'il se trouve. Le manque d'humanisme couplé à une insuffisance de cadres qualifiés et volontaires constituent les fondements de la naissance d'Experts-Solidaires.

L'association se fixe pour mission de venir en aide aux populations démunies en matière d'expertises à travers des projets d'aide dans différents domaines notamment dans les secteurs de l'eau, de l'assainissement et de l'énergie. Elle se contente d'échanger et de transférer des compétences sans se substituer aux dynamiques locales. L'autonomisation et la transparence sont de rigueur dans leurs zones d'interventions.

I.1.2 Plan et champ d'actions

Les missions d'expertises, le soutien au montage et au management de projets, la formation, la médiation et l'information sont les principales actions de l'association.

Quant aux domaines d'interventions, il s'agit de l'eau et de l'assainissement, de l'auto-suffisance alimentaire, de l'habitat et l'urbanisme, de l'environnement et de l'énergie.

I.1.3 Organigramme de la structure

Le siège de la structure est situé à Montpellier dans le département de l'Hérault. L'équipe d'experts-Solidaires est composée :

- D'un directeur général en charge de la direction d'Experts-Solidaires
- D'une chargée de projets nutrition et reforestation
- D'un chargé de projets eau, hygiène et assainissement
- D'une chargée de projets eau et agriculture
- D'un chargé de projet agriculture
- D'un chargé de projets énergie

- D'un chargé administratif en charge de la gestion, de l'administration et de l'assistance aux projets
- D'un référent comptabilité

A cela s'ajoute d'autres délégations gérées par des experts de l'association dans d'autres départements de la France ainsi que des assistants techniques dans les pays d'intervention de l'association.

I.2 Présentation de la localité d'étude

I.2.1 Localisation

Zorgho est située à 110 km de la capitale sur la nationale 4. C'est l'une des huit communes du Ganzourgou dans la région du plateau central. Chef-lieu de la province du Ganzourgou, elle est entourée des communes de Koupéla, Pouytenga, Kando, Zoungou, Boudry, Mogtédou, Meguet et Zam.

La superficie de la commune de Zorgho est de 453,481 km², ce qui représente 10,87% de la superficie totale de la division administrative du Ganzourgou et 5,33% de la région [1].

Dans la ville de Zorgho, on dénombre six (06) grands secteurs. A cela s'ajoute trente-quatre (34) villages administratifs.

La localité de Sapaga, est l'un des 34 villages et est située à environ 28 km de Zorgho. Son développement est de plus en plus accru dû à sa position au croisement d'axes de communication majeur, Zorgho-Koupéla-Pouytenga. Elle est entourée des localités voisines de Goguin, Balmin, Goargo et Torodo.

Le village de Sapaga est placé sous l'administration du PDS de la commune de Zorgho. Il a une superficie d'environ 20 km² et est le plus grand village de la commune en terme de population.

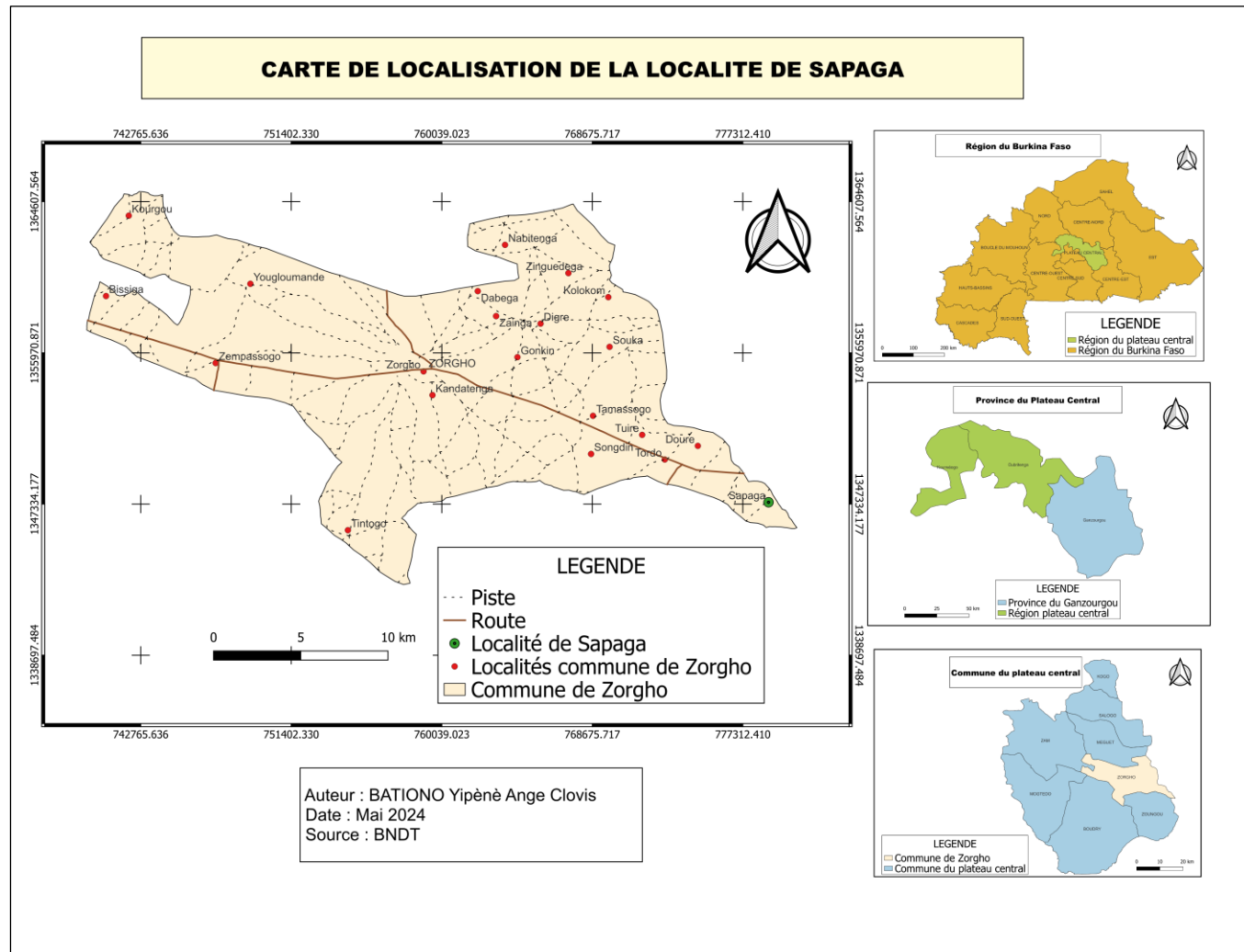


Figure 1 : Carte indiquant de la localité de Sapaga

I.2.2 Description du milieu physique

➤ Relief et sol

Dans son ensemble, le relief de la localité de Sapaga est plat, mais il est marqué par quelques dénivelés topographiques dont les pentes se rejoignent vers deux rivières principales. L'altitude moyenne est d'environ 312 mètres.

Le socle sur lequel repose la localité de Sapaga est granité avec un sol érodé dû principalement d'une part à l'érosion pluviale et éolienne et d'autre part aux mauvaises pratiques agricoles. Les types de sols rencontrés sont les sols gravillonnaires, les sols sableux-sablonneux, les sols sablonneux-argileux, les sols argileux[1].

➤ Climat

La localité de Sapaga, à l'instar du reste de la commune de Zorgho a un climat de type nord soudanien avec une alternance de saison pluvieuse et de saison sèche.

La période des pluies s'étend de juin à septembre et dure en moyenne quatre à cinq mois selon les années. Durant la saison des pluies, on constate la présence d'un vent dominant qu'est la mousson. Les températures varient entre 29° et 32° en ce qui concerne les températures maximales et autour de 22° pour les minimales.

La saison la plus longue est la saison sèche qui dure environ huit mois entrecoupés par un laps de temps froid entre les mois de novembre et décembre. Cette période est marquée par des variations thermiques importantes et est marquée par quelques cas de rougeole et de méningite[1].

➤ Flore

La végétation de Sapaga est constituée essentiellement d'arbustes et d'arbres avec une prédominance d'espèces comestibles comme le karité, le raisinier, le néré et le tamarinier. L'action de l'homme notamment la coupe abusive du bois, la divagation des animaux, l'urbanisation, l'agrandissement des champs, affectent négativement la végétation de la localité. A cet effet néfaste, s'ajoute les aléas climatiques[1].

Pluviométrie

Les précipitations annuelles enregistrées les dix dernières années (2010-2020) varient entre 664,7 mm et 1154,4 mm pour une pluviométrie moyenne annuelle de 816,04 mm et un nombre moyen annuel de jours de pluie de 53 jours.

La pluviométrie est de plus en plus capricieuse avec une saison des pluies moins longues qui dure moins de quatre mois et une saison sèche qui s'étend parfois sur plus de huit mois. Les pluies sont de plus en plus rares et très irrégulières affectant les travaux champêtres. Les sols deviennent de plus en plus arides avec pour corollaire des nappes souterraines moins alimentées.

Hydrographie

Les grands cours d'eau rencontrés dans la commune sont le Nakanbé et le SiribaGouroundi et constituent les exutoires dans lesquelles se jettent les petits cours d'eau. Ils font partie d'un régime sec, et la caractéristique principale est le tarissement en saison sèche.

Pendant la saison des pluies, la commune est subdivisée en blocs suivant la répartition des cours d'eau. La zone nord-est et la zone administrative sont séparées par le cours d'eau appelé SOURI alors qu'un affluent du barrage N°1 coupe le nord-est de l'ouest. Les parties sud et sud-ouest sont également séparées par un cours d'eau en saison de pluies[1].

➤ **Géologie**

La géologie de la zone d'étude est constituée de formations d'âge du précambrien C (ou birimien) et serait d'environ 2.400 MA à 1.300 MA (Bumigeb,2003). Ces formations englobent un grand nombre de formations rocheuses parmi lesquelles, on distingue des roches volcaniques (basaltes, andésites, rhyolites, tufs) et des roches intrusives (diorites, gabbros, granodiorites, granites).

A l'échelle de la localité de Sapaga, ce sont essentiellement des granites à biotite souvent amphibole. A l'état sain, ce sont des granites foliés, à texture grenue hypidiomorphe avec une disposition planaire des silicates ferromagnésiens (Bumigeb,2003), mais à l'état altéré ils constituent des vastes zones de saprolites argileux ou limono-argileux à aspects gris-noirâtres. Les accidents tectoniques majeurs sont rares dans la zone, toutefois des couloirs de cisaillements majeurs orientés NNE-SSO encadrent Sapaga et affectent toute la partie nord et centre de la commune.[2]

I.2.3 Description du milieu humain

➤ **Analyse démographique**

En se référant au dénombrement des habitants de la localité de 2006 (RGPH), la population de Sapaga est estimée à 2603 habitants dont 1233 hommes et 1370 femmes. Le dernier

recensement en date effectué par l'institut national de la statistique et de la démographie du Burkina réalisé en 2019 fait état d'une population estimée à 5717 dont 2673 hommes et 3044 femmes[3]. On estime le taux de croissance à 3,15%.

Selon les projections on estime la population de Sapaga à 6676 habitants en 2024 année du début de notre projet et 10966 habitants à l'horizon du projet (2040).

➤ **Activités socio-économiques**

On en retrouve plusieurs dans la commune. Néanmoins, l'agriculture et l'élevage constituent les deux plus grandes activités socio-économiques pratiquées par les habitants. Elles sont à elles deux le pilier de l'économie de Sapaga. Les cultures vivrières et de rentes ainsi que l'élevage et le commerce créent le plus de revenus.

Le sorgho blanc, le sorgho rouge, le maïs et le mil sont les céréales retrouvées dans l'espace communal. Le sésame, les arachides et le niébé sont les légumineuses cultivées ; les choux, la tomate et l'oignon les produits maraichers. Quelques cultures de rente sont également produites dans la zone notamment le soja et le coton[1].

L'élevage transhumance occupe la seconde place parmi les activités productrices de revenus de la localité. Le cheptel, constitué essentiellement d'ovins, de caprins, de porcins et de bovins est l'une des principales sources financières pour les habitants de la localité. Ce secteur est générateur d'énormes fonds chaque année malgré les défis auxquels il est confronté notamment un climat défavorable.

D'autres corps de métiers tels que le commerce et l'artisanat viennent se greffer aux deux principaux et constituent eux aussi des sources de revenus non négligeables pour la population[4]. On note enfin par endroits la pratique de l'orpaillage.

II. PRESENTATION DU PROJET

II.1 Contexte et justification

La synergie d'action afin de résoudre le problème de l'eau et ainsi répondre aux objectifs de la politique nationale de l'eau d'ici à 2030 revêt un enjeu majeur. En effet, plusieurs obstacles minent le domaine de l'eau et l'assainissement au Burkina Faso. La situation de la commune de Zorgho n'y fait pas exception. Plusieurs villages de la commune ne sont pas desservis en eau potable comme c'est le cas du village de Sapaga. Certains de ces villages ne disposent que de PMH en nombre insuffisant par rapport à la demande et très souvent en panne.

Dans le cadre d'une coopération décentralisée entre la collectivité de Zorgho, celle de Verrières Le Buisson, et le SEDIF, un projet visant à mettre en place un réseau dans le village de Sapaga, situé dans la province du Ganzourgou a été mis sur pied.

Sapaga est un gros village avec une population estimée à 6676 habitants en 2024 pratiquement dépourvu d'eau potable. Les principales sources d'approvisionnement en eau proviennent des puits, des PMH et des PEA. L'arrivée en masse des déplacés internes vient aggraver la situation déjà critique en matière d'eau. En plus de jugulé le déficit en eau à travers la mise en place d'un système d'approvisionnement en eau, la coopération renforcera les compétences du service d'eau et d'assainissement de la commune et améliorera par la même occasion la gestion des pompes à motricité humaine de la localité.

II.2 Finalité de l'étude

II.2.1 Finalité globale

Le projet se fixe pour finalité l'amélioration de la desserte en eau de ladite commune à travers la réalisation d'un réseau d'alimentation en eau potable, le renforcement des ressources endogènes et l'entretien des réalisations existantes.

II.2.2 Objectifs spécifiques

De manière spécifiques, le projet vise à :

Analyser la situation en matière d'eau potable dans la localité ;

Produire une étude d'avant-projet détaillé pour la réalisation du système d'approvisionnement d'eau potable sur la base d'une investigation socio-économique préalable ;

Evaluer le coût du projet ;

Proposer une notice afin de minimiser les impacts environnementaux.

II.2.3 Résultats attendus

Les résultats suivants sont attendus :

L'analyse de la situation en matière d'eau potable est effectuée ;

L'étude d'avant-projet détaillé pour la réalisation du système d'AEP est effectuée ;

L'évaluation du coût du projet est faite ;

La notice d'impact environnementale est réalisée.

II.3 Diagnostic des ouvrages existants

La réserve en eau de Sapaga provient essentiellement des eaux souterraines exploitées par la réalisation de forages et de puits.

L'enquête socio-économique réalisée a permis d'identifier 17 forages repartis dans les différents quartiers de la localité dont 2 non fonctionnels. Ces forages sont pour la plupart équipés de pompe à motricité humaine qui sont gérés par les associations des usagers de l'eau. A noter aussi la présence de quelques postes d'eau autonome où l'eau est commercialisée par des privés[5].

II.4 Population

En 2006, la population de la localité de Sapaga était estimée à 2603 habitants selon le recensement général de la population et de l'habitat. Cette population est estimée à 5717 habitants en 2019 toujours selon le même recensement. On note une évolution significative de la population avec un taux d'accroissement communal de 3,15%.

III. MATERIELS ET METHODOLOGIE DE CONCEPTION

III.1 Matériels utilisés

Pour créer et mettre en œuvre la méthodologie de conception qui sera décrite dans la suite, nous avons utilisé les logiciels consignés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Logiciels utilisés pour l'étude

Logiciels	Utilisation
Google Earth Pro	Pour la visualisation de la zone d'étude, l'emplacement du réseau et l'ensemble des ouvrages.
AutoCAD	Pour le tracé du réseau et la réalisation des pièces graphiques
Global Mapper	Pour la conversion des fichiers sous différents formats
Excel	Pour les différents calculs du projet
Word	Pour la rédaction du mémoire
Epanet	Pour la simulation du réseau afin de valider l'approche ingénierie faite sur Excel
Covadis	Pour le tracé des profils en long
QGIS	Pour le tracé des différentes cartes du projet

III.2 Méthodologie de conception

On peut résumer la méthodologie utilisée pour aboutir aux résultats en ces différentes étapes :

III.2.1 Etude bibliographique

Il s'agissait dans cette étape de se procurer l'ensemble des documents et informations en rapport avec le projet. Différents documents ont été exploités notamment le document projet, l'avant-projet sommaire, le rapport de géophysique, le rapport d'étude socio-économique, le plan communal de développement de la commune, le plan cadastral de la localité.

En plus de ces documents, des mémoires portant sur des projets similaires et des sites internet ont été consultés toujours dans l'optique de rassembler les informations nécessaires afin de fournir un travail de qualité.

III.2.2 Sortie terrain

Au cours de la réalisation de l'étude, nous avons effectué plusieurs visites de terrain. Les premières visites au mois de février ont permis de connaître la zone d'étude et d'entrer en contact avec les autorités de la commune et de la localité.

Par la suite d'autres sorties ont été effectuées aux mois de mars et avril afin de définir l'étendue du réseau, l'implantation des ouvrages, et faire un état des lieux des ressources disponibles.

III.2.3 Etude des données

Cette étape a consisté essentiellement à l'analyse des enquêtes socio-économiques et des ouvrages hydrauliques existants dans la localité.

L'analyse des enquêtes socio-économiques a permis de faire ressortir un certain nombre d'informations indispensables à la conception du système d'AEP notamment la consommation spécifique par habitant dans la localité, les taux de populations intéressées par les branchements privés, les bornes fontaines ainsi que les problèmes d'accès à l'eau dans la zone.

L'état des lieux des ressources hydrauliques de la localité a permis d'orienter les recherches pour l'implantation des nouveaux forages qui alimenteront la zone.

III.2.4 Conception du réseau

➤ Choix du type de réseau

Au niveau de l'adduction, il est prévu la réalisation de forages pouvant couvrir les besoins en eau de la localité. Il sera réalisé le nombre de forages nécessaire pour couvrir les besoins. L'hypothèse considérée dans la suite est celle de la réalisation d'un forage pouvant couvrir les besoins jusqu'à 2030. Cette hypothèse s'est basée sur l'inventaire des ouvrages hydrauliques faites lors de l'étude socio-économique et de la prospection géophysique.

Dans l'immédiat, il y'aura un forage qui sera équipé d'une pompe immergée et qui refoulera dans un château à partir d'un réseau d'adduction.

Le réseau de distribution qui sera mis en place dans la localité de Sapaga est un réseau maillé avec quelques ramifications aux bornes fontaines. Le réseau maillé offre une grande flexibilité à l'usage, une continuité de la desserte même en cas de problème et des pertes de charges faibles. Sapaga présente aussi l'avantage de posséder un plan de lotissement, ce qui facilite la mise en œuvre du réseau.

➤ **Tracé du réseau**

Le tracé du réseau s'est fait en se basant sur les levés topographiques, le plan cadastral de la localité et les différentes sorties de terrain effectuées afin de repérer d'éventuels obstacles qui ne figureraient pas sur le plan cadastral.

De l'enquête sociale, il ressort que les populations de Sapaga souhaiteraient principalement des branchements particuliers. Des bornes fontaines seront tout de même construites pour tenir compte d'une petite partie de la population qui souhaite les bornes fontaines et pour tenir compte également des personnes déplacées internes présentes dans la localité.

L'emplacement des bornes fontaines a tenu compte d'un dernier aspect qui est la présence des PMH. L'association des usagers d'eau de la localité souhaite garder les PMH et il a fallu tenir compte de leur emplacement pour ne pas créer de concurrence.

Le réseau d'eau qui sera mis en place permettra d'alimenter la localité de Sapaga sur les quinze prochaines années. Le réseau d'eau de Sapaga sera beaucoup plus tourné vers des branchements privés avec quelques bornes fontaines dans les zones où l'on retrouve les personnes déplacées internes.

III.2.5 Hypothèses de calcul

➤ **Horizon du projet**

Le système d'approvisionnement en eau de la localité de Sapaga sera conçu afin de satisfaire aux besoins en eau à l'horizon 2040 soit une durée de vie effective du réseau de 15 ans avec pour année de mis en service du réseau 2025.

➤ **Taux de raccordement**

On estimera l'évolution du taux de desserte de 30% en début de projet (2024) à 60% à l'horizon du projet (2025). Ces taux proviennent de l'enquête socio-économique réalisée en 2024 qui a permis d'estimer la population réellement intéressée par la mise en place du système d'AEP.

La présence des PMH, qui est à l'heure actuelle la principale source d'approvisionnement en eau de la localité de Sapaga sera un complément à l'approvisionnement en eau de la zone.

➤ **Consommation spécifique**

La consommation spécifique considérée pour la conception et le dimensionnement du système est de 40 l/j/personne aux branchements privés et de 25 l/j/personne aux bornes fontaines,

valeurs considérées en milieu rurale. Nous nous sommes référés au décret N°2019-0204/PRES/PM/MEA/MINEFID/MATDC/MS de 2019 pour le choix des consommations spécifiques [6].

Ces valeurs sont en concordance avec les résultats de l'enquête socio-économique qui estime la consommation spécifique à 41 l/j/pers dans la localité de Sapaga.

➤ **Caractéristiques des bornes fontaines**

Le programme national de l'eau potable recommande 500 habitants au plus pour une borne fontaine. Cependant les tendances tendent à améliorer cet aspect. L'ONEA, dimensionne les bornes fontaines de ces systèmes d'AEP avec 300 habitants par borne fontaine. La distance maximale à parcourir pour atteindre une borne fontaine est de 500m.

➤ **Vitesse d'écoulement dans les conduites**

Dans l'optique d'éviter des dépôts dans les conduites liées à des vitesses trop faibles ou encore l'érosion des conduites liées à des vitesses trop grandes, les vitesses d'écoulement doivent être comprises entre une valeur minimale $U_{\min} = 0,3$ m/s et une valeur maximale $U_{\max} = 1,2$ m/s.

➤ **Pression nominale et pression de service**

C'est la pression admissible par les conduites. Elle est fournie par le fabricant. En général, elle varie entre 6 et 25 bars. Les conduites de notre réseau seront en PEHD.

La pression de service est la pression à laquelle l'eau arrive aux consommateurs. Elle ne doit n'y être trop faible, n'y être trop forte. La pression de service retenue pour notre projet est de 10 mCE.

➤ **Rendement réseau**

Un des paramètres importants du dimensionnement d'un système d'AEP est le rendement du réseau. Il est important de le prendre en compte afin d'éviter un sous dimensionnement du réseau. Les pertes en eau dans un réseau neuf sont de manière générale estimées à 10% des besoins en eau. Nous considérerons un rendement de 90% à l'horizon du projet.

III.2.6 Estimation de la population

La connaissance de la population à desservir à l'horizon d'un projet permet d'évaluer directement le volume d'eau à fournir. L'évolution de la population sera estimée avec un modèle de croissance géométrique[7].

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

- P_n = la population estimée à l'horizon du projet (2040)
- P_0 = la population à l'année de référence (2024)
- α = le taux de croissance démographique
- n = nombres d'années

III.2.7 Besoins et demande en eau

➤ Besoins domestiques journaliers

Le besoin en eau domestique des populations est fonction de deux facteurs. La population concernée et la consommation spécifique par habitant. Il est obtenu en faisant le produit de la population concernée, donc en tenant compte des taux de raccordement des branchements privés et des bornes fontaines, par la consommation spécifique équivalente.

$$B_D = \frac{Pop \times T_{BP} \times C_{s,BP} + Pop \times T_{BF} \times C_{s,BF}}{1000} \quad (2)$$

Avec :

- B_D = besoin domestique journalier (m^3/j)
- Pop = population de la localité
- T_{BP} = taux de raccordement des branchements privés
- T_{BF} = taux de raccordement des bornes fontaines
- $C_{s,BP}$ = consommation spécifique aux branchements privés ($l/j/hbt$)
- $C_{s,BF}$ = consommation spécifique aux bornes fontaines ($l/j/hbt$)

➤ Besoins annexes

Les besoins annexes représentent les besoins de l'agriculture, de l'élevage et ceux des services publics de la localité notamment les dispensaires, les écoles, les services administratifs. Ils ont été estimés de manière forfaitaire à 15% de la consommation domestique

$$B_A = B_D \times 0,15 \quad (3)$$

Avec :

- B_A = besoins annexes (m^3/j)
- B_D = besoin domestique journalier (m^3/j)

➤ Besoins journaliers moyens

Les besoins moyens journaliers représentent la somme des besoins domestiques et des besoins annexes.

$$B_{jm} = B_D + B_A \quad (4)$$

Avec :

- B_{jm} = besoins journaliers moyens (m^3/j)
- B_D = besoins domestiques journaliers (m^3/j)
- B_A = besoins annexes (m^3/j)

➤ Coefficient de pointe et variation de la demande

La demande en eau fluctue en fonction de la période. Elle détermine le degré de la demande en eau. Ces fluctuations impactent directement la quantité d'eau à mobiliser et il est important voir crucial d'en tenir compte dans le dimensionnement des installations.

