



**Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'hôpital  
général de MUSIENENE, dans le Territoire de LUBERO, en  
Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE  
DU CONGO**

**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 25 Juillet 2022 par :

**Ulric METRE LUKONGE (20180786)**

**Directeur de mémoire 2iE :** Dr Roland YONABA, Enseignant-Chercheur, Maître-assistant (CAMES), 2iE

**Maître de stage :** Mr Jackson MUHINDO, Ingénieur de conception en Génie Rural et Bâtiments et Travaux Publics (BTP)

**Structure d'accueil du stagiaire :** Access Business Connect Group (ABC Group)

**Jury d'évaluation du mémoire :**

**Président: Dr Amadou KEITA**

**Membres et correcteurs : Dr Moussa Diagne FAYE**

**M. Emmanuel NGARDOUMI**

**Promotion [2020/2021]**

## Dédicace

*À mon cher père ;*

*À ma chère mère ;*

*À mes frères ;*

*À ma sœur ;*

*À mes grands-parents ;*

*À mes cousins et cousines ;*

*À mes oncles et tantes ;*

*À tous ceux qui me sont chers ;*

*Je dédie ce travail.*



## **Remerciements**

Ce travail n'aurait jamais vu le jour sans le soutien et la participation de toutes les personnes qui m'ont assisté dans sa réalisation. Puissent-elles trouver ici l'expression de mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance. Il s'agit de :

L'Institut International d'ingénierie de l'Eau et de l'Environnement et l'ensemble du corps professoral et administratif de 2iE qui ont contribué à notre formation ;

Dr Roland YONABA, mon directeur de mémoire qui a suivi avec intérêt ce travail malgré ses multiples occupations. Ses conseils, encouragements, et critiques nous ont guidé dans la rédaction du mémoire ;

Mr Dieudonné MAGA à l'UNICEF et Dr Robert, Ir Loutre, Ir Patricia, Ir Jamari, tous de l'OXFAM dans le grand nord de la RDC. Je dis merci pour l'opportunité de stage et vos lignes directrices à mon égard ;

Mr Jackson MUHINDO, Ingénieur de conception en Génie Rural et Bâtiments et Travaux Publics (BTP), Directeur de l'Access Business Connect Group (ABC Group), qui a accepté nous accueillir au sein de sa structure ;

À tous les travailleurs du bureau (ABC Group) pour les enseignements, conseils, soutiens et encouragements qui nous ont facilité l'apprentissage et l'insertion dans ce milieu.

Mes parents, mes frères et sœurs leurs encouragements et conseils perpétuels.

À tous mes camarades promotionnels pour l'amour et la collaboration maintenus.

À l'endroit de tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



## **Résumé**

La République Démocratique du Congo est un pays de l'Afrique centrale, qui est souvent confronté à plusieurs problèmes parmi lesquels l'accès à l'eau potable malgré ses plusieurs ressources en eau. C'est dans ce cadre que l'Hôpital Général de MUSIENENE fait appel à l'OXFAM, une organisation internationale qui œuvre dans le domaine de l'eau et de l'assainissement. C'est ainsi que l'Oxfam va financer le projet et l'entreprise sélectionnée ACCESS BUSINESS CONNECT Group « ABC GROUP » va étudier et exécuter les travaux afin de participer à l'amélioration des conditions de desserte en Eau potable. Compte tenu du contexte du projet, l'eau sera desservie à l'Hôpital Général de MUSIENENE principalement, bureaux administratifs proches de l'hôpital et la population environnante à travers 2 bornes fontaines. Les ressources en eau actuelles assurent une desserte de 95%. Les bénéficiaires à l'horizon 2041 sont estimés à 2319 habitants. Le besoin en eau journalier du jour de pointe est évalué à 57,25m<sup>3</sup>/j, un débit horaire de 2,64 l/s devrait satisfaire les besoins des bénéficiaires. D'un côté un réseau d'adduction gravitaire avec 9 points de sources aménagées et ces eaux seront stockées dans un réservoir de 40m<sup>3</sup>, d'un autre côté le réseau d'adduction gravitaire avec 2 points de sources aménagées, ses eaux seront stockées dans un réservoir de 20 m<sup>3</sup> avant d'être refoulées dans le réservoir de 40 m<sup>3</sup>. Le système de pompage photovoltaïque sera adopté avec une pompe hybride GRUNDFOS SQ3-40, refoulant un débit de 3m<sup>3</sup>/h pour un temps de pompage de 7h par jour. L'énergie électrique de la SNEL sera envisagée dans le futur pour augmenter le temps de pompage. Le réservoir de 40m<sup>3</sup> va donc recevoir les eaux provenant de ces deux réseaux d'adduction et assurera la distribution. Les conduites au captage des sources seront en PVC PN10 et celles d'adduction seront en MDPE PN10 avec un linéaire de 3828,43m. Le réseau de distribution est de type ramifié avec 5 branchements particuliers et 2 bornes fontaines, avec un linéaire de 1216,79m en PVC PN10. L'eau ne sera pas vendue pour ce projet. Le cout global du projet s'élève à 70 986 \$ soit 39 752 042 francs CFA TTC.

### Mot clés :

1. OXFAM
2. Hôpital Général de MUSIENENE
3. Sources aménagées
4. Système de pompage photovoltaïque
5. Type ramifié

## **Abstract**

The Democratic Republic of Congo is a country in Central Africa, which often faces several problems including access to drinking water despite its several water resources. It is in this context that the MUSIENENE General Hospital calls on OXFAM, an international organization that works in the field of water and sanitation. This is how Oxfam will finance the project and the selected company ACCESS BUSINESS CONNECT Group "ABC GROUP" will study and execute the work in order to participate in the improvement of drinking water supply conditions. Given the context of the project, the water will be served at the General Hospital of MUSIENENE mainly; administrative offices close to the hospital and the surrounding population through 2 standpipes. Current water resources provide 95% coverage. The beneficiaries by 2041 are estimated at 2319 inhabitants. The daily water requirements of the peak day are estimated at 57,25m<sup>3</sup>/d, an hourly flow of 2, 64 l/s should satisfy the needs of the beneficiaries. On one side a gravity supply network with 9 points of developed springs and these waters will be stored in a reservoir of 40m<sup>3</sup>, on the other side the gravity supply network with 2 points of developed sources. The water from the latter will be stored in a 20 m<sup>3</sup> tank before being discharged back into the 40 m<sup>3</sup> tank. The photovoltaic pumping system will be adopted with a GRUNDFOS SQ3-40 hybrid pump, reflecting a flow rate of 3m<sup>3</sup>/h for a pumping time of 7 hours per day. The electrical energy of the SNEL will be considered in the future to increase the pumping time. The 40m<sup>3</sup> tank will therefore receive water from these two supply networks and will ensure distribution. The pipes at the source capture will be made of PVC PN10 and those of supply will be in MDPE PN10 with a linear of 3828.43m. The distribution is of branched type with 5 particular connections and 2 standpipes, with a linear of 1216.79m in PVC PN10. The water will not be sold for this project. The overall cost of the project is \$70 986 or 39 752 042 CFA francs including VAT.

### Keywords:

1. OXFAM
2. MUSIENENE General Hospital
3. Developed Sources
4. Photovoltaic pumping system
5. Branched type



## **Liste des abréviations**

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

ABC Group: Access Business Connect Group

AEP : Approvisionnement en Eau Potable

BAD : Banque Africaine de Développement

BF : Bornes fontaines

BP : Branchements Particuliers

DN : Diamètre Nominal

DT-AHR : Dossier Technique – Agence d'Hydraulique Rurale

EIER : Ecole Inter-état d'Equipement Rural

GPS : Global Positioning System

HMT : Hauteur Manométrique Totale

MDPE : Polyéthylène Moyenne Densité

MVE : maladie à virus EBOLA

OCC : Office Congolais de Contrôle

OMS : Organisation Mondiale de la Santé ;

ONG : Organisation Non Gouvernemental

PEHD : Polyéthylène Haute Densité

PMH : Pompe à Motricité Humaine

PN : Pression Nominale

PVC : Polychlorure de vinyle

REGIDESO : Régie de production et de distribution d'Eau au CONGO

SARL : Société à Responsabilité Limitée

SNEL : Société Nationale d'Electricité au CONGO

TDR : Termes De Références

TN : Terrain Naturel



**Sommaire**

<b>Dédicace</b> .....	<b>i</b>
<b>Remerciements</b> .....	<b>ii</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>iii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>iv</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>v</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>vii</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>viii</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>I. Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude</b> .....	<b>2</b>
I.1. Présentation de la structure d'accueil.....	2
I.2. Présentation de la zone d'étude .....	3
<b>II. Présentation du projet</b> .....	<b>8</b>
II.1. Contexte et problématique .....	8
II.2. Objectifs d'étude .....	8
<b>III. Méthodologie de travail</b> .....	<b>10</b>
III.1. La collecte et l'analyse documentaire .....	10
III.2. Sorties et travaux de terrains .....	10
III.3. Etat des lieux du système d'AEP de l'Hôpital Général de Musienene .....	11
III.4. Levés topographiques .....	12
III.5. Matériels utilisés .....	12
III.6. Evaluation des besoins en eau .....	13
<b>IV. Etude technique</b> .....	<b>28</b>
IV.1. Evaluation des besoins en eau .....	28
IV.2. Dimensionnement du réseau d'adduction .....	37
IV.3. Station de pompage .....	45
IV.4. Dimensionnement du réseau de distribution .....	49
IV.5. Simulation du réseau de distribution sur EPANET .....	52
IV.6. Géométrie des tranches des conduites.....	55
IV.7. Mode de gestion du réseau .....	58
<b>V. Etude du coût global du projet</b> .....	<b>59</b>
<b>VI. Etude d'impact environnemental et social</b> .....	<b>60</b>
VI.1. Proposition d'une notice d'impact environnemental et social.....	60
VI.2. Proposition des mesures d'atténuation.....	61
<b>Conclusion et recommandations</b> .....	<b>62</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>63</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>lxiv</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1: Matériels utilisés .....	12
Tableau 2: Valeurs indicatives du coefficient de pointe horaire .....	15
Tableau 3: Caractéristiques des pertes de charges linéaires .....	20
Tableau 4: Caractéristiques des pertes de charges singulières .....	20
Tableau 5: Formules empiriques pour la détermination des diamètres .....	22
Tableau 6: Estimation des bénéficiaires à l'horizon du projet .....	28
Tableau 7: Résultats de l'évaluation des besoins en eau des populations .....	29
Tableau 8: Calcul du débit de pointe horaire .....	30
Tableau 9: Calcul de la capacité du réservoir de 20m <sup>3</sup> (source : dossier technique de la REGIDESO) .....	31
Tableau 10: Calcul de la capacité du réservoir de 40m <sup>3</sup> .....	33
Tableau 11: Dimensions des réservoirs .....	35
Tableau 12: Normes sur la qualité d'une eau potable selon l'OMS .....	36
Tableau 13: Dimensionnement du réseau d'adduction BUSIGHA-R40m <sup>3</sup> .....	37
Tableau 14: Dimensionnement du réseau d'adduction KIMBERENE -20m <sup>3</sup> .....	41
Tableau 15: Dimensionnement de la conduite de refoulement du réservoir de 20m <sup>3</sup> - réservoir 40m <sup>3</sup> .....	42
Tableau 16: Calcul de la pression .....	44
Tableau 17: Détermination de la puissance électrique .....	46
Tableau 18: Caractéristiques de la pompe SQ 3-40 selon Grundfos .....	47
Tableau 19: Dimensionnement du réseau de distribution .....	50
Tableau 20: Caractéristiques en chaque nœud .....	53
Tableau 21: Choix des conduites .....	54
Tableau 22: Récapitulatif des longueurs des conduites .....	55
Tableau 23: Récapitulatif des dimensions des fouilles .....	55
Tableau 24: Evaluation du coût global des travaux .....	59
Tableau 25: Plan de gestion environnementale proposé par la Banque Africaine de Développement (BAD 201) .....	61



## Liste des figures

Figure 1: Présentation de la zone d'étude .....	3
Figure 2: Vue 3D réservoir 20m <sup>3</sup> .....	32
Figure 3: vue 3D réservoir 40m <sup>3</sup> .....	34
Figure 4: Image satellitaire du réseau d'adduction de BUSIGHA .....	37
Figure 5: Image satellitaire du réseau d'adduction KIMBERENE et de refoulement.....	43
Figure 6: Courbe au point de fonctionnement de la pompe .....	48
Figure 7: Image satellitaire pour le réseau de distribution .....	49
Figure 8: Etat du réseau de distribution après simulation sur EPANET .....	52
Figure 9: Vue 3D local gardien .....	57

## Introduction

*«L'eau n'est pas un bien marchand comme les autres mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel». (Directive Cadre européenne sur l'Eau, 2000)*

L'eau est une source vitale pour l'homme, sa disponibilité rend la vie plus facile et plus agréable. L'hôpital général de MUSIENENE étant dans la zone rurale de MUSIENENE, a rencontré d'énormes difficultés d'alimentation en eau potable. Au regard du nombre des patients, d'ouvriers et une population riveraine, il est impératif d'avoir des infrastructures d'alimentation en eau potable adéquates qui répondront aux besoins des populations.

Dans le milieu rural, l'atteinte de ces objectifs passe par la réalisation des ouvrages de captage, de stockage et de distribution d'eau potable d'une part, et d'autre part par la gestion efficiente de ces infrastructures. L'ensemble contribuera à améliorer les conditions de vie des populations à travers l'accès à l'eau potable et un service d'eau de qualité.

La réalisation d'une AEP passe par des études techniques de faisabilité et pour le présent projet, c'est l'entreprise ABC Group sélectionnée par l'OXFAM qui en a la charge. C'est dans ce cadre que nous avons travaillé au sein de cette entreprise et en qualité de stagiaire, en vue d'élaborer notre mémoire de fin de cycle d'ingénieur 2iE avec grade de Master en Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-Agricoles, sous le thème «Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'hôpital général de MUSIENENE, dans le Territoire de LUBERO, en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO».

Pour bien conduire ce projet, après la une brève présentation de la structure d'accueil, de la zone d'étude et du projet, nous traiterons des aspects ci-dessous :

- ✓ Détermination des besoins en eau potable de l'Hôpital de MUSIENENE
- ✓ L'évaluation de la ressource disponible ;
- ✓ La conception et le dimensionnement du réseau d'adduction et de distribution ;
- ✓ L'estimation de la capacité du réservoir;
- ✓ Les aspects environnementaux et sociaux liés à la mise en œuvre éventuelle du projet ;
- ✓ L'évaluation du coût de réalisation du projet.

## **I. Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude**

### **I.1. Présentation de la structure d'accueil**

Access Business Connect Group (ABC GROUP) est une société de droit congolais basée à Butembo, en République Démocratique du Congo. Elle a été créée en 2019 par Monsieur Jackson MUHINDO qui est son Directeur Général. Grâce à la polyvalence, ABC Group est parvenue à attirer l'attention de ses clients qui lui font irrésistiblement confiance pour ses diverses prestations dans des domaines d'activités diversifiées avec la même qualité pour chaque secteur notamment :

- ✓ Les études et exécution des projets de construction du bâtiment et du génie civil ;
- ✓ Supervision / Contrôle des travaux d'adduction et distribution d'eau potable ;
- ✓ Prospections géophysiques et exécutions des forages ;
- ✓ Installation des pompes ;
- ✓ Les réhabilitations, aménagements et assainissement ;
- ✓ Les énergies renouvelables ;
- ✓ La logistique et fourniture, la localisation des véhicules par système GPS et la gestion de la flotte ;
- ✓ L'hôtellerie-restaurant ;
- ✓ Le numérique ;
- ✓ L'importation et exportation des produits agro-alimentaires ;
- ✓ Le nettoyage des bureaux et bâtiments résidentiels ;
- ✓ La production et la commercialisation des matériaux de construction.

Fidèle à ses valeurs (Travail-Qualité-Respect des délais), ABC Group s'implique durablement dans l'optimisation de la qualité de ses offres de service et le développement de projets à ses clients des secteurs public et privé en priorisant leur satisfaction en chaque étape de notre collaboration.

## I.2. Présentation de la zone d'étude

### I.2.1. Localisation de la zone d'étude

L'étude a été menée au sein de l'Hôpital Général de MUSIENENE, qui est une infrastructure sanitaire dans le village de MUSIENENE dans le territoire de Lubero en province du Nord KIVU. On retrouve l'Hôpital Général de MUSIENENE avec les coordonnées géographiques suivantes : Latitude : 0°01'35.26'' Nord et Longitude 29°15'04.56'' Est, présenté en Figure 1.

MUSIENENE est limité :

- Au Nord par la collectivité de Baswaga ;
- Au Sud par le Lac Edouard ;
- À l'Est par la collectivité de Bashu ;
- À l'Ouest par la collectivité de Batangi.

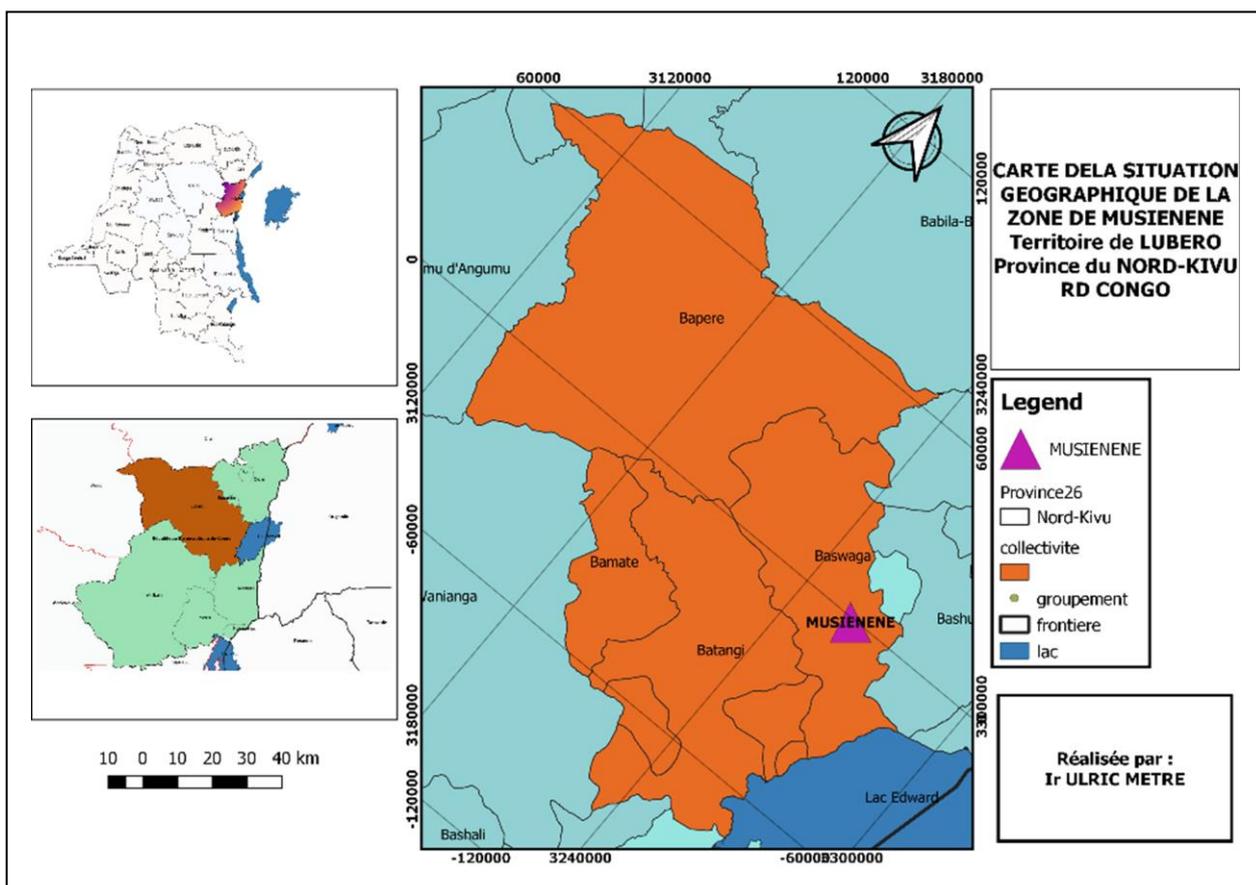


Figure 1: Présentation de la zone d'étude

## **I.2.2. Cadre physique**

### ***I.2.2.a. Climat et pluviométrie***

L'hétérogénéité du relief amène une grande variété de climats. D'une manière générale, on observe une corrélation étroite entre l'altitude et la température moyenne. En dessous de 1.000 m, cette température est voisine de 23° C. À 1.500 m, on enregistre quelques 19° C et à 2.000 m, 15° C environ. La pluviométrie moyenne varie entre 1.000 mm et 2.000 mm. Les précipitations mensuelles les plus faibles sont enregistrées entre janvier et février et entre juillet et août. Quatre saisons caractérisent le climat du Nord- Kivu : deux saisons humides et deux saisons sèches. La première saison humide se situe entre mi-août et mi-janvier et la deuxième va pratiquement de mi-février à mi-juillet. Quant aux deux saisons sèches, elles sont très courtes. La première est observée entre mi-janvier et mi-février et la seconde entre mi-juillet et mi-août.

### ***I.2.2.b. Relief***

Le relief de Musienene dans le Nord- Kivu est très accidenté. L'altitude varie de moins de 800 m à plus de 2.500 m. certains sommets atteignent plus de 5.000 m. Ce relief est formé des plaines, des plateaux et des chaînes de montagne. Les plaines alluviales s'étendent du Nord au Sud du Lac Edouard. Il s'agit, respectivement, des plaines alluviales de la Semliki et des Rwindi-Rutshuru. Les Rives occidentales du Lac Edouard se heurtent à un escarpement abrupt, dont le prolongement vers le Sud, en bordure de la plaine des Rwindi-Rutshuru est connu sous le nom d'escarpement de Kabasha. La plaine alluviale de la Semliki est resserrée entre le prolongement septentrional de l'escarpement riverain du lac Edouard à l'Ouest, et l'imposant massif de Ruwenzori (5119 m de haut) à l'Est. La plaine des Rwindi- Rutshuru se relève doucement, mais très régulièrement vers le Sud, où elle se heurte aux champs de lave qui la relaient vers le massif des Virunga, et particulièrement vers le groupe des volcans actifs dominés par le Nyamulagira (3056 m) et le Nyiragongo (3470 m).

### ***I.2.2.c. Végétation***

Les principaux types de végétation de la Province du Nord- Kivu sont :

- Les savanes dominantes dans les plaines alluviales de la Semliki et de la Rutshuru.
- Les formations climatiques sclérophiles arbusives et forestières dans la plaine des laves au Nord du Lac Kivu.

- Les forêts ombrophiles de montagnes : sont observées essentiellement dans les massifs de Ruwenzori et Virunga. Ces forêts sont hétérogènes.
- Forêt équatoriale dans les Territoires de Lubero (le cas pour Musienene), Masisi, Walikale et Beni.

#### ***1.2.2.d. Sol***

Le climat d'altitude et le relief confèrent aux sols du Nord- Kivu une certaine complexité. On pourrait néanmoins diviser les sols du Nord- Kivu en trois grandes classes : Les sols volcaniques récents : provenant des coulées de lave de volcans. Les coulées récentes ne permettent pas encore à l'agriculture de s'y installer ; tandis que dans les coulées plus anciennes, la lave est particulièrement décomposée et forme un sol parfois encore superficiel mais très fertile. Ces sols se retrouvent entre Goma et Rutshuru. Les sols des plaines alluviales : ces sols se retrouvent dans les plaines de la Semliki et proviennent des dépôts lacustres, de la rivière Semliki et de ses affluents. Les sols des roches anciennes : ces sols sont très profonds et riches en humus. Ils sont assez argileux et peu compacts et disposent, en surface, d'une importante réserve de matières organiques.

#### ***1.2.2.e. Hydrographie***

L'hydrographie du Nord- Kivu est dominée par l'existence de deux grands lacs à savoir lac Edouard et lac Kivu.

Le lac Edouard a une superficie de 2.150 Km<sup>2</sup> dont 1.630 Km<sup>2</sup> pour la partie congolaise, avec une profondeur moyenne de 30 m. Ce lac est très poissonneux et constitue une source importante de revenus pour les familles riveraines.

Le lac Kivu est le plus haut de l'Afrique centrale parce qu'il se trouve pittoresquement situé à 1.460 m d'altitude dans la fosse limitée par les hauts volcans des Virunga. Sa superficie est de 2.700 Km<sup>2</sup> pour la partie congolaise avec une profondeur moyenne de 285 m.

Contrairement au lac Edouard, le lac Kivu est peu poissonneux. Il renferme beaucoup de gaz méthane.

### ***1.2.2.f. Agriculture, élevage et pêche***

- **Agriculture**

Le secteur traditionnel est caractérisé par l'insuffisance des superficies, d'intrants agricoles et de la main d'œuvre. Il constitue la totalité de l'agriculture.

Les cultures vivrières prioritaires : manioc, maïs, haricot, riz paddy, arachide, banane, patate douce, pomme de terre, les légumes (les principaux sont : les choux, les poireaux, les oignons, les aubergines les concombres, les carottes, les tomates, les salades, etc.) et les fruits (les ananas, avocats, mangues, les maracuja, la papaye, les fraises, goyaves, citrons, etc.).

- **Elevage**

La zone est favorable à l'élevage. On y pratique 2 types d'élevage :

- **L'élevage traditionnel**

Il est exercé par les petits éleveurs ayant un nombre réduit de bovins ou nomadisme avec la race Ankole rustique et résistante aux maladies.