➤ Coefficient de pointe journalière

Il est obtenu par le rapport entre la consommation journalière maximale du jour de pointe sur la consommation journalière moyenne du mois de pointe. Sa valeur est comprise entre 1,05 et 1,15.[7]. Nous considérerons un coefficient de pointe journalière de 1,1 qui est une valeur moyenne.

➤ Coefficient de pointe horaire

Il reflète les habitudes quotidiennes des consommateurs. Le coefficient de pointe horaire varie entre 1,5 et 3 et peut être calculé par la formule empirique dite du « Génie Rural » (France).[7]

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

Avec :

- C_{ph} = coefficient de pointe horaire
- Q_{mh} = débit moyen horaire

➤ Besoins du jour de pointe

Les besoins du jour de pointe sont calculés en prenant en compte le coefficient de pointe journalière.

$$B_{jp} = B_{jm} \times C_{pj} \quad (6)$$

Avec :

- B_{jp} = besoins journaliers de pointe (m^3/j)
- B_{jm} = besoins journaliers moyens (m^3/j)
- C_{pj} = coefficient de pointe journalière

Des besoins de pointe, on détermine la demande en eau de pointe

➤ Demande en eau du jour de pointe

La demande du jour de pointe est la quantité d'eau nécessaire pour satisfaire les besoins en eau des populations en tenant compte du rendement réseau.

$$D_{jp} = B_{jp} / \eta_r \quad (7)$$

- D_{jp} = demande du jour de pointe (m^3/j)
- B_{jp} = besoins journaliers de pointe (m^3/j)
- η_r = rendement réseau

III.2.8 Débits de dimensionnement

➤ Débit d'adduction

Il représente le débit qui transite dans la conduite de refoulement. Il est fonction de la demande journalière de pointe et du temps de pompage.

$$Q_{add} = \frac{D_{jp}}{T_p} \quad (8)$$

Avec :

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

➤ Débit de distribution

Le débit de distribution correspond à la somme du débit de prélèvement des bornes fontaines et du débit de prélèvement des branchements privés.

$$Q_{ph} = Q_{ph,BF} + Q_{ph,BP} \quad (9)$$

Avec :

- Q_{ph} = débit de pointe horaire de distribution (m^3/h)
- $Q_{ph,BF}$ = débit de pointe horaire BF (m^3/h)
- $Q_{ph,BP}$ = débit de pointe horaire BP (m^3/h)

Les bornes fontaines qui seront réalisées seront de type ONEA c'est-à-dire muni de trois robinets chacun de 0,25 l/s. On a donc un débit de 0,75 l/s par borne fontaine.

$$Q_{ph,BF} = 0,75 \times n \times 3,6 \quad (10)$$

- $Q_{ph,BF}$ = débit de pointe horaire BF (m^3/h)
- n = nombre de bornes fontaines

Le débit de distribution aux branchements privés est obtenu par la relation suivante :

$$Q_{ph,BP} = \frac{B_{jm,BP} \times C_{pj} \times C_{ph}}{\eta_r \times T_d} \quad (11)$$

Avec :

- $Q_{ph,BP}$ = débit de pointe horaire BP (m^3/h)
- $B_{jm,BP}$ = besoins journaliers moyens aux BP (m^3/j)
- C_{pj} = coefficient de pointe journalière
- C_{ph} = coefficient de pointe horaire
- T_d = temps de distribution
- η_r = rendement réseau

III.2.9 Position forage

Les travaux de prospection géophysique auxquels nous avons participé pour l'implantation des points de foration ont été réalisés en mars 2024.

La première étape a été la cartographie des linéaments. Cette cartographie a conduit à la définition de plusieurs plates formes de prospection géophysique. Par la suite, sur la base des

linéaments cartographiés, des profils électromagnétiques ont été faits afin de détecter des zones ayant de fortes conductivités électriques donc de faibles résistivités. Des profils de trainés électriques ont alors été faits sur les profils électromagnétiques afin de confirmer des points jugés d'intérêt par les mesures électromagnétiques. Pour finir, les points confirmés par les deux méthodes sont ensuite sondés afin d'apprécier la variation verticale de la résistivité des matériaux géologiques[2]. Une fois l'ensemble de ces étapes effectuées, des points de foration sont définis par ordre de priorité.

III.2.10 Dimensionnement du réseau

➤ Réseau d'adduction

La première étape a été le tracé du réseau d'adduction en tenant compte de la position du forage, du plan cadastral et des images satellitaires. Le réseau devra être capable de faire transiter l'eau depuis le forage jusqu'au château d'eau.

Nous retiendrons la formule de Darcy et Weisbach dans le calcul des pertes de charges linéaires :

$$\Delta H_i = 8 \times \lambda \times L_i \frac{|Q_i|}{g \times \pi^2 \times D^5} Q_i \quad (12)$$

Avec :

- ΔH_i = pertes de charges sur le tronçon i (m)
- λ = coefficient de pertes de charges
- L_i = longueur du tronçon i (m)
- Q_i = débit circulant dans le tronçon i (m³/s)
- g = constante de pesanteur (9,81 m/s²)

La condition de vitesse de Flamant devra être respectée :

$$V \leq D_{int(m)} + 0,6 \quad (13)$$

Avec :

- V = vitesse d'écoulement dans la conduite d'adduction (m/s)
- D_{int} = diamètre intérieur de la conduite (m)

Le diamètre de la conduite de refoulement sera obtenu à partir des formules ci-dessous :

$$\text{Bresse : } D_{th} = 1,5 \times Q^{0,5} \quad (14)$$

$$\text{Bresse modifié : } D_{th} = 0,8 \times Q^{1/3} \quad (15)$$

$$\text{Munier (1961) : } D_{th} = (1 + 0,02 \times n) \times Q^{0,5} \quad (16)$$

$$\text{Bonnin : } D_{th} = Q^{0,5} \quad (17)$$

$$\text{Bedjaoui : } D_{th} = 1,27 \times Q^{0,5} \quad (18)$$

Avec :

- D_{th} = diamètre théorique (m)
- Q = débit d'adduction (m^3/s)
- n = nombre d'heure de pompage

➤ Réseau de distribution

Un réseau de distribution est une infrastructure qui assure l'alimentation en eau potable d'une zone. Il se compose d'un ensemble d'éléments notamment des canalisations, des appareils hydrauliques, des ouvrages de génie civil. Notre réseau de distribution est un réseau maillé avec des ramifications aux bornes fontaines. Le calcul du réseau a été réalisé suivant la méthode de Hardy Cross qui est régie par deux principales lois : la loi des nœuds (la somme des débits arrivant en un nœud est égale à la somme des débits qui en sortent) et la loi des mailles (le long d'une maille, la perte de charge est nulle).

➤ Débits soutirés et transités

Ils seront obtenus à partir du calcul d'un débit linéique. Le débit linéique est obtenu en faisant le rapport du débit de pointe horaire aux branchements privés par la longueur totale des conduites de distribution (certaines conduites assurent uniquement un rôle de transport dans le réseau de distribution. Leur longueur n'est pas prise en compte dans le calcul du débit linéique)[8]. Le produit de la longueur de chaque tronçon de desserte par le débit linéique permet d'avoir le débit soutiré sur chaque conduite. Le débit transité dans une conduite est obtenu par la somme des débits dans les conduites en aval plus le débit soutiré sur la conduite concernée. Il se calcul du bout du réseau vers le réservoir.

$$q = \frac{Q_{ph,BP}}{\sum L_t} \quad (19)$$

Avec :

- q = débit linéique ($m^3/s/m$)
- $Q_{ph,BP}$ = débit de pointe horaire BP (m^3/s)

Le débit en route de chaque conduite est ensuite obtenu par cette relation :

$$Q_{route,i} = q \times L_i \quad (20)$$

- $Q_{route,i}$ = débit prélevé sur le tronçon i
- q = débit linéique ($m^3/s/m$)
- L_i = longueur du tronçon i

On peut alors déterminer le débit associé à chaque tronçon :

$$Q_i = Q_{route,i} + Q_{aval,i} \quad (21)$$

Avec :

- Q_i = débit associé au tronçon i
- $Q_{route,i}$ = débit prélevé sur le tronçon i
- $Q_{aval,i}$ = débit en aval du tronçon i

Les débits sont initialement ajustés pour vérifier la loi des nœuds. Les débits réels sont ensuite obtenus en appliquant la méthode Hardy Cross qui est une méthode itérative.

➤ Diamètre théorique

Afin de déterminer les diamètres théoriques, on fera l'hypothèse que l'écoulement se fait à une vitesse de 1 m/s dans les conduites.

$$D_{th} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \quad (22)$$

Avec :

- D_{th} = diamètre théorique (m)
- Q = débit circulant dans la conduite (m^3/s)
- V = vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s)

Une fois les diamètres théoriques calculés, nous avons pu choisir les diamètres commerciaux grâce aux catalogues de choix des conduites. Ces diamètres seront utilisés dans la suite du dimensionnement.

➤ Pertes de charges

Nous retiendrons la formule de Darcy et Weisbach dans le calcul des pertes de charges linéaires

:

$$\Delta H_i = 8 \times \lambda \times L_i \frac{|Q_i|}{g \times \pi^2 \times D^5} Q_i \quad (23)$$

Avec :

- ΔH_i = pertes de charges sur le tronçon i (m)
- λ = coefficient de pertes de charges
- L_i = longueur du tronçon i (m)
- Q_i = débit circulant dans le tronçon i (m^3/s)
- g = constante de pesanteur ($9,81 m/s^2$)

Les pertes de charges singulières représenteront 10% de celles linéaires.

➤ Calcul des mailles avec Hardy Cross

L'objectif est de réduire au maximum les corrections ainsi que la somme des pertes de charges dans les mailles. Plusieurs itérations seront menées afin d'aboutir à des résultats satisfaisants :

Les résultats seront jugés satisfaisants lorsque :

$$\left[\begin{array}{l} \Delta q_{Mi} = -\frac{\sum_{Mi} \Delta H_i}{2 \times \sum_{Mi} \frac{\Delta H_i}{Q_i}} \times 1000, \quad |\Delta q| \leq 10^{-3} \text{ l/s} \quad (24) \\ \sum_{Mi} \Delta H_i \leq 10^{-4} \text{ m} \quad (25) \end{array} \right.$$

Avec :

- Δq_{Mi} = correction de débit dans la maille M_i (l/s)
- $\sum_{Mi} \Delta H_i$ = somme algébrique des pertes de charge dans la maille i (m)
- Q_i = débit circulant dans le tronçon i (m^3/s)
- ΔH_i = pertes de charges sur le tronçon i (m)

Les débits seront corrigés jusqu'à vérification des conditions.

$$Q_{corr,i} = Q_i + \Delta q_{Mi} \quad (26)$$

Avec :

- $Q_{corr,i}$ = débit corrigé circulant dans le tronçon i (l/s)
- Δq_{Mi} = correction de débit dans la maille M_i (l/s)
- Q_i = débit circulant dans le tronçon i (l/s)

Pour les tronçons adjacents, la correction se fait en intégrant les corrections des deux mailles concernées :

$$Q_{corr,i} = Q_i + \Delta q_{M1} + \Delta q_{M2} \quad (27)$$

➤ Pression aux nœuds

Le réseau d'eau doit être capable de garantir une pression de service minimal en tout point du réseau. Cette pression de service varie en fonction du type de milieu dans lequel nous sommes et aussi du type d'infrastructure à mettre en place.[9]. Nous avons considéré une pression de service minimale de 10 mCE, pression recommandée par l'office national de l'eau et de l'assainissement au Burkina aux branchements privés. Aux bornes fontaines des pressions de 5 mCE sont admissibles.

La hauteur minimale sous radier permettant de satisfaire à cette pression est ainsi déterminée par les relations suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_R = Z_{TN} + H_{radier} \geq \max (P_s + \sum \Delta H_{R,i} + Z_i) \quad (28) \\ H_{radier} \geq \max (P_s + \sum \Delta H_{R,i} + Z_i) - Z_{TN} \quad (29) \end{array} \right.$$

Avec :

- Z_R = côte au radier du réservoir (m)
- Z_{TN} = côte du terrain naturel à la position du réservoir (m)
- H_{radier} = hauteur sous radier (m)
- P_s = pression de service (m)
- $\sum \Delta H_{R,i}$ = pertes de charges cumulées du réservoir au nœud aval du tronçon i (m)
- Z_i = côte du nœud aval du tronçon i (m)

Les pressions aux différents nœuds sont ainsi obtenues par la relation suivante :

$$P_{r,i} = H_r - Z_i - \sum \Delta H_{R,i} \geq P_s \quad (30)$$

Avec :

- $P_{r,i}$ = Pression réelle au nœud (m)
- H_r = charge hydraulique au radier du réservoir (m)
- Z_i = côte du nœud aval du tronçon i (m)
- $\sum \Delta H_{R,i}$ = pertes de charges cumulées du réservoir au nœud aval du tronçon i (m)
- P_s = pression de service (m)

III.2.11 Simulation du réseau de distribution à l'aide du logiciel EPANET

La simulation sur le logiciel EPANET a pour but de vérifier le dimensionnement fait sur Excel. On a ainsi une comparaison des résultats entre l'approche ingénierie et l'approche logicielle qui permettra de valider la robustesse de notre réseau.[10]

Le réseau dimensionné sur Excel a été modélisé dans le logiciel en rentrant les informations relatives au réseau (altitudes des nœuds, longueurs des tronçons, demande aux nœuds, côte réservoir). Les résultats ont été comparés dans la suite notamment les vitesses d'écoulement et les pressions aux nœuds.

III.2.12 Volume du réservoir, durée de contact avec le chlore, durée de séjour de l'eau et traitement

➤ Volume de stockage du réservoir

Deux méthodes ont été utilisées pour la détermination du volume du réservoir : la méthode tableau et la méthode forfaitaire.

La méthode tableau permet d'obtenir le volume du réservoir nécessaire pour stocker l'excédent en période de faible consommation et combler le manquant en période de forte consommation.

La méthode forfaitaire évalue la capacité du réservoir entre 10 et 30% de la demande journalière de pointe en adduction de jour durant les périodes de consommation.

➤ Temps de contact

Afin de garantir une désinfection optimale, le temps de contact de l'eau avec le chlore doit être au moins de deux heures. Il est calculé par la relation suivante :

$$T_c = \frac{C_u}{Q_{ph}} \geq 2h \quad (31)$$

Avec

- T_c = temps de contact de l'eau avec le chlore (h)

- C_u = capacité du réservoir (m^3)
- Q_{ph} = débit de pointe horaire (m^3/h)

➤ Temps de séjour

Le temps de séjour dans le réservoir ne doit pas excéder deux jours, temps au-dessus duquel la désinfection n'aura pas l'impact escompté. IL est calculé à partir de la relation suivante :

$$T_s = \frac{C_u}{Q_{mh}} \leq 2j \quad (32)$$

Avec

- T_s = temps de séjour de l'eau (h)
- C_u = capacité du réservoir (m^3)
- Q_{mh} = débit moyen horaire (m^3/h)

➤ Pompe doseuse et volume du bac de désinfectant

Afin d'obtenir un chlore résiduel compris entre 0,2 et 0,5 mg/l, il est considéré un taux de traitement de 2 mg/l. L'hypochlorite de calcium d'une concentration de 5g/l est utilisée pour la désinfection. Le débit de la pompe doseuse est obtenu par la relation suivante :

$$q = \frac{Q \times T}{C} \quad (33)$$

Avec :

- q = débit pompe doseuse (l/h)
- Q = débit d'eau non traitée (m^3/h)
- T = taux de traitement (g/m^3)
- C = concentration de l'hypochlorite de calcium (g/l)

Le volume du bac contenant l'hypochlorite de calcium est calculé ainsi :

$$V = q \times T_f \quad (34)$$

- V = volume du bac (l)
- q = débit pompe doseuse (l/h)
- T_f = temps de fonctionnement (12h)

III.2.13 Mécanisme de pompage et protection du réseau d'adduction

➤ Hauteur manométrique totale (HMT)

Afin de sélectionner la pompe adaptée pour notre système d'adduction, nous avons calculé la hauteur manométrique totale que la pompe devra vaincre pour alimenter le forage.

$$HMT = H_{géo} + \Delta H \quad (35)$$

$$H_{géo} = (Z_R - Z_{TN,f}) + H_{radier} + H_s + ND \quad (36)$$

Avec :

- HMT = hauteur manométrique totale (m)
- $H_{géo}$ = hauteur géométrique (m)
- Z_R = côte au radier du réservoir (m)
- $Z_{TN,f}$ = côte TN du forage
- H_{radier} = hauteur sous radier (m)
- H_s = hauteur de surverse (m)
- ND = niveau dynamique (m)

➤ Type de pompe

Le type de pompe est choisi parmi les pompes immergées de la marque GRUNDFOS. Le débit de pompage et la hauteur manométrique totale sont les deux paramètres à prendre en compte pour le choix de la pompe.

Le point de fonctionnement de la pompe a été tracé à partir des courbes caractéristiques de la pompe et de la conduite. Celle de la pompe est fournie par le constructeur et lie le débit à la HMT. Celle de la conduite lie le débit qui transite dans les conduites aux pertes de charges.

L'intersection de ces courbes correspond au point de fonctionnement de la pompe.

➤ Risque de coup de bélier

C'est un phénomène qui lorsqu'il se produit entraîne une variation de pression dans la conduite. Il peut être provoqué par la fermeture brusque d'une vanne ou l'arrêt brusque d'une pompe entraînant très souvent la rupture des conduites.

Afin de s'en protéger, il est important de vérifier sa présence. La démarche suivante sera adoptée :

$$C = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}} x \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\varepsilon}{E} x \frac{D}{e}\right)}} \quad (37)$$

Avec :

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

$$\Delta P = \frac{C x V_o}{g} \quad (38)$$

Avec :

- ΔP = variation de pression (m)
- C = célérité de l'onde (m/s)
- V_o = vitesse moyenne de l'écoulement (m/s)
- g = constante de pesanteur (9,81 m/s²)

On peut vérifier le risque de coup de bélier :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si HMT} - \Delta P - \text{ND}_{\max} \leq -10,33 \text{ m il y'a dépression} \quad (39) \\ \text{Si HMT} + \Delta P - \text{ND}_{\max} \geq \text{PMA} = 1,2 x \text{PN il y'a surpression} \quad (40) \end{array} \right.$$

Avec :

- HMT = Hauteur manométrique totale (m)
- ΔP = variation de pression (m)
- ND_{\max} = niveau dynamique maximal (m)
- PMA = pression maximale admissible par les conduites (mCE)
- PN = pression nominale (mCE)

III.2.14 Source d'alimentation énergétique

Le réseau d'eau de Sapaga sera alimenté en journée par le solaire et le réseau SONABEL prendra le relais pour combler le manquant d'énergie.

➤ Champ solaire

L'alimentation à l'énergie solaire se fera en journée sur une durée de sept heures de manière à capter l'ensoleillement maximal.

L'énergie électrique nécessaire pour le fonctionnement de la pompe en journée est déterminée par la relation suivante :

$$E_j = \frac{\rho \times g \times Q_j \times HMT}{3600 \times \eta_{ond} \times \eta_{mp}} \quad (41)$$

Avec :

- E_j = Energie électrique journalière
- ρ = masse volumique de l'eau
- Q_j = débit journalier pompé (m^3/j)
- HMT = Hauteur manométrique totale (m)
- η_{ond} = rendement onduleur
- η_{mp} = rendement moteur pompe

La puissance crête du générateur peut alors être calculée :

$$P_C = \frac{E_j}{K_P \times H_i} \quad (42)$$

Avec :

- P_C = Puissance crête (W)
- E_j = Energie électrique journalière
- K_P = rendement générateur
- H_i = ensoleillement journalier (kWh/m^2)

Le nombre de panneau est obtenu par la formule suivante :

$$N_P = \frac{P_C}{P_m} \quad (43)$$

- N_P = nombre de module photovoltaïque
- P_C = Puissance crête (W)
- P_m = Puissance d'un module photovoltaïque (W)

➤ Onduleur

L'onduleur permet de transformer le courant continu produit par le champ photovoltaïque en courant alternatif permettant ainsi d'alimenter la pompe.

$$P_{ond} = \frac{P_p \times 1,05}{\eta_{mp} \times \cos\Phi} \quad (44)$$

- P_{ond} = puissance de l'onduleur (kVA)
- P_p = puissance de la pompe
- η_{mp} = rendement moteur-pompe

➤ Disposition des panneaux

Le nombre maximal de panneaux en série est limité par le rapport entre la tension admissible en entrée de l'ondulateur ($U = 300V$) et la tension nominale d'un panneau PV ($U = 38,4 V$).

Le nombre de panneau retenu doit être tel que la tension de court-circuit ne dépasse pas ce seuil limite de 300V.

$$N_s \leq \frac{U_{ond}}{U_{pm,PV}} \quad (45)$$

$$U_s = N_s \times V_{co,PV} \leq U_{ond} \quad (46)$$

- N_s = nombre de module en série
- U_{ond} = tension de l'onduleur
- $U_{pm,PV}$ = tension à puissance max d'un module PV
- U_s = tension des modules en série
- $V_{co,PV}$ = tension de circuit ouvert d'un module PV

En parallèle, le nombre de branches de panneaux à disposer est fonction de la puissance totale à installer et du nombre de panneaux sur une branche en série

$$N_p = \frac{P_c}{N_s \times P_m} \quad (47)$$

- N_p = nombre de branche en parallèle
- P_c = Puissance crête
- N_s = nombre de module en série

- P_m = Puissance d'un module

➤ Groupe électrogène

En rappel, l'alimentation en énergie du réseau de Sapaga se fera soit par le solaire soit par le réseau de la SONABEL. Cependant enfin d'assurer une continuité de la desserte, un groupe électrogène sera prévu pour assurer le relais en cas de défaillance de l'une des deux sources.

$$P_{app} = \max \left(\frac{2 \times g \times \rho \times HMT \times Q}{\eta_m \times \eta_p \times \cos\Phi}; 2 \times 1,25 \times \frac{\sqrt{3} \times I_n \times U \times \cos\Phi}{1000} \right) \quad (48)$$

- P_{app} = puissance apparente du groupe électrogène
- g = constante de pesanteur (9,81 m/s²)
- ρ = masse volumique de l'eau
- HMT = Hauteur manométrique totale (m)
- Q = débit pompé (m³/h)
- η_m = rendement moteur
- η_p = rendement pompe
- I_n = Intensité nominale (A)
- U = tension

III.2.15 Pose des conduites

Les conduites d'approvisionnement en eau sont en général enterrées afin de les protéger des aléas naturels et de l'activité humaine. La profondeur et la largeur minimale de pose suivent des normes qui sont données par les relations suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} H_{min} \geq D_{ext} + 0,8 \quad (49) \\ L_{min} \geq D_{ext} + 0,4 \quad (50) \end{array} \right.$$

Avec :

- H_{min} = profondeur de l'excavation (m)
- L_{min} = largeur de l'excavation (m)
- D_{ext} = diamètre extérieur de la conduite

III.2.16 Etude de faisabilité financière

➤ Prévision du coût du projet

Les prévisions du coût de projet sont faites sur l'horizon du projet. La référence utilisée est la mercuriale des prix Burkina Faso 2022[11].

L'ensemble des pièces constituant le réseau a été répertorié, ainsi que l'ensemble du linéaire de réseau et des ouvrages de génie civil ce qui a permis l'évaluation des coûts et donc d'obtenir le devis prévisionnel.

➤ Estimation du coût de l'eau

Au Burkina Faso, le coût du m³ est fixé par l'office national de l'eau et de l'assainissement (ONEA). Cependant pour les projets qui ne dépendent pas de l'ONEA, le coût du m³ est calculé en tenant compte des charges courantes et des dotations aux amortissements.

$$\text{Prix de revient} = \frac{\text{charges courantes} + \text{dotations aux amortissements}}{\text{Volume d'eau produit}}$$

IV. RESULTATS DE L'ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

IV.1 Evaluation de la population

L'estimation de la population de Sapaga s'est faite à partir des données du recensement général de la population effectué par l'INSD (5717 habitants en 2019). Le taux d'accroissement qui a été considéré est le taux d'accroissement communal (commune de Zorgho) qui est de 3,15% par an. La population a ainsi pu être estimée jusqu'à l'horizon du projet. L'estimation de la population est en concordance avec les résultats de l'enquête socio-économique effectuée en 2024.

Tableau 2 : Estimation de la population

Année	2025	2030	2035	2040
Taux d'accroissement	3,15%			
Population à l'horizon (hbts)	6887	8042	9391	10966
Taux de desserte du SAEP	30%	40%	50%	60%
Taux de desserte aux BF	8%	7%	6%	5%
Population desservie aux BF (hbts)	551	563	564	549
Taux de desserte aux BP	22%	33%	44%	55%
Population desservie aux BP (hbts)	1516	2654	4132	6031

IV.2 Détermination des besoins, de la demande en eau, des débits d'adduction et de distribution et de la position des forages

IV.2.1 Evaluations des besoins moyens journaliers

Les résultats du calcul des besoins journaliers sont présentés dans le tableau 3 :

Tableau 3 : Evaluation des besoins journaliers

Année	2025	2030	2035	2040
Population desservie par BF (hbt)	551	563	564	549
Consommation spécifique BF (l/j/hbt)	25	25	25	25
Besoins BF (m ³ /j)	13,78	14,08	14,1	13,73
Population desservie par BP (hbt)	1516	2654	4132	6031
Consommation spécifique BP (l/j/hbt)	40	40	40	40
Besoins BP (m ³ /j)	60,64	106,16	165,28	241,24
Besoins domestiques (m ³ /j)	74,42	120,24	179,38	254,97
Besoins annexes (m ³ /j)	11,16	18,04	26,91	38,24
Besoins journaliers moyen (m ³ /j)	85,58	138,27	206,29	293,21

Les besoins journaliers moyens sont évalués à 293,21 m³/j à l'horizon du projet.

IV.2.2 Evaluation des besoins de pointe et de la demande en eau

Les résultats de l'évaluation des besoins de pointe et de la demande en eau sont présentés dans le tableau 4 :

Tableau 4 : Evaluation des besoins de pointe et de la demande en eau

Année	2025	2030	2035	2040
Besoins journalier moyen (m ³ /j)	85,58	138,27	206,29	293,21
Coefficient de pointe journalier	1,1			
Besoins du jour de pointe (m ³ /j)	94,13	152,10	226,92	322,53
Rendement du réseau	95%	95%	92%	90%
Demande journalière moyenne (m ³ /j)	90,08	145,55	224,23	325,79
Demande journalière de pointe (m ³ /j)	99,09	160,10	246,65	358,37

A l'horizon du projet, les besoins du jour de pointe sont estimés à 322,53 m³/j et la demande en eau à 358,37 m³/j.

IV.2.3 Débits de distribution et d'adduction

Les résultats de ce point sont présentés dans le tableau 5 :

Tableau 5 : Débits d'adduction et de distribution

Année	2025	2030	2035	2040
Coefficient de point horaire théorique	2,73	2,48	2,29	2,16
Coefficient de point horaire retenu	2,5	2,5	2,5	2,5
Temps de pompage adduction (h)	12	12	12	12
Débit d'adduction (m ³ /h)	8,26	13,34	20,55	29,86
Temps de distribution BF (h)	12	12	12	12
Nombre de BF théorique	1,84	1,82	1,82	1,77
Nombre de BF réel	3	3	3	3
Débit horaire de pointe /BF (l/s)	0,75	0,75	0,75	0,75
Débit horaire de pointe total BF (l/s)	2,25	2,25	2,25	2,25
Débit de pointe horaire BP (l/s)	2,41	4,16	6,65	9,88
Débit de pointe horaire (l/s)	4,66	6,41	8,9	12,13
Débit de pointe horaire (m ³ /h)	16,76	23,08	32,04	43,68

De l'analyse du tableau, on note un débit d'adduction immédiat de 8 m³/h, évoluant à 29,86 m³/h à l'horizon du projet. Le système d'approvisionnement sera alimenté essentiellement par forages qui combleront la demande au fil du temps.

L'analyse du tableau 5 met également en évidence un nombre de bornes fontaines choisi supérieur au nombre théorique trouvé. Le faible nombre de BF théorique s'explique par le faible pourcentage de populations intéressées par les BF selon l'enquête socio-économique réalisée en février 2024. Néanmoins, ce nombre a été revu à la hausse après échange avec le maître d'ouvrage afin de prendre en compte les quelques déplacés internes présents à Sapaga.

La volonté et la capacité des bénéficiaires ont été prises en compte également dans le choix du nombre de bornes fontaines. A l'horizon du projet, le débit de pointe est de 12,13 l/s soit 43,68 m³/h. Le réseau de distribution sera dimensionné à partir de ce débit.

IV.2.4 Position des forages

La prospection géophysique a permis l'implantation de points de foration.

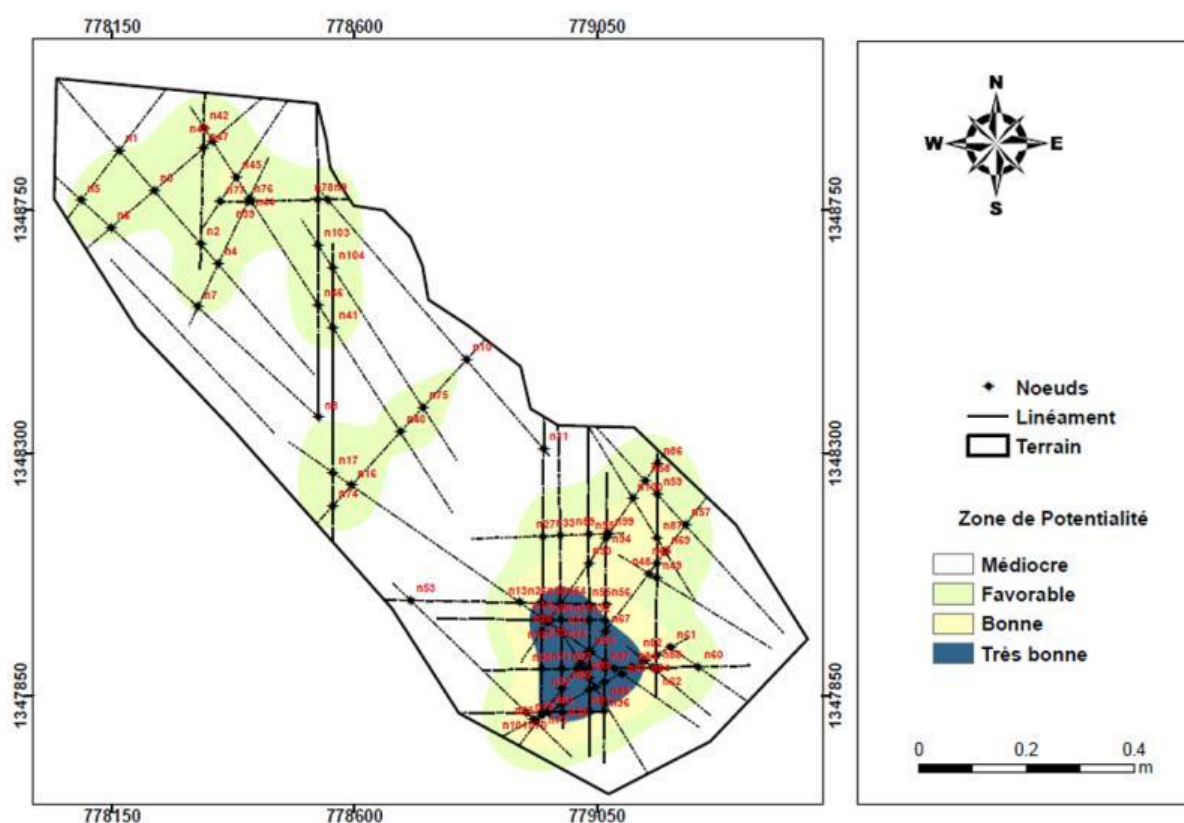


Figure 2 : Cartographie des linéaments majeurs (Source rapport géophysique Bugéco)

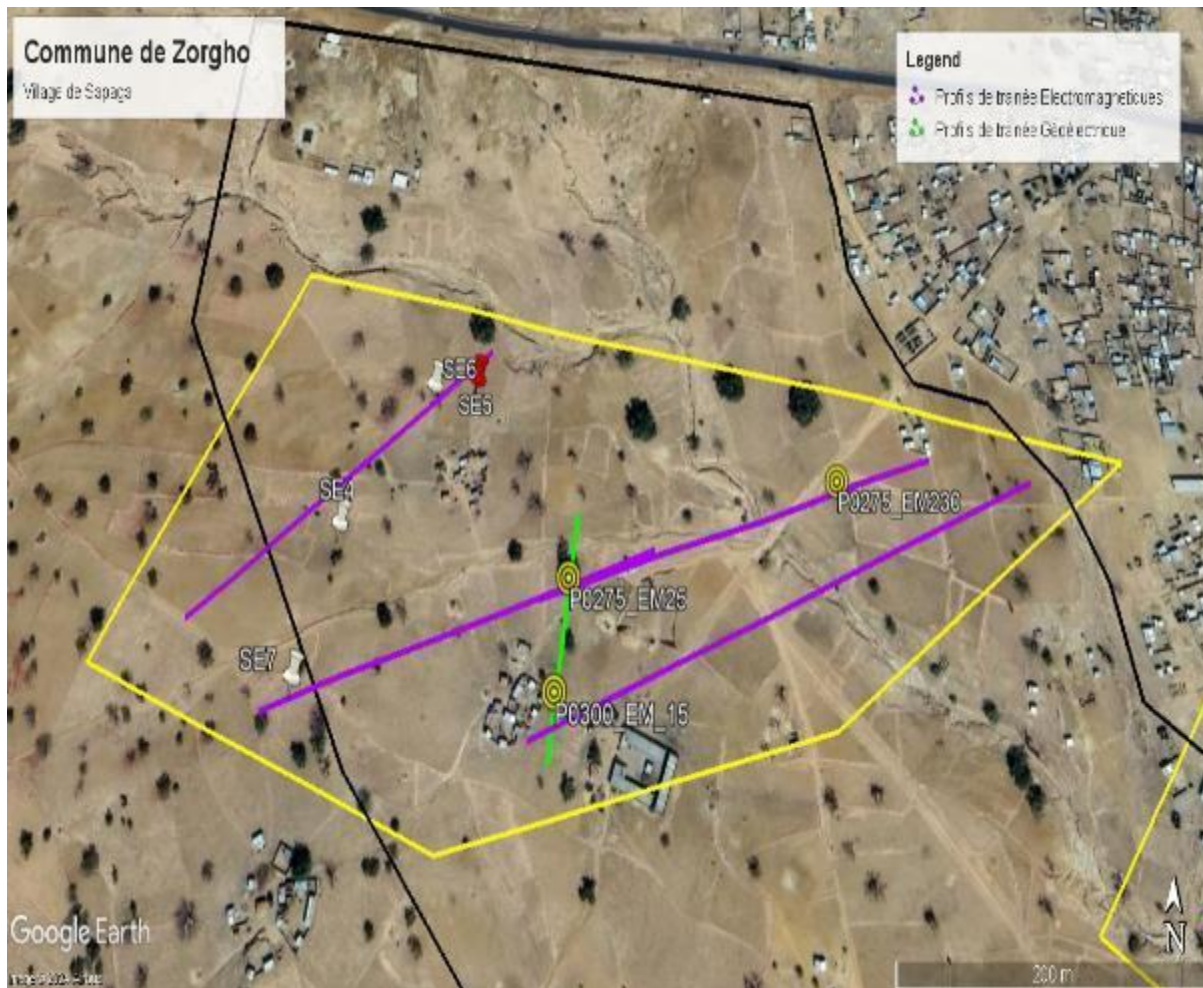


Figure 3 : Cartographie de quelques profils effectués sur le terrain

Le point P0300_EM15 représente le point prioritaire de foration. Les venues d'eau probable sont situées entre 30 et 40 m et entre 70 et 90 m de profondeur pour une profondeur de désespoir de 160m. D'autres points de foration ont également été implantés par ordre de priorité.

IV.3 Dimensionnement du réseau

IV.3.1 Tracé du réseau

Le plan du réseau de Sapaga est présenté en Annexe 1. Le réseau de distribution est constitué de 13 mailles avec des ramifications aux bornes fontaines.

IV.3.2 Dimensionnement du réseau d'adduction

La conduite de refoulement a été dimensionnée sur la base de formules empiriques et vérifiée à l'aide de la condition de vitesse de Flamant.

Les résultats du dimensionnement du réseau d'adduction sont consignés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Dimensionnement conduite d'adduction

Formule	Bresse	Bresse modifié	Munier	Bonnin	Bedjaoui
Diamètre théorique (m)	0,09	0,12	0,07	0,06	0,08
Diamètre extérieur (mm)	110	160	110	90	110
Diamètre intérieur (mm)	90	130,8	90	73,6	90
Delta H (m)	3,15	0,49	3,15	8,69	3,15
V (m/s)	0,57	0,27	0,57	0,85	0,57
Flamant	0,69	0,731	0,69	0,6736	0,69
Validité	OUI	OUI	OUI	NON	OUI
PN	16	16	16	16	16

Les formules de Bresse, de Munier et de Bedjaoui respectent la condition de vitesse de Flamant avec une vitesse d'écoulement de 0,57 m/s. La formule de Bresse modifiée respecte également la condition de vitesse de Flamant mais offre une vitesse d'écoulement plus faible (0,27 m/s) pouvant entraîner des dépôts dans la canalisation. Celle de Bonnin ne respecte pas la condition de vitesse de Flamant. La conduite de refoulement sera en PEHD PN16 de diamètre nominal 110 mm et de diamètre intérieur 90 mm.

IV.3.3 Dimensionnement du système de distribution

Il est dimensionné à partir du débit horaire de pointe. Un sens d'écoulement a été défini et les débits ont été repartis suivant la loi des nœuds et présentés en annexe 4. Il a fallu ensuite dimensionner le réseau maillé et le réseau ramifié.

En ce qui concerne le réseau maillé, une fois la répartition des débits faite et la loi des nœuds vérifiée, la méthode Hardy Cross a été appliquée. Après 40 itérations effectuées, les valeurs de pertes de charges au sein d'une maille ainsi que les corrections appliquées aux débits tendaient vers zéro. Les résultats de la dernière itération sont présentés en annexe 5.

Les tronçons du réseau ramifié ont été dimensionnés de manière à avoir de bonnes vitesses d'écoulement dans les conduites et de bonnes pressions aux nœuds. Les résultats sont présentés en annexe 6.

Par la suite il a fallu déterminer la côte minimale requise pour installer le réservoir afin de garantir une pression minimale en tout point du réseau. Le nœud le plus défavorisé d'un point de vue topographique et en cumulant les pertes de charges est le nœud N27. Le nœud N27 est situé à une côte de 318 m et la somme des pertes de charges à ce nœud est de 7,03 m. Afin de satisfaire à une pression de service minimal de 10 mCE, la hauteur sous radier nécessaire est

de 14,03m. Cependant, nous recommandons une hauteur sous radier de 12 m maximum pour un château d'eau métallique.

Pour s'assurer de la robustesse du réseau, le vieillissement des conduites a été pris en compte dans le dimensionnement du réseau. Le coefficient de rugosité a été ajusté pour tenir compte de cet aspect et le réseau redimensionné, augmentant de moins d'un mètre (0,94 m) la hauteur sous radier nécessaire pour assurer la pression de service. Le réseau mis en place s'adapte bien au vieillissement des conduites. Les résultats sont présentés en annexe 7.

Les diamètres des conduites sont compris à DN63 et DN160.

Les pressions aux nœuds sont comprises entre 10 et 20 mCE en considérant la hauteur sous radier obtenue qui est de 14m. Pour des raisons pratiques nous avons recommandé une hauteur sous radier de 12 m donnant des pressions comprises entre 8 et 19,8 mCE.

Les vitesses d'écoulement sont comprises entre 0,08 m/s et 0,90 m/s. Les faibles vitesses au niveau de certaines conduites (les conduites en bout de réseau) sont dues au fait que les débits qui transitent dans ces conduites sont faibles et les diamètres minimums à mettre en place sont déjà atteints (DN63). Afin d'éviter d'éventuels dépôts dans ces conduites, il faudra prévoir des vidanges régulières.

Le tableau en annexe 7 synthétise les résultats notamment les diamètres, vitesses et pressions obtenues après dimensionnement du réseau maillé et ramifié.

Le tableau 7 récapitule le linéaire à mettre en place pour le réseau de Sapaga :

Tableau 7 : Linéaire du réseau de distribution

Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)	Longueur (m)
DN63	57	15100
DN90	79,2	1724
DN110	96,8	608
DN125	110,2	161
DN160	141	1181

IV.3.4 Modélisation du réseau de distribution sur le logiciel EPANET

La modélisation du réseau sur le logiciel EPANET a été fait dans l'optique de vérifier le dimensionnement réalisé sur Excel notamment au niveau des paramètres de débit, de vitesses et de pressions.

Les résultats de la modélisation sont présentés en annexe 9.

Les figures 4,5,6 et 7 permettent de visualiser la comparaison des résultats de vitesse et de pression entre les deux approches.

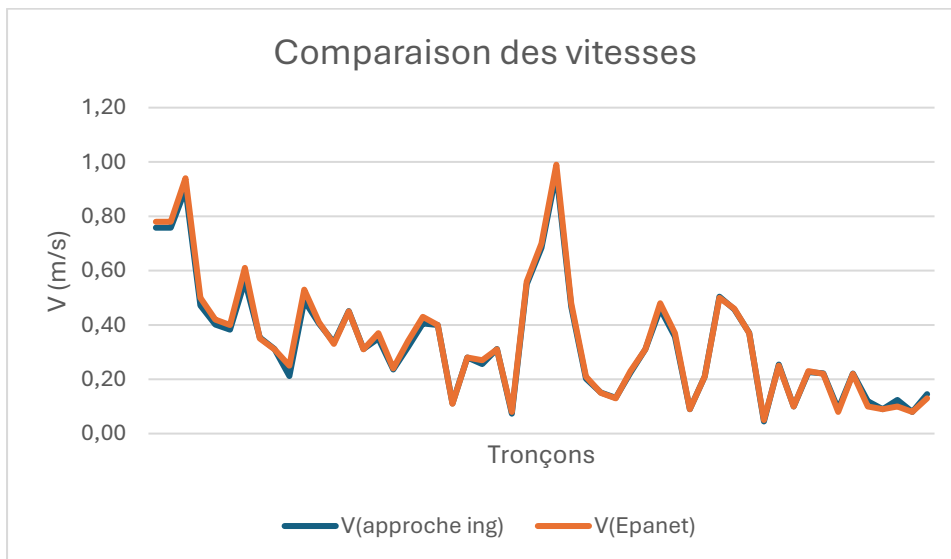


Figure 4 : Comparaison des vitesses simulées et calculées

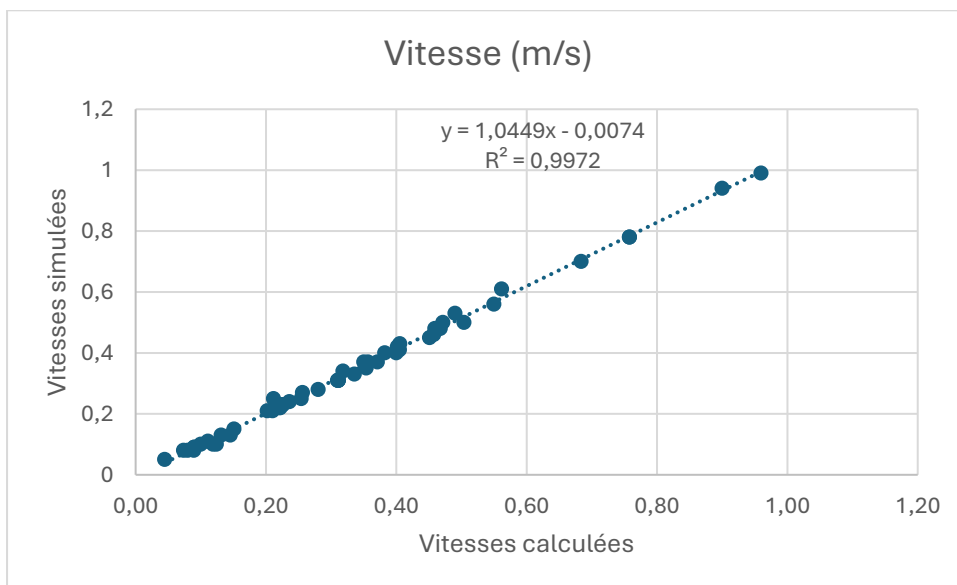


Figure 5 : Coefficient de détermination des vitesses simulées et calculées

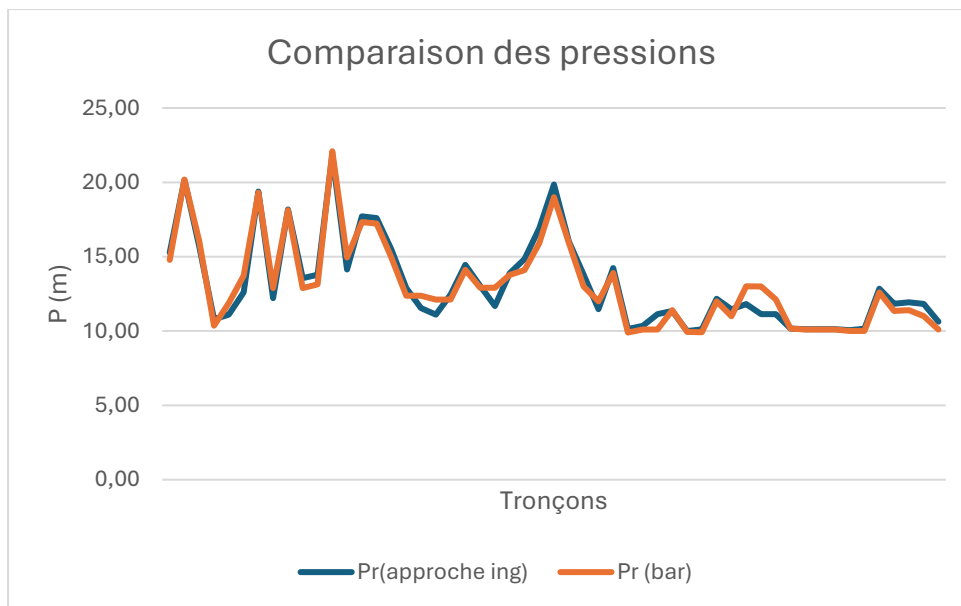


Figure 6 : Comparaison des pressions simulées et calculées

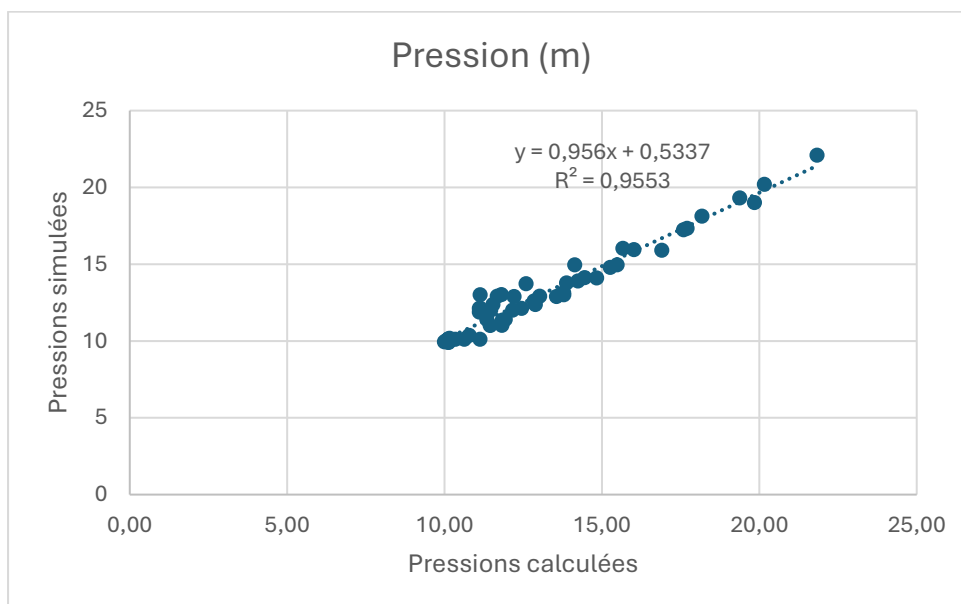


Figure 7 : Coefficient de détermination des pressions simulées et calculées

Les résultats obtenus de la modélisation sont très similaires au niveau des vitesses à ceux obtenus du dimensionnement sur Excel.