- **L'élevage moderne ou élevage organisé**

Il est constitué par les fermes de 200 têtes de bovins pratiquant l'insémination artificielle pour l'amélioration du bétail ou en croisement des races locales Ankole avec les races exotiques. Les espèces élevées au Nord-Kivu sont : Bovins – Caprins – Ovins – Porc- Volailles et lapins – Cobayes. La diminution des effectifs du cheptel est due aux pillages systématiques et abattages anarchiques durant la période des conflits armés.

- **La pêche**

La Province du Nord-Kivu comprend des lacs, des rivières poissonneuses pour la pratique de la pêche.

**Le lac Edouard** est poissonneux avec une grande production annuelle. Les principales espèces des poissons sont : Tilapia, Bagrus, Clarias et autres espèces.

**Le lac Kivu** est peu poissonneux. Les espèces recensées sont : Limnothrissamoidon ou Sambaza et Autres espèces.

Les Rivières Contiennent du poisson mais la navigation non praticable avec ressources halieutiques non connues.

Dans la zone, on pratique trois types de pêche :

- La pêche artisanale ;
- La pêche semi-industrielle ;
- La pêche individuelle à la ligne ou harpon à l'empoisonnement.

#### ***1.2.2.g. Religion***

Trois principales religions sont dans la zone à savoir :

- La religion catholique ;
- la religion protestante et
- l'islam.

## **II. Présentation du projet**

### **II.1. Contexte et problématique**

La République Démocratique du Congo est un pays de l'Afrique centrale, qui est souvent confronté à plusieurs problèmes parmi lesquels l'accès à l'eau potable malgré ses plusieurs ressources en eau. Affecté par l'épidémie de la maladie à virus EBOLA (MVE), c'est ainsi que l'Hôpital général de MUSIENENE fait appel à l'OXFAM, une organisation internationale qui œuvre dans le domaine de l'eau et de l'assainissement. A son tour, Oxfam va mobiliser les fonds du projet avec l'appui de l'UNICEF et l'entreprise sélectionnée ACCESS BUSINESS CONNECT Group (ABC GROUP) va étudier et exécuter les travaux afin de participer au développement durable de l'accès à l'eau potable.

Dans la volonté d'accompagner les étudiants dans leur parcours académique, un stage nous a été accordé par Acces Business Connect Group afin de nous permettre de renforcer nos connaissances et préparer notre mémoire de fin d'études. Durant notre séjour, nous serons amenés à proposer une étude technique pour l'adduction en eau potable à l'hôpital Général de MUSIENENE en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO.

### **II.2. Objectifs d'étude**

#### **II.2.1. Objectif global**

L'objectif global de ce projet est de contribuer à améliorer les conditions de desserte en eau potable de l'hôpital général de MUSIENENE à travers la conception d'un réseau d'alimentation en eau potable, pour l'horizon 2041.

#### **II.2.2. Objectifs spécifiques**

Il s'agira spécifiquement de :

- ❖ Conduire une étude diagnostique du réseau d'approvisionnement en eau potable existant ;
- ❖ Reconduire le dimensionnement du système existant en intégrant des corrections pour les défaillances constatées, assorti de l'évaluation du cout de projet ;
- ❖ Proposer une notice d'impact environnemental et social du projet.

### **II.2.3. Résultats attendus**

Les résultats attendus au terme de la présente étude sont les suivants :

- Les points d'eau et leurs états de fonctionnement sont connus ;
- Les besoins en eau de consommation des populations sont évalués ;
- Le système d'approvisionnement en eau potable est conçu et dimensionné pour l'hôpital ;
- Les plans du réseau d'adduction et de distribution sont réalisés ;
- Les pièces sont dessinées et les caractéristiques des ouvrages à mettre en place sont disponibles ;
- L'estimation du coût du projet est réalisée ;
- La notice d'impact environnementale faite ;
- Un système de gestion est retenu pour la pérennisation du réseau.

### **III. Méthodologie de travail**

Elle consiste à décrire la démarche méthodologique adoptée et s'articulera autour des 6 principales phases suivantes :

- ✚ la collecte et l'analyse documentaire ;
- ✚ sorties et travaux de terrain ;
- ✚ l'état des lieux du système d'AEP de Musienene ;
- ✚ les levés topographiques ;
- ✚ matériels utilisés ;
- ✚ l'analyse technique des données et rédaction du mémoire .

#### **III.1. La collecte et l'analyse documentaire**

Elle a consisté à l'analyse des termes de référence afin de bien comprendre ce que le commanditaire attend pour l'exécution de l'étude ; ce qui a ensuite permis de comprendre la problématique qui se dégage de l'étude. Après l'analyse des TDR, il a été procédé à la collecte des données, la consultation et l'analyse des documentations techniques disponibles. Cette collecte a été faite auprès de l'entreprise ABC Group, de l'OXFAM, de l'Office Congolais de Contrôle (OCC), de l'hôpital Général de Musienene, ainsi que des différents partenaires techniques et financiers intervenant dans le domaine de l'eau et de l'assainissement de la Région. D'autres recherches ont été effectuées à la bibliothèque de 2iE, ainsi que sur internet ont permis la lecture de divers documents en rapport avec le thème d'étude. La collecte d'autres documents et données pouvant intéresser l'étude s'est poursuivie sur le terrain auprès des populations des zones cibles.

#### **III.2. Sorties et travaux de terrains**

Plusieurs sorties ont été effectuées par l'OXFAM dans le but de s'entretenir avec les autorités locales de Musienene sur l'idée de l'adduction en eau potable à l'hôpital général de MUSIENENE. A la suite des réunions les autorités ont exprimé un réel désir pour ce projet et ont décidé d'accompagner ce projet avec les données de bases nécessaires pour mener bien l'étude.

La reconnaissance des lieux par les ingénieurs hydrauliciens a été l'étape primordiale pour la conception et le dimensionnement des installations. Le point de captage (sources d'émergences), les points de desserte (bornes fontaines et branchements particuliers

éventuels) ainsi que les réservoirs d'eau constituent les points essentiels autour desquels le système d'AEP sera conçu. Ces visites de terrain ont permis d'infirmer ou de confirmer le tracé du réseau et les emplacements des points de desserte ainsi que les réservoirs. Des coordonnées géographiques ont été relevées grâce à la station totale pour permettre d'optimiser le tracé du réseau et les levés topographiques d'ensemble.

### **III.3. Etat des lieux du système d'AEP de l'Hôpital Général de Musienene**

À notre arrivée nous avons fait un diagnostic du réseau qui a été mis en place depuis 2005, il y avait des ouvrages qui étaient encore fonctionnels et d'autres qui ne fonctionnaient plus. **(Voir en annexe 17)**

Nous catégorisons cet état à 3 niveaux dont : Hôpital et bureaux annexes, captages des sources et aux réservoirs de stockage et de distribution.

#### **❖ Au niveau de l'Hôpital et bureaux annexes :**

- **Equipements fonctionnels** : 3 impluviums dont deux de 5000l chacun et un de 1000l, les robinets et accessoires robinetterie.
- **Equipements non fonctionnels** : un forage de 5,5m<sup>3</sup>/h, de profondeur de niveau dynamique 75m.

#### **❖ Au niveau des captages des sources :**

- **Sources fonctionnelles** : les sources de BUSIGHA mais le débit était trop faible (0,3l/s) par rapport au départ (0,5l/s) d'où une nécessité de refaire le captage et le bac collecteur.
- **Sources non fonctionnelles** : ce sont les sources de KIMBERENE qui présentaient avant, un débit de 0,4l/s. Suite au vieillissement et au manque d'entretien elles étaient bouchées. D'où la nécessité de refaire le captage afin de retrouver ou bien d'augmenter sa productivité.

#### **❖ Au niveau des réservoirs :**

- **Réservoir fonctionnel** : le réservoir de distribution (30m<sup>3</sup>) était fonctionnel mais présentait déjà des fissures qui n'allaient pas permettre un bon service à long terme. D'où la nécessité d'un nouveau réservoir et c'est le réservoir de 40m<sup>3</sup> qui sera construit.

- **Réservoir non fonctionnel** : le réservoir de 15m<sup>3</sup> était pour collecter les eaux des sources de KIMBERENE mais celui-ci était déjà en panne. D'où la nécessité d'un nouveau réservoir et c'est le réservoir de 20m<sup>3</sup> qui sera exécuté.

❖ **Au niveau des conduites :**

- **Conduite fonctionnelle** : les conduites d'adduction de BUSIGHA ainsi que de distribution étaient fonctionnelles mais présentaient déjà les signes de vieillissement par leurs fuites. D'où nous avons posé des nouvelles pour mettre le réseau en sécurité.
- **Conduite non fonctionnelle** : les conduites d'adductions de KIMBERENE étaient cassées. D'où la nécessité des nouvelles conduites.

### III.4. Levés topographiques

Les travaux de topographie ont été conduits par une équipe de topographes de l'entreprise ABC Group. Ces travaux ont consisté à tracer le réseau en tenant compte des aménagements et des infrastructures socioéconomiques existantes. Spécifiquement il s'agit de :

- Lever les axes du réseau et tous les points particuliers du réseau (notamment les point de captage des sources, chambre collectrice /décantation, d'implantation des réservoirs d'eau, les points de desserte ainsi que les sites des différentes bornes fontaines) ;
- Les propriétés privées et les lieux dits sacrés (cimetière, lieux de cultes etc.) ;
- Effectuer le traitement informatique des données topographiques

### III.5. Matériels utilisés

Le **tableau 1** ci-dessous décrit les matériels utilisés.

Tableau 1: Matériels utilisés

Matériel	Observations
Logiciel QGIS v 3.0	Cet outil a servi à la réalisation de la carte de localisation de la zone du projet
Logiciel EPANET v.2.0	Il a servi pour la modélisation hydraulique en vue de simuler le fonctionnement du réseau
Office (Excel ; Word)	Le pack office a permis le traitement de textes et calcul pour les besoins du dimensionnement
AUTOCAD v 2016	Ce logiciel a servi pour la réalisation des pièces graphiques nécessaires à la mise en œuvre du projet
ARCHICAD v 2019	Cet outil a été utilisé pour la réalisation des réservoirs en 3D

GPS	Collecte des informations topographiques, repérage des points
STATION TOTALE	Levés topographiques
COVADIS v 2007	Tracé des profils et traitements topographiques
GOOGLE EARTH PRO	Vue spatiale

### III.6. Evaluation des besoins en eau

Le calcul des besoins en eau potable porte sur l'estimation des personnes à desservir c'est-à-dire la population concernée par le réseau et par conséquent la détermination des besoins en eau éventuels. Pour cela, une évaluation optimale de ces quantités est nécessaire.

#### III.6.1. Hypothèses de calcul et données de base de dimensionnement

##### III.6.1.a. Echéance du projet

Les termes de références (TDR) confèrent au système un horizon compris entre 15 et 20 ans. Ainsi les ouvrages envisagés dans le cadre de ce projet sont planifiés pour **l'horizon 2041** c'est-à-dire pour une durée d'exploitation de **20 ans**. Tout en considérant que la mise en exploitation du nouveau système d'eau est effective en 2021.

##### III.6.1.b. Evaluation de la population à l'horizon du projet

L'estimation du besoin en eau potable est effectuée afin de satisfaire aux besoins en eau potable de la population donnée pour un horizon bien défini. Le but est que les ouvrages hydrauliques continuent à satisfaire aux besoins de la population durant toute leur vie.

**La population riveraine uniquement de l'hôpital est estimée par la formule ci-après de Thomas MALTHUS a été utilisée suivant un modèle de progression géométrique :**

$$P_n = P_o \times (1 + \alpha)^n$$

Avec  $P_n$  : Population après n années ;

$P_o$  : Population actuelle ;

$\alpha$  : taux d'accroissement de la population. (3% est retenu dans le cadre de notre projet,

Source : Rapport de l'Etat Civil de Butembo, 2005,2006, 2007,2008) ;

$n$  : nombre d'années sur lequel projeter la population. (20 ans voir ci-dessus).

### ***III.6.1.c. Consommation spécifique***

La consommation spécifique est la quantité d'eau exprimée en litre par jour par habitant, nécessaire à la satisfaction des besoins journaliers en eau d'un usager. Les recommandations de l'OMS fixent cette consommation à 25 litres par jour et par habitant en milieu rural. En République Démocratique du Congo, en milieu rural, les besoins sont estimés par la consommation spécifique de 20 l/hbt/jr. Dans le cadre de notre projet, la consommation spécifique ne pourrait pas se limiter à une application stricte de ces recommandations mais sera estimée sur la base d'enquêtes socio-économiques.

Après les enquêtes, voici les consommations spécifiques estimées :

- Personnel = 20 l/jr/pers
- Malade = 50 l/jr/pers
- Garde malade = 15 l/jr/pers
- Population riveraine = 20 l/jr/pers

### ***III.6.1.d. Taux de couverture***

Conformément aux objectifs fixés par l'OXFAM, le taux de couverture en eau potable souhaité à l'horizon du projet 2041 est de 100%, et cela malgré la disponibilité d'autres points d'eau dans la zone.

### ***III.6.1.e. Coefficient de pointe journalier***

Ce coefficient exprime le comportement de la population au cours de la journée. En milieu rural ce coefficient de pointe journalier est compris entre 1,05 et 1,15. (ZOURE 2017). Pour cette étude nous retenons un coefficient de pointe journalier 1,15.

### ***III.6.1.f. Le coefficient de pointe horaire***

Le coefficient de pointe horaire nous renseigne sur l'heure de pointe dans la journée. Il intervient dans le dimensionnement du réservoir et du réseau de distribution. Ce coefficient exprime les habitudes des consommateurs durant la journée. Il permet la détermination des besoins à fournir aux usagers à l'heure de pointe. Il peut varier en fonction du degré d'urbanisation de la zone. L'expression suivante permet de déterminer le coefficient de pointe horaire :

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

Avec  $Q_{mh}$  étant le débit moyen horaire en m<sup>3</sup>/h

Valeurs indicatives du coefficient de pointe horaire :

Tableau 2: Valeurs indicatives du coefficient de pointe horaire

Taille de la localité (habitants)	< 10000	10000 à 50000	50000 à 200000	>200000
Coefficient	2,5 - 3	2 - 2,5	1,5 - 2	1,5

En milieu rural ce coefficient est généralement compris entre 2 et 3. Etant donné que notre zone de MUSIENENE est dans un milieu rural avec moins de 10000 habitants (ZOUGRANA 2003), le coefficient de pointe horaire ( $C_{ph}$ ) à adopter est de 2,5.

### III.6.1.g. Rendement du réseau

Les pertes dans un nouveau réseau d'adduction en eau potable sont estimées entre 5 et 10 % des besoins de consommation en eau. En effet, pour ce qui concerne les centres de plus petite taille équipés de système AEPS, les rendements sont plus élevés de l'ordre de 95 % (Cours d'approvisionnement en eau potable-EIER, novembre 2003, D. ZOUNGRANA). Pour le présent projet, le coefficient de perte ( $C_{perte}$ ) utilisé pour les calculs de dimensionnement est de 1,1 soit une perte de 10 %.

### III.6.2. Estimation de la population concernée

D'après les résultats de l'enquête socio-économiques, on dénombre les bénéficiaires concernés :

#### ✚ A l'Hôpital par le nombre :

- de lits d'hospitalisation pour les malades
- du personnel médical
- de garde malade

✚ **Autres infrastructures par le nombre :**

- du personnel de l'ASRAMES :
- du personnel de CAMP DES INFIRMIERS
- du personnel de la BCZ
- des personnes au COUVENT
- des personnes au PETIT SEMINAIRE
- de la population riveraine

### III.6.3. Estimation des besoins en eau

La demande totale en eau est déterminée à partir des études socio-économiques (les priorités de consommation, budgétaires) de la zone d'étude. La demande en eau correspond à la quantité d'eau que l'exploitant doit produire pour répondre aux besoins des usagers. Elle est déterminée en prenant en compte les consommations spécifiques, leurs comportements et le rendement des installations mis en place. Ces formules nous ont permis d'évaluer le besoin en eau de la population à l'horizon du projet.

La demande totale pour ce projet prend en compte les besoins domestiques car il n'y a pas des besoins annexes.

*Les besoins domestiques ( $B_{dom}$ )* regroupent l'ensemble des consommations au niveau des ménages que ce soit à partir des BP ou des BF. Ils sont exprimés par :

$$B_{dom} = C_{BP} + C_{BF}$$

❖ **Besoins journaliers moyens ( $B_{jm}$ )**

C'est la somme des besoins domestiques sur une journée de consommation moyenne. Ces besoins sont exprimés par la formule ci-dessous :

$$B_{jm} = \sum B_{dom}$$

Avec :

- $B_{jm}$  : Besoins journaliers moyens ( $m^3/j$ )
- $B_{dom}$  : Besoins domestiques ( $m^3/j$ )

Pour la mise en service de notre réseau, les éléments suivants (les coefficients de pointe, le rendement, le temps de distribution, le temps de pompage) permettront de déterminer les besoins et débits ci-dessous :

❖ **Besoins du jour de pointe**

$$B_{jp} = B_{jm} \times C_{pj}$$

Avec :

- $B_{jp}$  : Besoins du jour de pointe ( $m^3/j$ )
- $C_{pj}$  : Coefficient de pointe journalier

### III.6.4. Estimation des débits

❖ **Débit moyen horaire**

Il s'agit du débit du jour de pointe en tenant compte du temps de distribution. Le temps de distribution par les bornes fontaines est différent de celui par les branchements particuliers.

$$Q_{mhBP} = \frac{B_{jpBP}}{T}$$

$$Q_{mhBF} = \frac{B_{jpBF}}{T}$$

Avec :

- $Q_{mhBP}$  : débit moyen horaire des branchements privés
- $Q_{mhBF}$  : débit moyen horaire des bornes fontaines

Le débit moyen horaire total  $Q_{mh}$  est donnée par la somme de  $Q_{mhBP}$  et  $Q_{mhBF}$ .

❖ **Débit de pointe horaire**

Il s'agit de la quantité d'eau par unité de temps nécessaire à l'approvisionnement en eau des habitants durant la période de haute consommation au cours de la journée. Il permet de tenir compte de la condition la plus défavorable dans l'estimation des besoins en eau. Il se calcul à partir de la formule suivante :

$$Q_{ph} = Q_{mh} \times C_{ph}$$

Avec :

- $Q_{ph}$  : Débit de pointe horaire (l/s)
- $Q_{mh}$  : Débit moyen horaire (l/s)
- $C_{ph}$  : Coefficient de pointe horaire

### III.6.5. Dimensionnement des composantes du système d'AEP

Le dimensionnement des ouvrages et équipements des systèmes d'alimentation en eau potable pour notre projet portera sur :

- la mobilisation de la ressource à couvrir la demande ;
- le dimensionnement des équipements d'exhaure (conduite d'adduction /de refoulement) ;
- installation de la pompe immergée, générateur d'énergie ;
- l'évaluation du volume utile de stockage (réservoirs) ;
- Et le calibrage des conduites de distribution (conduites de distribution et points de desserte publics).

### III.6.6. Réseau d'adduction

Dans les conditions topographiques favorables l'adduction peut être gravitaire, elle peut aussi se faire par refoulement (pompage) dans le cas contraire. Pour notre projet, l'adduction se fera par gravité pour les deux réseaux. Le premier réseau d'adduction quitte la source de BUSIGHA vers le réservoir (40m<sup>3</sup>) de stockage et de distribution. Le deuxième réseau d'adduction de KIMBERENE sera un peu particulier par rapport au premier parce que les altitudes des sources de KIMBERENE sont basses par rapport au réservoir de 40m<sup>3</sup> et aux endroits des bénéficiaires. D'où une bache de 20 m<sup>3</sup> a été construite pour stocker les eaux

provenant de la source de KIMBERENE. De la bêche, un pompage est effectué à l'aide d'un système de pompage photovoltaïque, pour amener cette eau dans le réservoir de 40m<sup>3</sup>.

### Paramètres de dimensionnement du réseau d'adduction gravitaire

- **Le débit ( $Q$ ):** le débit est exprimé en l/s ou m<sup>3</sup>/s.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Avec,  $V$  en m<sup>3</sup> et  $t$  en seconde.

Pour l'adduction gravitaire, le débit en tête est le débit de prélèvement des sources que nous utilisons.

- **La vitesse :** la vitesse moyenne d'écoulement est fixée à choisir dans le milieu rural dans le stricte respect dans l'intervalle de 0,3 à 1,2m/s.
- **Le diamètre théorique :**

Le choix du diamètre de la tuyauterie s'effectue en fonction du débit qui traverse le tuyau. On choisit la nature des conduites à utiliser en fonction de la pression dynamique y traversant ; pour les pressions inférieures à 160m (16bar), on utilise le Polychlorure de Vinyle (PVC) ou soit le Polyéthylène à Haute Densité (PEHD) ou soit le Polyéthylène Moyenne Densité (MDPE), et pour celles supérieures à 160m, il est conseillé d'utiliser les conduites en acier ou en fonte.

Pour notre réseau on a utilisé le MDPE parce qu'il est adapté au milieu, il utilise moins d'accessoires, il est acheté en rouleau soit de 50m ou soit de 100m.

Le diamètre théorique est obtenu en prenant comme hypothèse de vitesse égale à 1 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

Avec  $D$  = diamètre du tuyau (en m)

$Q$  = débit de l'eau (en m<sup>3</sup>/s)

$v$  = vitesse d'écoulement (en m/s)

▪ **Les pertes de charge :**

Elles existent sous 2 formes pour la conduite d'adduction comme pour celle de distribution:

- ✓ **Les pertes de charge linéaires :** elles sont dues aux frictions (frottements) de l'eau contre les parois des conduites et turbulences provoquées par ces effets. Elles dépendent en toute rigueur donc :

Tableau 3: Caractéristiques des pertes de charges linéaires

CARACTERISTIQUES DE L'EAU	CARACTERISTIQUES DE LA CONDUITE
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Débit d'écoulement à section pleine,</li> <li>- Régime d'écoulement,</li> <li>- Température de l'eau,</li> <li>- Fluidité ou viscosité de l'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diamètre intérieur (<i>Dint</i>),</li> <li>- Rugosité des parois intérieures <i>k</i> (mm),</li> <li>- Longueur <i>L</i></li> </ul>

Il existe plusieurs formules qui rendent compte de la perte de charge et qui se sont précisées avec la prise en compte progressive des beaucoup des paramètres. Nous avons notamment :

- ✚ La formule de Manning Strickler ;
- ✚ La formule de William-Hazen ;
- ✚ La formule de Calmon et Le Chapt ;
- ✚ La formule de Darcy-Weisbach.
- ✓ **Les pertes de charge locales ou singulières :** sont dues aux modifications brusques de l'écoulement dans les pièces telles que :

Tableau 4: Caractéristiques des pertes de charges singulières

Changement de section	Elargissement
	Rétrécissement
Changement de direction	Coudes
	Té
Instruments de mesures	Compteur
	Venturi
	Diaphragme
Appareil de contrôle suivi	Vannes
	Clapet

Dans le cadre de notre projet on a opté pour la formule des pertes de charge de **Hazen-William**. Celle-ci surestime les pertes de charges linéaires comparativement aux autres formules.

Cette surestimation prend en compte directement les pertes de charges singulières.

Elle est exprimée par l'expression suivante :

$$\Delta H = 10,65 \times \frac{Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,87}} \times L$$

Avec :  $Q$  [m<sup>3</sup>/s] : le débit circulant dans la conduite,  $D$  [m] le diamètre et  $C_{HW}$  est le coefficient de William-Hazen, il indique la rugosité de la conduite.

#### ▪ **Pression**

C'est à partir des pressions dans la tuyauterie que sera déterminé le PN d'une conduite sur un tronçon, est sera vérifié si l'eau arrive ou pas à la destination.

Nous distinguons deux sortes des pressions :

Nous distinguons deux sortes des pressions :

- ✚ **La pression statique** : c'est la pression de l'eau au repos dans les conduites. Elle est toujours supérieure à la pression dynamique.

$$\textit{Pression stat} = \textit{Maximumcoteminimaleexploitable} - \textit{ZtnAval}$$

- ✚ **La pression dynamique** : c'est la pression que possède de l'eau en mouvement dans les conduites. La pression dynamique en un point ou la pression au nœud, c'est la hauteur que peut atteindre de l'eau, une fois si on coupait la conduite à ce point.

La pression dynamique est donnée par l'expression ci-dessous ;

$$\textit{Pression dyn} = \textit{ZtnAmont} - \textit{ZtnAval} - \sum pdc$$

#### **Paramètres de dimensionnement de la conduite de refoulement (pompage)**

L'eau captée aux deux sources de KIMBERENE va directement dans la bache de 20m<sup>3</sup> avec un débit de 0,5l/s. Vu que la bache est à une altitude inférieure par rapport au réservoir de 40m<sup>3</sup> qui servira de distribution et aux endroits des bénéficiaires, l'eau sera refoulée à l'aide d'un système de pompage photovoltaïque de la bache de 20m<sup>3</sup> au réservoir de 40m<sup>3</sup>.