Au niveau des vitesses le coefficient de détermination R^2 est très proche de 1 (0,9972), justifiant le très faible écart entre les valeurs calculées et les valeurs simulées.

Au niveau des pressions, on remarque quelques différences sur certains tronçons. Néanmoins, l'allure reste tout de même pareille et le coefficient de détermination R^2 est supérieur à 0,8, seuil à partir duquel on estime avoir de bons résultats.

IV.4 Détermination du volume du château, de la durée de séjour et de celle du contact avec le chlore

IV.4.1 Volume du réservoir

Le volume de stockage du réservoir a été obtenu en comparant la méthode tableau à la méthode forfaitaire qui recommande que la capacité du réservoir soit de 10 à 30% de la demande journalière de pointe. La méthode tableau a donné un volume de 95,56m³ La méthode forfaitaire donne un volume de 86,86 m³ qui représente 25% de la demande journalière.

On retient un réservoir d'une capacité de 100 m³ qui sera métallique.

Tableau 8 : Caractéristiques du réservoir

Désignation	Valeur
Coordonnées géographiques	Latitude = 12°11'19.40"N Longitude = 0°26'55.64"O
Côte TN	321,13 m
Hauteur sous radier	12 m
Hauteur de la cuve	4 m

IV.4.2 Evaluation du temps de contact et du temps de séjour

Les résultats du calcul du temps de contact et de séjour sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Temps de contact et temps de séjour

Désignation	Valeurs calculées	Conditions à respecter
Temps de contact	2,35 heures	≥ 2 heures
Temps de séjour	6,91 heures	≤ 48 heures

De l'analyse du tableau on remarque que les conditions sont respectées.

IV.4.3 Pompe doseuse et volume du bac de désinfectant

A l'horizon du projet, le débit d'adduction est de 29,86 m³/h donnant un débit de 11,94 l/h pour la pompe doseuse. Deux pompes de 14 l/h seront nécessaires afin de prévoir une éventuelle panne.

Pour un temps de fonctionnement de 12h, le volume du bac de désinfectant est de 143,33 l. On retiendra un bac de 150 l.

IV.5 Système de pompage et protection du réseau d'adduction

IV.5.1 Choix de la pompe

Pour faire le choix de la pompe, deux paramètres importants doivent être connus. Il s'agit de débit et de la HMT de la pompe.

Tableau 10 : Détermination de la HMT

Q (m ³ /h)	ZTN forage	ZTN réservoir	ND (m)	Hgéo (m)	Delta H (m)	HMT (m)
13	313	321,13	40	64,13	3,46	67,44

Les caractéristiques de la pompe sont présentées dans le tableau 11.[12]

Tableau 11 : Caractéristiques de la pompe choisie

Marque	Grundfos	Unité
Type	Thermique	
Nom	SP14-17	
QN	14,72	m ³ /h
HN	68	m
N	2863	tr/min
Type moteur	MS4000	
η_p	69,9	%
η_m	78,2	%
η_{mp}	54,6	%
Cos phi	0,8	
IN	9,8	A
Ir	9	A
P	4	Kw

IV.5.2 Point de fonctionnement

L'intersection de la courbe caractéristique fourni par le constructeur et de la courbe caractéristique du réseau permet d'obtenir le point de fonctionnement de la pompe.

Tableau 12 : Caractéristiques du point de fonctionnement

Q(m ³ /h)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
Hp (m)	102,4	101,4	98,02	93,9	89,5	84,6	78,67	71,19	61,39	49,27
Hréseau	64,13	64,23	64,48	64,88	65,40	66,05	66,83	67,75	68,79	69,96

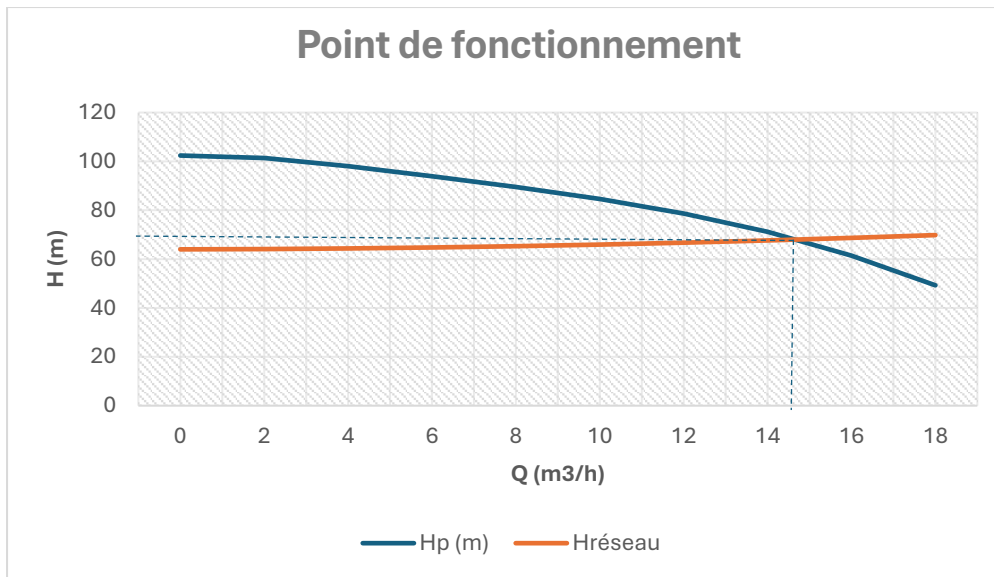


Figure 8 : Détermination du point caractéristique de la pompe

Le point caractéristique de la pompe SP14-17 fournit un débit de 14,6 m³/h pour une HMT de 68,9 m et un rendement de 69,9%.

IV.5.3 Vérification du risque de coup de bélier

Les résultats du calcul du risque de coup de bélier sont présentés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Vérification du risque de coup de bélier

Désignation	Valeurs
Dext (mm)	0,11
Dint (mm)	0,09
e (mm)	0,01
ε (N/m ²)	2,00E+09
σ (kg/m ³)	1000
E (pa)	9,30E+08
c (m/s)	313,46
V (m/s)	0,57
ΔP (m)	16,54
HMT (m)	68
ND (m)	40
Surpression	
HMT+ ΔP -ND (m)	47,04
PMA	192
Dépression	
HMT- ΔP -ND (m)	10,76
Patm	10,33

De l'analyse du tableau, il ressort que la surpression qui se crée dans le réseau est inférieure à la pression maximale admissible. Aussi la dépression qui se crée dans le réseau est supérieure à la pression atmosphérique. On conclut donc qu'il n'y'a pas de risque de coup de bélier dans la conduite d'adduction.

IV.6 Dimensionnement de la source d'alimentation énergétique

IV.6.1 Champ solaire

Les résultats du dimensionnement du champ solaire sont présentés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Caractéristiques du champ solaire

Désignation	Valeurs	Unité
Q	13	m ³ /h
HMT	68	m
Temps d'ensoleillement	7	h
Volume journalier	91	m ³ /j
η_{nd}	90%	%
η_{mp}	54,50%	
Hi	5,15	kWh/m ² .j
Kp	0,75	
Pc	8634,09	Wc
Puissance d'un panneau solaire photovoltaïque	360	Wc
Nombre de panneau solaire de 360 Wc	24	

Les panneaux solaires utilisés sont des panneaux monocristallins Blue Solar de 360 Wc du constructeur Victron Energy dont les caractéristiques sont en annexe 12. Afin de couvrir les besoins énergétiques, 24 panneaux seront mis en place. Des panneaux monocristallins ont été retenus car ils fournissent un meilleur rendement que ceux polycristallins.

Pour la conversion du courant continu produit par le champ photovoltaïque en courant alternatif, il est prévu un onduleur RSI de 11 kW 3x380-440V du constructeur SMA.

Les panneaux seront fixés sur des supports métalliques.

La disposition du champ PV sera 6S4P c'est-à-dire 6 panneaux en séries et 4 branches en parallèle ce qui nous donne le total de 24 panneaux.

La tension en circuit ouvert des modules en série est inférieure à la tension de l'onduleur ($284,4 \leq 300 V$). La condition est respectée.

IV.6.2 Groupe électrogène

En plus du champ solaire, la demande en énergie sera comblée par le réseau de la SONABEL. Afin d'assurer une continuité permanente de la desserte en eau, un groupe électrogène de 12,90 kVA pourra être installé pour palier d'éventuelles coupures de la fourniture d'électricité ou pour combler l'apport énergétique solaire en cas de faible ensoleillement.

Le groupe électrogène choisi est du fabricant GRUPEL de 15 kVA dont les caractéristiques sont en annexe 11.

IV.7 Pose des conduites

Les dimensions des fouilles sont présentées dans le tableau 15.

Tableau 15 : Pose des conduites

DN (mm)	Valeurs calculées		Dimensions retenues	
	Largeur (m)	Hauteur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)
63	0,463	0,863	0,5	0,9
90	0,490	0,890	0,5	0,9
110	0,510	0,910	0,6	1
125	0,525	0,925	0,6	1
160	0,560	0,960	0,6	1

IV.8 Equipements annexes

Dans l'optique de permettre un bon fonctionnement du réseau, de limiter les ruptures de desserte, de protéger le réseau et d'assurer une maintenance aisée du réseau, des équipements de sectionnement, de protection, de vidange et d'autres types d'équipements sont mis en place. Ils sont présentés dans le carnet des nœuds en annexe 13.

➤ Tête de forage

Un petit local est construit autour du forage pour assurer sa sécurité. Il permet la protection des équipements de tête de forage à savoir une crépine, un pressostat, une vanne d'arrêt, un clapet anti-retour, un manomètre, un compteur.

➤ Vannes de sectionnement

Elles permettent de faire une sectorisation du réseau et d'isoler certains tronçons. Cela facilite la maintenance et les interventions lors des ruptures de conduite.

➤ **Ventouses**

Les ventouses protègent les conduites en régulant les entrées et les sorties d'airs du réseau. Elles sont placées en général au niveau des changements de pentes brusques, des longs segments et des points hauts.[13]

➤ **Vidanges**

Elles permettent la vidange du réseau afin d'assurer le curage. Des dépôts sont souvent observés dans certaines conduites notamment les conduites en bout de réseau où les vitesses sont souvent très faibles.

➤ **Clapets anti-retours**

Ils permettent d'empêcher le retour de l'eau et donc un écoulement dans un seul sens. La conduite de refoulement est équipée d'un clapet anti-retour empêchant le retour de l'eau vers la pompe.

➤ **Infrastructures d'exploitation**

Il s'agit d'un local de gestion, d'un local pour le groupe électrogène et d'un local technique.

V. ETUDE DE FAISABILITE FINANCIERE DU PROJET ET MODE DE GESTION

V.1 Etude de faisabilité financière

V.1.1 Coût du projet

Il a été présenté dans le tableau 16. Les détails de l'évaluation sont présentés en annexe 17.

Tableau 16 : Coût du projet

N°	Désignation	Montant (FCFA)
I	Installation, repli et études d'exécution	14 000 000
II	Ouvrage de captage et raccordement forage	57 062 900
III	Réseau de distribution	194 813 212
IV	Stockage	46 800 000
V	Génie civil	8 550 000
VI	Alimentation énergétique	19 832 500
VII	Essais	9 486 000
Montant total hors taxes (HTVA)		350 644 612
Taxe sur la valeur ajoutée (TVA =18%)		63 098 030
Montant total toutes taxes comprises (TTC)		413 642 642

Le coût global de réalisation du projet toutes taxes comprises s'élève à 413 642 642 FCFA. Il sera en grande partie financé par le Syndicat des Eaux d'Île de France par le biais d'Experts-Solidaires. La commune de Zorgho contribuera également pour la mise en place du projet.

V.1.2 Estimation des charges d'exploitation

Les charges d'exploitation regroupent les charges d'entretiens, le coût des réactifs de traitement, les dépenses du personnel, et celles énergétiques.

Les charges d'entretiens sont estimées à 1 378 808 FCFA/an, celles du personnel à 20 400 000 FCFA/an. Les charges des réactifs varient entre 228 258 et 474 528 FCFA/an à l'horizon du projet en considérant que l'hypochlorite de calcium coûte 1200 FCFA/kg. Les charges énergétiques varient entre 1 160 796 et 6 353 693 FCFA/an et couvrent essentiellement les dépenses pour l'électricité et les éventuelles dépenses pour le gasoil. Le tableau en annexe 20 présente l'évolution des charges d'exploitation au fil des années.

La dotation aux amortissements est de 6 940 064 FCFA/an. (Voir annexe 19).

V.1.3 Estimation du coût de revient de l'eau

Le volume d'eau prévisionnel qui sera produit à l'horizon du projet est estimé à 1 157 803 m³. En considérant les charges d'exploitation, les dotations aux amortissements et le volume d'eau produit, on estime le coût du mètre cube d'eau à 444,40 FCFA.

V.2 Mode de gestion

Suivant le décret N°2000-514/PRES/PM/MEE adopté le 03 novembre 2000 et portant réforme du mécanisme de gestion des ouvrages hydrauliques d'approvisionnement en eau potable en milieu rural et semi-urbain et la loi N°002-2001/AN portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau, l'Etat ou la collectivité territoriale déléguée gère le service public de distribution d'eau lui-même ou sous sa responsabilité en régie ou dans le cadre d'un contrat de gestion ou de gérance soit par voie de concession ou d'affermage.[14]

La gestion du réseau de Sapaga sera déléguée à un opérateur privé. Un contrat d'affermage sera signé entre la commune et un gestionnaire privé. Le gestionnaire aura alors à sa charge la production ainsi que la distribution de l'eau aux abonnés. Il assurera entre autres l'entretien et la maintenance des ouvrages, le renouvellement des équipements défectueux, la gestion financière du réseau.[15]

VI. SYNTHÈSE DE LA NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

L'étude d'impact environnemental est une étude à caractère analytique et prospectif réalisée aux fins de l'identification et de l'évaluation des incidences sur l'environnement d'un projet.[16] La notice d'impact environnemental est une étude d'impact sur l'environnement simplifiée. La réalisation du réseau d'alimentation en eau dans la localité de Sapaga aura des impacts aussi bien positifs que négatifs sur les populations et sur l'environnement. En effet ce projet, au regard de son incidence potentiel sur son milieu récepteur, suivant le décret N°2001-342/PRES/PM/MEE du 17 juillet 2001 est classé dans le groupe B et nécessite la mise en place d'une notice d'impact environnemental et social (NIES) [17].

Il est donc essentiel de prendre des mesures afin d'évaluer les impacts environnementaux et sociaux de ce projet. Une analyse approfondie de ces impacts est cruciale afin de les prendre en compte dans la planification et la réalisation du projet. L'objectif étant d'arriver à identifier l'ensemble des enjeux environnementaux et sociaux associés au projet afin de soumettre des actions visant à réduire, améliorer ou compenser au besoin.

La participation de tous les acteurs impliqués dans le projet est de ce fait nécessaire pour la préservation du cadre environnemental et social.

VI.1 Rappel des phases de travaux

La phase des travaux comporte quatre grandes étapes :

- ✓ La réalisation des forages
- ✓ La pose du château d'eau métallique
- ✓ La pose des canalisations
- ✓ Les travaux d'énergie

VI.2 Evaluation des potentiels impacts

VI.2.1 Impacts positifs

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

- ✓ **Le taux d'accès à l'eau potable** : la réalisation du réseau facilitera l'accès à l'eau potable, couvrira une plus grande partie des besoins et réduira les efforts des populations pour avoir accès à l'eau. Le réseau assurera la mise à disposition des populations d'une eau de qualité en quantité.

- ✓ **Les conditions de vie des populations locales** en particulier des femmes par la réduction des corvées d'eau, des longues distances à parcourir pour l'accès à un point d'eau, des maladies hydriques, l'amélioration de la santé maternelle et infantile, du temps d'attente et l'amélioration des conditions d'investissements à d'autres activités génératrices de revenus.
- ✓ **Le taux de chômage dans la localité** : la présence d'un chantier de construction dans la zone va entraîner la création d'emplois notamment pour les jeunes (manœuvres, ouvriers, gardiens).
- ✓ **Le développement des commerces (restaurant, alimentation) et des sites d'hébergements** : des personnes seront déplacées sur site pour la réalisation des travaux. Elles devront se nourrir et se loger, ce qui entraînera des entrées d'argent pour ces secteurs d'activités.

Dans son ensemble, le projet contribuera à l'amélioration du cadre et des conditions de vie, de la population rurale de la zone d'intervention du projet. Par ailleurs, le projet va permettre le développement des compétences locales en matière de conservation et de gestion de l'eau par des formations qui seront réalisées toujours dans le cadre du projet. Cela contribuera à améliorer le niveau de participation communautaire, hommes et femmes, au développement et à l'exploitation des ressources en eau.

VI.2.2 Impacts négatifs

Les impacts négatifs se résument en ces points :

- ✓ **L'effet sur les sols** : le passage des véhicules et des engins du chantier entraînera très certainement des tassements de sol à certains endroits et également de l'érosion au niveau des endroits de déboisement et d'extraction des matériaux d'emprunts.
- ✓ **Pollution de la qualité de l'air** : certains ouvrages lors de leur exécution provoquent énormément de poussière. C'est le cas des forages et lors de la réalisation des tranchées pour la pose des conduites. A cela s'ajoute le rejet de fumée des engins utilisés. Tous ces éléments mis bout à bout entraînent une pollution considérable de l'air.
- ✓ **Nuisances sonores** : la présence des engins de terrassements en particulier causent de fortes nuisances aux alentours de la zone.
- ✓ **Dégradation de l'écosystème** : Les travaux de fouille et de défrichements peuvent entraîner la destruction d'habitats naturels et de ce fait un déséquilibre de l'écosystème.

- ✓ **Risques de conflit foncier** : L'emplacement de certains ouvrages notamment les forages et le château d'eau peut être source de conflit. Il est souvent compliqué de trouver un espace disponible pour l'implantation de ces ouvrages et il faut se tourner vers des propriétés privées entraînant parfois des conflits avec les propriétaires. Aussi les tranchées empiètent très souvent sur les parcelles agricoles surtout en période de pluie.
- ✓ **Exploitation excessive des ressources en eau** : la forte exploitation des ressources en eau par le réseau d'AEP peut impacter les autres points d'eau
- ✓ **Impact sur la santé** : certaines tâches réalisées sur le chantier constituent des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs.
- ✓ **Troubles des activités économiques locales** : la réalisation des travaux de pose de conduites peut entraîner des troubles temporaires des activités économiques de la localité.

VI.3 Plan de gestion environnementale et sociale

VI.3.1 Actions visant à réduire les impacts

Lutte contre la dégradation des sols et l'érosion : il s'agira de restaurer les sites et ses alentours une fois les travaux de construction terminés. Cela passera par le compactage avec des matériaux adéquats afin d'assurer une durabilité des sols.

Lutte contre la pollution de l'air : l'idéal serait que la zone de travaux et les voies d'accès soient arrosées tous les jours avant le début des travaux afin de limiter la dispersion de la poussière. Aussi, il faudrait penser à imposer une vitesse maximale au niveau des voies pour rejoindre le site. Pour finir, l'entreprise en charge des travaux devra s'assurer de la bonne maintenance de leurs engins afin de réduire l'émission de fumée.

Lutte contre les nuisances sonores : les heures de travaux bruyants devront être limitées si des travaux doivent être effectués dans des zones d'habitations. Utiliser au mieux les engins bruyants en journée afin de permettre aux populations de se reposer dans le calme la nuit.

Protection de la végétation : il faudra minimiser au maximum la destruction d'arbres en ne le faisant qu'en dernier recours. Cela permettra de préserver l'écosystème de base

Prévention des risques fonciers : avant toute action, il faudra penser à s'entretenir avec les propriétaires terriens afin de leur expliquer l'importance du système d'approvisionnement en eau pour la population dont eux-mêmes bénéficieront.

Réduction de l'impact sur la santé : l'entreprise en charge de l'exécution des travaux devra fournir une formation adéquate sur les mesures de sécurité sur le chantier et sur l'importance des équipements de protection afin de minimiser le risque d'accident. Il faudra également penser à faire des inspections régulières pour s'assurer de leur réelle mise en œuvre.

Aussi, pendant la phase d'exploitation du SAEP, faire une sensibilisation aux populations bénéficiaires sur l'hygiène, la santé et l'économie des ressources en eau.

VI.3.2 Actions de valorisation

Le château d'eau étant situé en altitude et visible à tout endroit de la localité, il pourrait être utilisé comme panneau publicitaire générant par la même occasion des revenus pour la localité et embellissant la zone.

Pour la réalisation des travaux, il faudrait favoriser la main d'œuvre locale, ainsi que la collaboration avec les entreprises locales afin que la localité bénéficie également des retombées économiques.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

CONCLUSION

La desserte en eau potable revêt d'une grande importance dans les pays émergents où la majeure partie de la population peine toujours à se procurer l'or bleu. Cette étude nous a permis de concevoir et de dimensionner le réseau d'approvisionnement à mettre en place dans la localité de Sapaga afin de pallier aux besoins d'eau potable des populations de ladite localité, évalués à 322,53 m³/j. A terme, ce projet se voudrait d'améliorer le secteur de l'eau à travers la mise en place d'un système d'approvisionnement en eau potable entre autres dont le linéaire en distribution est évalué à 18771,9 m. L'étude financière du projet fait ressortir un coût estimé à 413 642 642 TTC. Le dernier point abordé a été la mise en lumière des impacts positifs et négatifs du projet ainsi que la proposition d'actions visant à réduire ses impacts négatifs sur l'environnement. Le déficit en eau potable dans les zones rurales au Burkina Faso est une réalité qui nécessitent un regard plus accentué des politiques et une implication effective des populations locales. Des actions de coopérations comme c'est le cas du projet de Sapaga pourrait aussi contribuer à l'amélioration de ce secteur. Notre passage dans la localité nous a également permis de constater que l'assainissement constitue une autre préoccupation des populations. Nous proposons donc d'associer à l'avenir la problématique de l'assainissement à celle de l'eau car l'eau potable sans système d'assainissement est insuffisante pour entretenir une cadre de vie idéale.

RECOMMANDATIONS

En termes de recommandations, nous suggérons :

- ✓ Une réflexion à la possibilité de réaliser d'autres forages afin de faire face aux besoins en eau grandissant.
- ✓ L'organisation de sessions de formation afin de sensibiliser les populations sur l'économie d'eau et sa bonne gestion.
- ✓ Le curage régulier des conduites afin d'éviter d'éventuels dépôts dans les conduites où les vitesses sont faibles.
- ✓ La mise en place d'un comité de gestion et de suivi.
- ✓ L'organisation d'une campagne de reboisement afin de compenser les éventuelles destructions d'arbres sur le site d'implantation des travaux.
- ✓ L'implication des bénéficiaires dans la gestion du réseau pour l'amélioration continue du service de l'eau.
- ✓ Le dédommagement des propriétaires terriens affectés par les travaux.
- ✓ Des campagnes régulières de contrôle de la qualité de l'eau par le maître d'ouvrage.
- ✓ La mise en place d'un projet d'assainissement au regard de la situation actuelle d'assainissement dans la zone.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] « PCD_zorgho.pdf ».
- [2] « Etude hydrogéologique Bugéco.pdf ».
- [3] « Fichier des localités 5e RGPH-17-02-2022-Final.pdf ».
- [4] « 1 Monographie_du_plateau_central_5e_rgph.pdf ».
- [5] « Rapport_enquête_socio-économique.pdf ».
- [6] « 2019 DECRET_NORMES_CRITERES_EAU_POTABLE.pdf ».
- [7] M. D. Faye, « INGENIERIE DES RESEAUX EAU POTABLE ».
- [8] N. A. S. Ivan, « Etude d'APD pour la réalisation d'un AEPS à Nanoro ».
- [9] « Cours d'approvisionnement en eau potable ».
- [10] « Manuel d'utilisation ; epanet.pdf ».
- [11] « Mercuriale-BTP-2022_Ouagadougou.pdf ».
- [12] « Grundfosliterature-Pompe.pdf ».
- [13] « Essentiel de dimensionnement des ouvrages hydrauliques.pdf ».
- [14] « Document_cadre_de_la_reforme__PAR_-1.pdf ».
- [15] B. P. Justin, « Introduction aux modes de gestion des AEPS développés au Burkina Faso ».
- [16] « nies_aeps_pasepa-2r_boulkiemde_vf.pdf ».
- [17] « Décret n°2001-342/PRES/PM/MEE du 17 juillet 2001 (JON°31 2001) ».

Site internet

[Grundfos Product Center | Dimensionnement et sélection des pompes et solutions de pompage | Grundfos](#)

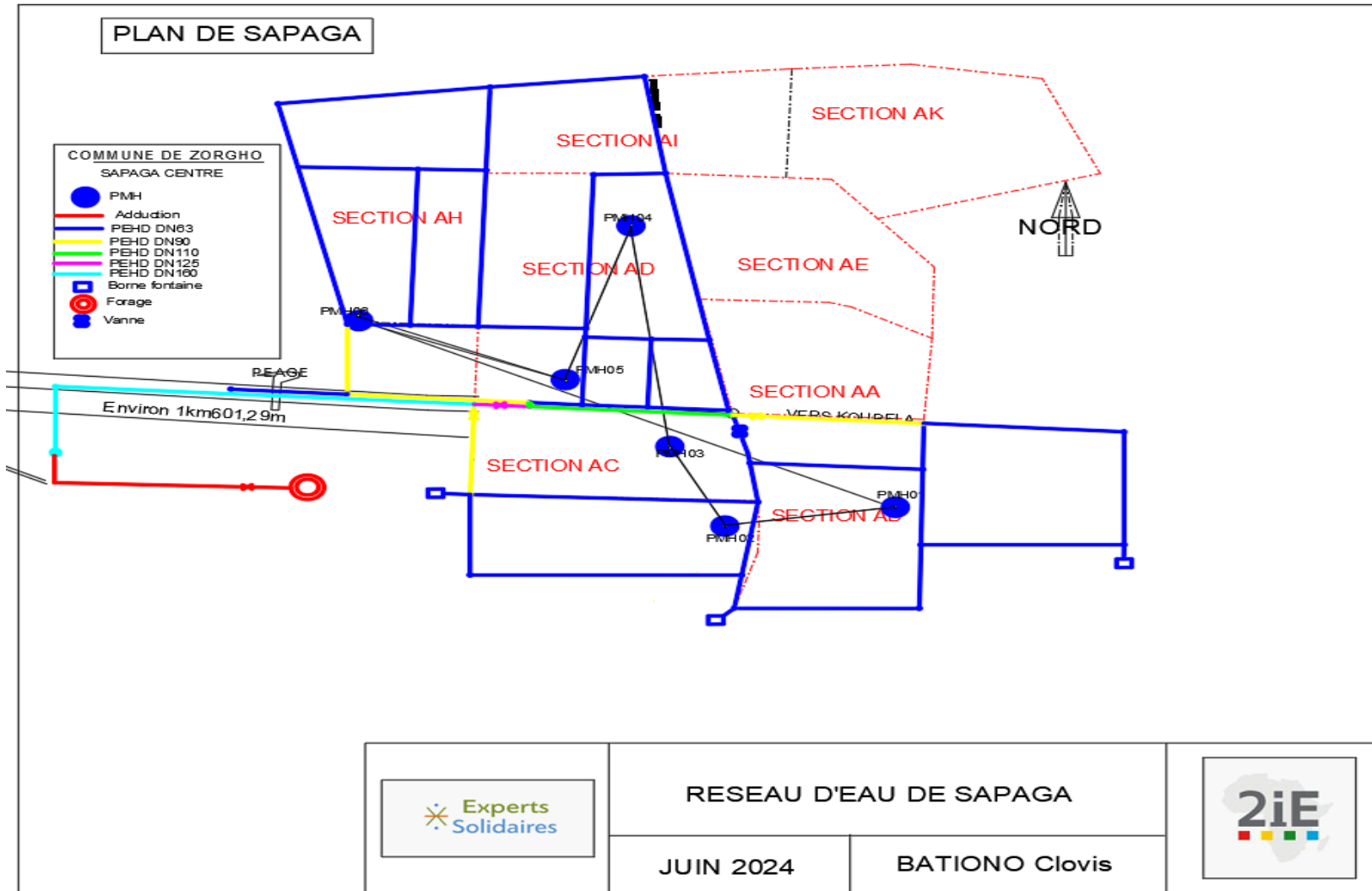
[Onduleurs photovoltaïques | SMA Solar](#)

[GRUPEL | Production et distribution de groupes électrogènes diesel et gaz](#)

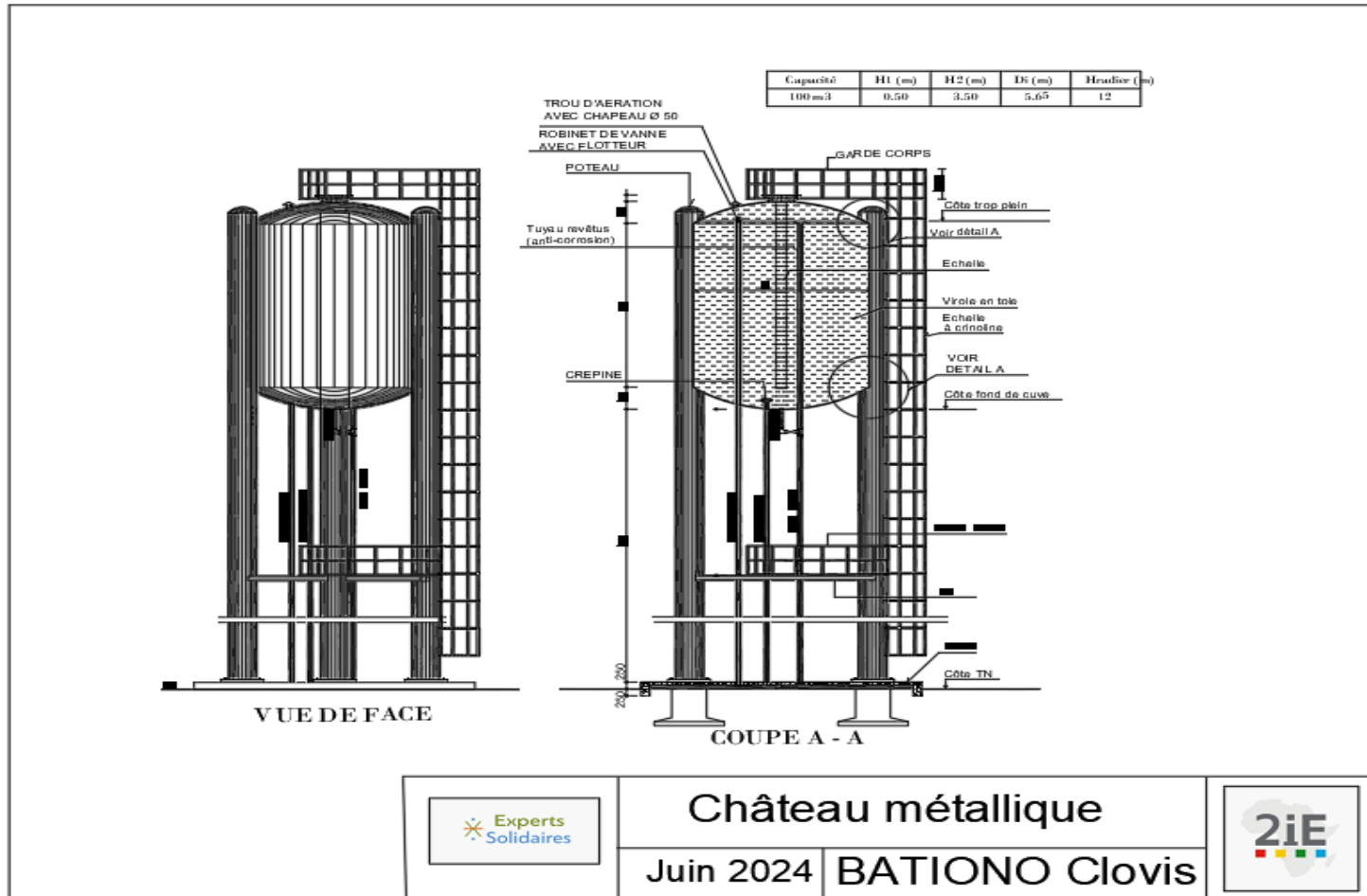
ANNEXES

Annexe 1 : Tracé du réseau d'eau de Sapaga.....	II
Annexe 2 : Plan du château métallique de 100 m ³	III
Annexe 3 : Plan du château vu de dessus	IV
Annexe 4 : Répartition des débits.....	V
Annexe 5 : Résultats dimensionnement réseau de distribution (partie maillée dernière itération (40e)	VII
Annexe 6 : Résultats dimensionnement réseau de distribution (partie ramifiée).....	XII
Annexe 7 : Synthèse des résultats du dimensionnement du réseau de distribution.....	XIII
Annexe 8 : Simulation Epanet	XV
Annexe 9 : Résultats de la simulation Epanet	XVI
Annexe 10 : Fiche technique de la pompe SP14-17	XVIII
Annexe 11 : Fiche technique du groupe électrogène	XIX
Annexe 12 : Fiche technique panneau solaire	XX
Annexe 13 : Carnet des nœuds du SAEP de Sapaga.....	XXI
Annexe 14 : Profils en long du réseau de distribution	XVI
Annexe 15 : Plan du local technique.....	XVI
Annexe 16 : Plan regard	XVII
Annexe 17 : Tête de forage	XXX
Annexe 18 : Estimation financière	XXXI
Annexe 19 : Amortissements des équipements.....	XXXVIII
Annexe 20 : Evaluation des charges	XXXIX

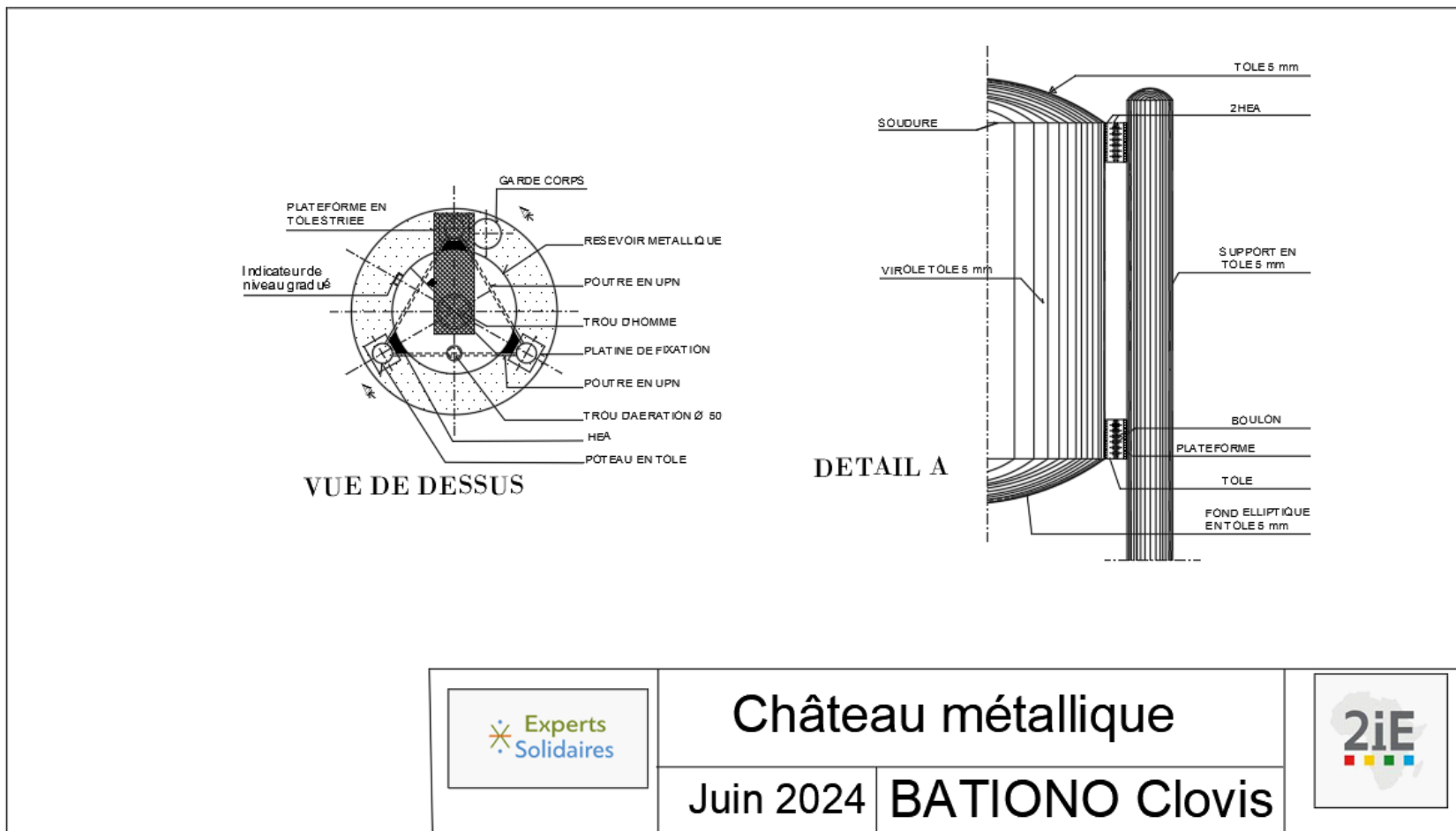
Annexe 1: Tracé du réseau d'eau de Sapaga



Annexe 2 : Plan du château métallique de 100 m³



Annexe 3 : Plan du château vu de dessus



Annexe 4 : Répartition des débits

Tronçons	Longueur (m)	Soutirage	Q tronçons (l/s)	Q tronçons (m ³ /s)
T1(R-N2)	262,18	0,000	12,134	0,01213
T2(N2-N3)	918,75	0,495	12,134	0,01213
T3(N3-N4)	160,74	0,087	8,371	0,00837
T4(N4-N5)	591,67	0,319	3,095	0,00310
T5(N5-N6)	555,19	0,299	1,583	0,00158
T6(N6-N7)	582,38	0,314	0,931	0,00093
T7(N3-N8)	359,31	0,194	3,268	0,00327
T8(N8-N11)	836,97	0,451	0,929	0,00093
T9(N8-BF1)	77,99	0,000	0,750	0,00075
T10(N10-N11)	157,45	0,085	0,563	0,00056
T11(N5-N10)	195,81	0,106	1,193	0,00119
T12(N8-N9)	319,09	0,172	1,395	0,00139
T13(N9-N12)	788,82	0,425	1,223	0,00122
T14(N12-N13)	133,5	0,072	1,595	0,00159
T15(N13-BF2)	43,47	0,000	0,750	0,00075
T16(N11-N12)	293,55	0,158	0,956	0,00096
T17(N10-N16)	502,84	0,271	0,525	0,00053
T18(N6-N16)	183,04	0,099	0,353	0,00035
T19(N16-N15)	299,47	0,161	0,508	0,00051
T20(N14-N15)	252,61	0,136	0,483	0,00048
T21(N13-N14)	537,92	0,290	0,773	0,00077
T22(N15-N17)	590,07	0,318	0,693	0,00069
T23(N7-N17)	448,63	0,242	0,617	0,00062
T24(N17-BF3)	55,62	0,000	0,750	0,00075
T25(N19-N18)	339,32	0,183	0,183	0,00018
T26(N20-N19)	530,37	0,286	3,110	0,00311
T27(N4-N20)	15,73	0,008	5,189	0,00519
T28(N20-N21)	152,75	0,082	2,071	0,00207
T29(N21-N22)	190,72	0,103	1,637	0,00164
T30(N22-N23)	235,34	0,127	1,234	0,00123
T31(N23-N24)	284,5	0,153	1,107	0,00111
T32(N24-N25)	168,65	0,091	0,245	0,00025
T33(N22-N25)	270,73	0,146	0,301	0,00030
T34(N25-N26)	191,24	0,103	0,309	0,00031
T35(N21-N26)	269,24	0,145	0,351	0,00035
T36(N26-N27)	34,09	0,018	0,412	0,00041
T37(N28-N27)	313,07	0,169	0,562	0,00056
T38(N29-N28)	197,36	0,106	1,211	0,00121
T39(N30-N29)	182,65	0,098	2,146	0,00215
T40(N19-N30)	278,59	0,150	2,641	0,00264
T41(N30-N31)	640,12	0,345	0,345	0,00035
T42(N32-N31)	348,95	0,188	0,188	0,00019
T43(N29-N32)	620,21	0,334	0,837	0,00084

T44(N32-N33)	197,6	0,107	0,314	0,00031
T45(N28-N33)	620,32	0,334	0,542	0,00054
T46(N27-N34)	611,27	0,330	0,787	0,00079
T47(N34-N35)	209,38	0,113	0,458	0,00046
T48(N24-N35)	673,81	0,363	0,708	0,00071
T49(N35-N36)	389,39	0,210	0,690	0,00069
T50(N36-N37)	450,5	0,243	0,480	0,00048
T51(N33-N37)	330,84	0,178	0,415	0,00042
T52(N37-N38)	620,2	0,334	0,473	0,00047
T53(N38-N31)	257,89	0,139	0,139	0,00014

Annexe 5 : Résultats dimensionnement réseau de distribution (partie maillée dernière itération (40e))

Mailles	Tronçons	L (m)	Q (m ³ /s)	D _{th} (mm)	D _{com} (mm)	V (m/s)	k/D	Re	lambda	delta H	delta H/Q	dq(m ³ /s)	Qcor (m ³ /s)
I	T3(N3-N4)	160,74	0,0088	105,975	110,2	0,925	0,001	126756,515	0,021	1,495	169,462	1,48E-11	8,82E-03
	T4(N4-N5)	591,67	0,0035	67,181	96,8	0,482	0,001	57990,751	0,024	1,880	530,244	1,48E-11	3,54E-03
	T11(N5-N10)	195,81	0,0012	39,173	55,4	0,500	0,002	34451,787	0,027	1,347	1117,557	-5,46E-14	1,21E-03
	T10(N10-N11)	157,45	0,0005	25,705	55,4	0,215	0,002	14833,925	0,031	0,229	441,271	2,07E-12	5,19E-04
	T8(N8-N11)	836,97	-0,0009	33,376	55,4	0,363	0,002	25009,977	0,028	-3,171	3624,845	3,58E-12	-8,75E-04
	T7(N3-N8)	359,31	-0,0028	59,901	79,2	0,572	0,001	56348,956	0,021	-1,779	631,190	1,48E-11	-2,82E-03
									Somme	0,000	6514,569		
										dq1	1,48E-11		
II	T8(N8-N11)	836,97	0,0009	33,376	55,4	0,363	0,002	25009,977	0,028	3,171	3624,845	-3,58E-12	8,75E-04
	T16(N11-N12)	293,55	0,0009	33,047	55,4	0,356	0,002	24518,083	0,029	1,072	1250,050	-1,51E-12	8,58E-04
	T13(N9-N12)	788,82	-0,0008	32,458	55,4	0,343	0,002	23652,224	0,029	-2,696	3258,197	1,12E-11	-8,27E-04
	T12(N8-N9)	319,09	-0,0010	35,673	55,4	0,415	0,002	28569,981	0,028	-1,548	1548,567	1,12E-11	-9,99E-04
									Somme	0,000	9681,658		
										dq2	1,12E-11		
III	T5(N5-N6)	555,19	0,0020	50,720	79,2	0,410	0,001	40400,242	0,025	1,680	831,377	1,48E-11	2,02E-03
	T18(N6-N16)	183,04	0,0008	31,567	55,4	0,325	0,002	22372,172	0,029	0,565	721,310	9,39E-12	7,83E-04
	T17(N10-N16)	502,84	-0,0006	27,192	55,4	0,241	0,002	16600,073	0,030	-0,897	1545,337	2,13E-12	-5,81E-04
	T11(N5-N10)	195,81	-0,0012	39,173	55,4	0,500	0,002	34451,787	0,027	-1,347	1117,557	5,46E-14	-1,21E-03
									Somme	0,000	4215,581		
										dq3	1,48E-11		
IV	T17(N10-N16)	502,84	0,0006	27,192	55,4	0,241	0,002	16600,073	0,030	0,897	1545,337	-2,13E-12	5,81E-04
	T19(N16-N15)	299,47	0,0010	35,568	55,4	0,412	0,002	28401,589	0,028	1,437	1445,982	7,26E-12	9,94E-04

	T20(N14-N15)	252,61	0,0000	3,642	55,4	0,004	0,002	297,835	0,215	0,001	98,503	1,27E-11	1,04E-05
	T21(N13-N14)	537,92	-0,0003	18,868	55,4	0,116	0,002	7992,489	0,035	-0,258	921,788	1,27E-11	-2,80E-04
	T14(N12-N13)	133,5	-0,0011	37,451	55,4	0,457	0,002	31489,019	0,028	-0,776	704,635	1,27E-11	-1,10E-03
	T16(N11-N12)	293,55	-0,0009	33,047	55,4	0,356	0,002	24518,083	0,029	-1,072	1250,050	1,51E-12	-8,58E-04
	T10(N10-N11)	157,45	-0,0005	25,705	55,4	0,215	0,002	14833,925	0,031	-0,229	441,271	-2,07E-12	-5,19E-04
									Somme	0,000	6407,567		
										dq4	1,27E-11		
V	T6(N6-N7)	582,38	0,0009	34,568	55,4	0,389	0,002	26827,643	0,028	2,513	2677,833	5,44E-12	9,39E-04
	T23(N7-N17)	448,63	0,0006	28,199	55,4	0,259	0,002	17852,109	0,030	0,914	1464,043	5,44E-12	6,25E-04
	T22(N15-N17)	590,07	-0,0007	29,543	55,4	0,284	0,002	19595,197	0,030	-1,426	2080,649	5,44E-12	-6,85E-04
	T19(N16-N15)	299,47	-0,0010	35,568	55,4	0,412	0,002	28401,589	0,028	-1,437	1445,982	-7,26E-12	-9,94E-04
	T18(N6-N16)	183,04	-0,0008	31,567	55,4	0,325	0,002	22372,172	0,029	-0,565	721,310	-9,39E-12	-7,83E-04
									Somme	0,000	8389,817		
										dq5	5,44E-12		
VI	T39(N30-N29)	182,65	0,0013	39,943	55,4	0,520	0,002	35818,728	0,027	1,351	1078,494	-7,30E-11	1,25E-03
	T38(N29-N28)	197,36	0,0005	25,799	55,4	0,217	0,002	14943,425	0,031	0,291	556,452	-2,56E-10	5,23E-04
	T37(N28-N27)	313,07	-0,0001	13,667	55,4	0,061	0,002	4193,511	0,041	-0,048	329,398	-2,32E-10	-1,47E-04
	T36(N26-N27)	34,09	-0,0009	33,588	55,4	0,368	0,002	25327,570	0,028	-0,132	149,235	-1,01E-10	-8,86E-04
	T35(N21-N26)	269,24	-0,0011	38,122	55,4	0,474	0,002	32627,398	0,027	-1,673	1465,559	2,85E-11	-1,14E-03