Voici dans le tableau ci-dessous les formules empiriques qui ont été utilisées dans le dimensionnement de cette conduite :

Tableau 5: Formules empiriques pour la détermination des diamètres

Auteurs	Expressions	Unités-Annotations
Bresse	$D_{th} = 1,5 \times Q^{0,5}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>D_{th}</math> : diamètre théorique (m),</li> <li>- <math>Q</math> : Débit transporté par la conduite (m<sup>3</sup>/s),</li> <li>- <math>n</math> : nombre d'heures de pompage (h/j),</li> </ul>
Bresse modifiée	$D_{th} = 0,8 \times Q^{1/3}$	
Meunier	$D_{th} = (1 + 0,02n) \times Q^{0,5}$	
Achour et Bedjaoui	$D_{th} = 1,27 \times Q^{0,5}$	
Bonnin	$D_{th} = Q^{0,5}$	

Nous opterons pour la conduite dont la vitesse de l'eau respecte la condition de Flamant :  $V \text{ (m/s)} \leq 0,6 + D \text{ (m)}$

✓ **Pompe : HMT, Puissance hydraulique, choix et le point de fonctionnement**

Dans l'optique de refouler l'eau stockée dans le réservoir de 20 m<sup>3</sup> vers le réservoir de 40 m<sup>3</sup>, la présence d'une pompe pour l'élévation est nécessaire. Le choix de la pompe se fera de sorte qu'elle puisse vaincre la hauteur géométrique et les pertes de charges. Dans le cadre de ce projet nous choisirons une pompe immergée dans la gamme des pompes GRUNDFOS en se basant sur le débit, la HMT et le rendement de la pompe.

La puissance hydraulique de la pompe est obtenue par l'expression :

$$PH = \rho \times g \times Q \times HMT$$

Avec **PH**: La puissance hydraulique (W)

**$\rho$**  : La masse volumique de l'eau (kg/m<sup>3</sup>)

**g** : L'accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>)

**Q** : Le débit pompé (m<sup>3</sup>/s)

**HMT**: La hauteur Manométrique Totale (m)

Le réservoir sera alimenté par le haut, la hauteur d'eau dans le réservoir est donc considérée dans le calcul de la hauteur géométrique.

Le point de fonctionnement d'une pompe est le point d'intersection de la courbe caractéristique de la pompe, donnée par le constructeur de la pompe avec celle de la conduite de refoulement. La formule suivante permet de déterminer la courbe de la conduite de refoulement.

### III.6.7. Etude de coup de bélier

Le coup de bélier est un phénomène de variation de pression qui consiste en une alternance de surpressions et de dépressions se propageant dans la conduite. Elles surviennent suite à une modification brusque du régime d'écoulement due soit à l'arrêt brusque d'une pompe, soit à l'ouverture et fermeture brusque d'une vanne. Au regard de ses conséquences, préjudiciables à la viabilité des installations, il est capital de s'assurer de son absence ; et s'il s'avérait qu'il existe, prévoir des mesures pour le contenir au moyen d'installations appropriées comme un dispositif anti-bélier.

Cela passe par le calcul de :

- **La célérité (c) qui provoque le coup de bélier.**

Nous utiliserons la formule d'Allievi-Joukowski : 
$$c = \frac{9900}{\sqrt{(48,3 + K \times \frac{D_{int}}{e})}}$$

Avec **K** : la rugosité de la conduite de refoulement (**33 pour les plastiques**),

**$D_{int}$**  : Le diamètre intérieur de la conduite de refoulement (m) et

$e$  : L'épaisseur de la conduite (m) qui est calculée par l'expression suivante :

$$e = \frac{DN - D_{int}}{2}$$

- **Calcul de la variation instantanée de la pression ( $\Delta P$ ).**

$$\Delta P = \frac{c \times V_0}{g}$$

Avec  $\Delta P$  : La variation instantanée de la pression en (m),

$V_0$  : La vitesse moyenne en régime uniforme (m/s) et

$g$  : L'accélération de pesanteur (m/s<sup>2</sup>)

- **Calcul de la pression maximale ( $P_{max}$ )**

Elle est obtenue par la formule :  $P_{max} = HMT + \Delta P$

Avec  $HMT$  : la Hauteur Manométrique Totale (m).

$$HMT = H_{geo} + \Delta H_{tot}$$

La formule des pertes de charges de **Hazen-William** a été utilisée pour le calcul des pertes de charges ( $\Delta H_{tot}$ ).

La HMT étant considérée, par la suite, une comparaison est effectuée entre la suppression maximale et la pression maximale admissible, dans le cas d'une surpression et une autre effectuée entre Dépression maximale et la pression atmosphérique (Pa) dans le cas d'une dépression.

Présence du risque de coup de bélier :

Si  $HMT(m) + \Delta P (m) < P_{MAX}$  alors il n'y a pas de risque de surpression ;

Si  $P_a < HMT(m) - \Delta P (m)$ , alors il n'y a pas de risque de dépression.

- **Vérification : si  $P_{max} / P_N < 1,2 \rightarrow$  : La protection contre le coup de bélier n'est donc pas nécessaire.**

### III.6.8. Source d'énergie

Trois sources d'énergie sont utilisées couramment pour l'alimentation d'une pompe à savoir:

- ✚ L'énergie solaire ou photovoltaïque
- ✚ Le groupe électrogène
- ✚ L'énergie électrique en moyenne tension de la SNEL (Société Nationale d'Electricité).

Compte tenu de la disponibilité, les exigences du projet et le cout d'exploitation moins élevé, l'énergie solaire sera privilégiée dans le cadre de cette étude. La durée maximale de pompage solaire est fonction d'ensoleillement (7 heures de pompage).

✓ **Energie à produire par jour  $E_p$  (Wh/j)**

$$E_p = \frac{E_c}{k}$$

Avec  $k = 0,76$  (le  $k$  coefficient des différentes pertes du système)

✓ **La puissance crête  $P_c$  (Wc) du générateur photovoltaïque nécessaire**

$$P_c = \frac{E_p}{H_r}$$

Avec  $H_r = 4,64 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$  : irradiation quotidienne moyenne annuelle (Source : logiciel RETScreen Expert).

✓ **Nombre de panneaux solaires nécessaires à l'installation**

A cette puissance indispensable pour la pompe dans notre projet il n'y aura pas d'autres équipements à ajouter au périmètre de captage pour obtenir la puissance de crête totale.

Le nombre de panneaux ( $N$ ) du champ est donné par le rapport entre la puissance totale ( $P_c$ ) et la puissance unitaire d'un panneau ( $P_u$ ) voir en **annexe 4**:

$$N_{\text{module PV}} = \frac{P_c}{P_u}$$

❖ **Conduite de distribution**

- **Le débit ( $Q$ ):** le débit est exprimé en l/s ou  $\text{m}^3/\text{s}$ .

$$Q = \frac{V}{t}$$

Avec,  $V$  en  $\text{m}^3$  et  $t$  en seconde.

Pour le dimensionnement du réseau de distribution, le débit en tête du réservoir est celui que nous utilisons, pour notre cas il est de 2,64l/s.

- **La vitesse** : la vitesse moyenne d'écoulement est fixée à choisir dans le milieu rural dans le stricte respect dans l'intervalle de 0,3 à 1,5m/s.

- **Le diamètre théorique** :

Les diamètres des conduites de distribution seront déterminés par la formule de continuité suivante :

$$Q = V \times S$$

De la formule ci-dessus découle la formule qui permet de déterminer le diamètre théorique (tout en prenant comme hypothèse de vitesse égale à 1 m/s).

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Avec,  $D$  = diamètre du tuyau (en m)

$Q$  = débit de l'eau (en m<sup>3</sup>/s)

$V$  = vitesse d'écoulement (en m/s)

Pratiquement, les ajustements sont effectués pour le choix des diamètres commerciaux tout en respectant les conditions de vitesse et de pression minimale sans oublier de minimiser les pertes de charge.

- **Les pertes de charge** :

Dans le cadre de notre projet on a opté pour la formule des pertes de charge de **Hazen-William** comme pour la conduite d'adduction.

- **Pression**

C'est à partir des pressions dans la tuyauterie que sera déterminé le PN d'une conduite sur un tronçon, est sera vérifié si l'eau arrive ou pas à la destination.

Nous distinguons deux sortes des pressions :

- ✚ **La pression statique** : La pression dynamique est donnée par l'expression ci-dessous

$$\textit{Pression stat} = \textit{Maximum cote minimale exploitable} - Z_{tnAval}$$

- ✚ **La pression dynamique** : La pression dynamique est donnée par l'expression ci-dessous ;

$$\textit{Pression dyn} = \textit{Maximum cote minimale exploitable} - Z_{tnAval} - \sum p_{dc}$$

- ❖ **Stockage** : Définition, nature, position, forme et estimation de la capacité

Un réservoir est un ouvrage servant à stocker l'eau qui se remplit au cours des périodes des faibles consommations et qui se vide pendant les périodes des fortes consommations. Il constitue une sécurité pendant les heures de pointes et peut servir de secours lors des incendies.

La consommation pendant la journée est différente de celle de la nuit, la production peut être plus élevée que la consommation pendant la nuit et pendant la journée, la consommation est souvent plus élevée que la production.

Selon la nature des matériaux le réservoir peut être en béton armé, en maçonnerie ou soit en métal. Selon la position de l'emplacement le réservoir peut être enterré, semi – enterré ou surélevé. Selon la forme le réservoir peut être carré, circulaire, rectangulaire, conique. Pour notre étude nous avons opté pour les réservoirs carrés en béton armé.

#### IV. Etude technique

##### IV.1. Evaluation des besoins en eau

##### IV.1.1. Estimation de la population

Les valeurs fournies dans le **tableau 6** ci – dessous renseignent sur l'estimation de la population en 2021. (Source: le chef du personnel de l'hôpital General de Musienene).

Tableau 6: Estimation des bénéficiaires à l'horizon du projet

Désignations	Effectif
	Po(2021)
<b>Besoins domestiques</b>	
Malade	435
Garde malade	435
Personnel médical	130
ASRAMES	115
CAMP DES INFIRMIERS	99
BCZ	110
COUVENT	95
PETIT SEMINAIRE	159
<b>Total</b>	<b>1578</b>

Désignations	Effectif	
	(Taux de croissance démographique: 3 %)	
	Horizon du projet: 20 ans	
	Po(2021)	P(2041)
<b>Besoins annexes (Population riveraine)</b>		
<b>Total</b>	<b>410</b>	<b>741</b>

A noter que le taux de croissance démographique s'applique uniquement pour la population riveraine.

Population bénéficiaire totale = 1578 + 741

**Population beneficiaire totale = 2319 habitants**

#### IV.1.2. Résultats de l'évaluation des besoins en eau.

Les résultats de l'évaluation des besoins en eau présentés dans le **tableau 7**.

Tableau 7: Résultats de l'évaluation des besoins en eau des populations

Désignations	Effectif	Consommation spécifique	Besoin en eau potable		Besoins journaliers moyens totaux
			Bjm (m <sup>3</sup> /j)		Bjm (m <sup>3</sup> /j)
	Po(2021)	(Cs)	Bjm 2021	Bjm 2041	Bjm 2041
<b>Besoins domestiques</b>					
Malade	435	50	21,75	21,75	<b>42,435</b>
Garde malade	435	15	6,525	6,525	
Personnel médical	130	20	2,6	2,6	
ASRAMES	115	20	2,3	2,3	
CAMP DES INFIRMIERS	99	20	1,98	1,98	
BCZ	110	20	2,2	2,2	
COUVENT	95	20	1,9	1,9	
PETIT SEMINAIRE	159	20	3,18	3,18	
<b>Total</b>	<b>1578</b>				

Désignations	Effectif		Consommation spécifique	Besoins journaliers moyens	
	(Taux de croissance démographique: 3 %)			Bjm (m <sup>3</sup> /j)	
	Horizon du projet: 20 ans		(Cs)	Bjm 2021	Bjm 2041
	Po(2021)	P(2041)			
<b>Besoins annexes (Population riveraine)</b>					
<b>Total</b>	410	<b>741</b>	20	8,2	<b>14,81</b>

Comme besoins journaliers moyens totaux, on prendra la sommation des besoins journaliers domestiques et des besoins annexes.

$$\text{Bjm totaux} = 42,435 + 14,81$$

$$\text{Bjm totaux} = 57,25 \text{ m}^3/\text{j}$$

Pour calculer le débit de pointe horaire on prendra en compte les différents coefficients de pointes. Nous retrouvons le récapitulatif dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8: Calcul du débit de pointe horaire

Paramètres	Type de branchement	
	BP	BF
Coefficient de pointe journalier (Cpj)	1,15	1,15
Coefficient de pointe horaire (Cph)	2,50	2,50
Perte dans le réseau (10%)	0,10	0,10
Besoin journalier moyen dom (m <sup>3</sup> /j)	57,25	
	42,44	14,81
Demande journalière de pointe dom Djp (m <sup>3</sup> /j)	53,68	18,73
Demande journalière de pointe tot Djp (m <sup>3</sup> /j)	72,42	
Temps de distribution (h)	24,00	12,00
Débit moyen horaire Qmh (m <sup>3</sup> /h)	2,24	1,56
Débit de pointe horaire tot dom Qmh (m <sup>3</sup> /h)	5,59	3,90
Débit de pointe horaire total Qmh (m <sup>3</sup> /h)	9,49	
Débit de pointe horaire total Qmh (l/s)	2,64	

#### IV.1.3. Estimations du volume d'eau dans les réservoirs

Un réservoir est un ouvrage hydraulique dont les parois peuvent être construites en moellon ou en béton armé. Il sert à stocker et à réguler la distribution aux agglomérations. Son volume est fonction de la taille de l'agglomération qu'il sera amené à desservir.

Le radier et la dalle de couverture seront en béton armé avec un dosage de  $350\text{kg/m}^3$  pour le radier et à  $300\text{kg/m}^3$  pour la couverture.

Les parois intérieures du réservoir et le radier sont couverts d'une couche d'étanchéité.

Pour ce dimensionnement, les paramètres suivants sont nécessaires :

- Le coefficient horaire (CH) : donné par la REGIDESO ;
- Le débit entrant partiel (QEP) : dépend de la consommation ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) ;
- Le débit sortant partiel (QSP) donné par :  $QSP = QEP \times Ch$  (en  $\text{m}^3/\text{h}$ ) ;
- Le volume entrant partiel (VEP) donné par :  $VEP = QEP \times T$  (en  $\text{m}^3$ ) ;
- Le volume entrant cumulé (VEC) donné par :  $VEC = \sum VEP$  (en  $\text{m}^3$ ) ;
- Le volume sortant partiel (VSP) donné par :  $VSP = QSP \times Ch$  (en  $\text{m}^3$ ) ;
- Le volume sortant cumulé (VSC) donné par  $VSC = \sum VSP$  (en  $\text{m}^3$ ) ;
- Le bilan :  $VEC - VSC$  (en  $\text{m}^3$ ), lorsqu'il est positif, on parle de surplus et s'il est négatif, on parle de déficit.

La capacité théorique du réservoir sera donné par :

$$\text{le plus grand surplus} + |\text{le plus grand deficit}|$$

$$\text{La capacité pratique} = \text{capacité théorique} \times 1,5$$

Tableau 9: Calcul de la capacité du réservoir de  $20\text{m}^3$  (source : dossier technique de la REGIDESO)

Période	Temps	CH	QEP	QSP	VSP	VSC	VEP	VEC	VEC-VSC
Unité	(h)		( $\text{m}^3/\text{h}$ )	( $\text{m}^3/\text{h}$ )	( $\text{m}^3$ )				
0-2	2	0	1,80	0	0	0	3,6	3,6	3,6
2-6	4	0,35	1,80	0,63	2,52	2,52	7,2	10,8	8,28
6-7	1	2,5	1,80	4,5	4,5	7,02	1,8	12,6	5,58
7-12	5	1,2	1,80	2,16	10,8	17,82	9	21,6	3,78
12-15	3	1,7	1,80	3,06	9,18	27	5,4	27	0
15-19	4	1,9	1,80	3,42	13,68	40,68	7,2	34,2	-6,48
19-22	3	0,3	1,80	0,54	1,62	42,3	5,4	39,6	-2,7
22-24	2	0,15	1,80	0,27	0,54	42,84	3,6	43,2	0,36

**La capacité théorique =  $8,28 + |-6,48| = 14,76m^3$**

**La capacité pratique =  $14,76 \times 1,5 = 18,45 m^3$**

Un réservoir de **20m<sup>3</sup>** est adopté pour recueillir l'eau de la source de KIMBERENE.

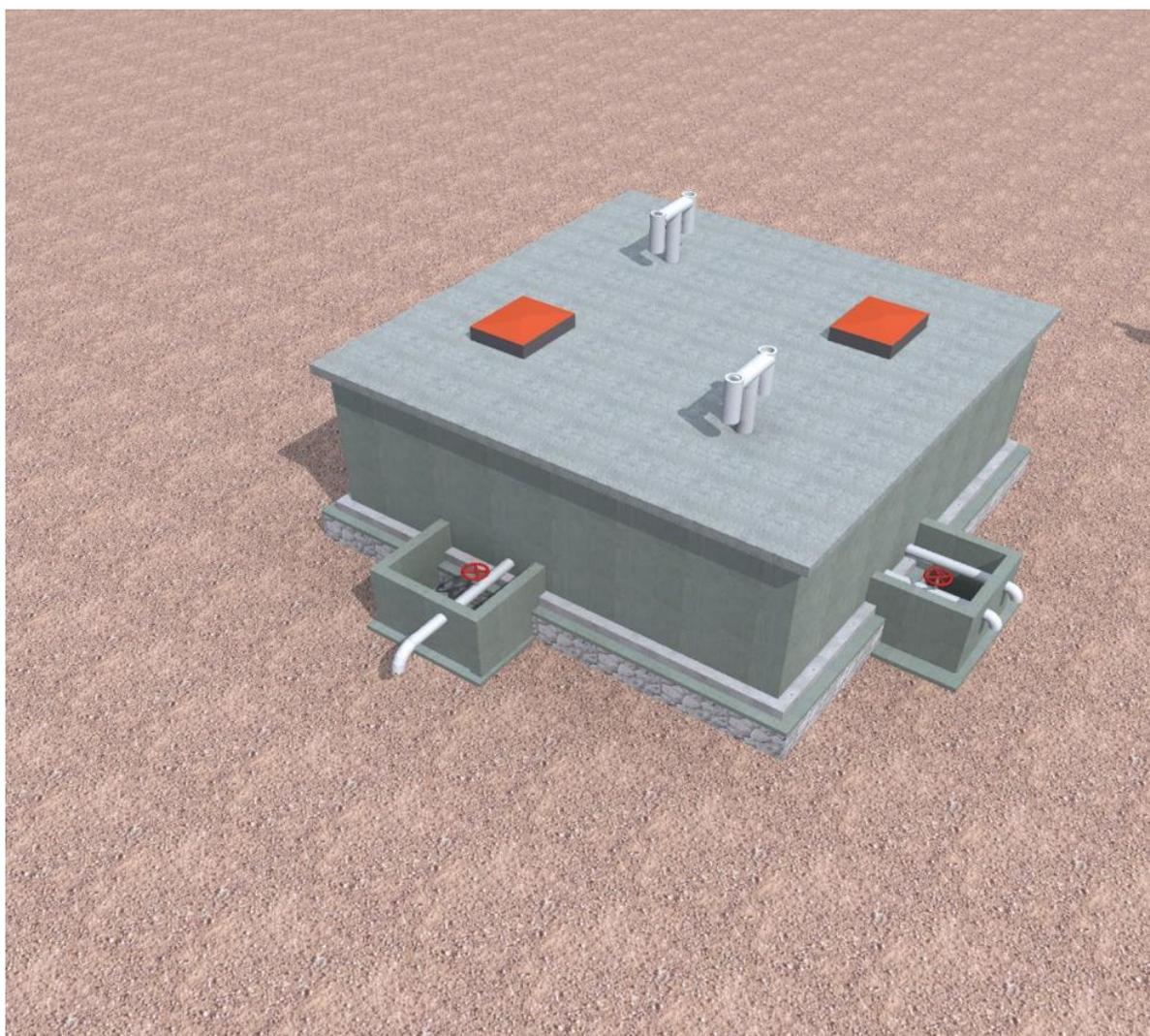


Figure 2: Vue 3D réservoir 20m<sup>3</sup>

Tableau 10: Calcul de la capacité du réservoir de 40m<sup>3</sup>

Période	Temps	CH	QEP	QS	VSP	VSC	VEP	VEC	VEC-VSC
Unité	(h)		(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> )				
0-2	2	0	2,16	0	0	0	4,32	4,32	4,32
2-6	4	0,35	2,16	0,756	3,024	3,024	8,64	12,96	9,936
6-7	1	2,5	2,16	5,4	5,4	8,424	2,16	15,12	6,696
7-12	5	1,2	5,16	6,192	30,96	39,384	25,8	40,92	1,536
12-15	3	1,7	5,16	8,772	26,316	65,7	15,48	56,4	-9,3
15-19	4	1,9	2,16	4,104	16,416	82,116	8,64	65,04	-17,076
19-22	3	0,3	2,16	0,648	1,944	84,06	6,48	71,52	-12,54
22-24	2	0,15	2,16	0,324	0,648	84,708	4,32	75,84	-8,868

$$\text{La capacité théorique} = 9,936 + |-17,076| = 27,012m^3$$

$$\text{La capacité pratique} = 27,012 \times 1,5 = 40,5 m^3$$

Compte tenu du niveau de développement des localités concernées par le projet, il n'est pas nécessaire de tenir compte de la réserve incendie.

La capacité totale du réservoir de distribution sera alors de **40 m<sup>3</sup>** à l'horizon 2

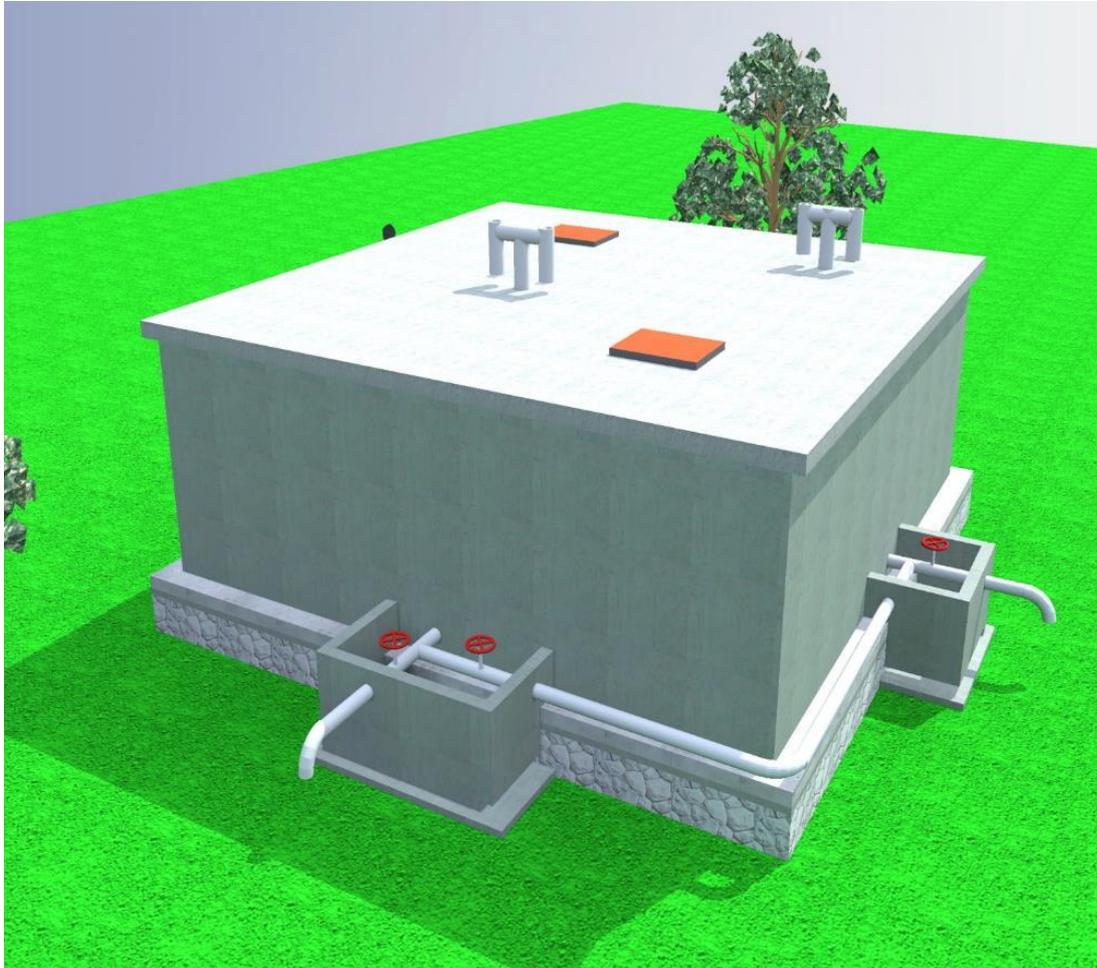


Figure 3: vue 3D réservoir 40m<sup>3</sup>

### Caractéristique et type de réservoir

Les réservoirs que nous proposons ici sont de type béton armé et de forme prismatique (Voir les vues en plan et les coupes en Annexe 8, 9, 10, 11, 12, 13 et 14. Les dimensions du réservoir sont obtenues par la relation suivante :

$$L = \sqrt{\frac{V}{H}}$$

Avec, **L** : la longueur (m)

**V** : le volume du réservoir (m<sup>3</sup>)

**H** : la hauteur hydraulique (m)

Tableau 11: Dimensions des réservoirs

Désignation	Résultats	
	1	2
VOLUME (m <sup>3</sup> )	40	20
HAUTEUR (m)	1,6	1,25
LONGUEUR (m)	5	4

#### IV.1.4. Evaluation de la ressource en eau disponible

Avant tout captage, une analyse de la qualité de l'eau doit être effectuée pour vérifier que l'eau si n'est pas contaminée, qu'elle est exemptée des substances toxiques, qu'elle est incapable d'infecter quiconque en consomme d'une maladie hydrique. C'est ainsi que l'office Congolais de Contrôle assure cette analyse pour notre projet. (**Voir en annexe 13**) le résultat d'analyse de l'eau de notre projet).

L'eau potable ne doit pas contenir une quantité excessive des matières minérales et organiques.

Ainsi l'analyse de la qualité de l'eau s'effectue sur 3 paramètres :

- **Les paramètres organoleptiques** : l'eau est analysée par sa couleur, son odeur, son goût et les matières en suspension.

Par la couleur de l'eau le chimiste ou l'opérateur de l'analyse sera amené à calculer la turbidité par un turbidimètre.

- **Les paramètres physico-chimiques** : Contamination de l'eau par la composition du sol. Ici, sont analysés, la température; le pH (potentiel d'hydrogène), la conductivité de l'eau par le multimètre,....

- **Les paramètres bactériologiques** :

L'eau est analysée pour déterminer les coliformes fécaux (microbes provenant des matières fécaux) qui s'y trouvent, les germes totaux,....

La contamination due aux paramètres bactériologiques est la plus grande menace pour la santé de la population.

Le **tableau 12** ci-dessus nous renseigne sur les normes de la qualité d'une eau potable selon l'OMS :

Tableau 12: Normes sur la qualité d'une eau potable selon l'OMS

Paramètres	Unités	Valeurs limitées
Odeur	-	Non gênant pour les consommateurs
Saveur	-	Non déplaisant
Couleur	UCU	15 (incolore)
Turbidité	NTU	5
pH	-	6,5-8,5
Dureté	MgCaCO <sub>3</sub>	20-30
Ammoniaque	mg/l	10
Nitrate	mg/l	50
Nitrite	mg/l	3
Chlore libre	mg/l	0,2 - 0,5
Coliformes totaux	colonies/ml	1000
Coliformes fécaux	colonies /ml	0
Escherichia coli	colonies/100ml	0

Dans le cadre de notre projet nous avons eu à capter l'eau des sources naturelles dans deux endroits différents dont BUSIGHA et KIMBERENE. (**Voir vue en plan et coupe en annexe 1**).A BUSIGHA nous avons aménagé les sources avec 9 points d'émergences tandis qu'à KIMBERENE nous avons 2 points d'émergences.

Les sources de BUSIGHA ont donné un débit de 0,6l/s soit 2,16m<sup>3</sup>/h et les sources de KIMBERENE un débit de 0,5l/s soit 1,8m<sup>3</sup>/h.

Après toutes les analyses, la source où il est prévu de capter de l'eau pour un projet d'AEP, est jugée exploitable ou pas. Pour notre cas la qualité de l'eau est conforme aux normes d'où on peut procéder aux aménagements des sources

## IV.2. Dimensionnement du réseau d'adduction

Les conduites d'adduction ou de refoulement sont dimensionnées pour le transport des débits d'eau venant des sources d'eau naturelle vers le réservoir ou soit d'un réservoir vers un autre. Les longueurs des conduites sont fonction du système adopté, de l'emplacement de la ressource et du réservoir. Les conduites seront en MDPE avec une pression nominale de 10bars (PN10)

### IV.2.1.a. Dimensionnement du réseau d'adduction BUSIGHA au réservoir de 40m<sup>3</sup>

Dans cette partie il s'agit de transporter l'eau des sources de BUSIGHA vers le réservoir de distribution de 40m<sup>3</sup>.

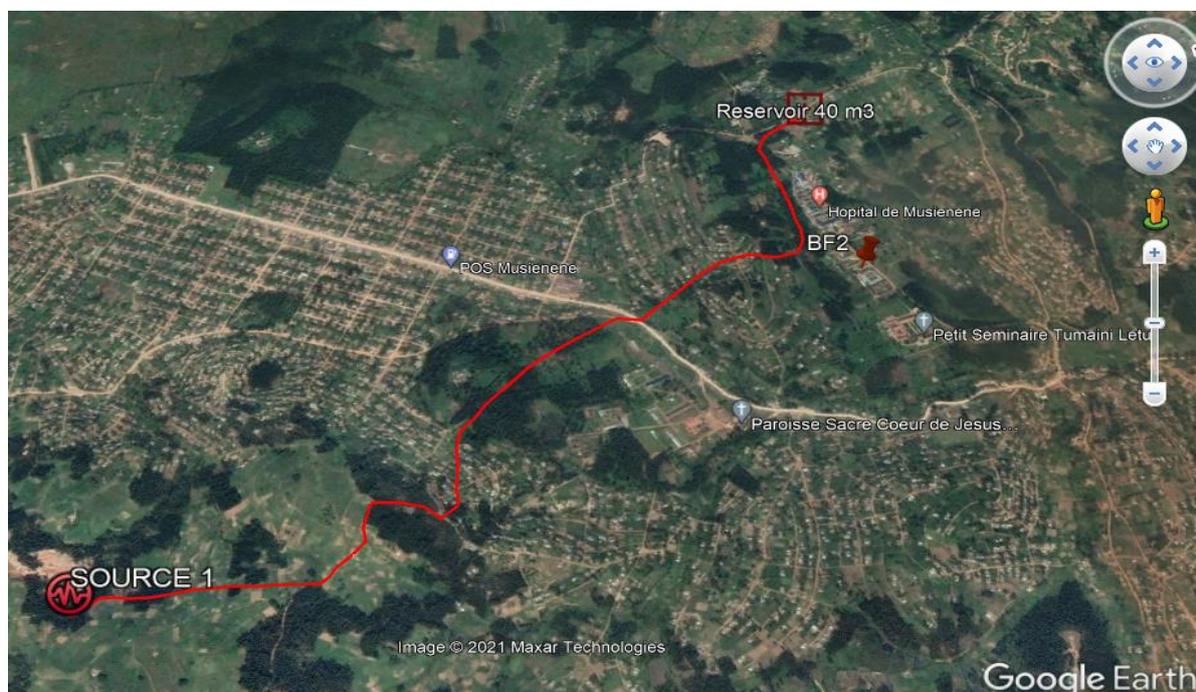


Figure 4: Image satellitaire du réseau d'adduction de BUSIGHA

Le tableau 13 donne le récapitulatif de résultats obtenus

Tableau 13: Dimensionnement du réseau d'adduction BUSIGHA-R40m<sup>3</sup>



Vi=		1,00										Ztn amont (m)		1867
Chw=		140												
Réseau d'adduction BUSIGHA - Réservoir 40 m <sup>3</sup>														
Tronçon	Longueur (m)	Débit (l/s)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Dth (mm)	Dn (mm)	Dint (mm)	j(m)/Tronçon	jx-r (m)	Ztn aval (m)	PN (m)	P Dynamique imposée en X (m)	Pression hydrostatique (m)	Vitesse réelle (m/s)	
1--2	15,62	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,07	0,07	1 866,0	10	0,93	1,00	0,37	
2--3	6,08	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,03	0,09	1 864,0	10	2,91	3,00	0,37	
3--4	15,52	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,07	0,16	1 863,0	10	3,84	4,00	0,37	
4--5	9	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,04	0,20	1 857,0	10	9,80	10,00	0,37	
5--6	31,62	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,14	0,34	1 857,0	10	9,66	10,00	0,37	
6--7	2,24	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,01	0,35	1 861,0	10	5,65	6,00	0,37	
7--8	11,6	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,05	0,40	1 854,0	10	12,60	13,00	0,37	
8--9	36,22	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,16	0,55	1 850,0	10	16,45	17,00	0,37	
9--10	46,87	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,20	0,76	1 850,0	10	16,24	17,00	0,37	
10--11	45,12	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,20	0,95	1 849,0	10	17,05	18,00	0,37	
11--12	84,5	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,37	1,32	1 850,0	10	15,68	17,00	0,37	
12--13	62,1	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,27	1,59	1 849,0	10	16,41	18,00	0,37	
13--14	51,01	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,22	1,81	1 852,0	10	13,19	15,00	0,37	
14--15	65,03	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,28	2,09	1 849,0	10	15,91	18,00	0,37	
15--16	61,13	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,26	2,36	1 848,0	10	16,64	19,00	0,37	
16--17	42,19	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,18	2,54	1 848,0	10	16,46	19,00	0,37	
17--18	53,76	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,23	2,77	1 848,0	10	16,23	19,00	0,37	
18--19	83,1	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,36	3,13	1 847,0	10	16,87	20,00	0,37	
19--20	32,2	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,14	3,27	1 845,0	10	18,73	22,00	0,37	
20--21	49,65	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,22	3,49	1 845,0	10	18,51	22,00	0,37	
21--22	92,42	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,40	3,89	1 844,0	10	19,11	23,00	0,37	
22--23	53,15	0,60	0,00060	28	50	45,2	0,23	4,12	1 842,0	10	20,88	25,00	0,37	

Tronçon	Longueur (m)	Débit (l/s)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Dth (mm)	Dn (mm)	Dint (mm)	j(m)/Tronçon	jx-r (m)	Ztn aval (m)	PN (m)	P Dynamique imposée en X (m)	Pression hydrostatique (m)	Vitesse réelle (m/s)
24--25	83,65	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,36	0,36	1 838,00	10	28,64	29	0,37
25--26	39,56	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,17	0,53	1 837,00	10	29,47	30	0,37
26--27	26,31	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,11	0,65	1 833,00	10	33,35	34	0,37
27--28	31,02	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,13	0,78	1 828,00	10	38,22	39	0,37
28--29	18,11	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,08	0,86	1 824,00	10	42,14	43	0,37
29--30	25,3	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,11	0,97	1 819,00	10	47,03	48	0,37
30--31	15,13	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,07	1,04	1 819,00	10	46,96	48	0,37
31--32	26,48	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,11	1,15	1 811,00	10	54,85	56	0,37
32--33	55,54	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,24	1,39	1 803,00	10	62,61	64	0,37
33--34	43,88	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,19	1,58	1 794,00	10	71,42	73	0,37
34--35	36,77	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,16	1,74	1 785,00	10	80,26	82	0,37
35--36	82,66	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,36	2,1	1 780,00	10	84,9	87	0,37
36--37	64,2	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,28	2,38	1 782,00	10	82,62	85	0,37
37--38	72,72	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,32	2,69	1 777,00	10	87,31	90	0,37
38--39	86,84	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,38	3,07	1 771,00	10	92,93	96	0,37
39--40	13,34	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,06	3,13	1 770,00	16	93,87	97	0,37
40--41	48,3	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,21	3,33	1 767,00	16	96,67	100	0,37
41--42	51,85	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,22	3,56	1 766,00	16	97,44	101	0,37
42--43	67,52	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,29	3,85	1 764,00	16	99,15	103	0,37
43--44	48,51	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,21	4,06	1 761,00	16	101,94	106	0,37
44--45	58,14	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,25	4,31	1 761,00	16	101,69	106	0,37
45--46	49,01	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,21	4,53	1 760,00	16	102,47	107	0,37
46--47	69,63	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,3	4,83	1 755,00	16	107,17	112	0,37
47--48	26,25	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,11	4,94	1 753,00	16	109,06	114	0,37
48--49	45,69	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,2	5,14	1 754,00	16	107,86	113	0,37

Tronçon	Longueur (m)	Débit (l/s)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Dth (mm)	Dn (mm)	Dint (mm)	j(m)/Tronçon	jx-r (m)	Ztn aval (m)	PN (m)	P Dynamique imposée en X (m)	Pression hydrostatique	Vitesse réelle (m/s)
49--50	21,95	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,1	5,23	1 756,00	16	105,77	111	0,37
50--51	21,21	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,09	5,33	1 756,00	16	105,67	111	0,37
51--52	44,38	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,19	5,52	1 762,00	16	99,48	105	0,37
52--53	13,6	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,06	9,98	1 765,00	10	92,02	102	0,37
53--54	26	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,11	10,09	1 771,00	10	85,91	96	0,37
54--55	36,24	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,16	10,25	1 778,00	10	78,75	89	0,37
55--56	58,52	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,25	10,5	1 783,00	10	73,5	84	0,37
56--57	48,37	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,21	10,71	1 788,00	10	68,29	79	0,37
57--58	48,51	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,21	10,92	1 788,00	10	68,08	79	0,37
58--59	75,82	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,33	11,25	1 785,00	10	70,75	82	0,37
59--60	82,46	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,36	11,61	1 782,00	10	73,39	85	0,37
60--61	64,94	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,28	11,89	1 781,00	10	74,11	86	0,37
61--62	71,18	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,31	12,2	1 780,00	10	74,8	87	0,37
62--63	96,73	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,42	12,62	1 778,00	10	76,38	89	0,37
63--64	73,05	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,32	12,93	1 779,00	10	75,07	88	0,37
64--65	34,41	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,15	13,08	1 779,00	10	74,92	88	0,37
65--66	39,12	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,17	13,25	1 780,00	10	73,75	87	0,37
66--67	39,12	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,17	13,42	1 782,00	10	71,58	85	0,37
67--68	22,2	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,1	13,52	1 783,00	10	70,48	84	0,37
68--69	16,49	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,07	13,59	1 786,00	10	67,41	81	0,37
69--70	40,45	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,18	13,76	1 791,00	10	62,24	76	0,37
70--71	24,33	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,11	13,87	1 794,00	10	59,13	73	0,37
71--72	18,44	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,08	13,95	1 798,00	10	55,05	69	0,37
72--73	24,02	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,1	14,05	1 800,00	10	52,95	67	0,37
73--74	17,12	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,07	14,13	1 802,00	10	50,87	65	0,37
74--75	15,13	0,6	0,0006	28	50	45,2	0,07	14,19	1 804,00	10	48,81	63	0,37

#### IV.2.1.b. Dimensionnement du réseau d'adduction KIMBERENE au réservoir de 20m<sup>3</sup>

Dans ce cas il s'agit du transport de l'eau quittant les sources de KIMBERENE vers le réservoir de 20m<sup>3</sup>. Le **tableau 14** donne le récapitulatif de résultats obtenus.

Tableau 14: Dimensionnement du réseau d'adduction KIMBERENE -20m<sup>3</sup>

Vi	1,00										Ztn amont (m)	1771	
Chw=	140												
Réseau d'adduction KIMBERENE - Réservoir 20 m <sup>3</sup>													
Tronçon	L (m)	Débit (l/s)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Dth (mm)	Dn (mm)	Dint (mm)	j(m)/Tronçon	jx-r (m)	Ztn aval (m)	PN (m)	P Dynamique imposée en X (m)	P hydro statique	Vitesse réelle (m/s)
1--2	11,3 4	0,50	0,00050	25	50	45,2	0,04	0,04	1770	10	0,96	1,00	0,31
2--3	10,5	0,50	0,00050	25	50	45,2	0,03	0,07	1769	10	1,93	2,00	0,31
3--4	14,1 6	0,50	0,00050	25	50	45,2	0,04	0,11	1768	10	2,89	3,00	0,31

#### IV.2.1.c. Dimensionnement de la conduite de refoulement du réservoir de 20m<sup>3</sup>- réservoir 40m<sup>3</sup>

Dans cette partie, la conduite de refoulement (par pompage) quittant du réservoir de 20m<sup>3</sup> au réservoir de 40m<sup>3</sup> sera dimensionnée. **Le tableau 15** donne le récapitulatif de résultats obtenus.

Tableau 15 Dimensionnement de la conduite de refoulement du réservoir de 20m<sup>3</sup>- réservoir 40m<sup>3</sup>

	Débit	Temps de pompage	L	Dth	Dth	Dint	DN	V	Flamant	Vérification
Formules	(m <sup>3</sup> /h)	(h)	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/s)	Flamant
<b>Bresse</b>	3	7	252	<b>0,0433</b>	<b>43,3</b>	<b>45,2</b>	<b>50</b>	<b>0,57</b>	<b>0,643</b>	<b>oui</b>
Bresse modifiée	3			0,0753	75,3	81,4	90	<b>0,19</b>	<b>0,675</b>	oui
Munier	3			0,0329	32,9	36,2	40	<b>0,98</b>	<b>0,633</b>	Non
Achour et Bedjaoui	3			0,0367	36,7	45,2	50	<b>0,79</b>	<b>0,637</b>	Non
Bonnin	3			0,0289	28,9	36,2	40	<b>1,27</b>	<b>0,629</b>	Non

Les formules de Munier, Achour et Bedjaoui et Bonnin donnent de petits diamètres mais ont l'avantage de donner un investissement moindre. Ces diamètres engendrent des pertes de charges élevées d'où une HMT importante. Ce qui occasionne alors des dépenses énergétiques élevées à l'exploitation. Quant aux formules de Bresse et Bresse modifiée, elles donnent des diamètres qui vérifient la condition de Flamant et GLS.

Mais une vitesse de 0,19m/s est obtenue avec la formule de Bresse modifiée, une vitesse inférieure à la vitesse admissible dans une conduite de refoulement ( $0,19\text{m/s} < 0,3\text{m/s}$ ).



Figure 5: Image satellitaire du réseau d'adduction KIMBERENE et de refoulement

**Nous retenons la formule de Bresse avec une conduite en MDPE de Diamètre Nominal de 50 mm (DN50) et de Pression Nominale de 10bars (PN10).**

#### IV.2.1.d. Vérification du coup de bélier

✚ **Calcul de la célérité (c) :** qui provoque le coup de bélier.

$K$	33
$D_{int} (m)$	0,045
$DN (m)$	0,05
$e (m)$	0,0024
$c (m/s)$	<b>382,5</b>

✚ **Calcul de la variation instantanée de la pression ( $\Delta P$ ).**

$c$ (m/s)	382,5
$V_0$ (m/s)	0,57
$g$ (m/s <sup>2</sup> )	9,81
<b><math>\Delta P</math> (m)</b>	<b>22,07</b>

**IV.2.1.e. Calcul de la pression maximale ( $P_{max}$ )**

Tableau 16: Calcul de la pression

Cote radier réservoir 40m <sup>3</sup> (m)	1804
Cote d'eau Max réservoir 40m <sup>3</sup> (m)	1805,6
Cote radier réservoir 20m <sup>3</sup> (m)	1768
Cote d'eau Min réservoir 20m <sup>3</sup> (m)	1768,1
Longueur refoulement (m)	252
hauteur géométrique	37,5
$\Delta H$ tot (m)	3,64
HMT (m)	41
$\Delta P$ (m)	22,07
<b>Surpression (m)</b>	<b>63,20</b>
<b>Dépression (m)</b>	<b>19,07</b>

- **Cas de surpression** : on remarque que la surpression dans le réseau est inférieure à la pression maximale admissible dans la conduite d'adduction (  $HMT + \Delta P = 63,20m < P_{max} = 100m$ ). Donc nous pouvons dire que la surpression dans la conduite n'est pas suffisante pour engendrer des coups de béliers. **Le choix de la pression normale de service de la conduite de refoulement est vérifié pour PN 10 soit 100 m.**

- **Cas de dépression** : on remarque que la dépression dans la conduite est supérieure à zéro ( $HMT - \Delta P = 19,07m > 0$ ). Donc il n'y a pas de dépression dans la conduite d'adduction.

❖ **Vérification** : si  $\frac{P_{max}}{PN_{serv}} < 1,2 \rightarrow$  *pas de coup de bélier*

$$\frac{P_{max}}{PN_{serv}} = \frac{63,20}{100} = 0,632 < 1,2$$

Il n'y a donc pas de risque de coup de bélier sur la conduite de refoulement. Il n'est donc pas nécessaire d'installer un dispositif anti-bélier.

### IV.3. Station de pompage

Dans cette partie Il s'agit de déterminer les caractéristiques de l'électropompe qui sera chargée de refouler l'eau de la bache de 20m<sup>3</sup> vers le réservoir de 40m<sup>3</sup>. Le débit à refouler et la HMT sont les principaux paramètres de dimensionnement de la pompe. En effet la puissance hydraulique, puissance que la pompe communique à l'eau pour la transporter passer de la bache de 20m<sup>3</sup> au réservoir de 40m<sup>3</sup> est donnée par l'équation suivante :

$$PH = \rho \times g \times HMT \times Q$$

Avec :

**PH** : la puissance hydraulique (Wc)

**$\rho$**  : la masse volumique de l'eau (kg/m<sup>3</sup>)

**g** : l'accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>)

**Q** : le débit pompé (m<sup>3</sup>/s)

**HMT** : la hauteur manométrique totale (m)

Quand on prend en compte le rendement du moteur et celui de la pompe, nous obtenons la puissance électrique nécessaire. La relation suivante nous permet de déterminer cette puissance électrique :

$$P_{elec} = \frac{PH}{\eta_m \times \eta_p}$$

**Le tableau 17** suivant donne le résultat de la détermination de la puissance électrique :

Tableau 17: Détermination de la puissance électrique

Station de pompage		
Paramètres	Unités	Valeurs
Masse volumique de l'eau ( $\rho$ )	kg/m <sup>3</sup>	1000
Accélération de la pesanteur (g)	m/s <sup>2</sup>	9,81
Débit pompage (Q)	m <sup>3</sup> /h	3
Débit pompage (Q)	m <sup>3</sup> /s	0,00083
Hauteur manométrique totale (HMT)	m	41
Puissance hydraulique (PH)	kW	0,34
Rendement de la pompe ( $\eta_p$ )	%	57,5
Rendement du moteur ( $\eta_m$ )	%	75
Puissance électrique (P élec)	kW	1,02

### Choix de la pompe

Les pompes de marque Grundfos sont les plus répandues actuellement sur le marché national et dont la robustesse ainsi que la technologie sont vérifiées. Nous retenons la pompe SQ 3-40 (SQ : type de pompe, 3 : débit nominal de la pompe et 40 son étage) de Grundfos dont les caractéristiques correspondent à celles recherchées. Le **Tableau 18** ci-dessous et l'**Annexe 3** donnent les caractéristiques de la pompe SQ 3-40.

Tableau 18: Caractéristiques de la pompe SQ 3-40 selon Grundfos

Intitulés		Caractéristiques
Marque		GRUNDFOS
Nom du produit		SQ 3-40
Débit (m <sup>3</sup> /h)		3,065
HMT (mCE)		41,76
Puissance absorbée pompe (kW)		0,63
Rendement pompe (%)		57,5
Moteur	Type	MS3
	Puissance absorbée (kW)	0,88
	Vitesse nominale (tr/min)	10700
	Diamètre (pouce)	1 1/4
poids (kg)		4,8
Fréquence(Hz)		50
Facteur de puissance		1
rendement moteur(%)		70
Tension nominale(V)		1*200-240

Le tracé de la courbe caractéristique du réseau de refoulement et de celle de la pompe nous permet de déterminer le débit et la HMT au point de fonctionnement de la pompe pour au niveau du réservoir. Le point de fonctionnement de la pompe présente les meilleures conditions de refoulement. Il est donné par l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe et celle du réseau. Les résultats sont illustrés à la Figure 3 ci-dessous. Les données et les courbes de performances de la pompe sont également jointes en **Annexe 4**.

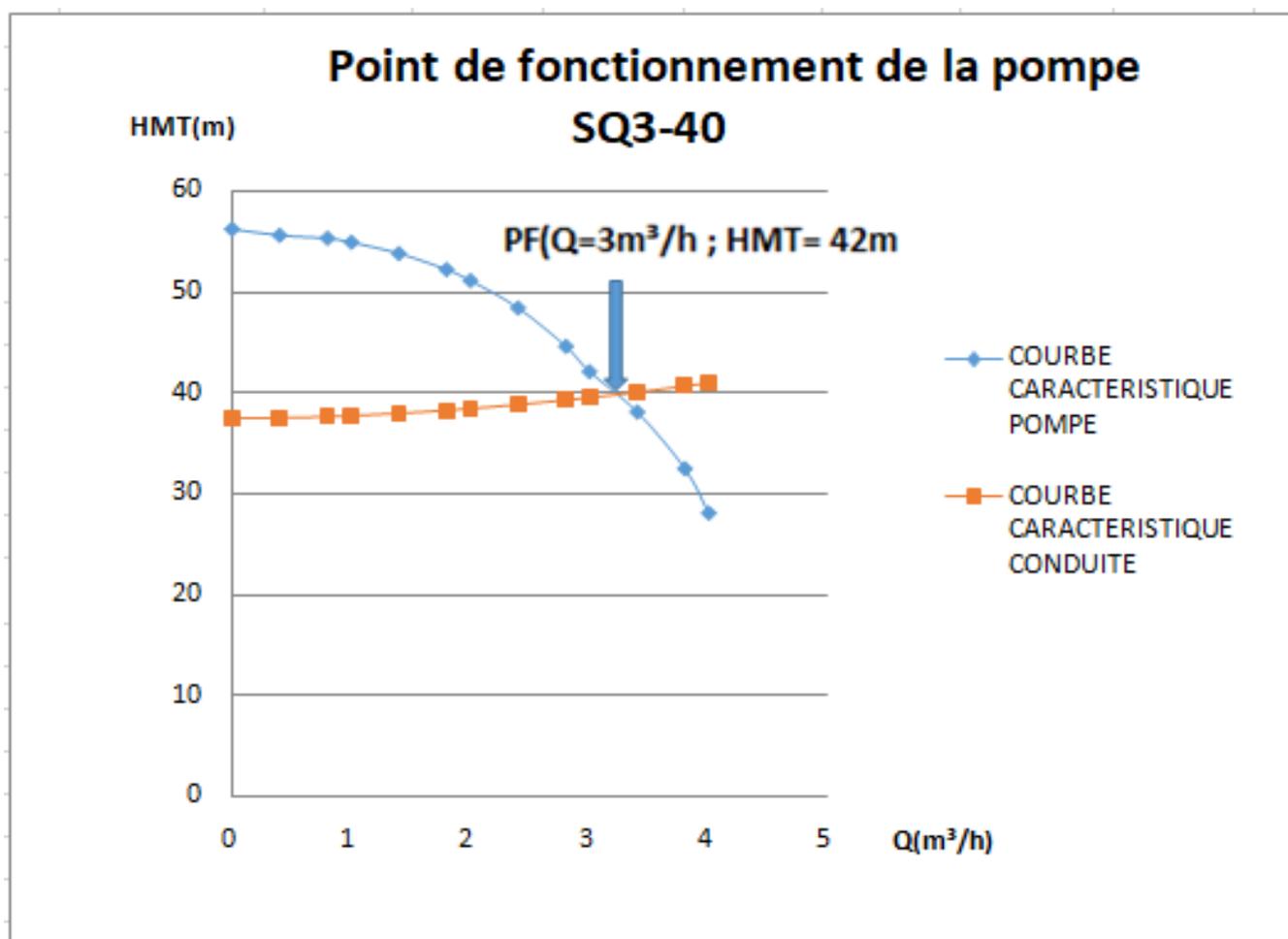


Figure 6: Courbe au point de fonctionnement de la pompe

#### IV.4. Dimensionnement du réseau de distribution

Le débit en tête du réseau de distribution est de 2,64 l/s d'après les résultats du Tableau 5 ci-dessous. Une répartition du débit de 0,33l/s est faite dans le cadre de ce projet à chaque point où il y a la demande soit aux BP ou soit aux BF.