	T28(N20-N21)	152,75	-0,0024	55,118	55,4	0,990	0,002	68206,711	0,025	-3,831	1605,560	1,91E-10	-2,39E-03
	T26(N20-N19)	530,37	0,0028	59,651	79,2	0,567	0,001	55880,541	0,024	2,946	1054,101	1,91E-10	2,79E-03
	T40(N19-N30)	278,59	0,0023	54,418	79,2	0,472	0,001	46504,858	0,025	1,096	471,303	1,91E-10	2,33E-03
									Somme	0,000	6710,104		
										dq6	1,91E-10		
VII	T34(N25-N26)	191,24	0,0000	3,007	55,4	0,003	0,002	202,994	0,315	0,001	74,573	-1,29E-10	7,10E-06
	T33(N22-N25)	270,73	-0,0006	26,625	55,4	0,231	0,002	15915,267	0,031	-0,447	803,702	3,14E-11	-5,57E-04
	T29(N21-N22)	190,72	-0,0012	38,469	55,4	0,482	0,002	33225,158	0,027	-1,226	1054,665	1,63E-10	-1,16E-03
	T35(N21-N26)	269,24	0,0011	38,122	55,4	0,474	0,002	32627,398	0,027	1,673	1465,559	-2,85E-11	1,14E-03
									Somme	0,000	3398,499		
										dq7	1,63E-10		
VIII	T32(N24-N25)	168,65	0,0003	20,404	55,4	0,136	0,002	9346,617	0,034	0,107	326,562	-1,61E-10	3,27E-04
	T31(N23-N24)	284,5	-0,0004	21,875	55,4	0,156	0,002	10743,533	0,033	-0,231	614,971	1,31E-10	-3,76E-04
	T30(N22-N23)	235,34	-0,0005	25,300	55,4	0,209	0,002	14370,550	0,031	-0,323	642,734	1,31E-10	-5,03E-04
	T33(N22-N25)	270,73	0,0006	26,625	55,4	0,231	0,002	15915,267	0,031	0,447	803,702	-3,14E-11	5,57E-04
									Somme	0,000	2387,970		
										dq8	1,31E-10		
IX	T47(N34-N35)	209,38	0,0002	16,835	55,4	0,092	0,002	6362,911	0,037	0,067	301,105	-1,31E-10	2,23E-04
	T48(N24-N35)	673,81	-0,0005	26,449	55,4	0,228	0,002	15705,487	0,031	-1,087	1978,662	2,92E-10	-5,49E-04

	T32(N24-N25)	168,65	-0,0003	20,404	55,4	0,136	0,002	9346,617	0,034	-0,107	326,562	1,61E-10	-3,27E-04
	T34(N25-N26)	191,24	0,0000	3,007	55,4	0,003	0,002	202,994	0,315	-0,001	74,573	1,29E-10	-7,10E-06
	T36(N26-N27)	34,09	0,0009	33,588	55,4	0,368	0,002	25327,570	0,028	0,132	149,235	1,01E-10	8,86E-04
	T46(N27-N34)	611,27	0,0006	26,515	55,4	0,229	0,002	15783,693	0,031	0,995	1802,334	-1,31E-10	5,52E-04
									Somme	0,000	4632,472		
									dq9		2,92E-10		
X	T50(N36-N37)	450,5	-0,0001	10,458	55,4	0,036	0,002	2455,628	0,026	-0,015	175,669	4,23E-10	-8,59E-05
	T49(N35-N36)	389,39	-0,0003	19,408	55,4	0,123	0,002	8456,835	0,035	-0,206	697,218	4,23E-10	-2,96E-04
	T47(N34-N35)	209,38	-0,0002	16,835	55,4	0,092	0,002	6362,911	0,037	-0,067	301,105	1,31E-10	-2,23E-04
	T46(N27-N34)	611,27	-0,0006	26,515	55,4	0,229	0,002	15783,693	0,031	-0,995	1802,334	1,31E-10	-5,52E-04
	T37(N28-N27)	313,07	0,0001	13,667	55,4	0,061	0,002	4193,511	0,041	0,048	329,398	2,32E-10	1,47E-04
	T45(N28-N33)	620,32	0,0006	26,775	55,4	0,234	0,002	16095,260	0,031	1,046	1858,587	-2,33E-11	5,63E-04
	T51(N33-N37)	330,84	0,0003	19,816	55,4	0,128	0,002	8816,293	0,034	0,189	611,948	7,45E-11	3,08E-04
									Somme	0,000	5776,260		
									dq10		4,23E-10		
XI	T44(N32-N33)	197,6	0,0002	15,403	55,4	0,077	0,002	5326,667	0,039	0,046	248,409	9,78E-11	1,86E-04
	T45(N28-N33)	620,32	-0,0006	26,775	55,4	0,234	0,002	16095,260	0,031	-1,046	1858,587	2,33E-11	-5,63E-04
	T38(N29-N28)	197,36	-0,0005	25,799	55,4	0,217	0,002	14943,425	0,031	-0,291	556,452	2,56E-10	-5,23E-04

	T43(N29-N32)	620,21	0,0006	28,363	55,4	0,262	0,002	18060,334	0,030	1,291	2043,508	1,83E-10	6,32E-04
									Somme	0,000	4706,957		
										dq11	4,47E-10		
XII	T42(N32-N31)	348,95	-0,0001	11,892	55,4	0,046	0,002	3175,104	0,044	-0,033	299,743	-8,47E-11	-1,11E-04
	T43(N29-N32)	620,21	-0,0006	28,363	55,4	0,262	0,002	18060,334	0,030	-1,291	2043,508	-1,83E-10	-6,32E-04
	T39(N30-N29)	182,65	-0,0013	39,943	55,4	0,520	0,002	35818,728	0,027	-1,351	1078,494	7,30E-11	-1,25E-03
	T41(N30-N31)	640,12	0,0009	34,273	55,4	0,383	0,002	26371,174	0,028	2,676	2900,453	2,64E-10	9,23E-04
										Somme	0,000	6322,198	
										dq12	2,64E-10		
XIII	T52(N37-N38)	620,2	0,0000	5,856	55,4	0,011	0,002	769,948	0,083	0,007	241,842	3,49E-10	2,69E-05
	T51(N33-N37)	330,84	-0,0003	19,816	55,4	0,128	0,002	8816,293	0,034	-0,189	611,948	-7,45E-11	-3,08E-04
	T44(N32-N33)	197,6	-0,0002	15,403	55,4	0,077	0,002	5326,667	0,039	-0,046	248,409	-9,78E-11	-1,86E-04
	T42(N32-N31)	348,95	0,0001	11,892	55,4	0,046	0,002	3175,104	0,044	0,033	299,743	8,47E-11	1,11E-04
	T53(N38-N31)	257,89	0,0004	21,449	55,4	0,150	0,002	10328,358	0,033	0,195	540,293	3,49E-10	3,61E-04
									Somme	0,000	1942,236		
										dq13	3,49E-10		

Annexe 6 : Résultats dimensionnement réseau de distribution (partie ramifiée)

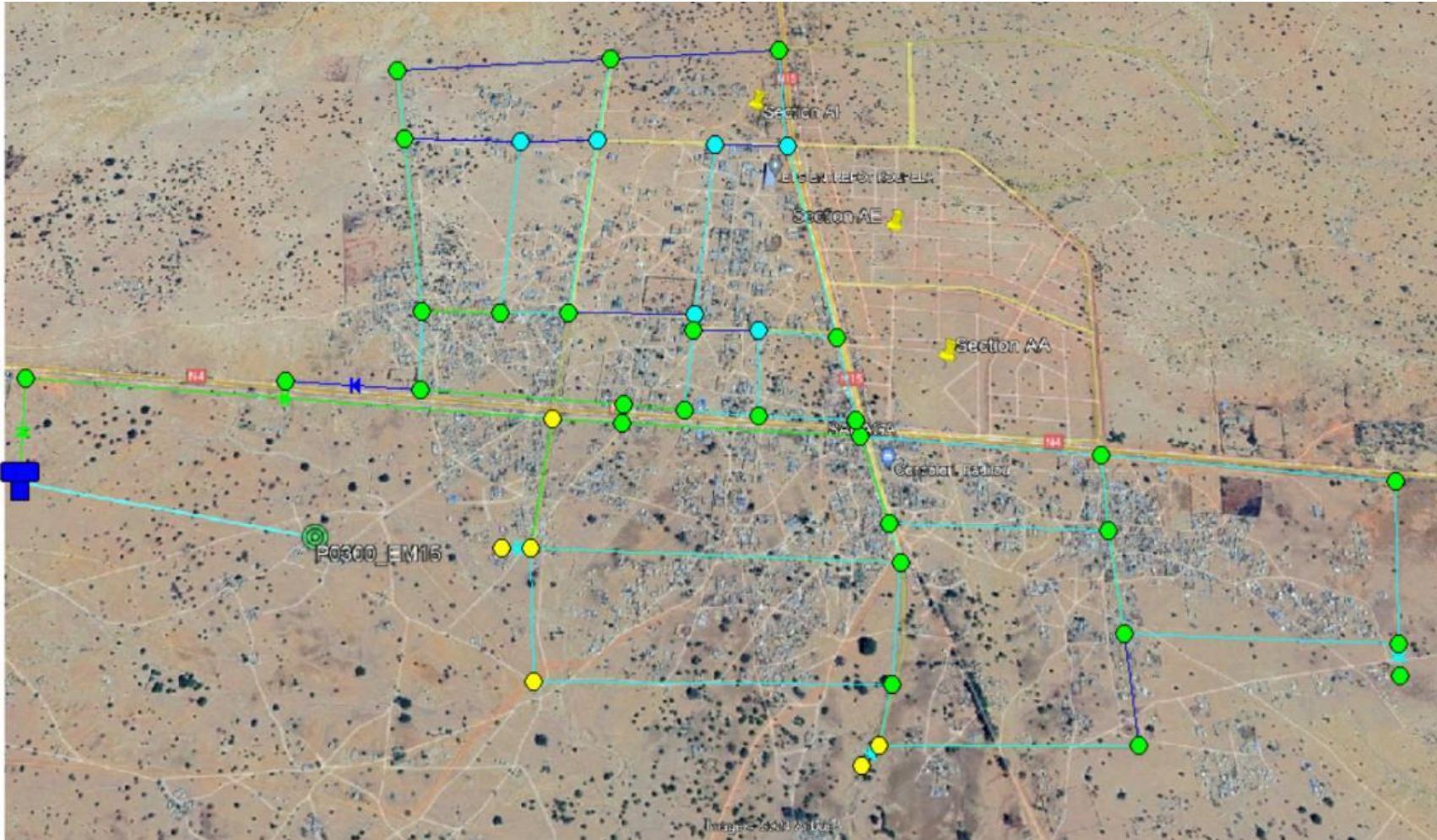
Tronçons	L (m)	Q (m ³ /s)	D _{th} (mm)	D _{com} (mm)	V (m/s)	k/D	Re	lambda	delta H
T1(R-N2)	262,18	0,0121	124,296	141	0,777	0,001	136282,606	0,020	1,171
T2(N2-N3)	918,75	0,0121	124,296	141	0,777	0,001	136282,606	0,020	4,105
T9(N8-BF1)	77,99	0,0008	30,902	55,4	0,311	0,002	21439,052	0,029	0,202
T27(N4-N20)	15,73	0,0052	81,284	96,8	0,705	0,001	84894,847	0,023	0,093
T15(N13-BF2)	43,47	0,0008	30,902	55,4	0,311	0,002	21439,052	0,029	0,113
T24(N17-BF3)	55,62	0,0008	30,902	55,4	0,311	0,002	21439,052	0,029	0,144
T25(N19-N18)	339,32	0,0002	15,262	55,4	0,076	0,002	5229,538	0,039	0,070

Annexe 7 : Synthèse des résultats du dimensionnement du réseau de distribution

Tronçons	L (m)	Q (l/s)	DN (mm)	D _{int} (mm)	V (m/s)	Nœuds	Pr (bar)
T1(R-N2)	262,18	12,134	160	141	0,78	N2	1,53
T2(N2-N3)	918,75	12,134	160	141	0,78	N3	2,02
T3(N3-N4)	160,74	8,821	125	110,2	0,92	N4	1,57
T4(N4-N5)	591,67	3,545	110	96,8	0,48	N5	1,08
T5(N5-N6)	555,19	2,020	90	79,2	0,41	N6	1,11
T6(N6-N7)	582,38	0,939	63	55,4	0,39	N7	1,26
T7(N3-N8)	359,31	2,818	90	79,2	0,57	N8	1,94
T8(N8-N11)	836,97	0,875	63	55,4	0,36	N11	1,22
T9(N8-BF1)	77,99	0,750	63	55,4	0,31	BF1	1,82
T10(N10-N11)	157,45	0,519	63	55,4	0,22	N11	1,36
T11(N5-N10)	195,81	1,205	63	55,4	0,50	N10	1,38
T12(N8-N9)	319,09	0,999	63	55,4	0,41	N9	2,18
T13(N9-N12)	788,82	0,827	63	55,4	0,34	N12	1,41
T14(N12-N13)	133,5	1,102	63	55,4	0,46	N13	1,77
T15(N13-BF2)	43,47	0,750	63	55,4	0,31	BF2	1,76
T16(N11-N12)	293,55	0,858	63	55,4	0,36	N12	1,55
T17(N10-N16)	502,84	0,581	63	55,4	0,24	N16	1,29
T18(N6-N16)	183,04	0,783	63	55,4	0,32	N16	1,15
T19(N16-N15)	299,47	0,994	63	55,4	0,41	N15	1,11
T20(N14-N15)	252,61	0,010	63	55,4	0,40	N15	1,25
T21(N13-N14)	537,92	0,280	63	55,4	0,12	N14	1,45
T22(N15-N17)	590,07	0,685	63	55,4	0,28	N17	1,30
T23(N7-N17)	448,63	0,625	63	55,4	0,26	N17	1,17
T24(N17-BF3)	55,62	0,750	63	55,4	0,31	BF3	1,39
T25(N19-N18)	339,32	0,183	63	55,4	0,08	N18	1,48
T26(N20-N19)	530,37	2,795	90	79,2	0,57	N19	1,69
T27(N4-N20)	15,73	5,189	110	96,8	0,71	N20	1,99
T28(N20-N21)	152,75	2,386	63	55,4	0,99	N21	1,60
T29(N21-N22)	190,72	1,162	63	55,4	0,48	N22	1,38
T30(N22-N23)	235,34	0,503	63	55,4	0,21	N23	1,15

T31(N23-N24)	284,5	0,376	63	55,4	0,16	N24	1,42
T32(N24-N25)	168,65	0,327	63	55,4	0,14	N25	1,01
T33(N22-N25)	270,73	0,557	63	55,4	0,23	N25	1,03
T34(N25-N26)	191,24	0,007	63	55,4	0,31	N26	1,11
T35(N21-N26)	269,24	1,141	63	55,4	0,47	N26	1,13
T36(N26-N27)	34,09	0,886	63	55,4	0,37	N27	1,00
T37(N28-N27)	313,07	0,147	63	55,4	0,09	N27	1,01
T38(N29-N28)	197,36	0,523	63	55,4	0,22	N28	1,22
T39(N30-N29)	182,65	1,253	63	55,4	0,52	N29	1,15
T40(N19-N30)	278,59	2,326	90	79,2	0,47	N30	1,18
T41(N30-N31)	640,12	0,923	63	55,4	0,38	N31	1,11
T42(N32-N31)	348,95	0,111	63	55,4	0,05	N31	1,11
T43(N29-N32)	620,21	0,632	63	55,4	0,26	N32	1,02
T44(N32-N33)	197,6	0,186	63	55,4	0,10	N33	1,01
T45(N28-N33)	620,32	0,563	63	55,4	0,23	N33	1,01
T46(N27-N34)	611,27	0,552	63	55,4	0,23	N34	1,01
T47(N34-N35)	209,38	0,223	63	55,4	0,09	N35	1,01
T48(N24-N35)	673,81	0,549	63	55,4	0,23	N35	1,02
T49(N35-N36)	389,39	0,296	63	55,4	0,12	N36	1,28
T50(N36-N37)	450,5	0,086	63	55,4	0,09	N37	1,18
T51(N33-N37)	330,84	0,308	63	55,4	0,13	N37	1,19
T52(N37-N38)	620,2	0,027	63	55,4	0,08	N38	1,18
T53(N38-N31)	257,89	0,361	63	55,4	0,15	N31	1,06

Annexe 8 : Simulation Epanet



Annexe 9 : Résultats de la simulation Epanet

Tronçons	L (m)	Q (l/s)	D _{int} (mm)	V (m/s)	Noeuds	Pr (bar)
Tuyau 1	262,18	12,21	141	0,78	Noeud 2	14,78
Tuyau 2	918,75	12,21	141	0,78	Noeud 3	20,19
Tuyau 3	160,74	8,94	110,2	0,94	Noeud 4	16,02
Tuyau 4	591,67	3,71	96,8	0,5	Noeud 5	10,36
Tuyau 5	555,19	2,09	79,2	0,42	Noeud 6	11,88
Tuyau 6	582,38	0,96	55,4	0,4	Noeud 7	13,72
Tuyau 7	359,31	2,76	79,2	0,61	Noeud 8	19,31
Tuyau 8	836,97	0,83	55,4	0,35	Noeud 11	12,89
Tuyau 9	77,99	0,75	55,4	0,31	Noeud BF1	18,12
Tuyau 10	157,45	0,6	55,4	0,25	Noeud 11	12,89
Tuyau 11	195,81	1,29	55,4	0,53	Noeud 10	13,14
Tuyau 12	319,09	0,98	55,4	0,41	Noeud 9	22,09
Tuyau 13	788,82	0,8	55,4	0,33	Noeud 12	14,95
Tuyau 14	133,5	1,09	55,4	0,45	Noeud 13	17,33
Tuyau 15	43,47	0,75	55,4	0,31	Noeud BF2	17,23
Tuyau 16	293,55	0,88	55,4	0,37	Noeud 12	14,95
Tuyau 17	502,84	0,58	55,4	0,24	Noeud 16	12,37
Tuyau 18	183,04	0,82	55,4	0,34	Noeud 16	12,37
Tuyau 19	299,47	1,03	55,4	0,43	Noeud 15	12,12
Tuyau 20	252,61	0,03	55,4	0,4	Noeud 15	12,12
Tuyau 21	537,92	0,26	55,4	0,11	Noeud 14	14,12
Tuyau 22	590,07	0,69	55,4	0,28	Noeud 17	12,91
Tuyau 23	448,63	0,64	55,4	0,27	Noeud 17	12,91
Tuyau 24	55,62	0,75	55,4	0,31	Noeud BF3	13,77
Tuyau 25	339,32	0,19	55,4	0,08	Noeud 18	14,1
Tuyau 26	530,37	2,74	79,2	0,56	Noeud 19	15,9
Tuyau 27	15,73	5,14	96,8	0,7	Noeud 20	19
Tuyau 28	152,75	2,39	55,4	0,99	Noeud 21	15,94
Tuyau 29	190,72	1,16	55,4	0,48	Noeud 22	13
Tuyau 30	235,34	0,5	55,4	0,21	Noeud 23	12
Tuyau 31	284,5	0,37	55,4	0,15	Noeud 24	13,9
Tuyau 32	168,65	0,32	55,4	0,13	Noeud 25	9,9
Tuyau 33	270,73	0,56	55,4	0,23	Noeud 25	10,1
Tuyau 34	191,24	0,01	55,4	0,31	Noeud 26	10,1
Tuyau 35	269,24	1,15	55,4	0,48	Noeud 26	11,4
Tuyau 36	34,09	0,89	55,4	0,37	Noeud 27	9,94
Tuyau 37	313,07	0,16	55,4	0,09	Noeud 27	9,92
Tuyau 38	197,36	0,5	55,4	0,21	Noeud 28	12
Tuyau 39	182,65	1,21	55,4	0,5	Noeud 29	11
Tuyau 40	278,59	2,26	79,2	0,46	Noeud 30	13,01
Tuyau 41	640,12	0,89	55,4	0,37	Noeud 31	13
Tuyau 42	348,95	0,11	55,4	0,05	Noeud 31	12,13
Tuyau 43	620,21	0,61	55,4	0,25	Noeud 32	10,17
Tuyau 44	197,6	0,16	55,4	0,1	Noeud 33	10,1

Tuyau 45	620,32	0,54	55,4	0,23	Noeud 33	10,1
Tuyau 46	611,27	0,54	55,4	0,22	Noeud 34	10,1
Tuyau 47	209,38	0,2	55,4	0,08	Noeud 35	10,01
Tuyau 48	673,81	0,53	55,4	0,22	Noeud 35	10
Tuyau 49	389,39	0,24	55,4	0,1	Noeud 36	12,6
Tuyau 50	450,5	0,03	55,4	0,09	Noeud 37	11,35
Tuyau 51	330,84	0,25	55,4	0,1	Noeud 37	11,4
Tuyau 52	620,2	0,03	55,4	0,08	Noeud 38	11,01
Tuyau 53	257,89	0,31	55,4	0,13	Noeud 31	10,1

Annexe 10 : Fiche technique de la pompe SP14-17

Nom Société:
Créé par:
Téléphone:

Date: 11/06/2024

Installation et Entrée

Résultats dimensionnement

Référence produit:	98826898
Type:	SP 14-17
Débit:	14.72 m³/h (51100)
H totale:	68 m
Puissance P1:	4.982 kW
Puissance P2 requise au point de fonctionnement:	3.884 kW
Eta pompe:	69.9 %
Eta moteur:	78.2 %
Eta total:	54.6 %
Conso. énergétique:	18104 kWh/Année
Conso. spécifique énergétique:	0.3543 kWh/m³ (5.21 Wh/m³·m)
Type de moteur:	M84000
Phase:	3
Tension:	380-400-415
Fréquence:	50 Hz
Courant (nominal):	9.8 A
Courant (réel):	9 A
Cos phi (réel):	0.85-0.8-0.77
Température max. du liquide:	40 °C

Pertes dans le câble non incluses !


Profil de charge	
Débit (%)	1
Débit (m³/h)	100
Débit (m³/h)	14
Pression (%)	105
Pression (m)	71.21
P1 (kW)	4.98
Eta total (%)	54.7
Temps (h/a)	3650
Conso. énergétique (kWh/Année)	18104
Quantité	1

Courbe de pompe


Dessin d'encadrement

Annexe II : Fiche technique du groupe électrogène

G0027GRGCAST4000S




GRUPEL
energy everywhere



3. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU MOTEUR

SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES		50Hz
Modèle		4GA27D50
Émissions (UE/USEPA)		Not applicable / Not applicable
Degré de performance		G2
Méthode d'opération		4 stroke
Type de carburant		Diesel
Système de réfrigération		Closed water circuit / antifreeze
Système d'aspiration		Natural
Système d'injection		Direct
N° et disposition des cylindres		4 In-line
Cylindrée (L)		2.672
Alésage du cylindre (mm)		90
Course du cylindre (mm)		105
Taux de compression		18:1
Régulation		Electronic
Vitesse de rotation (r.p.m.)		1500
Vitesse du piston (m/s)		5.25
Puissance brut COP (kWm)		-
Puissance brut PRP (kWm)		24
Puissance brut ESP (kWm)		26
Puissance du ventilateur (kWm)		- / 1 / 1
Puissance nette COP (kWm)		-
Puissance nette PRP (kWm)		22.5
Puissance nette ESP (kWm)		24.5
BMEP COP (kPa)		-
BMEP PRP (kPa)		719
BMEP ESP (kPa)		778



CONSOMMATION			50 Hz
Consommation de carburant	l/h		g/kWh
ESP		7.4	240
PRP		6.8	240
COP		-	-
75%		5.1	240
50%		3.6	255
Consommation d'huile		< 0.1% consommation de carburant	


CONDITIONS DE RÉFÉRENCE	
Température (°C)	25
Pression atmosphérique (kPa)	100

CAPACITÉ (°C)	
Liquide de refroidissement (L)	11.6
Huile (L)	6.5

SYSTÈME DE DÉMARRAGE	
Voltage (V)	12
Puissance (kW)	3
Batterie (Ah)	62


4. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE L'ALTERNATEUR

SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES	
Modèle	184GB23
Nombre de phases	Triphasé
Protection	IP23
Isolation	H
Réchauffement	H
Interférence R.F.I. de téléphone	THF < 2%
R.F.I. suppression	BS EN 61000-6-2 / 6-4, VDE 0875G, VDE 0875N
Couplage	Flexible disks
Support	Single bearing



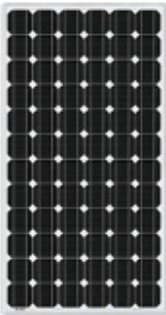
Distorsion harmonique à vide	< 1,5%
Distorsion harmonique en charge linéaire	< 5%
Nombre de fils	12
Excitation (standard/optionnel)	Autoexcitado / -
Modèle AVR (standard/optionnel)	SX460 / -
Régulation de tension (standard/optionnel)	± 1 % / -
Icc (standard/optionnel)	- / -

Annexe 12 : Fiche technique panneau solaire



Panneaux monocristallins BlueSolar

www.victtronenergy.com



BlueSolar monocristallin 305 W

- Un coefficient de température de tension faible améliore un fonctionnement à température élevée.
- Performance de faible luminosité exceptionnelle et sensibilité élevée pour illuminer le spectre solaire complet.
- Garantie limitée de 25 ans sur la production et la performance de puissance.
- Garantie limitée de 5 ans sur les matériaux et la qualité d'exécution.
- La boîte de connexion est multifonctionnelle, étanche et scellée, ce qui permet un niveau de sécurité élevé.
- Les diodes de dérivation à haute performance minimisent les chutes de puissances en cas de manque de rayonnement.
- Système avancé d'encapsulation EAV (Éthylène-Acétate de Vinyle) avec une feuille isolante arrière à trois couches respectant les exigences de sécurité les plus rigoureuses pour un fonctionnement sous tension élevée.
- Un cadre en aluminium anodisé robuste permet de monter facilement les modules sur un toit avec une variété de systèmes de montage standard.
- Verre trempé de la plus haute qualité offrant une transmission élevée et fournissant une résistance à l'impact et une dureté améliorées.
- Modèles à haute puissance avec un système de connexion rapide précâblé avec des connecteurs MC4 (PV-ST01).