Les pressions les plus élevées à chaque nœud définiront la pression de fonctionnement admissible des conduites à installer. Les conduites en PN 6 auraient pu tenir pour ce réseau mais pour se conformer aux spécifications techniques imposées par les TDR de cette étude, l'utilisation d'une pression nominale **PN10** est adoptée. Par ailleurs, les pressions à chacun des nœuds sont supérieures à **10mce** dans le réseau. À l'aide d'un tableur Excel, les différents diamètres des conduites, les pertes de charge et les vitesses dans chaque tronçon et les pressions au niveau de chaque nœud ont été déterminés.

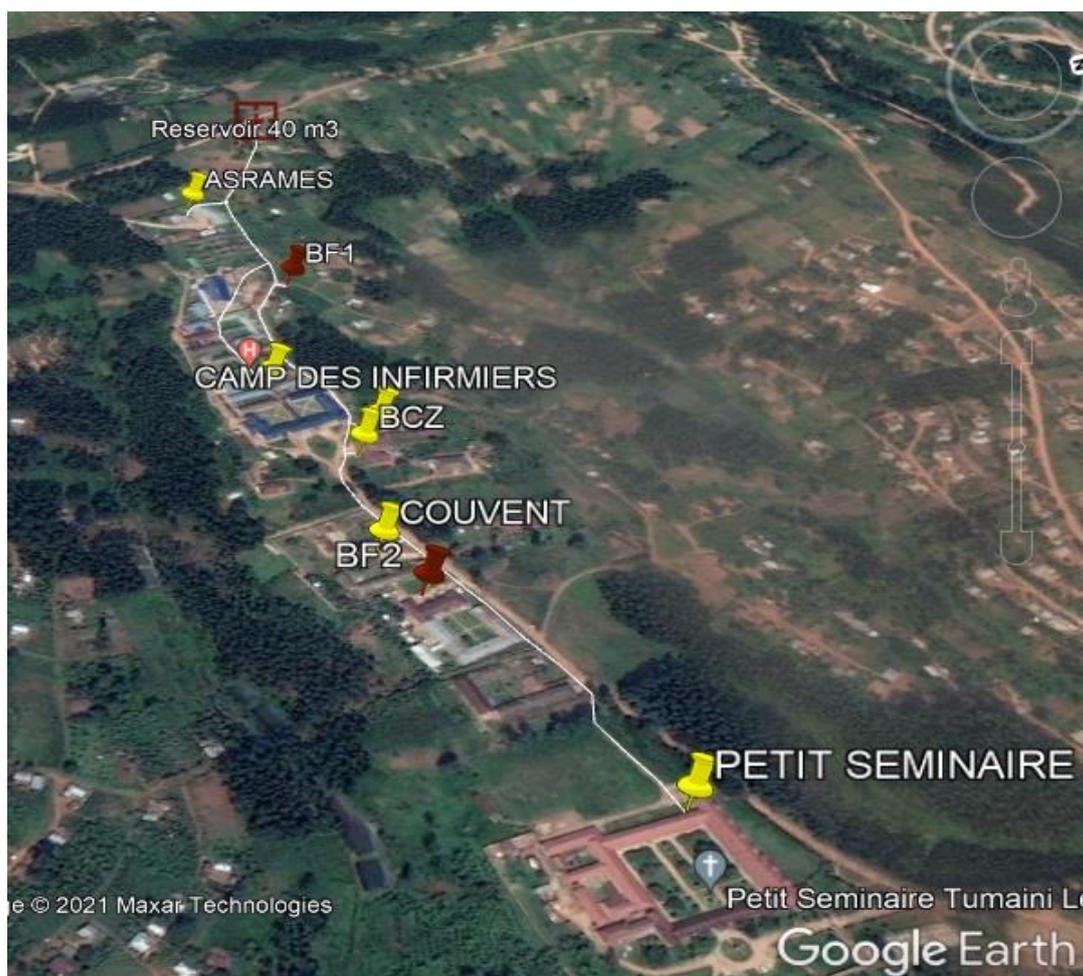


Figure 7: Image satellitaire pour le réseau de distribution



Les détails du dimensionnement sont résumés dans le **tableau 19** ci-dessous.

*Tableau 19: Dimensionnement du réseau de distribution*

													Côte R		1805,60
													Côte TN R		1804,00
													Hutile		1,60
Réseau de distribution															
Tronçon	L (m)	Débit (l/s)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Dth (mm)	Dn (mm)	Dint (mm)	j(m)/Tronçon	jx-r (m)	Ztn aval (m)	Pmin (m)	P imposé en X (m)	Pression hydro statique (m)	Vitesse réelle (m/s)	Cond. de pression	Cond. de vitesse
R-N1	104,20	2,64	0,00264	58	75	67,8	1,30	1,30	1783	10	21,30	22,60	0,73	OK	OK
N1-N2	41,17	0,33	0,00033	20	32	28,8	0,70	2,00	1781	10	22,60	24,60	0,51	OK	OK
N1-N3	107,30	2,31	0,00231	54	63	57	2,43	3,72	1776	10	25,88	29,60	0,91	OK	OK
N3-N4	205,00	0,33	0,00033	20	32	28,8	3,51	7,23	1773	10	25,37	32,60	0,51	OK	OK
N3-N5	34,14	1,98	0,00198	50	63	57	0,58	4,30	1775	10	26,30	30,60	0,78	OK	OK
N5-BF1	9,30	0,33	0,00033	20	32	28,8	0,16	4,46	1773	5	28,14	32,60	0,51	OK	OK
N5-N7	221,40	1,65	0,00165	46	63	57	2,68	6,99	1774,8	10	23,81	30,80	0,65	OK	OK
N7-N8	19,68	0,33	0,00033	20	32	28,8	0,34	7,32	1774,5	10	24,28	31,60	0,51	OK	OK
N7-N9	38,00	1,32	0,00132	41	63	57	0,30	7,29	1774	10	24,31	31,60	0,52	OK	OK
N9-N10	9,40	0,33	0,00033	20	32	28,8	0,16	7,45	1773	10	25,15	32,60	0,51	OK	OK
N9-N11	107,00	0,99	0,00099	36	50	45,2	1,56	8,85	1772	10	24,75	33,60	0,62	OK	OK
N11-N12	22,20	0,33	0,00033	20	32	28,8	0,38	9,23	1770	10	26,37	35,60	0,51	OK	OK
N11-N13	34,00	0,66	0,00066	29	50	45,2	0,23	9,08	1769	10	27,52	36,60	0,41	OK	OK
N13-BF2	29,00	0,33	0,00033	20	32	28,8	0,50	9,58	1767	5	29,02	38,60	0,51	OK	OK
N13-N15	235,00	0,33	0,00033	20	32	28,8	4,02	13,10	1762	10	30,50	43,60	0,51	OK	OK

#### IV.5. Simulation du réseau de distribution sur EPANET

Afin de vérifier les résultats obtenus sur Excel, nous avons simulé notre réseau de distribution sur le logiciel EPANET.

Notre réseau de distribution ainsi tracé, a été exporté vers EPANET, grâce à l'outil Epacad qui permet de conserver les coordonnées, ainsi que les longueurs respectives des tronçons. Puis, il a été renseigné les demandes aux nœuds obtenues lors du dimensionnement sur Excel, l'estimation des pertes de charges a été faite grâce à la formule de Hazen Williams, les diamètres des canalisations renseignés correspondent aux diamètres intérieurs normalisés et le débit en tête du réservoir est de 2,64l/s. Il en résulte que les résultats obtenus après simulation sont cohérents à ceux obtenus sur Excel.

La **Figure 8** ci-dessous montre un aperçu de l'état du réseau.

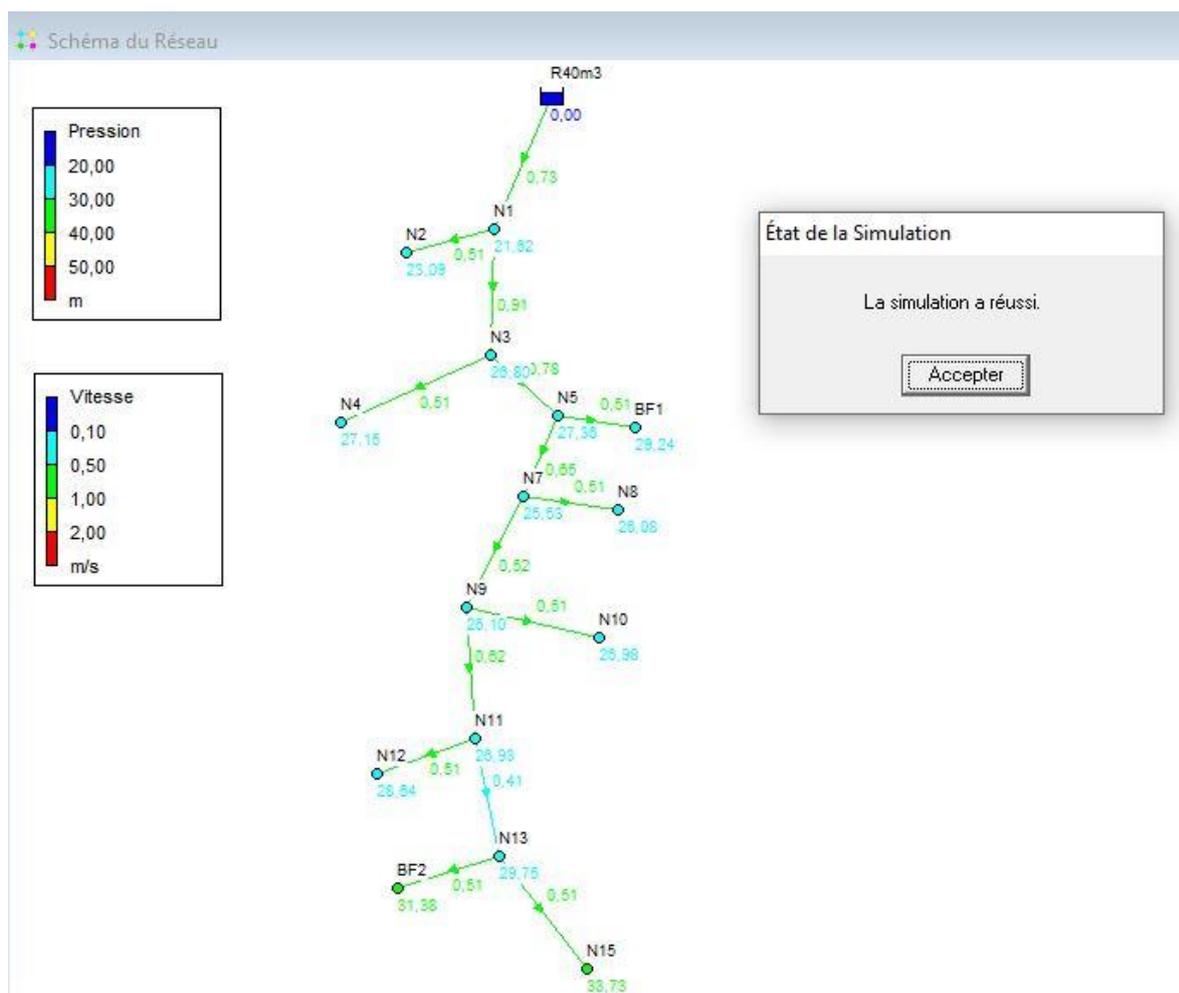


Figure 8: Etat du réseau de distribution après simulation sur EPANET

Les caractéristiques des nœuds et des conduites sont données dans le tableau et le tableau ci-dessous :

#### IV.5.1. Caractéristiques des nœuds

Les caractéristiques des nœuds sont présentées dans le **tableau 20** suivant :

Tableau 20: Caractéristiques en chaque nœud

	Demande	Charge	Pression
ID Nœud	l/s	m	m
Nœud N1	0	1804,62	21,62
Nœud N2	0,33	1804,56	23,56
Nœud N3	0	1802,8	26,8
Nœud N4	0,33	1802,5	29,5
Nœud N5	0	1802,36	27,36
Nœud N6	0,33	1802,34	29,34
Nœud N7	0	1800,33	25,53
Nœud N8	0,33	1800,31	26,31
Nœud N9	0	1800,1	26,1
Nœud N10	0,33	1800,09	27,09
Nœud N11	0	1798,93	26,93
Nœud N12	0,33	1798,9	28,9
Nœud N13	0	1798,75	29,75
Nœud N14	0,33	1798,71	31,71
Nœud N15	0,33	1798,42	36,42
Bâche B1	-2,64	1805,6	0

#### IV.5.2. Caractéristiques des conduites

Sur la base des diamètres intérieurs affectées à chaque tuyau afin de respecter les conditions de vitesses, les diamètres nominaux des conduites en PVC ont été choisis et présentés dans le tableau 21 ci-dessous :

Tableau 21: Choix des conduites

	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse
ID Conduite	m	mm	l/s	m/s
Tuyau T2	41,17	28,8	0,33	0,51
Tuyau T3	107,3	57	2,31	0,91
Tuyau T4	205	28,8	0,33	0,51
Tuyau T5	34,14	57	1,98	0,78
Tuyau T6	9,3	28,8	0,33	0,51
Tuyau T7	221,4	57	1,65	0,65
Tuyau T8	19,68	28,8	0,33	0,51
Tuyau T9	38	57	1,32	0,52
Tuyau T10	9,4	28,8	0,33	0,51
Tuyau T11	107	45,2	0,99	0,62
Tuyau T12	22,2	28,8	0,33	0,51
Tuyau T13	34	45,2	0,66	0,41
Tuyau T14	29	28,8	0,33	0,51
Tuyau T15	235	28,8	0,33	0,51
Tuyau T1	104,2	67,8	2,64	0,73

La simulation hydraulique en régime permanent nous montre que les vitesses sur les différents tronçons sont acceptables, car comprises entre 0,51 et 0,91 m/s, les vitesses d'écoulement de l'eau respectent les conditions de vitesses  $0,3 \leq V \leq 1,5$  m/s. Par ailleurs, nous avons obtenu des pressions comprises entre 10m et 60m.

## IV.6. Géométrie des tranches des conduites

### IV.6.1. Récapitulatif des longueurs des conduites

Tableau 22: Récapitulatif des longueurs des conduites

Diamètres extérieurs (mm)	Diamètres des conduites MDPE et PVC				Longueur totale réseau en m
	DN75	DN63	DN50	DN32	
Conduite captage des sources (PVC) en m			264		<b>264,00</b>
Conduite d'adduction (MDPE) en m			3564,4		<b>3564,43</b>
Conduite de distribution (PVC) en m	104,20	400,84	141,00	570,75	<b>1216,79</b>
Longueur totale en m	<b>104,2</b>	<b>400,84</b>	<b>3969,43</b>	<b>570,75</b>	<b>5045,22</b>

Notre réseau a une longueur totale des conduites de **5045,22m** dont **3828,43m** pour l'adduction et **1216,79m** pour la distribution.

### IV.6.2. Pose des conduites en tranches

Les conduites seront posées dans des tranchés dont la profondeur et largeur varient en fonction du diamètre. La pose des conduites dans les tranchés se fera suivant les contraintes du terrain et dans les règles de l'art. Le calcul de la largeur et de la profondeur de fouille se fait suivant les formules :

$$P \geq 0,8 + DN(m) \text{ et } l \geq 0,4 + DN(m)$$

Le **tableau 23** ci-dessous donne les dimensions des fouilles suivant les différents diamètres de conduites.

Tableau 23: Récapitulatif des dimensions des fouilles

		Diamètres (mm)			
		DN75	DN63	DN50	DN32
Valeurs calculées	Profondeur (m)	0,875	0,863	0,85	0,832
	Largeur (m)	0,475	0,463	0,45	0,432
Valeurs retenues	Profondeur (m)	<b>0,9</b>			
	Largeur (m)	<b>0,5</b>			

Une profondeur de fouille de 0,9m et une largeur de 0,5m sont retenues pour toutes les conduites allant du DN73 au DN32 nous retrouvons en **annexe 15** le plan de pose de conduites.

#### **IV.6.3. Equipements annexes sur le réseau**

Pour un fonctionnement optimal, sans désagréments et sécurisé du réseau, quelques dispositifs hydrauliques, appareillages et des ouvrages de génie civil sont installés sur des points spécifiques du réseau. Il s'agit entre autres de :

##### **❖ TUYAU DEVIDANGE**

Cette conduite permet au nettoyage du réseau, des dépôts occasionnés par les faibles vitesses aussi bien lors de la phase d'exploitation qu'en interruption de service. Nous retrouvons cette conduite au niveau des réservoirs et bacs collecteurs.

##### **❖ TUYAU D'AERATION**

Ce tuyau permet l'aération des ouvrages de stockage, ils sont en acier galvanisé et sont placés sur les deux réservoirs et sur les deux bacs collecteurs.

##### **❖ . CLAPET ANTI-RETOUR**

Le clapet anti-retour ou de non-retour est un accessoire hydraulique permettant de contrôler le sens de circulation de l'eau dans le réseau, l'empêchant ainsi de s'écouler dans le sens inverse. Il est installé sur la dalle de couverture du réservoir de 20m<sup>3</sup> à KIMBERENE.

##### **❖ LOCAL GARDIEN ET CHAMP SOLAIRE**

Un petit local du gardien pour la sécurisation des ouvrages entre autre le champ solaire et la pompe et permettant aussi de garder les équipements et outils de maintenance. Ce petit local est d'une pièce et situé à KIMBERENE.

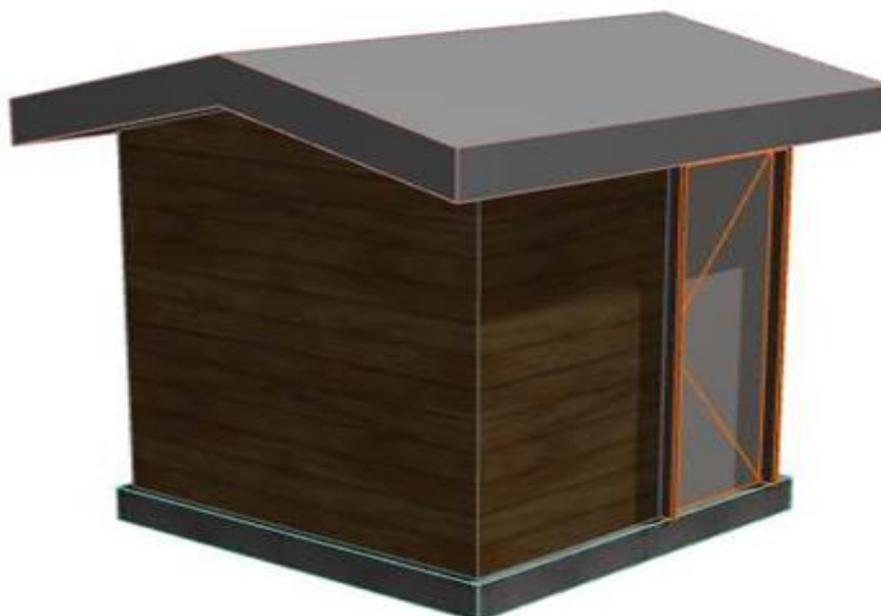


Figure 9: Vue 3D local gardien

#### ❖ CLOTURE GRILLAGEE

Les réservoirs et le champ solaire sont sécurisés par une clôture avec grille métallique tandis que les aires de captage des sources sont en sticks de bois.

#### **IV.7. Mode de gestion du réseau**

La pérennisation de notre réseau exige une mise en place d'un système efficace d'entretien, de maintenance des ouvrages et services.

##### **IV.7.1. Objectif global**

Renforcer les capacités des membres du comité de gestion de l'adduction (WMC) gérés par l'Hôpital conformément aux standards du cluster WASH DRC sous une approche parfaitement communautaire afin de connaître l'importance de la communauté bénéficiaire dans la gestion de cette AEP, tout le processus et mécanisme de fonctionnement à rendre le système durable.

##### **IV.7.2. Objectifs spécifiques**

- Mettre en place une équipe d'intervention rapide et ponctuelle sur différentes pannes qui peuvent surgir sur le réseau ;
- Assurer la propreté des points d'eau et des ouvrages ;
- Rappeler les rôles de chaque membre ;
- Mettre les outils nécessaires à la disposition des membres du comité de gestion ;

## V. Etude du coût global du projet

Le coût global est déterminé à partir du devis estimatif. Le **tableau 24** ci-dessous donne en récapitulatif les grandes lignes du projet. Les détails sont dans l'**Annexe 16**.

Tableau 24: Evaluation du coût global des travaux

SYNTHESE D'OUVRAGES AEP HOPITAL DE MUSIENENE					
N°	DESIGNATION	Quantité	Unité	Prix Unitaire en \$	Prix Total en \$
1	CAPTAGE DES SOURCES (11 POINTS)	11	point	789,50	8 684,50
2	BAC COLLECTEUR DE 2m <sup>3</sup>	2	bac	1 883,70	3 767,41
3	RESERVOIR EN BA DE 40m <sup>3</sup>	1	tank	11 678,17	11 678,17
4	RESERVOIR EN BA DE 20m <sup>3</sup>	1	tank	7 194,83	7 194,83
5	TUYAUTERIE MDPE DN50 PN10 /1 ROULEAU DE 100m	36	rlx	280,00	9 980,40
6	TUYAUTERIE PVC DN75 PN10 DE 6m/ UNITE	17	pce	15,00	260,50
7	TUYAUTERIE PVC DN63 PN10 DE 6m/ UNITE	67	pce	11,50	768,28
8	TUYAUTERIE PVC DN50 PN10 DE 6m/ UNITE	68	pce	10,00	675,00
9	TUYAUTERIE PVC DN32 PN10 DE 6m/ UNITE	95	pce	7,50	713,44
10	BORNES FONTAINES	2	borne	651,86	1 303,72
11	POMPAGE ET CHAMP SOLAIRE	1	total	14168,4	14 168,40
12	KIT DE MAINTENANCE ET FORMATION DES BENEFICIAIRES	1	fft	2 000,00	2 000,00
14	<b>TOTAL GENERAL HTVA AEP HOPITAL DE MUSIENENE EN DOLLARS AMERICAIN</b>				<b>61 194,65</b>
15	<b>TVA (16%)</b>				<b>9 791,14</b>
16	<b>TTC GENERAL AEP HOPITAL DE MUSIENENE EN DOLLARS AMERICAIN</b>				<b>70 985,79</b>
17	<b>TTC GENERAL AEP HOPITAL DE MUSIENENE EN FRANCS CFA</b>				<b>39 752 041,48</b>

Le coût global est de **61 1945\$** soit **34 269 001francs CFA HTVA** et de **70 986 \$** soit **39 752 042francs CFA TTC**.

## **VI. Etude d'impact environnemental et social**

La réalisation de tout projet de développement pouvant porter atteinte au cadre de vie initial ainsi qu'aux populations installées dans la zone nécessite des études d'impacts environnementales et sociales. Dans le présent projet, nous mettrons en relation les différentes activités menées avec les impacts potentiels qui pourraient être engendrés que ce soit sur l'environnement initial ou sur le milieu humain.

### **VI.1. Proposition d'une notice d'impact environnemental et social**

Pour mettre en place ce réseau d'AEP, il y aura divers impacts dans la zone de Musienene. Ces impacts peuvent être positifs tout comme négatifs et intervenir sur plusieurs stades de la vie des populations de la zone.

Soucieuse de se conformer aux exigences environnementales nationales, en vigueur en République Démocratique du Congo comme prévu dans la loi n° 11/009 du 09 Juillet 2011 portant principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement, complété par le décret loi n° 14/019 du 02 Août 2014 fixant les règles de fonctionnement des mécanismes procéduraux de la protection de l'environnement.

✓ Sur le plan socio-économique et culturel

Réaliser le système d'AEP peut occasionner des impacts positifs comme :

- Musienene sera dotée alors d'une eau de meilleure qualité et en quantité suffisante. Ce qui contribuera à la diminution des maladies hydriques ;
- l'amélioration de la couverture des besoins en eau des populations de Musienene
- le système d'approvisionnement permettra à toutes les parties prenantes de disposer de l'eau potable dont l'accès est facile;
- l'exécution des travaux lors de la mise du réseau contribuera à la création d'emplois pour la population de Musienene notamment lors de travaux de pose et d'exécution des tranchées.

Comme aspects négatifs du projet, peut occasionner :

- les grossesses non désirées, la propagation de maladies sexuellement transmissibles ;
- les maladies respiratoires dues aux travaux de fouilles (inhalation de la poussière qui se dégagera lors des travaux) et même causer des accidents aux usagers ;

- Les travailleurs qui seront logés sur le chantier sont très souvent confrontés aux maladies comme le paludisme, fièvres, etc.
- les terres occupées de tierces personnes peuvent être favorisées lors de l'exécution du projet, ce qui peut être source de mésentente entre les populations et les manœuvres.

✓ Sur le plan environnemental

L'environnement est l'endroit destiné à recevoir les ouvrages du réseau d'AEP. D'où celui-ci connaîtra alors des modifications.

- Pour mettre en place certains ouvrages (l'implantation des réservoirs, des BF, des locaux, etc.), il sera important d'aménager les terrains (défrichage, débroussaillage). Ce qui contribuera à la destruction du couvert végétal.
- Aussi l'occupation des terres inclura la destruction des installations, de certains édifices privés (boutiques, étalages, etc.) surtout lors de la pose des conduites.
- Les eaux usées sont aussi inévitables autour des BF ; d'où une pollution de l'environnement.

## **VI.2. Proposition des mesures d'atténuation**

Dans l'optique d'assurer la pérennité des infrastructures à mettre en place, des solutions adaptées et durables pour compenser les conséquences dommageables doivent être envisagées.

Nous nous sommes inspirés du plan de gestion Environnementale proposé par la Banque Africaine de Développement (BAD 2015) pour atténuer les impacts négatifs.

**Le tableau 25** ci-dessous donne ces mesures d'atténuation.

*Tableau 25: Plan de gestion environnementale proposé par la Banque Africaine de Développement (BAD 201*

N°	Récepteur	Impact	Mesures d'atténuation	Objectifs de l'action	Taches de l'action	Acteurs de l'action	Acteurs de suivi	Lieu de mise en œuvre	Calendrier	Indicateur de suivi
A	Population et biodiversité	Nuisance sonore	Séquencer les interventions	réduire les risques de sonorisations importantes	Concevoir un calendrier de travail adéquat	Entreprise, bureau de contrôle	Musienene	Site des travaux	Au cours des travaux	Intensité du bruit
B	Population et biodiversité	Pollution de l'air	Arrosage périodique	minimiser la poussière	Arroser trois fois par jour	Entreprise	Musienene	Site des travaux	Au cours des travaux	Poussière constatée au quotidien
C	Sols	Dégradation du sol	Gestion des déchets et remise en état du site	rendre le site à son état initial	Remblai et compactage du sol	Entreprise	Musienene	Site des travaux	Après la réalisation	Qualité des sols après les travaux
D	Biodiversité	Destruction des espèces fauniques et végétales	Campagne de reboisement	amoindrir l'impact des travaux sur la faune et la flore	Reboiser des espèces fruitières et forestières	Musienene	Musienene	Site des travaux	Après la réalisation	Quantité d'arbres plantés

## **Conclusion et recommandations**

La réalisation de l'adduction en eau potable à l'Hôpital Général de MUSIENENE à contribuer à l'amélioration des conditions de desserte en eau potable des populations. Ce système d'AEP permet aussi de réduire le taux de maladies d'origine hydrique et contribuer au développement socio-économique de MUSIENENE. L'étude technique a permis aussi de connaître les caractéristiques des ouvrages de captage, de stockage et de transport à mettre en place pour la réalisation du projet. La ressource sera mobilisée au niveau des sources naturelles aménagées, transportée jusqu'à un réservoir d'une capacité de 40 m<sup>3</sup>. La distribution est gravitaire et de type ramifié à partir du réservoir avec des pressions et vitesses convenables.

Pour notre projet, l'eau ne sera pas commercialisée et le coût global du projet s'élève à 70 986 \$ soit 39 752 042 francs CFA TTC.

Les plans d'exécution sont joints en annexes du présent document.

Pour un fonctionnement optimal de notre réseau, nous recommandons :

- ✓ L'éducation des usagers sur la bonne pratique d'hygiène et d'assainissement autour des points de puisage ;
- ✓ L'implantation d'un forage confortatif d'au moins 5 m<sup>3</sup>/h peut être envisagée dans le futur pour augmenter un apport en eau afin de pouvoir satisfaire aux besoins des bénéficiaires ;
- ✓ La mise en place d'un programme régulier de contrôle de la qualité de l'eau et la désinfection du réseau ;
- ✓ Mener des campagnes de sensibilisation sur la nécessité d'économiser la ressource en eau ;
- ✓ Un suivi rigoureux de la maintenance et du contrôle des ouvrages (étanchéité, des vannes, des robinetteries etc.) ;
- ✓ Curer régulièrement les conduites pour éviter les dépôts et envisager de placer les ventouses.

## Références bibliographiques

YONABA R. (2015) *Cours d'Approvisionnement en Eau Potable 2iE*.

MOUNIROU, L. (2018), *Essentiel de pompes et stations de pompage*, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2018,10-52.

ZOUGRANA, Denis. 2003. « *Cours d'Approvisionnement en Eau Potable EIER* ».

GRUNDFOS. s. d. *Livret Technique; Installations d'adduction d'eau utilisant les sources d'énergie renouvelables 50/60 Hz*

Frédéric TROUILLAS et Pierre PERRAULT, *Guide pratique pour le captage de source et la construction des petits réseaux*, Mars 2015

*Rapport de l'Etat Civil de Butembo*, 2005,2006, 2007,2008).

Faye, M. (2017), *Cours d'adduction en eau potable : système d'adduction en potable, Adduction- Réservoirs- Réseaux de distribution, VI.1.1*, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement.

DT-AHR, *Dossier d'étude d'exécution de l'AEP HOPITAL KIGANDA*, Décembre 2014 .

MONTIEL, Antoine. 2015. *Production d'Eau Potable Filières et procédés de traitement*. France, Paris.

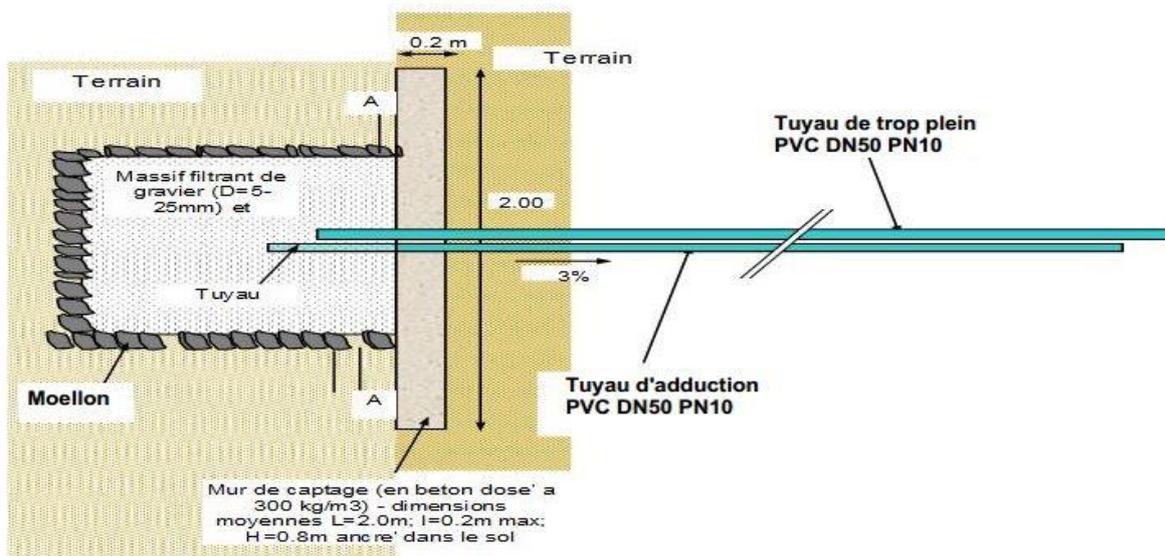
ABC Group -Ingénieur. 2020. « *Bordereaux des prix* ».

*Directive Cadre européenne sur l'Eau*, 2000

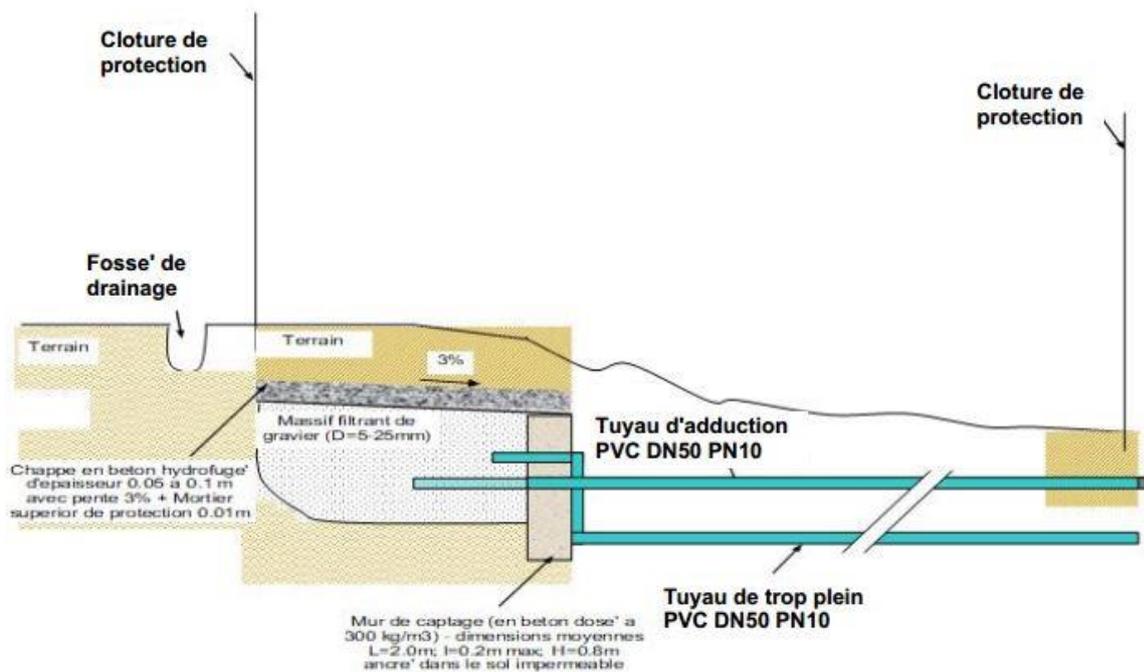
## **Annexes**

Annexe 1: vue en plan et coupe pour captage des sources.....	lxv
Annexe 2: Image du tracé du reseau .....	lxvi
Annexe 3: Courbe de performance de la pompe SQ3-40.....	lxvii
Annexe 4: Données de détermination du point de fonctionnement et dimensionnement du champ photovoltaïque .....	lxviii
Annexe 5: Vue en plan réservoir 40m <sup>3</sup> .....	lxxi
Annexe 6: Coupe réservoir 40m <sup>3</sup> .....	lxxii
Annexe 7: Vue en plan réservoir 20m <sup>3</sup> .....	lxxiii
Annexe 8: Coupe réservoir 20m <sup>3</sup> .....	lxxiv
Annexe 9: Coup réservoir 20 m <sup>3</sup> .....	lxxiv
Annexe 10: Plan maisonnette gardien .....	lxxv
Annexe 11: Coupe maisonnette gardien.....	lxxvi
Annexe 12: Caractéristiques de la pompe SQ3-40 choisie .....	lxxvii
Annexe 13: Résultats du suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau des sources au réservoir.....	lxxix
Annexe 14: Carnets des nœuds .....	lxxxiii
Annexe 15: PLANS DE POSE DES CONDUITES ENTERREES.....	lxxxiv
Annexe 16: Devis quantitatif et estimatif des ouvrages .....	lxxxv
Annexe 17: Synthèse d'images des travaux réalisés du projet.....	xcviii

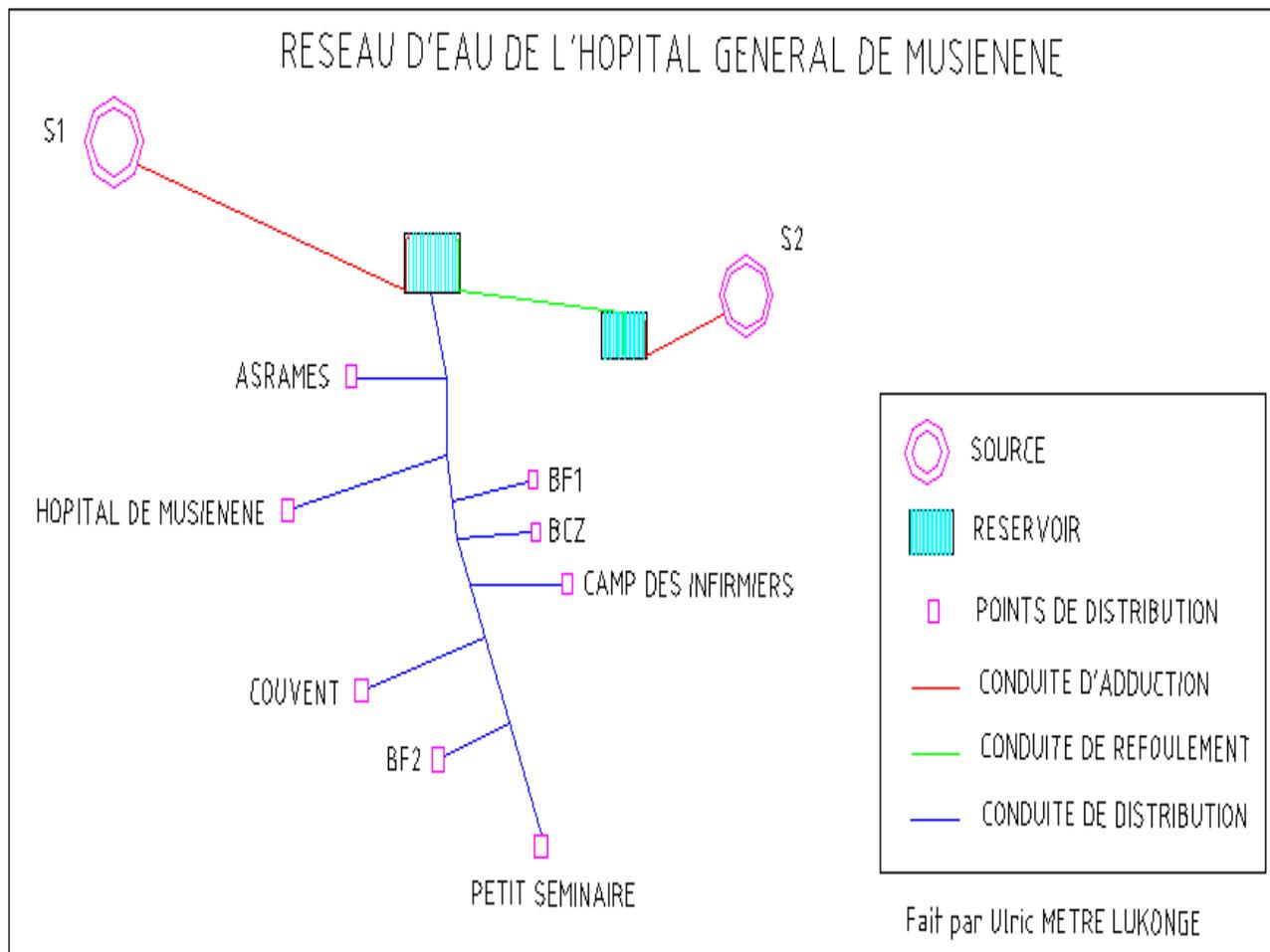
**VUE EN PLAN**



**COUPE A-A**



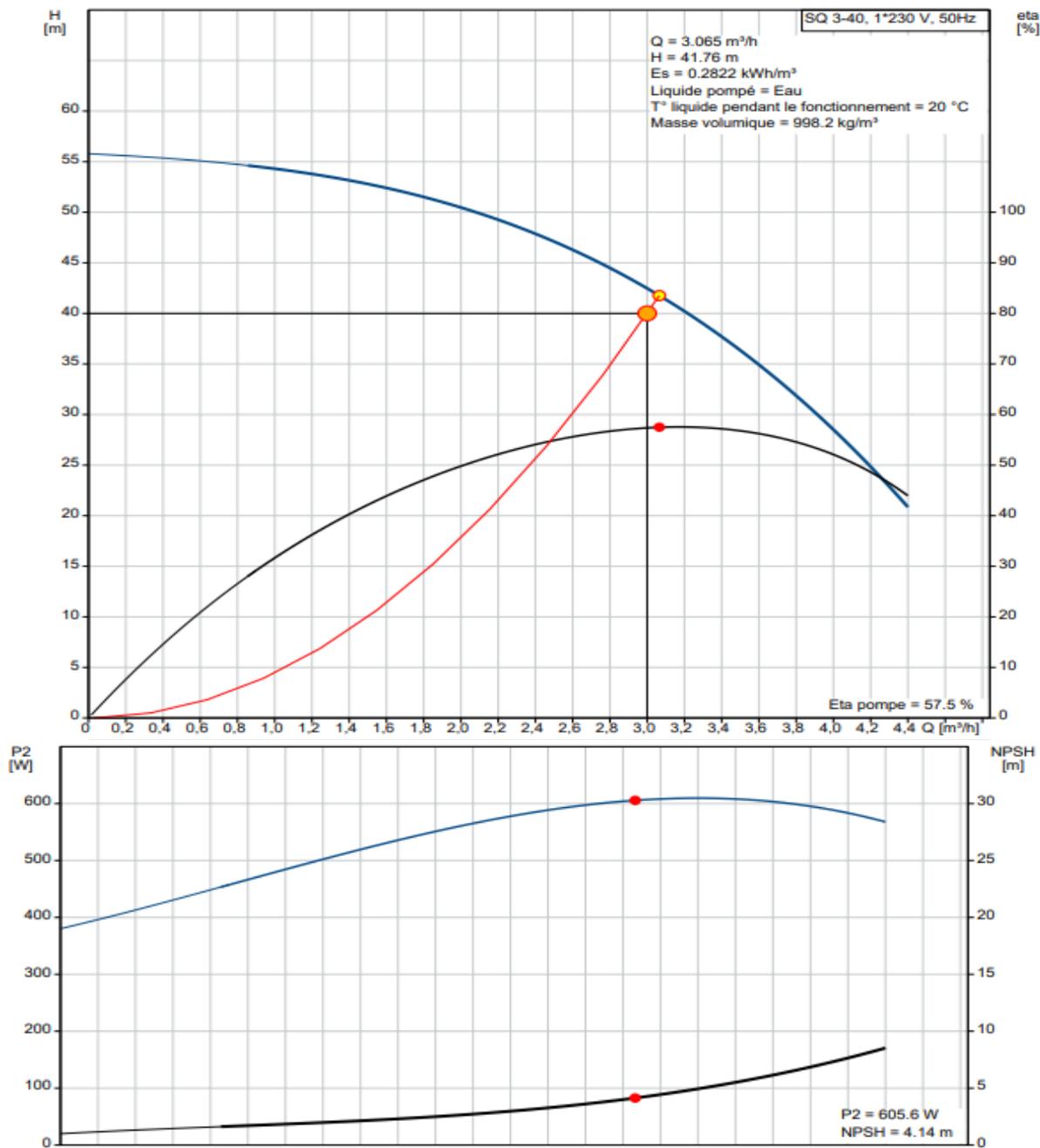
Annexe 1: vue en plan et coupe pour captage des sources



Annexe 2: Image du tracé du réseau



### 96510205 SQ 3-40 50 Hz



Annexe 3: Courbe de performance de la pompe SQ3-40



Annexe 4: Données de détermination du point de fonctionnement et dimensionnement du champ photovoltaïque

POMPE SQ3-40	Débit	0	0,4	0,8	1	1,4	1,8	2	2,4	2,8	3	3,4	3,8	4
	HMT Pompe	56,1	55,5	55,2	54,8	53,7	52,1	51	48,3	44,5	42	38	32,4	28
Conduite de refoulement	HMT Réseau	37,50	37,55	37,67	37,76	37,99	38,28	38,45	38,83	39,27	39,51	40,03	40,61	40,92

Bilan des puissances du dimensionnement solaire

Puissance unitaire de la pompe (W)	Nombre	Puissance totale	Nombre d'heures d'utilisation (h)	Energie $E_C$ (Wh)
630	1	630	7	4410
<b>Total</b>		<b>630</b>		<b>4410</b>

✓ Energie à produire par jour  $E_p$  (Wh/j)

$$E_p = \frac{4410}{0,76}$$

$$E_p = 5803 \text{ Wh/j}$$

$$E_p = 5,803 \text{ kWh/j}$$

✓ **La puissance crête  $P_c$  (Wc) du générateur photovoltaïque nécessaire**

Mois	Température de l'air		Précipitation	Rayonnement solaire quotidien		Pression atmosphérique	Vitesse du vent	Température du sol	Degrés-jours de chauffage 18 °C	Degrés-jours de climatisation 10 °C
	°C	Humidité relative %		- horizontal kWh/m <sup>2</sup> /j						
Janvier	21,4	75,3%	79,67	5,53	87,2	1,3	21,4	0	353	
Février	22,1	72,6%	82,04	5,82	87,2	1,3	22,1	0	339	
Mars	22,2	76,6%	149,11	5,41	87,2	1,2	22,3	0	378	
Avril	21,7	80,8%	167,10	5,18	87,2	1,1	21,8	0	351	
Mai	21,3	81,4%	149,42	5,04	87,3	1,1	21,3	0	350	
Juin	21,0	77,8%	97,50	4,70	87,4	1,0	21,0	0	330	
Juillet	20,9	75,0%	110,98	4,64	87,4	1,0	20,9	0	338	
Août	21,2	76,5%	146,32	4,73	87,4	1,0	21,2	0	347	
Septembre	21,3	78,7%	171,60	5,13	87,4	1,0	21,4	0	339	
Octobre	21,1	81,8%	194,68	4,82	87,3	1,0	21,1	0	344	
Novembre	20,9	82,7%	180,60	4,80	87,2	1,1	20,9	0	327	
Décembre	21,1	78,9%	105,09	5,06	87,3	1,2	21,0	0	344	
<b>Annuel</b>	<b>21,3</b>	<b>78,2%</b>	<b>1 634,11</b>	<b>5,07</b>	<b>87,3</b>	<b>1,1</b>	<b>21,3</b>	<b>0</b>	<b>4 141</b>	
Source	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	

$$P_c = \frac{5,803}{4,64}$$

$$P_c = 1,251 \text{ kWc}$$

$$P_c = 1251 \text{ Wc}$$

✓ **Choix du module photovoltaïque**

On choisit un module PV monocristallin UNISUN 50.12 M ref 0088 de 50 Wc dont les caractéristiques sont :



UNISUN  
50.12 M  
Ref 0088

#### Performance électrique

Puissance max. (Pm)*	50 W
Tolérance de puissance*	0/+3 %
Tension d'utilisation	12 V
Technologie	mono
Tension à puissance max. (Vmp)*	17,8 V
Intensité à puissance max. (Imp)*	2,81 A
Tension à vide (Voc)*	22,3 V
Intensité en court-circuit (Icc/Isc)*	3,03 A
Efficacité des cellules	20,60%
Efficacité des modules	14,20%

#### Comportement en température

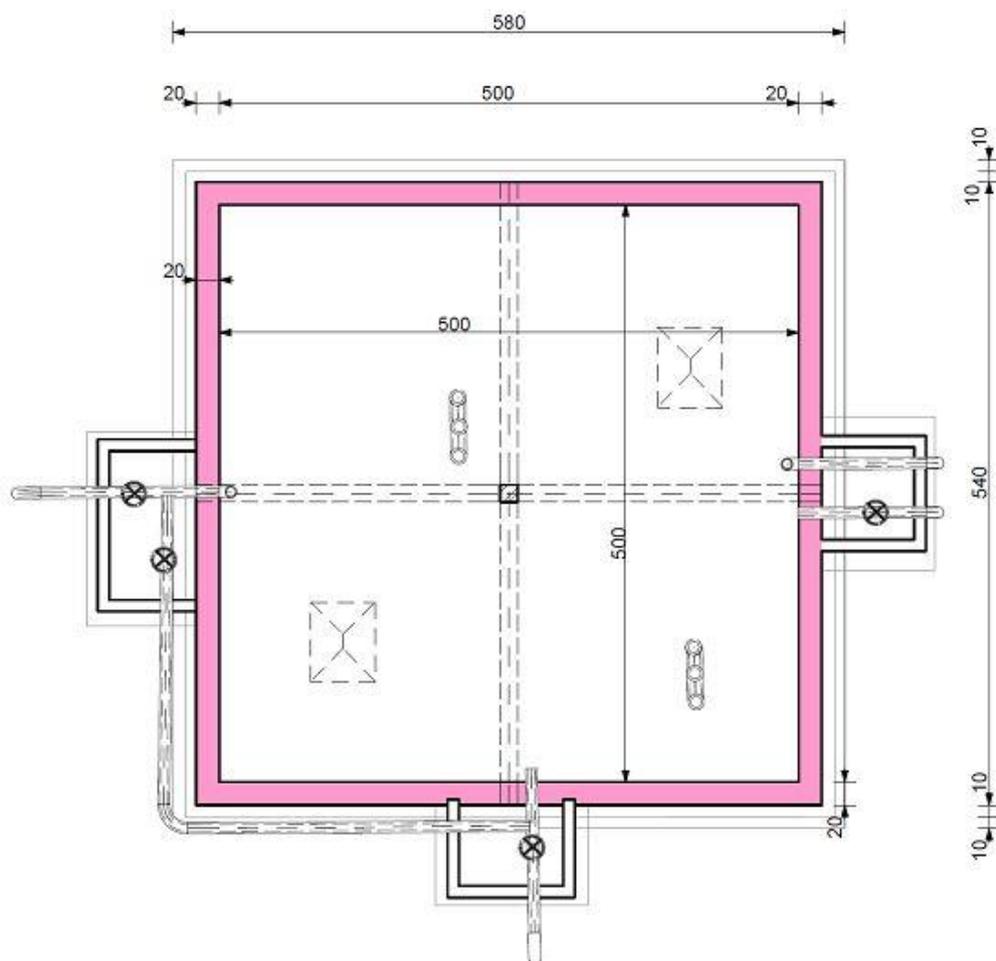
Température de fonctionnement	-40 > +85°C	
NOCT / TUC**	45 ±2°C	
Coefficient de température	Pm	-0,43%/°C
	Voc	-0,34%/°C
	Icc	0,05%/°C