Référence de l'article	Description	Poids net	Données électriques sous STC (1)				
			Puissance Nominale	Tension de puissance	Courant de puissance	Tension de circuit ouvert	Courant de court-circuit
			W	V	A	V	A
SPM040201200	20W-12V Mono 440 x 350 x 25mm séries 4a	1,9	20	18,5	1,09	22,6	1,19
SPM040301200	30W-12V Mono 560 x 350 x 25mm séries 4a	2,2	30	18,7	1,61	22,87	1,76
SPM040401200	40W-12V Mono 425 x 668 x 25mm séries 4a	3,1	40	18,3	2,19	22,45	2,40
SPM04051200	55W-12V Mono 545 x 668 x 25mm séries 4a	4	55	18,8	2,94	22,9	3,22
SPM040901200	90W-12V Mono 780 x 668 x 30mm séries 4a	6,1	90	19,6	4,59	24,06	5,03
SPM041151202	115W-12V Mono 1030 x 668 x 30mm séries 4b	8	115	19,0	6,04	23,32	6,61
SPM041401200	140W-12V Mono 1250 x 668 x 30mm séries 4a	9	140	19,4	7,22	23,6	8,05
SPM041751200	175W-12V Mono 1485 x 668 x 30mm séries 4a	11	175	19,4	9,03	23,7	9,89
SPM042152400	215W-24V Mono 1580 x 808 x 35mm séries 4a	15	215	37,4	5,75	45,82	6,30
SPM042152402*	215W-24V Mono 1580x705x35mm séries 4b	11,7	215	40,1	5,36	46,01	5,65
SPM043052000	305W-20V Mono 1640 x 992 x 35mm séries 4a	18	305	32,5	9,38	39,7	10,27
SPM043052002*	305W-20V Mono 1658 x 1002 x 35mm séries 4b	19	305	32,5	9,38	39,7	10,27
SPM043602400	360W-24V Mono 1956 x 992 x 40mm séries 4a	22	360	38,4	9,38	47,4	10,24
SPM043602402*	360W-24V Mono 1980 x 1002 x 40mm séries 4b	23	360	38,4	9,38	47,4	10,24

Module	SPM 040201200	SPM 040301200	SPM 040401200	SPM 04051200	SPM 040901200	SPM 041151202	SPM 041401200	SPM 041751200	SPM 042152400	SPM 042152402	SPM 043052000	SPM 043052002	SPM 043602400	SPM 043602402			
Puissance nominale (± 3 % tolérance)	20W	30W	40W	55W	90W	115W	140W	175W	215W	215W	305W	305W	360W	360W			
Type de cellule	Monocristal																
Nombre de cellules en série	36							72		60		60		72		72	
Tension de système maximale	1000V																
Coefficient de température de MPP (%)	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	
Coefficient de température de Voc (%)	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	
Coefficient de température de Isc (%)	+0,94/°C	+0,04/°C	+0,94/°C	+0,04/°C	+0,04/°C	+0,94/°C	+0,04/°C	+0,04/°C	+0,04/°C	+0,04/°C	+0,94/°C	+0,04/°C	+0,94/°C	+0,04/°C	+0,94/°C	+0,94/°C	
Plage de température	-40 °C à +85 °C																
Capacité de charge maximale en surface	200 kg/m²																
Résistance à la grille disponible	23 m/s, 7,53 g																
Type de boîte de connexion	PV-LH6025		PV-LH6036			PV-LH6041		PV-LH6048		PV-LH6071			PV-LB302				
Longueur des câbles/Type de connecteur	Pas de câble / 900 mm MC4																
Tolérance de sorte	± 3 %																
Cadre	Aluminium																
Garantie du produit	5 ans																
Garantie sur les performances électriques	10 ans 90 % + 25 ans 80 % de production de puissance																
Unité d'emballage la plus petite	1 panneau																
Quantité par palette	360	260	200	140	72	72	48	42	42	42	42	42	37	37			

*Nouvelles dimensions : remplacera le modèle 4a

1) STC (Conditions de test standard) : 1000 W/m², 25°C, AM (Air Mass - Masse d'air) 1,5

Annexe 13 : Carnet des nœuds du SAEP de Sapaga

N° nœuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N3		1	Té fonte à 3 Brides DN 160	01
		2	Cone fonte 2B DN 160/125	01
		3	Cone fonte 2B DN 160/90	01
		4	Robinet Vanne DN125	01
		5	Robinet Vanne DN90	01
		6	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 160	01
		7	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 125	01
		8	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 90	01
		9	Butée	01
N° nœuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N4		1	Té fonte à 3 Brides DN 125	01
		2	Cone fonte 2B DN 125/110	02
		3	Robinet Vanne DN110	02
		4	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 125	01
		5	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 110	02
		6	Butée	01
N° nœuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N5		1	Té fonte à 3 Brides DN 110	01
		2	Cone fonte 2B DN 110/90	01
		3	Cone fonte 2B DN 110/63	01
		4	Robinet Vanne DN110	01
		5	Robinet Vanne DN63	01
		6	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 110	01
		7	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 90	01
		8	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 63	01
		9	Butée	01
N° nœuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N6		1	Té fonte à 3 Brides DN 90/63	01
		2	Cone fonte 2B DN 90/63	01
		3	Robinet Vanne DN63	02
		4	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 90	01
		5	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 63	02
		6	Butée	01

	CARNET DE NOEUDS		
	Juin 2024	BATIONO Clovis	


N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N7 N36		1	Coude PEHD 2E DN63 1/4	01
		2	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 63	02
		3	Butée	01

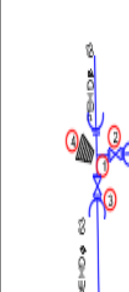
N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N8		1	Té fonte à 3 Brides DN90	01
		2	Té fonte à 3 Brides DN63	01
		3	Cone fonte 2E DN 90/63	01
		4	Robinet Vanne DN63	02
		5	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 90	01
		6	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 90	03
		7	Butée	02


N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N9		1	Coude PEHD 2E DN63 1/4	01
		2	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 63	02
		3	Butée	01

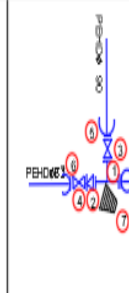
N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N10 N13 N15		1	Té fonte à 3 Brides DN60	01
		2	Robinet Vanne DN63	01
		3	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 63	03
		4	Butée	01

	CARNET DE NOEUDS		
	Juin 2024	BATIONO Clovis	

N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N11 N12 N16 N17 N18 N24 N33 N35		1	Té fonte à 3 Brides DN63	01
		2	Robinet Vanne DN63	02
		3	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 63	03
		4	Butée	01

N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N13		1	Té fonte à 3 Brides DN63	01
		2	Robinet Vanne DN63	02
		3	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 63	03
		4	Butée	01

N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N14		1	Coude PEHD 2E DN63 1/4	01
		2	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 63	02
		3	Butée	01

N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N19		1	Té fonte à 3 Brides DN90	01
		2	Cone fonte 2B DN90/63	01
		3	Robinet Vanne DN90	01
		4	Robinet Vanne DN63	01
		5	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 90	02
		6	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 63	01
		7	Butée	01

	CARNET DE NOEUDS		
	Juin 2024	BATIONO Clovis	

N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N20		1	Té fonte à 3 Brâces DN110	01
		2	Cone fonte 2B DN110/90	01
		3	Cone fonte 2B DN110/63	01
		4	Robinet Vanne	03
		5	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 110	01
		6	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 90	01
		7	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 63	01
		8	Butée	01

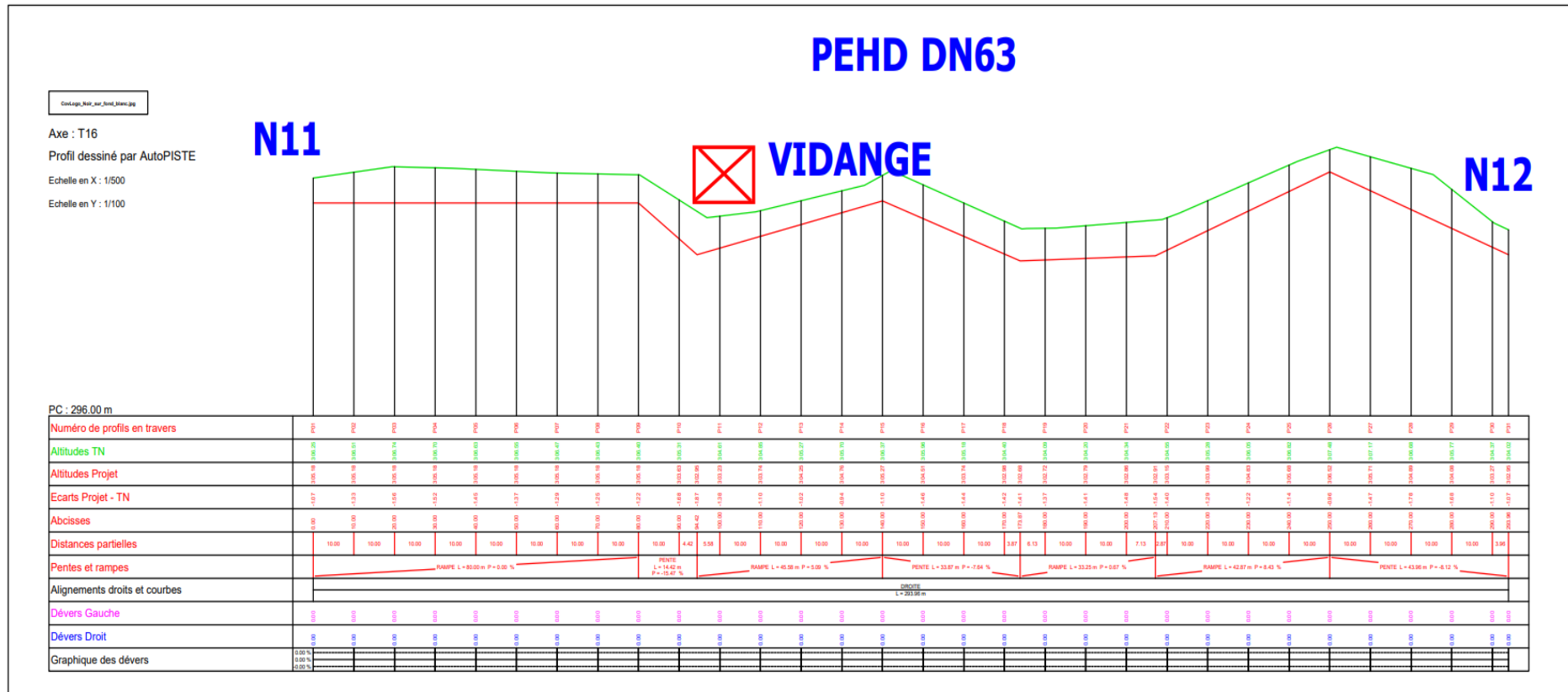
N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N21 N22 N28 N29		1	Té fonte à 3 Brâces DN63	01
		2	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 63	03
		3	Butée	01

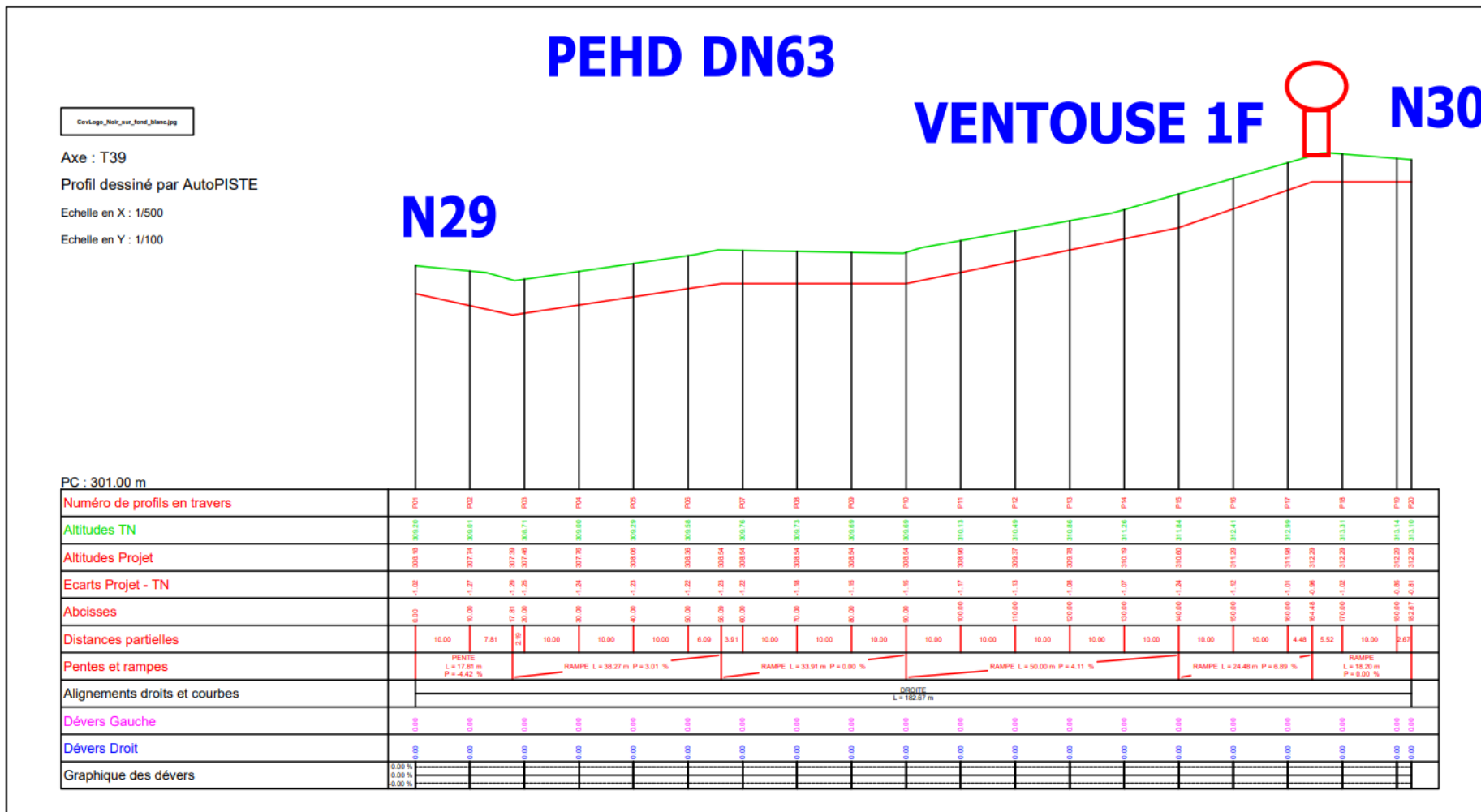
N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N27		1	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 63	03
		2	Té fonte à 3 Brâces DN60	01
		3	Butée	01
		4	Ventouse 3F DN60	
			Boulons acier 20/20	16

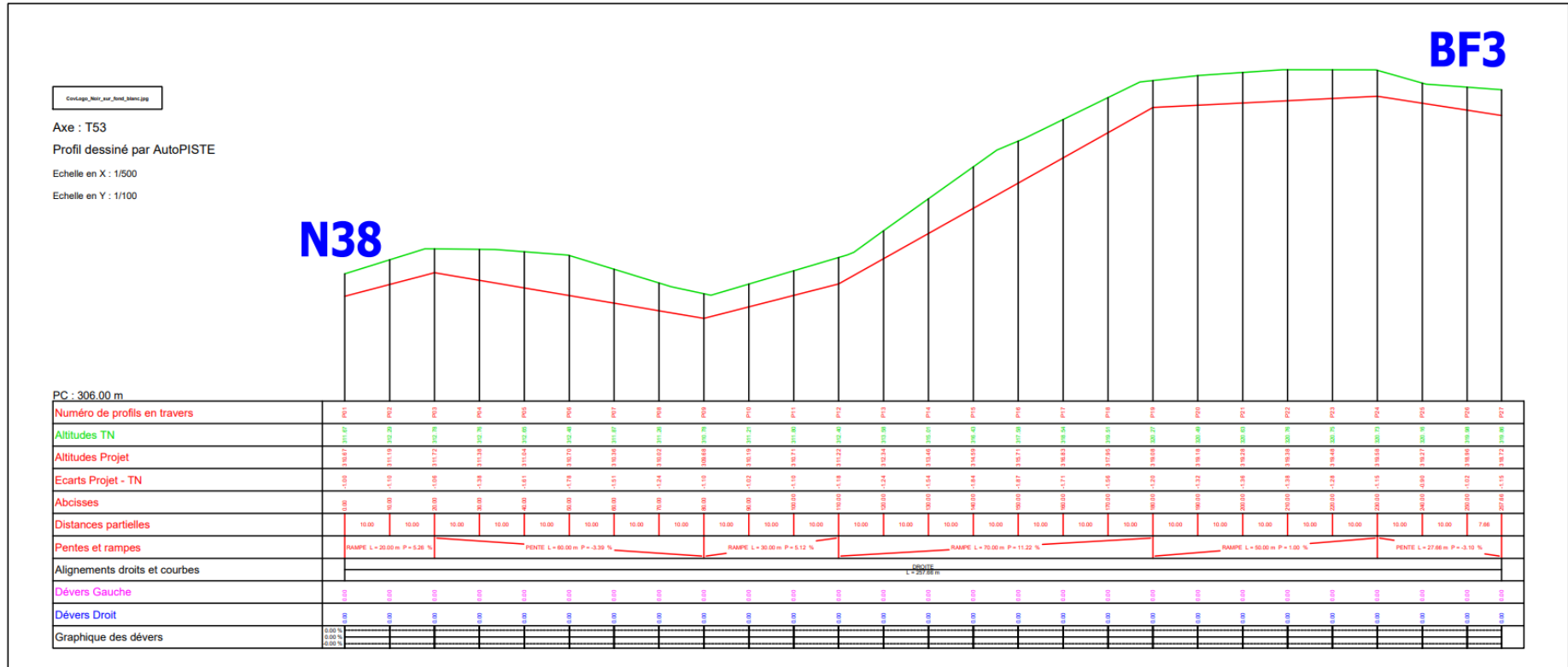
N° noeuds	SCHEMA	N°	NOMENCLATURE DES PIECES	Nombre
N32		1	Té fonte à 3 Brâces DN60	01
		2	Adaptateur à bride 1/PEHD DN 63	03
		3	Ventouse 3F DN60	01
		4	Butée	01