#### ✓ Nombre de panneaux solaire nécessaires à l'installation

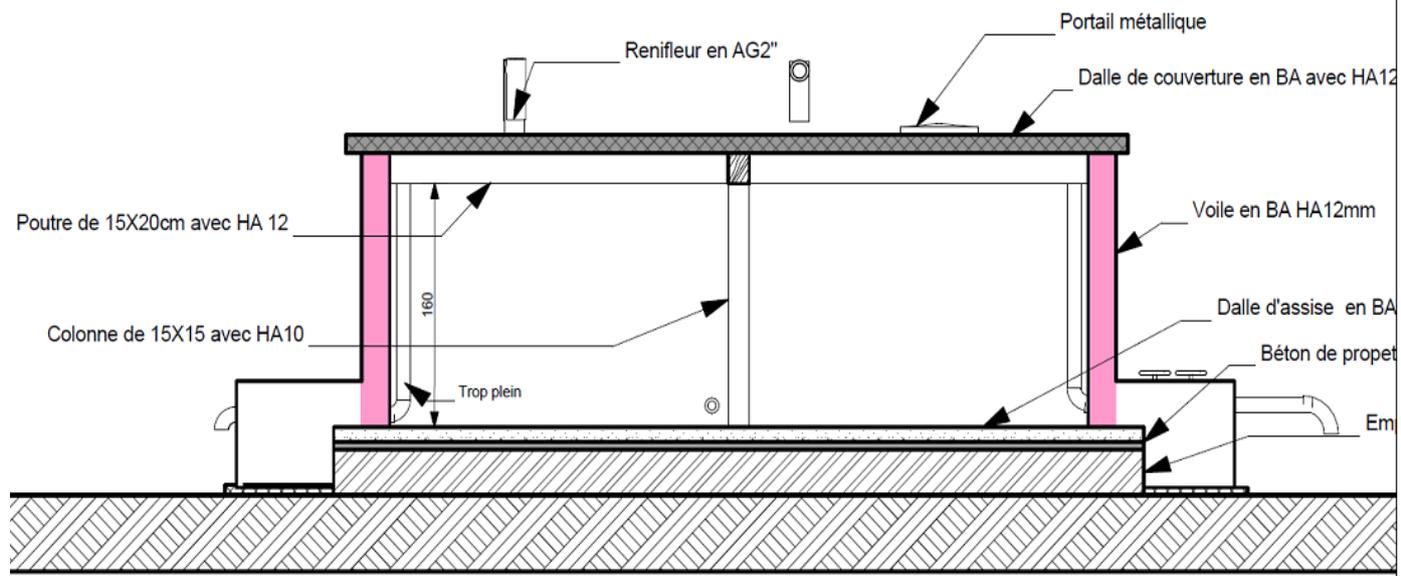
$$N_{module PV} = \frac{1251}{50}$$

$$N_{module PV} = 25 \text{ modules PV}$$

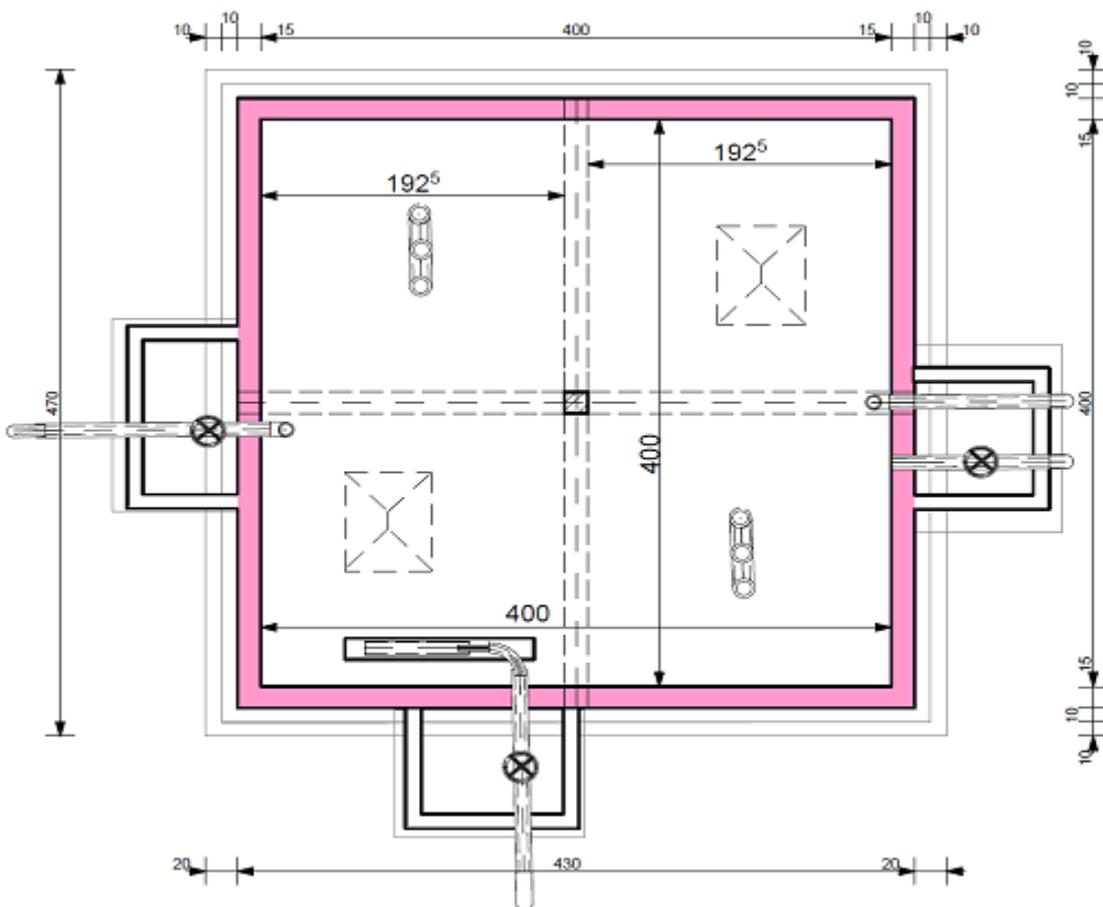
Pour satisfaire notre puissance crête de 1251 Wc, il nous faut un nombre de modules PV supérieur aux 25 modules PV. **Et on prend 27 modules PV selon la configuration de notre champ qui comprend 3 modules PV en série et 9 strings.**



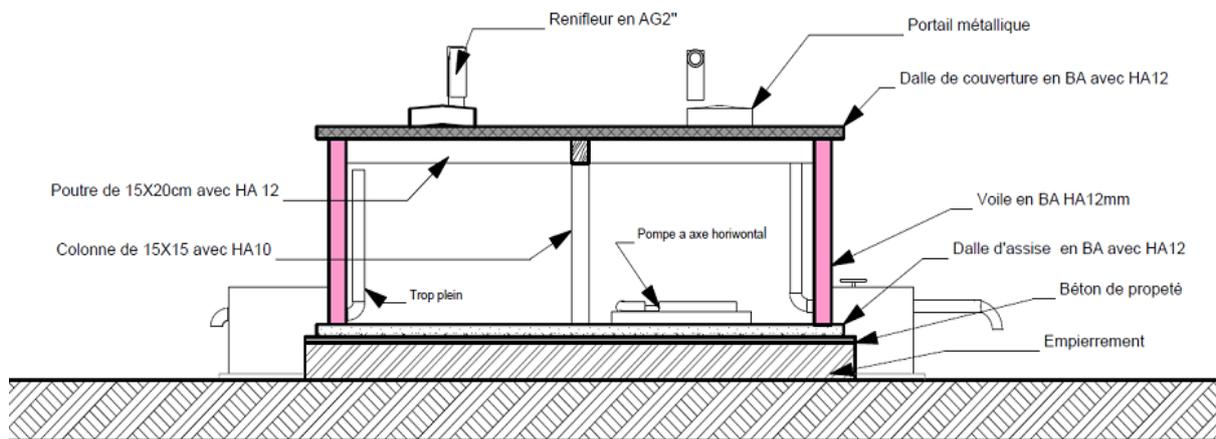
Annexe 5: Vue en plan réservoir 40m<sup>3</sup>



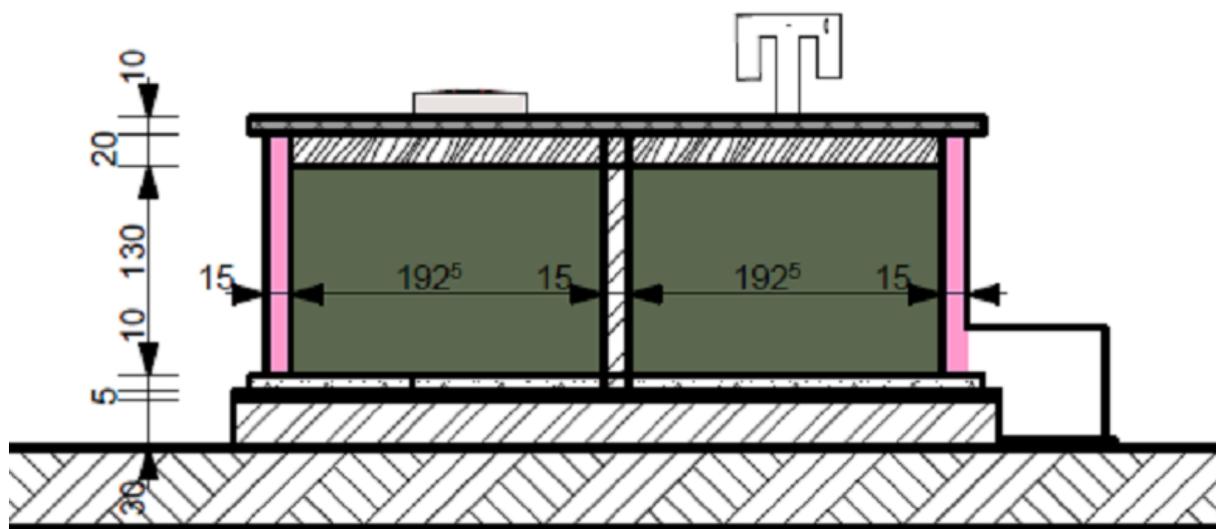
Annexe 6: Coupe réservoir 40m<sup>3</sup>



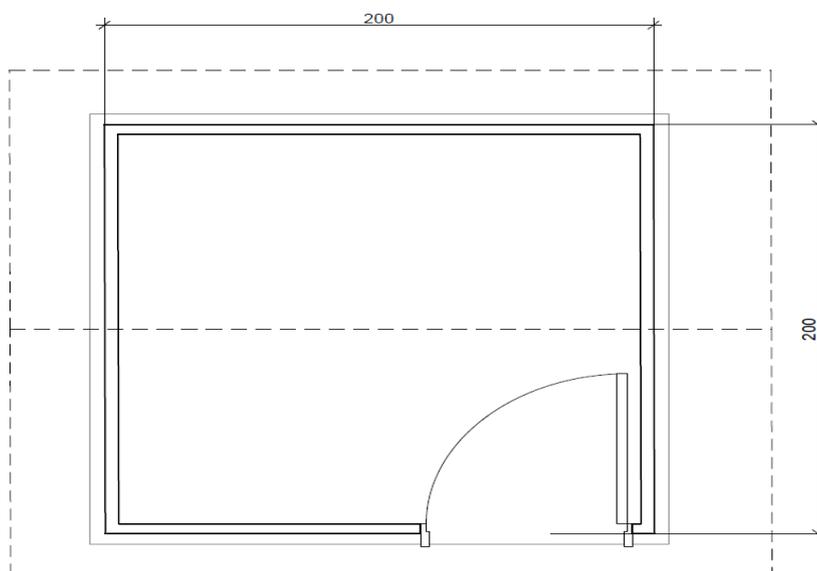
Annexe 7: Vue en plan réservoir 20m<sup>3</sup>



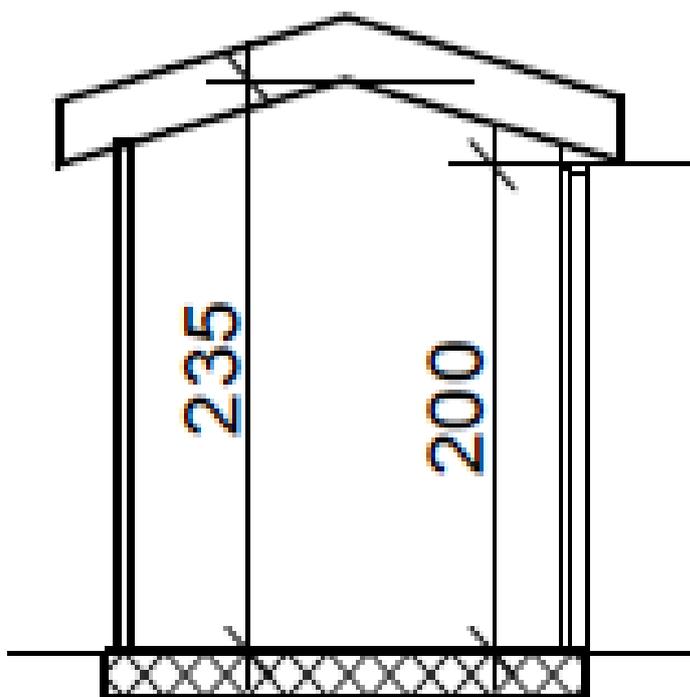
Annexe 8: Coupe réservoir 20m<sup>3</sup>



Annexe 9: Coup réservoir 20 m3



*Annexe 10: Plan maisonnette gardien*





Annexe 11: Coupe maisonnette gardien

Typ de pompe	Puissance de la pompe [kW]	Débit nominal Q [m <sup>3</sup> /h] / [l/s]													Hauteur maxi [m] (Q= 0 m <sup>3</sup> /h)	Intensité à pleine charge I <sub>1/1</sub> [A]		Raccordement tuyauterie Rp	Longueur [mm]
		0,5/ 0,14	1,0/ 0,28	1,5/ 0,42	2,0/ 0,56	2,5/ 0,70	3,0/ 0,83	3,5/ 0,97	4,0/ 1,11	5,0/ 1,39	6,0/ 1,67	7,0/ 1,95	8,0/ 2,22	9,0/ 2,50		230 V	200 V		
		Hauteur manométrique[m]																	
SQ1-35	0,29	38	31	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	2,1	2,4	1%	745	
SQ1-50	0,44	57	45	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	2,8	3,2	1%	745	
SQ1-65	0,58	76	60	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86	3,7	4,3	1%	772	
SQ1-80	0,73	96	76	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108	4,4	5,1	1%	826	
SQ1-95	0,87	115	91	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	129	5,4	6,2	1%	826	
SQ1-110	1,03	135	107	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	151	6,2	7,1	1%	853	
SQ1-125	1,20	154	123	79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	173	7,8	9,0	1%	943	
SQ1-140	1,37	173	138	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	194	8,9	10,2	1%	943	
SQ1-155	1,55	193	154	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	216	10,2	-	1%	970	
SQ2-35	0,45	43	42	39	35	29	19	-	-	-	-	-	-	45	3,2	3,7	1%	745	
SQ2-55	0,65	66	63	60	54	45	32	-	-	-	-	-	-	68	4,1	4,7	1%	745	
SQ2-70	0,87	87	84	79	72	60	43	-	-	-	-	-	-	89	5,4	6,2	1%	772	
SQ2-85	0,98	108	105	99	89	74	54	-	-	-	-	-	-	109	6,8	7,8	1%	862	
SQ2-100	1,30	131	128	120	109	91	67	-	-	-	-	-	-	132	8,4	9,7	1%	862	
SQ2-115	1,50	154	150	142	129	108	79	-	-	-	-	-	-	155	9,9	11,1	1%	889	
SQ3-30	0,44	-	-	34	32	30	26	22	-	-	-	-	-	36	3,2	3,7	1%	745	
SQ3-40	0,63	-	-	53	50	47	42	36	-	-	-	-	-	56	4,0	4,6	1%	745	
SQ3-55	0,83	-	-	70	67	63	56	48	-	-	-	-	-	74	5,1	5,9	1%	772	

## Dimensions et poids

Type de pompe	Nombre d'étages	Moteur		Dimensions [mm]		Poids Net [kg]*	Volume [m <sup>3</sup> ]*
		Type	Puissance fournie (P <sub>2</sub> ) [kW]	A	B		
SQ3-30	2	MS 3	0,1-0,63	745	265	4,8	0,0092
SQ3-40	3	MS 3	0,1-0,63	745	265	4,8	0,0092
SQ3-55	4	MS 3	0,7-1,05	772	292	5,4	0,0094
SQ3-65	5	MS 3	0,7-1,05	826	346	6,1	0,0100
SQ3-80	6	MS 3	1,1-1,73	862	346	6,3	0,0104
SQ3-95	7	MS 3	1,1-1,73	889	373	6,4	0,0107
SQ3-105	8	MS 3	1,1-1,73	943	427	6,5	0,0113



### Caractéristiques électriques 1 x 200 - 240 V, 50/60 Hz

Type de pompe	Type de moteur	Puissance absorbée du moteur ( $P_1$ ) [kW]	Puissance fournie par le moteur ( $P_2$ ) [kW]	Puissance absorbée par la pompe [kW]	Intensité à pleine charge $I_{1/1}$ [A]		Rendement moteur $\eta$ [%]
					230 V	200 V	
SQ3-30	MS 3	0,72	0,1-0,63	0,44	3,2	3,7	70
SQ3-40	MS 3	0,88	0,1-0,63	0,63	4,0	4,6	70
SQ3-55	MS 3	1,14	0,7-1,05	0,83	5,1	5,9	73
SQ3-65	MS 3	1,40	0,7-1,05	1,02	6,2	7,1	73
SQ3-80	MS 3	1,70	1,1-1,73	1,63	7,9	9,1	74
SQ3-95	MS 3	1,98	1,1-1,73	1,43	9,2	10,6	74
SQ3-105	MS 3	2,28	1,1-1,73	1,63	10,6		74

Annexe 12: Caractéristiques de la pompe SQ3-40 choisie



**REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO**  
**OFFICE CONGOLAIS DE CONTROLE**  
**DIRECTION PROVINCIALE DU NORD – KIVU**  
**AGENCE DE BUTEMBO**  
**LABORATOIRE DE CHIMIE ET DE MICROBIOLOGIE**

**RAPPORT D'ESSAI N° : 196/01/BO/03/2021**

Date d'essais : BUTEMBO, LE 25/03/2021 Client : ONG OXFAM BUTEMBO  
 Initiale: HKF/NKK/SUD-2021  
 I. DE SIGNATION DU PRODUIT : EAU DE SOURCE  
 II. IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON : BUSIHA / RESERVOIR  
 DOCUMENTS DE REFERENCE : RAPPORT D'ECHANTILLONNAGE : A 0243296

II.1. Provenance : BUTEMBO/ R.D.C	II.5. Clé marchandise : -
II.2. Marques d'identification : BUSIHA / RESERVOIR	II.6. Lieu/date de prélèvement: Bbo LE 23/03/2021
II.3. Nombre d'échantillon de Labo : 1 PIECE	II.7. N°Echantillon : 196/01/BO/03/2021
II.4. Date de réception au Labo : 23/03/2021	II.8. Type Emballage : PLASTIQUE

**ANALYSE SENSORIELLE**

**EXAMEN DE L'ETIQUETTE**

- Nature de l'échantillon: EAU DE SOURCE  
 - Marque : BUSIHA / RESERVOIR  
 - Capacité : 510 ml  
 - Code de production /numéro de lot : -  
 - Date de production /fabrication : -  
 - Date de péremption /d'expiration : -  
 - Origine/ Provenance : BUTEMBO /R.D.C

**EXAMEN DE L'EMBALLAGE**

- Aspect extérieur : SATISFAISANT  
 - Aspect intérieur : SATISFAISANT

EXAMEN DU CONTENU	RESULTATS OBTENUS	METHODES D'ESSAIS
Aspect	LIQUIDE	SENSORIELLE
Couleur	INCOLORE	VISUELLE
Odeur	INODORE	OLFACTIVE
Saveur	INSIPIDE	DEGUSTATIVE

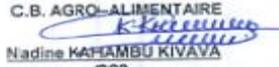
**ESSAIS PHYSICO-CHIMIQUES**

PARAMETRES	EXIGENCES	RESULTATS OBTENUS	METHODES D'ESSAIS
pH du produit	6 - 8,5	7,08 à 24,00°C	POTENTIOMETRIE
Alcalinité	-	15,25 mg/l	ALCALIMETRIE
Dosage : - Cl <sup>-</sup>	Max 200 mg/l	3,55 mg/l	ARGENTIMETRIE
- Ca <sup>2+</sup>	Max 75 mg/l	28,8 mg/l	COMPLEXOMETRIE
- Mg <sup>2+</sup>	Max 50 mg/l	2,43 mg/l	COMPLEXOMETRIE
Conductivité	Max 500 us/cm	050 us/cm	CONDUCTIMETRIE

**ESSAIS MICROBIOLOGIQUES**

PARAMETRES	EXIGENCES	RESULTAT OBTENUS	METHODE D'ESSAIS
Bactéries mésophiles revivifiables	< 10 <sup>3</sup> ufc /ml	38 ufc /ml	ISO 4833 : 2003
Numération Brute microorganismes indicateurs: - Coliformes totaux	Abs/100 ml	Abs/100 ml	ISO 21528 - 2 : 2004
- Coliformes fécaux	Abs/100 ml	Abs/100 ml	ISO 9308
- Escherichia coli	Abs/100 ml	Abs/100 ml	ISO 21528-2 : 2004
Germe pathogène :- Salmonella	Abs/250 ml	Abs/250 ml	ISO 6579:2002

CONFORMITE AUX EXIGENCES : Produit satisfait aux essais effectués.  
 OBSERVATION : -

C.B. AGRO-ALIMENTAIRE  
  
 Nadine KAFAMBU KIVAVA  
 CS2



Fait à Butembo, le 30/03/2021  
  
 CHEF DE SERVICE LABORATOIRE  
 Hugues KINGATA-FAYENE  
 CS3

Fin d'analyse

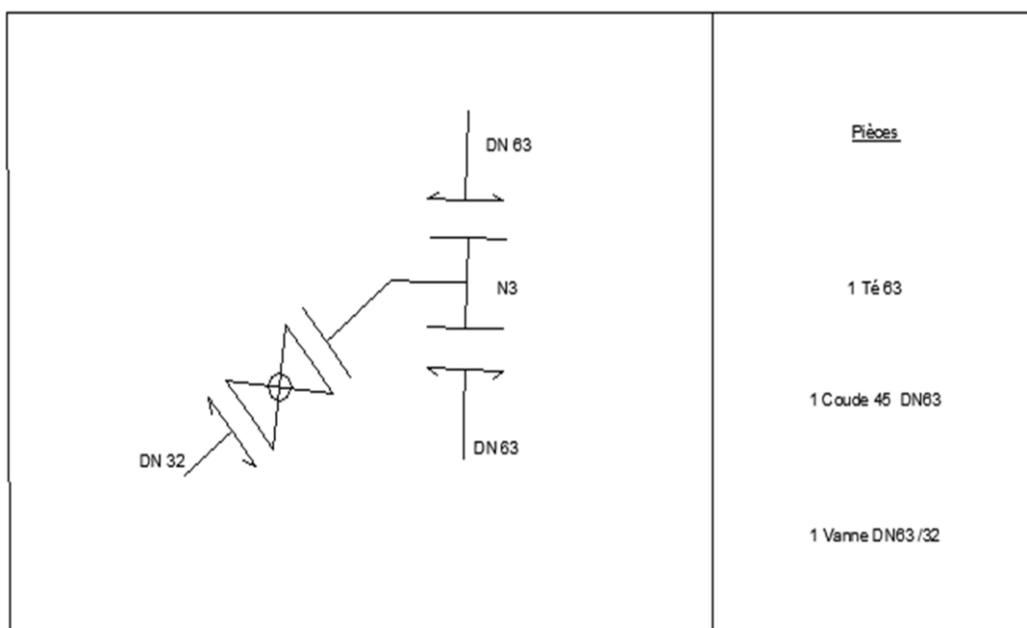
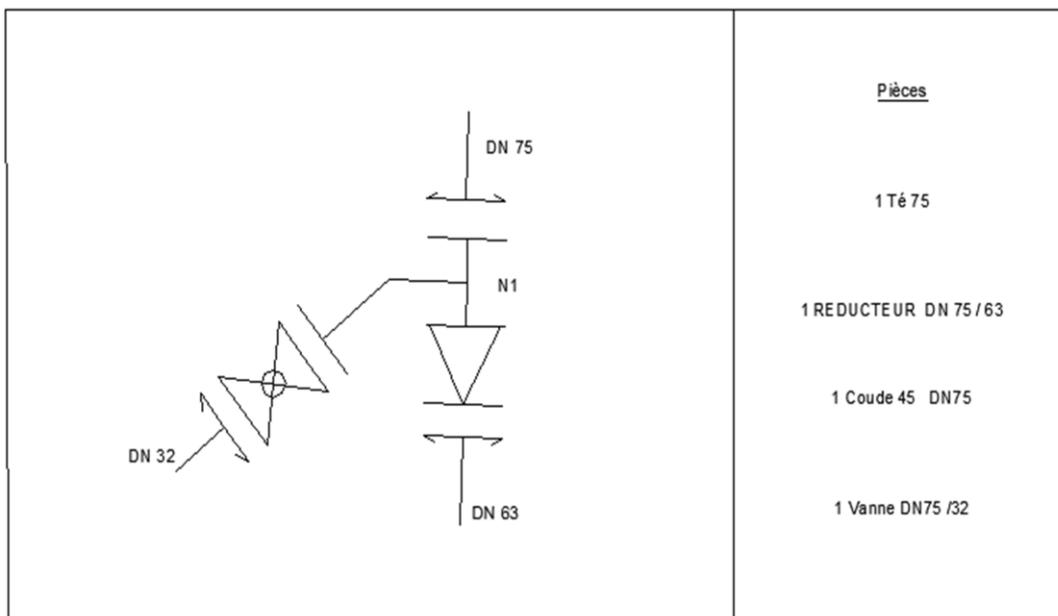
13, Avenue Président de la République - Butembo - B.P. : 418 - Tél. : [+243]81 30 16 698 - E-mail : ocbbutembo@yahoo.fr  
 OCC : Membre Correspondant de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), Membre du Programme des Pays affiliés à la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) et Membre de l'Organisation Régionale Africaine de Normalisation (ORAN)