	CARNET DE NOEUDS		
	Juin 2024	BATIONO Clovis	

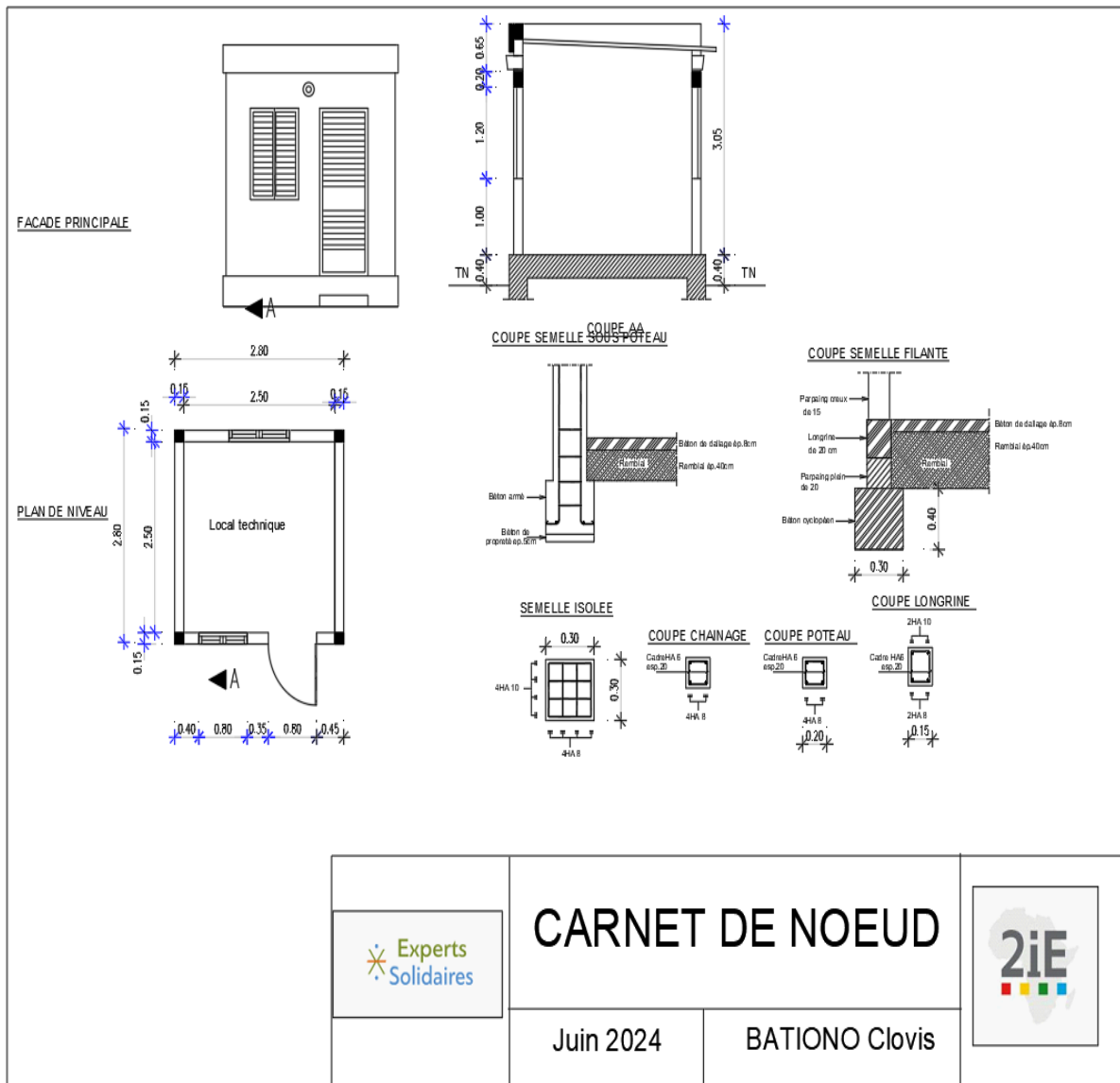
Annexe 14 : Quelques profils en long



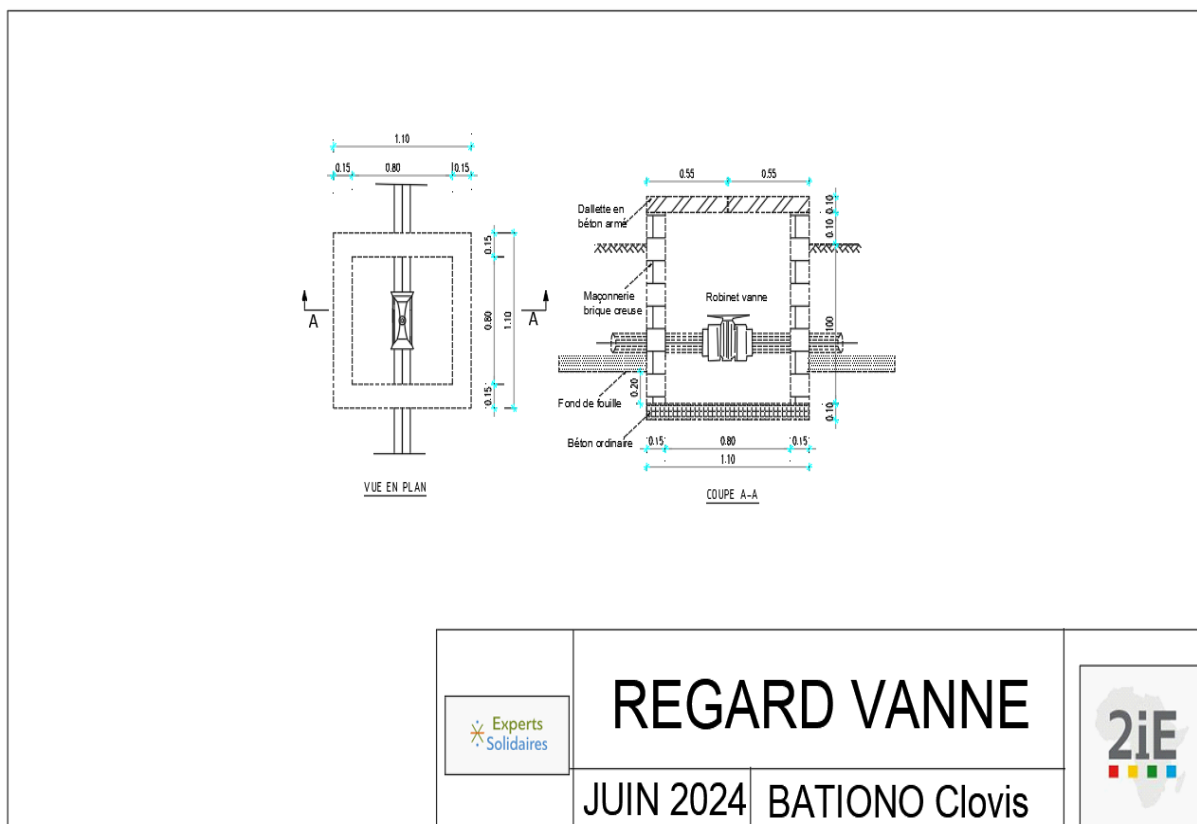




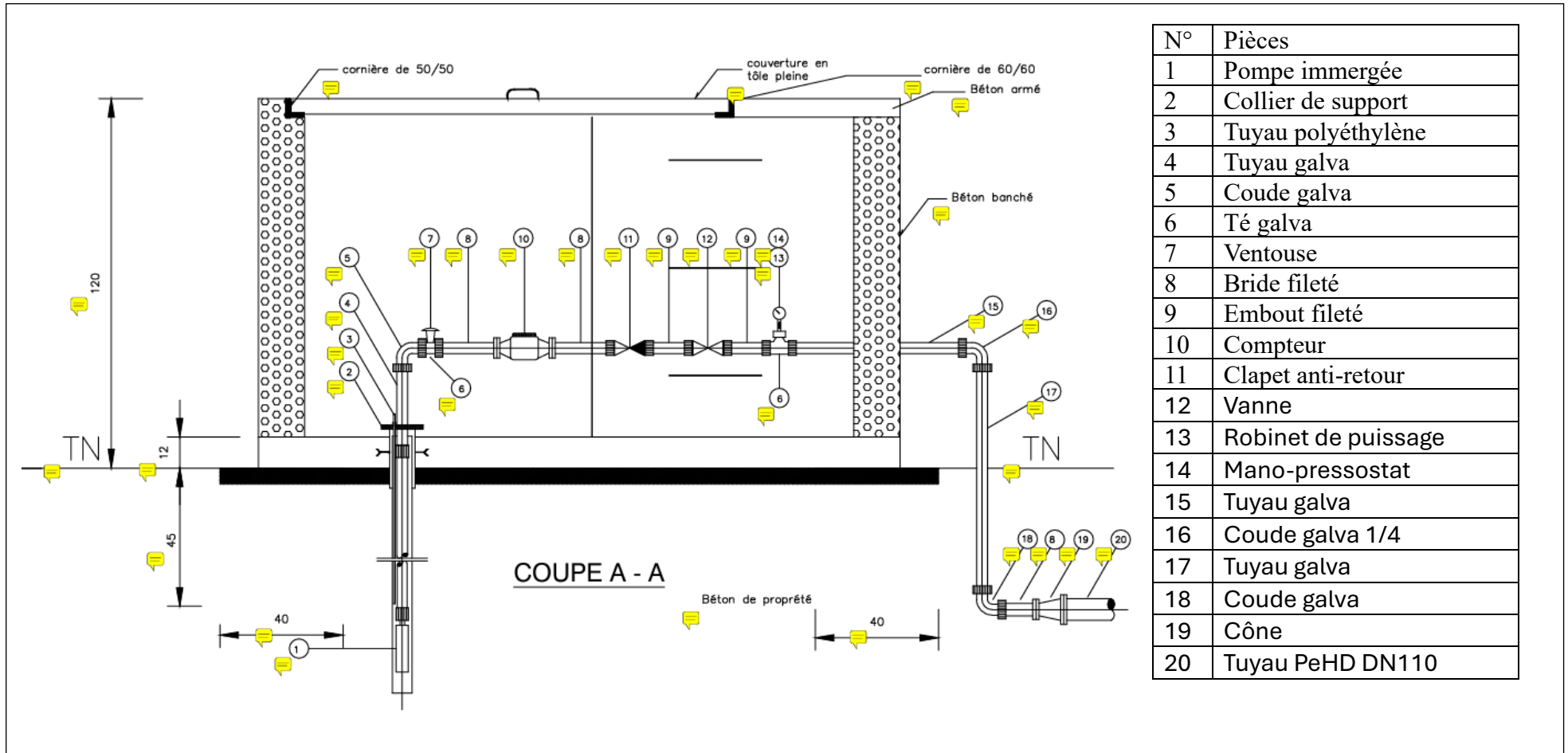
Annexe 15 : Plan du local technique



Annexe 16 : Plan regard



Annexe 17 : Tête de forage



Annexe 18 : Estimation financière

N°	Intitulé	Pièce	Quantité	Tarif unitaire	Tarif total
I	MISE EN PLACE RETRAIT ET ETUDE D'EXECUTION				
I.1	Mise en place et retrait de chantier	ff	1	2 000 000	2 000 000
I.2	Etude et dossier d'exécution	ff	1	1 000 000	1 000 000
I.3	Dossier de recollement des travaux	ff	1	500 000	500 000
I.4	Essai de fonctionnement général	ff	1	500 000	500 000
I.5	Mesures environnementales et sociales	ff	1	10 000 000	10 000 000
	SOUS TOTAL I				14 000 000
II	OUVRAGE DE CAPTAGE ET RACCORDEMENT				
II.1	EXHAURE				
II.1.1	Exécution et équipement du forage à grand diamètre de débit minimum 5m ³ /h	u	1	3 000 000	3 000 000
II.1.2	Développement, essai de pompage, analyses chimiques et bactériologiques	u	1	800 000	800 000
II.1.3	Acheminement et installation d'une électropompe immergée pour forage d'un débit de 13 m ³ /h à 70 m de HMT	u	1	3 000 000	3 000 000
II.1.4	Acheminement, installation et connexion d'une conduite ascendante extensible Boreline (y compris attaches)				
II.1.4.1	Acheminement, installation et connexion d'une conduite ascendante extensible Boreline DN 50 (y compris attaches)	ml	70	14 500	1 015 000
II.1.4.2	Acheminement, installation et connexion d'une conduite ascendante extensible Boreline DN 76 (y compris attaches)	ml	70	27 000	1 890 000
II.1.5	Acheminement et installation de joint boreline inox				
II.1.5.1	Acheminement et installation de joint boreline inox DN 50	u	1	143 000	143 000
II.1.5.1	Acheminement et installation de joint boreline inox DN 76	u	1	145 000	145 000
II.1.6	Fourniture et équipement complet d'une tête de forage (Té, ventouse, compteur, manomètre, vanne, robinet, clapet anti-retour...)	u	2	450 000	900 000
II.1.7	Fourniture et installation d'un coffret de tête de forage	u	2	50 000	100 000

II.1.8	Acheminement et installation de conduite PeHD DE 32 pour piézomètre	ml	100	4 500	450 000
II.1.9	Acheminement et installation de fil de sécurité en acier galvanisé de 6 mm ²	ml	100	5 000	500 000
II.1.10	Acheminement et installation d'un coffre électrique de commande et de protection à 3 départs	u	2	1 800 000	3 600 000
II.1.11	Acheminement et installation de câble				
II.1.11.1	Acheminement et installation de câble U 1000 R 02 V 4 x 16 mm ² Cu	ml	100	6 000	600 000
II.1.11.2	Acheminement et installation de câble U 1000 R 02 V 4 x 10 mm ² Cu	ml	100	5 000	500 000
II.1.11.3	Acheminement et installation de câble U 1000 R 02 V 4 x 4 mm ² Cu	ml	100	3 500	350 000
II.1.11.4	Acheminement et installation de fil électrique submersible 1 x 1,5 mm ² pour électrodes	ml	180	2 500	450 000
II.1.11.5	Acheminement et installation de câble 2 x 2, 5 mm ² pour pressostat	ml	35	3 000	105 000
II.1.11.6	Acheminement et installation d'une boîte de jonction étanche	u	2	50 000	100 000
II.1.12	Acheminement et installation d'un système complet de télégestion pour forage	ens	2	10 000 000	20 000 000
	SOUS TOTAL II.1				37 648 000
II.2	RESEAUX DE REFOULEMENT				
II.2.1	Débroussaillage, désossage et abattage d'arbres	ff	1	250 000	250 000
II.2.2	Excavation et remblayage pour tout type de terrain pour conduites de diamètre inférieur ou égal à 110 mm	ml	731	1 800	1 315 800
II.2.4	Acheminement et installation de conduites PEHD, DN 110 PN 16	ml	731	10 000	7 310 000
II.2.5	Grillage avertisseur bleu	ml	731	400	292 400
II.2.6	Essai de pression, lavage, désinfection et rinçage des canalisations	ml	731	200	146 200
II.2.7	Acheminement d'appareillage de robinetterie et de pièces particulières				
II.2.7.1	Acheminement et installation de Clapet anti-retour 2B DN100	u	1	165 000	165 000
II.2.7.2	Acheminement et installation de vanne plate DN100	u	1	90 000	90 000
II.2.7.3	Acheminement et installation d'adaptateur à brides fonte PehD à bague DN 110 PN 16	u	1	32 500	32 500
II.2.7.4	Acheminement et installation de cône fonte 2B DN100/60	u	1	63 000	63 000
II.2.7.5	Acheminement et installation de coude fonte 2B 1/4 ou 1/8 ou 1/16 DN100	u	2	100 000	200 000
II.2.7.6	Acheminement et installation de coude fonte 2B 1/4 ou 1/8 ou 1/16 DN60	u	2	70 000	140 000
II.2.7.7	Acheminement et installation de ventouse triple fonction DN100 PN 16	u	1	150 000	150 000

II.2.7.8	Acheminement et installation d'un dispositif de vidange sur conduite DN110	u	1	200 000	200 000
II.2.8	Réalisation de massif de butée en béton à dosage de 350 kg/m ³	ens	1	150 000	150 000
II.2.9	Construction de regards pour ventouse, vanne, vidange et by pass	u	4	400 000	1 600 000
II.2.10	Protection des conduites de refoulement (fourreaux + gabions)	ml	731	10 000	7 310 000
	SOUS TOTAL II.2				19 414 900
	SOUS TOTAL II				57 062 900
III	DISTRIBUTION				
III.1	Excavation et remblayage de tout type de terrain pour tuyau jusqu'au DN110 inclus	ml	17431	1 800	31 375 800
III.2	Excavation et remblayage de tout type de terrain pour tuyau DN supérieur à 110 mm	ml	1342	2 500	3 355 000
III.3	Fonçage sous voie bitumée et pose de fourreau DN63 à 110	ml	16	72 000	1 152 000
III.4	Acheminement et installation de conduites PEHD				
III.4.1	Acheminement et installation de conduites PEHD, DN160 PN10	ml	1181	11 000	12 991 000
III.4.2	Acheminement et installation de conduites PEHD, DN125 PN10	ml	161	9 000	1 449 000
III.4.3	Acheminement et installation de conduites PEHD, DN110 PN10	ml	608	8 000	4 864 000
III.4.4	Acheminement et installation de conduites PEHD, DN90 PN10	ml	1724	7 000	12 068 000
III.4.5	Acheminement et installation de conduites PEHD, DN63 PN10	ml	15100	5 000	75 500 000
III.5	Grillage avertisseur bleu	ml	18772	400	7 508 800
III.6	Test de pression, nettoyage, désinfection et rinçage des conduites	ml	18772	200	3 754 400
III.7	Installation d'appareillages de robinetterie et de pièces particulières				
III.7.1	Acheminement et installation de té fonte 3 brides				
III.7.1.1	Acheminement et installation de té fonte 3 brides DN150	u	1	120 000	120 000
III.7.1.2	Acheminement et installation de té fonte 3 brides DN100	u	3	100 000	300 000
III.7.1.3	Acheminement et installation de té fonte 3 brides DN80	u	1	95 000	95 000
III.7.1.4	Acheminement et installation de té fonte 3 brides DN60	u	23	69 094	1 589 162
III.7.2	Acheminement et installation d'adaptateur F/PEHD				
III.7.2.1	Acheminement et installation d'adaptateur F/PEHD DN160	u	4	24 400	97 600
III.7.2.2	Acheminement et installation d'adaptateur F/PEHD DN125	u	2	20 000	40 000

III.7.2.3	Acheminement et installation d'adaptateur F/PEHD DN110	u	4	14 850	59 400
III.7.2.4	Acheminement et installation d'adaptateur F/PEHD DN90	u	8	11 500	92 000
III.7.2.5	Acheminement et installation d'adaptateur F/PEHD DN63	u	71	9 750	692 250
III.7.2	Acheminement et installation de cône fonte 2B				
III.7.2.1	Acheminement et installation de cône fonte 2B DN150/100	u	1	63 300	63 300
III.7.2.2	Acheminement et installation de cône fonte 2B DN150/80	u	1	50 000	50 000
III.7.2.3	Acheminement et installation de cône fonte 2B DN100/80	u	2	36 000	36 000
III.7.2.4	Acheminement et installation de cône fonte 2B DN100/60	u	2	27 800	27 800
III.7.2.5	Acheminement et installation de cône fonte 2B DN80/60	u	4	25 000	100 000
III.7.2	Acheminement et installation de coude fonte 2B 1/4 ou 1/8 ou 1/16				
III.7.2.1	Acheminement et installation de coude fonte 2B 1/4 ou 1/8 ou 1/16 DN160	u	1	180 000	180 000
III.7.2.2	Acheminement et installation de coude fonte 2B 1/4 ou 1/8 ou 1/16 DN60	u	5	80 000	400 000
III.7.3	Acheminement et installation de vanne ES				
III.7.3.1	Acheminement et installation de vanne ES DN150 PN16	u	1	169 000	169 000
III.7.3.2	Acheminement et installation de vanne ES DN100 PN16	u	1	109 000	109 000
III.7.3.3	Acheminement et installation de vanne ES DN80 PN16	u	3	95 000	285 000
III.7.3.4	Acheminement et installation de vanne ES DN60 PN16	u	9	85 000	765 000
III.7.3	Acheminement et installation de ventouse				
III.7.3.1	Acheminement et installation de ventouse triple fonctions DN60 P16	u	3	85 400	256 200
III.7.3.2	Acheminement et installation de ventouse simple effet DN60 P16	u	2	80 000	160 000
III.7.4	Acheminement et installation d'un dispositif de vidange sur conduite DN63	u	3	100 000	300 000
III.7.5	Acheminement et installation de bouchon DN63	u	2	5 000	10 000
III.7.6	Acheminement et installation de bouche à clé bétonné	u	7	17 000	119 000
III.7.7	Réalisation de massif de butées en béton à dosage à 350 kg/m ³	ens	1	150 000	150 000
III.7.8	Réalisation de regard				
III.7.8.1	Regard de type 1 [1,5*1,5] en accord avec les plans et cadre quantitatif	u	7	418 000	2 926 000
III.7.8.2	Regard de type 3 [2,3*2,3] en accord avec les plans et cadre quantitatif	u	1	742 500	742 500

III.7.9	Branchement privé				
III.7.9.1	Installation de Kits complets de branchements	u	150	150 000	22 500 000
III.7.9.2	Installation de conduite PEHD, DN32	ml	1000	1 000	1 000 000
III.7.9.3	Réalisation de branchements	u	150	40 000	6 000 000
III.7.10	Pompe doseuse 14l/h	u	2	593 000	1 186 000
III.7.11	Acheminement et installation d'un bac de capacité 150 l avec accessoires d'injection sur conduite de refoulement	u	1	175 000	175 000
	SOUS TOTAL III				194 813 212
IV	STOCKAGE				
IV.1	Préparation de terrain, acheminement et installation de clôture grillagée	ens	1	1 000 000	1 000 000
IV.2	Analyse géotechnique des bases du château	ens	1	800 000	800 000
IV.3	Acheminement et installation de Château d'eau métallique (100m ³ , hauteur sous radier 15m) avec tous les appareillages compris (robinetterie intérieur, robinet flotteur, clapet anti-retour, échelle de lecture, compteur, vanne, crépine)	ens	1	45 000 000	45 000 000
	SOUS TOTAL IV				46 800 000
V	GENIE CIVIL				
V.1	Construction de regard de tête de forage conformément aux plans et descriptif technique	u	1	1 500 000	1 500 000
V.2	Construction de local pour armoire électrique conformément aux plans et descriptif technique	u	1	1 500 000	1 500 000
V.3	Construction de borne fontaine conformément au descriptif et devis quantitatif	u	3	850 000	2 550 000
V.4	Construction de local pour groupe électrogène conformément aux plans et descriptif technique	u	1	2 000 000	2 000 000
V.5	Construction de clôture de forage conformément aux plans et descriptif technique	u	1	1 000 000	1 000 000
	SOUS TOTAL V				8 550 000
VI	ALIMENTATION ENERGETIQUE				
VI.1	ENERGIE SOLAIRE				
VI.1.1	Acheminement et installation de module solaire photo voltaïque 360w -12v y compris toutes sujétions de pose	u	25	300 000	7 500 000
VI.1.2	Structure support triangulé en aluminium incliné à 15°	u	25	75 000	1 875 000

VI.1.3	Acheminement installation, connexion et essai d'un onduleur DC-BC SUNNU TRIPOWER	u	1	450 000	450 000
VI.1.4	Acheminement, installation et connexion de câble H07RN-F 3X10mm ² pour la connexion des panneaux modules et l'onduleur	ml	75	3 500	262 500
VI.1.5	Acheminement, installation et connexion de câble H07RN-F 3X10mm ² pour le raccordement des panneaux solaires	ml	100	3 000	300 000
VI.1.6	Acheminement, installation et connexion de parafoudre DC 800V, y compris toute sujétion	u	1	250 000	250 000
VI.1.7	Acheminement, installation et connexion d'un court-circuit CA pour la partie alternatif, y compris toute sujétion	u	1	35 000	35 000
VI.1.8	Acheminement, installation et connexion d'un court-circuit CC pour la partie continu, y compris toute sujétion	u	1	35 000	35 000
VI.1.9	Acheminement, installation et connexion d'une précaution contre les surcharges côté continu (disjoncteur DC), y compris toute sujétion	u	1	50 000	50 000
	SOUS TOTAL VI.1				10 757 500
VI.2	ENERGIE THERMIQUE				
VI.2.1	Acheminement et installation d'un groupe électrogène diesel insonorisé 15 kVA	u	1	5 500 000	5 500 000
VI.2.2	Acheminement et installation d'un bac en métal pour gasoil de 250 litres de volume toute sujétions comprises	u	1	650 000	650 000
VI.2.3	Acheminement, installation et connexion d'un fil électrique U1000 R02V de 3x6mm ² sur chemin de câble pour l'alimentation de l'armoire électrique à partir du groupe électrogène, y compris toute sujétion	ml	75	8 000	600 000
VI.2.4	Acheminement, installation et connexion d'un fil électrique U1000 R02V de 3x6mm ² enterré pour l'alimentation de la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage à partir de l'armoire électrique, y compris toute sujétion	ml	75	11 000	825 000
VI.2.5	Acheminement, installation et connexion d'un fil électrique à plonger permanente de 3x2, 5 mm ² pour l'alimentation de l'électropompe à partir de la boîte de raccordement dans l'abri tête de forage, y compris toutes sujétions	ml	75	8 000	600 000

VI.2.6	Acheminement, installation et connexion d'un fil électrique U1000 R02V de 3x1,5 mm ² pour l'avertissement surpression de l'électropompe du pressostat à la boîte de forage, y compris toutes sujétions	ml	75	6 000	450 000
VI.2.7	Acheminement, installation et connexion d'un boîtier étanche équipé de bornes de jonction pour le raccordement des câbles dans l'abri de la tête de forage câble de 3x2 mm ² , y compris toutes sujétions	u	1	50 000	50 000
VI.2.8	Acheminement, installation et connexion d'un pressostat double seuil pour l'avertissement de la surpression, y compris toutes sujétions	u	1	400 000	400 000
	SOUS TOTAL VI.2				9 075 000
	SOUS TOTAL VI				19 832 500
VII	ESSAIS				
	Essai d'étanchéité du château	ens	1	100 000	100 000
	Rinçage et désinfection du réseau	ml	18772	500	9 386 000
	SOUS TOTAL VII				9 486 000
	TOTAL GENERAL HT				350 544 612
	TVA (18%)				63 098 030
	TOTAL GENERAL TTC				413 642 642

Annexe 19 : Amortissements des équipements

Identification	Coût investissement	Durée de vie théorique (ans)	Amortissement/an
Conduite en PEHD et accessoires	194 813 212	50	3 896 264
Pompe immergée et accessoires	3 000 000	15	200 000
Plaques solaires	10 757 500	25	430 300
Groupe électrogène	9 075 000	10	907 500
Château d'eau métallique	46 800 000	50	936 000
Local et installations annexes	6 000 000	15	400 000
Bornes fontaines	2 550 000	15	170 000
			6 940 064

Annexe 20 : Evaluation des charges

Année	Charges d'entretien	Charges réactifs	Charges du personnel	Charges énergétiques	Dotations aux amortissements	Total
2 025	1 378 808	228 258	20 400 000	1 160 796	6 940 064	30 107 926
2026	1 378 808	239 670	20 400 000	1 300 092	6 940 064	30 258 634
2027	1 378 808	251 654	20 400 000	1 456 103	6 940 064	30 426 629
2 028	1 378 808	264 236	20 400 000	1 630 835	6 940 064	30 613 943
2029	1 378 808	277 448	20 400 000	1 826 535	6 940 064	30 822 855
2030	1 378 808	291 320	20 400 000	2 045 719	6 940 064	31 055 911
2 031	1 378 808	305 886	20 400 000	2 291 205	6 940 064	31 315 963
2032	1 378 808	321 180	20 400 000	2 566 150	6 940 064	31 606 202
2033	1 378 808	337 239	20 400 000	2 874 088	6 940 064	31 930 199
2 034	1 378 808	354 101	20 400 000	3 218 979	6 940 064	32 291 952
2035	1 378 808	371 806	20 400 000	3 605 256	6 940 064	32 695 934
2036	1 378 808	390 396	20 400 000	4 037 887	6 940 064	33 147 155
2 037	1 378 808	409 915	20 400 000	4 522 433	6 940 064	33 651 220
2038	1 378 808	430 411	20 400 000	5 065 125	6 940 064	34 214 408
2039	1 378 808	451 932	20 400 000	5 672 940	6 940 064	34 843 744
2 040	1 378 808	474 528	20 400 000	6 353 693	6 940 064	35 547 093