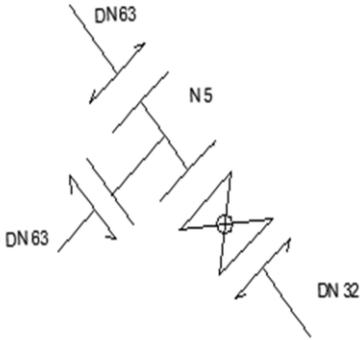


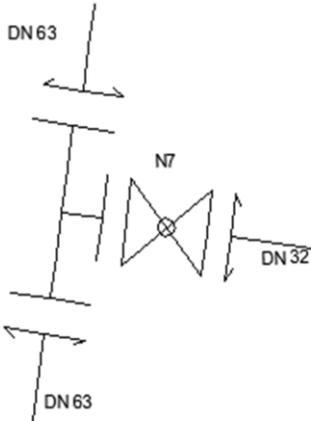
Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'Hôpital Général de MUSIENENE, dans le  
Territoire de LUBERO, en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU  
CONGO

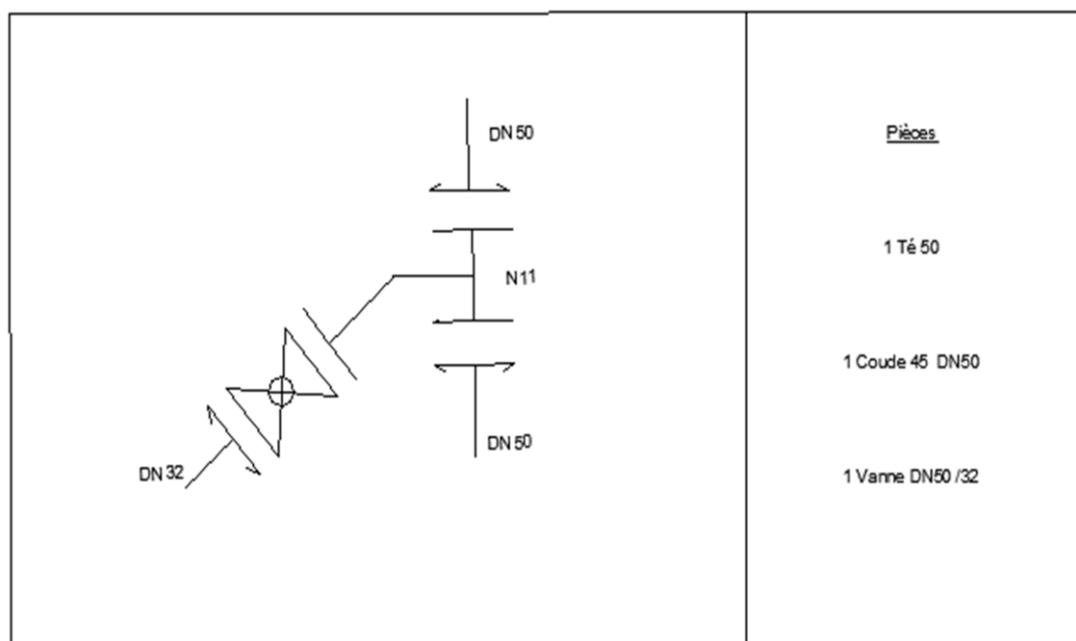
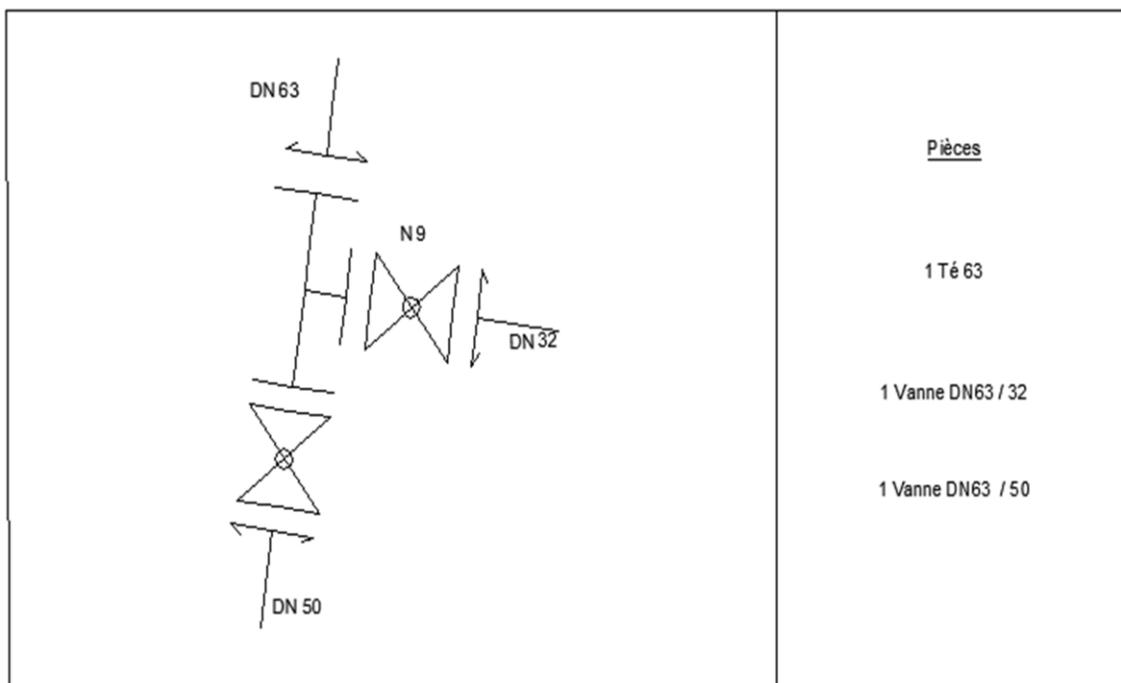
---

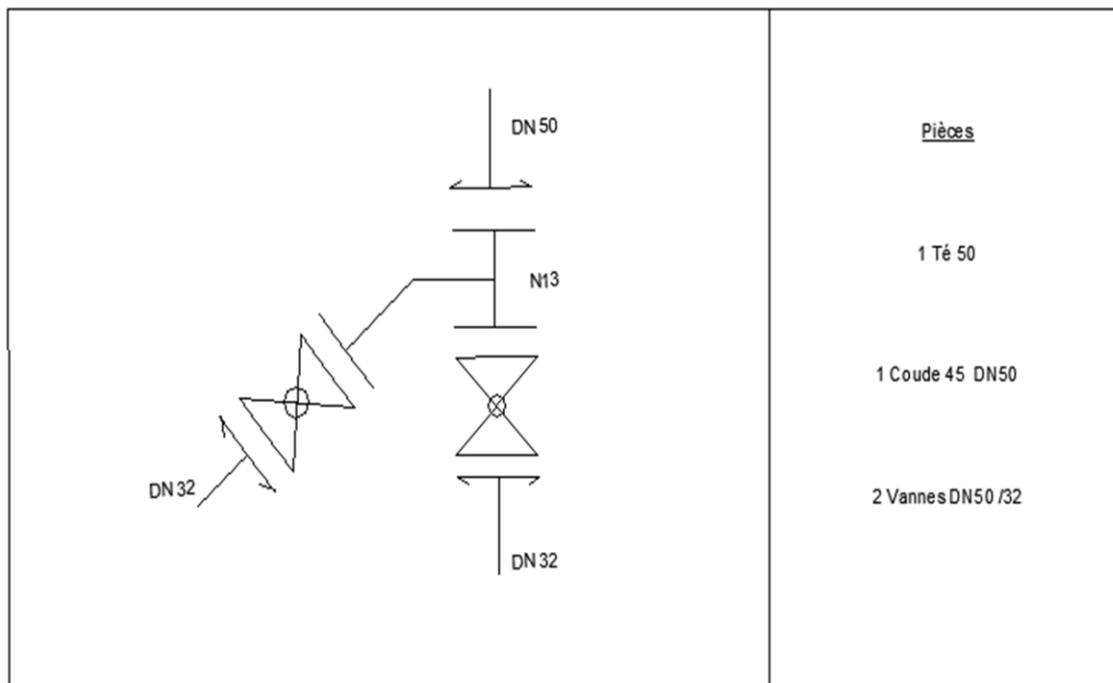
*Annexe 13: Résultats du suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau des sources au réservoir*



	<p><u>Pièces</u></p> <p>1 Té 63</p> <p>1 Vanne DN63 /32</p>
---	---

	<p><u>Pièces</u></p> <p>1 Té 63</p> <p>1 Vanne DN63 /32</p>
---	---

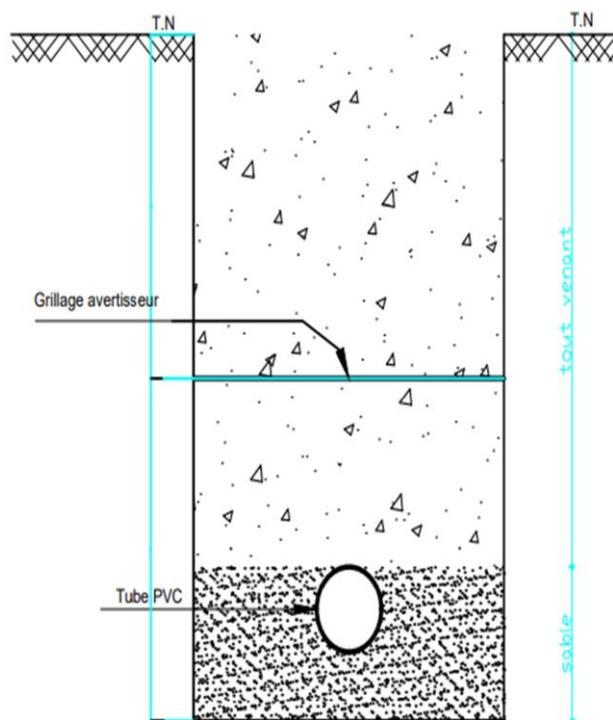




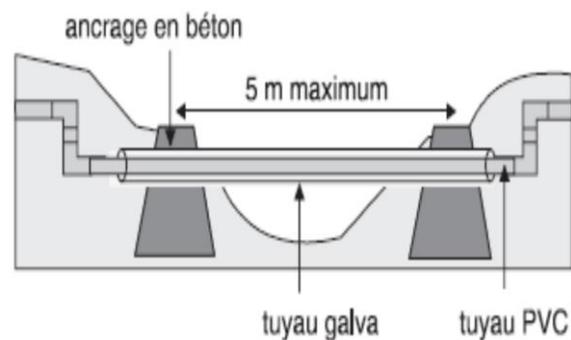
Annexe 14: Carnets des nœuds

Annexe 15: PLANS DE POSE DES CONDUITES ENTERREES

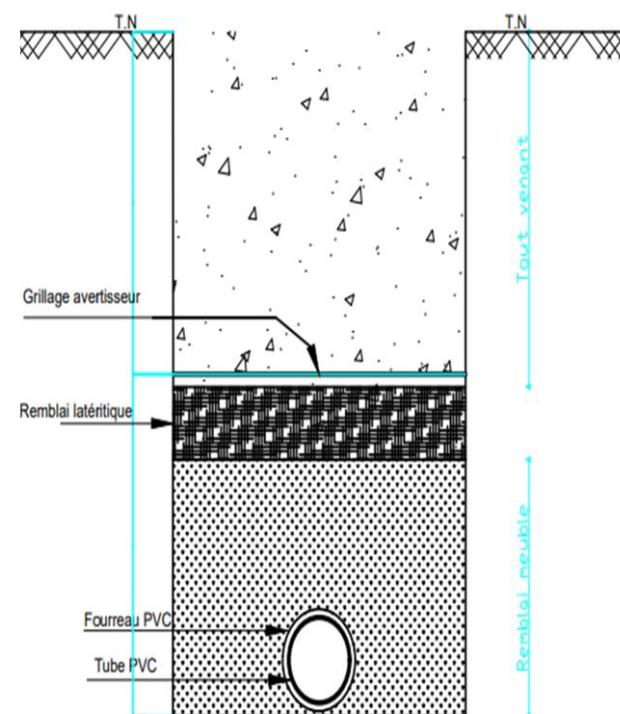
1. La pose en terrain pierreux



2. La pose en traverse de route ou de ravin



3. La pose en terrain normal





Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'Hôpital Général de MUSIENENE, dans le Territoire de LUBERO, en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

Annexe 16: Devis quantitatif et estimatif des ouvrages

**Bordereau captage source BUSIGHA (9 points) et source KIMBERENE (2 points)**

No	Désignation	QUANTITE	UNITE	PU en \$	PT en \$
1	Fouille des émergences	20	m <sup>3</sup>	2,00	40,00
	Sous-total 1				40,00
2	Captage des émergences et béton de protection				
	Ciment portland SIMBA	8	sac	13,00	104,00
	Pierre enrodie	1,5	m <sup>3</sup>	20,00	30,00
	Gravier concassé	1	m <sup>3</sup>	20,00	20,00
	Sable	1	m <sup>3</sup>	25,00	25,00
	Moellon	1	m <sup>3</sup>	20,00	20,00
	Planche	7	Pce	5,00	35,00
	Clous de 8cm	5	kg	2,50	12,50
	Clou de 6cm	2	kg	2,50	5,00
	ROOFING	10	ml	2,00	20,00
	Chlore	4	kg	5,00	20,00
	Sous-total 2				291,50
3	Tuyauterie				
	Tuyau PVC50PN10	4	pce	10,00	40,00
	Colle tangite	1	litre	8,00	8,00
	Coude PVC50PN10	4	pce	2,50	10,00
	Té PVC 50 PN 10	4	pce	2,50	10,00
	TOTAL Matériaux avec transport	1	fft	110,00	110,00
	Sous-total 3				178,00
4	Main d'œuvre taxes y compris		total		175,00
5	Transport en dos d'homme	1	fft	70,00	70,00
6	Sticks de bois pour enclos autour du captage	25	Pce	1,00	25,00



Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'Hôpital Général de MUSIENENE, dans le Territoire de LUBERO, en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

7	Clous de 10cm pour enclos	4	kg	2,50	10,00
8	<b>TOTAL GENERAL CAPTAGE 1 point</b>				<b>789,50</b>
9	<b>TOTAL GENERAL CAPTAGE 11 points</b>				<b>8 684,50</b>

<b>BORDEREAU B'UN BAC COLLECTEUR, BRISE CHARGE ET DECANTEUR DE 2m<sup>3</sup></b>					
Dimensions utiles: LuxluxHu: 1,5m x 1,5m x 1m:					
Dimensions brutes: LxlxH : 1,7m x 1,7m x 1m					
Epaisseur des voiles: 10cm					
Epaisseur des dalles: 10cm					
No	Désignation	QUANTITE	UNITE	PU en \$	PT en \$
<b>1</b>	<b>Empierrement (2x2x0, 35) m</b>	<b>1,4</b>	m <sup>3</sup>		
	Moellon	0,98	m <sup>3</sup>	20,00	19,60
	<b>Sous-total 1</b>		m <sup>3</sup>		<b>19,60</b>
<b>2</b>	<b>Béton de propreté B250 (2x2x0, 1) m</b>	<b>0,4</b>	m <sup>3</sup>		
	Gravier	0,32	m <sup>3</sup>	25,00	8,00
	Sable lavé	0,16	m <sup>3</sup>	25,00	4,00
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	2	sac	13,00	26,00
	<b>Sous-total 2</b>				<b>38,00</b>
<b>3</b>	<b>Dalle d'assise BA350 (1,7x1, 7x0, 1) m</b>	<b>0,289</b>	m <sup>3</sup>		
	Gravier	0,2312	m <sup>3</sup>	25,00	5,78
	Sable lavé	0,1156	m <sup>3</sup>	20,00	2,31
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	2,023	sac	13,00	26,30
	Fer à béton de Ø8 mm et 11,5m de long, e: 0,10m	7	pce	10,00	70,00
	Fil à ligaturer (recuit)	4	kg	2,50	10,00
	<b>Sous-total 3</b>				<b>114,39</b>
<b>4</b>	<b>Voile (1,7x1x0, 10) m BA350</b>	<b>0,68</b>	m <sup>3</sup>		
	Gravier	0,544	m <sup>3</sup>	25,00	13,60
	Sable lavé	0,272	m <sup>3</sup>	25,00	6,80
	Ciment portland en sac de 50 kg	4,76	sac	13,00	61,88
	Fer à béton de Ø8 mm et 11,5m de long,	25	pce		250,00



Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'Hôpital Général de MUSIENENE, dans le Territoire de LUBERO, en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

	maille(10cm)			10,00	
	Fil à ligaturer (recuit)	8	kg	2,50	20,00
	<b>Sous-total 4</b>				<b>352,28</b>
<b>5</b>	<b>Dalle de couverture (1,7x1, 7x0, 1) m BA350</b>	<b>0,289</b>	m <sup>3</sup>		
	Gravier	0,2312	m <sup>3</sup>	25,00	5,78
	Sable lavé	0,1156	m <sup>3</sup>	20,00	2,31
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	2,023	sac	13,00	26,30
	Fer à béton de Ø8 mm et 11,5m de long, e: 0,10m	7	pce	10,00	70,00
	Portail métallique 45x45cm	1	pce	50,00	50,00
	Fil à ligaturer (recuit)	4	kg	3,00	12,00
	Tuyau AG2"	1	pce	85,00	85,00
	Té AG 2"	2	pce	5,00	10,00
	Nipple AG 2"	4	pce	7,50	30,00
	Coude AG 2"	4	pce	3,00	12,00
<b>6</b>	<b>seuil(ou écran pour permettre la décantation) en BA350</b>				-
	Gravier	0,7	m <sup>3</sup>	25,00	17,50
	Sable lavé	0,35	m <sup>3</sup>	25,00	8,75
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	3	sac	13,00	39,00
	Fer à béton de 8mm et 11,5 m de long,e: 0,15m	4	pce	10,00	40,00
	Fil à ligaturer (recuit)	2	kg	3,00	6,00
	<b>Sous-total 5/6</b>				<b>414,64</b>
<b>7</b>	<b>Crépissage et lissage (dosage: 1/3 et1/2) e: 2 à 2,5cm</b>	1,125	m <sup>3</sup>		
	Sable lavé	0,45	m <sup>3</sup>	20,00	9,00
	Ciment portland par sac de 50 kg	6,75	sac	13,00	87,75
	Ciment hydrofuge par sac de 1 kg	7	kg	1,50	10,50
	<b>Sous-total 7</b>				<b>107,25</b>
<b>8</b>	<b>Construction d'une chambre de vanne(45x45x40cm)</b>	0,081	m <sup>3</sup>		
	Gravier	0,0648	m <sup>3</sup>	25,00	1,62
	Sable lavé	0,0324	m <sup>3</sup>	25,00	0,81



Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'Hôpital Général de MUSIENENE, dans le Territoire de LUBERO, en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	0,567	sac	13,00	7,37
	Fer à béton de Ø8 mm et 11,5m de long, e: 0,16m	3	pce	10,00	30,00
	Fil à ligaturer (recuit)	1	kg	3,00	3,00
	Cadenas GF	1	pce	10,00	10,00
	Portail métallique garnie de mastique 45x45cm	1	pce	50,00	50,00
	<b>Sous-total 8</b>				<b>102,80</b>
<b>9</b>	<b>Coffrage</b>	<b>16,49</b>	<b>m2</b>		
	Planche grevileat de (3x0, 2x0, 025) m	12	pce	5,00	60,00
	Chevron de (4x0, 07x0, 07) m	5	pce	3,00	15,00
	Décalons	6	pce	1,00	6,00
	Stick de bois de 9m	7	pce	1,50	10,50
	Clou de 12 cm	4	kg	2,50	10,00
	Clou de 10 cm	2	kg	2,50	5,00
	Clou de 8 cm	8	kg	2,50	20,00
	Clou de 6 cm	3	kg	2,50	7,50
	<b>Sous-total 9</b>				<b>134,00</b>
<b>10</b>	<b>Accessoires hydrauliques installations</b>				
	Vanne AG 1"1/4	3	pce	20,00	60,00
	Raccord union AG 1"1/4	6	pce	3,00	18,00
	Nipple AG 1"1/4	6	pce	3,00	18,00
	Adaptateur PVC50 PN16	2	pce	3,00	6,00
	Téflon GF	1	pce	10,00	10,00
	Tuyau PVC50 PN10	2	pce	10,00	20,00
	Coude PVC50 PN16	3	pce	2,00	6,00
	Té PVC50 PN16	3	pce	2,00	6,00
	<b>Sous-total 10</b>				<b>144,00</b>
<b>11</b>	<b>Installation renifleur en AG 2''</b>	1	ft	80,00	80,00
	<b>Sous-total 11</b>				<b>80,00</b>
	<b>Total matériaux</b>				<b>1 506,96</b>
<b>12</b>	<b>Main d'œuvre</b>				<b>376,74</b>
<b>13</b>	<b>TOTAL GENERAL D'UN BAC COLLECTEUR DE 2m<sup>3</sup></b>				<b>1 883,70</b>
<b>14</b>	<b>TOTAL GENERAL 2 BACS COLLECTEURS DE 2m<sup>3</sup></b>				<b>3 767,41</b>

<b>BORDEREAU RESERVOIR DE 40 m<sup>3</sup></b>				
<i>Dimension utiles : LxlxH : 5X5X1, 6 mètres</i>				
<i>Dimension brutes : LxlxH : 5,4X5, 4X1, 8 mètres</i>				



Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'Hôpital Général de MUSIENENE, dans le Territoire de LUBERO, en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

No	Désignation	QUANTITE	UNITE	PU en \$	PT en \$
1	<b>Déblayage (8x8x1, 2) m</b>	76,8	m <sup>3</sup>	2,50	192,00
	<b>Empierrement (5,8x5, 8x0, 3) m</b>	10,092	m <sup>3</sup>		
	Moellon	7,0644	m <sup>3</sup>	20,00	141,29
	<b>Béton de propreté B250 (5,8x5, 8x0, 1) m</b>	3,364	m <sup>3</sup>		
	Gravier	2,7	m <sup>3</sup>	25,00	67,28
	Sable lavé	1,3	m <sup>3</sup>	25,00	33,64
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg B250	17	sac	13,00	218,66
	<b>Dalle d'assise BA350 (5,6x5, 6x0, 1) m</b>	3,136	m <sup>3</sup>		
	Gravier	3	m <sup>3</sup>	25,00	62,72
	Sable lavé	1	m <sup>3</sup>	25,00	31,36
	Ciment portland en sac de 50 kg/BA350	22	sac	13,00	285,38
	Ciment hydrofuge par sac de 1 kg	22	kg	2,00	43,90
	Fer à béton de Ø12 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	65	pce	14,00	910,00
	Fil à ligaturer (recuit)	15	kg	2,50	37,50
	<b>Voiles BA350 avec épaisseur de 20cm</b>	7,776	m <sup>3</sup>		
	Gravier	6	m <sup>3</sup>	25,00	155,52
	Sable lavé	3	m <sup>3</sup>	25,00	77,76
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	54	sac	13,00	707,62
	Ciment hydrofuge par sac de 1 kg	54	kg	2,00	108,86
	Fer à béton de Ø12 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	95	pce	14,00	1 330,00
	Fil à ligaturer (recuit)	20	kg	2,50	50,00
	<b>Dalle de couverture (5,6x5, 6x0, 1) m BA350</b>	3,136	m <sup>3</sup>		
	Gravier	2,5	m <sup>3</sup>	25,00	62,72
	Sable lavé	1,3	m <sup>3</sup>	25,00	31,36
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	22,0	sac	12,50	274,40
	Ciment hydrofuge par sac de 1 kg	22	kg	2,00	43,90
	Fer à béton de Ø12 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	65,0	pce	14,00	910,00
	Portail métallique 50x50cm GARNI DE MASTIC	2,0	pce	75,00	150,00
	Cadenas GF	2,0	pce	10,00	20,00
	Fil à ligaturer (recuit)	15,0	kg	2,50	37,50
	<b>Poutre en B350 (5,4x0, 15x0, 20) m x2</b>	0,324	m <sup>3</sup>		
	Gravier	0,3	m <sup>3</sup>	25,00	6,48
	Sable lavé	0,1	m <sup>3</sup>	25,00	3,24
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	2,3	sac	13,00	29,48
	Fer à béton de Ø12 mm et 11,5m de long	14,0	pce	14,00	196,00
	Fer à béton de Ø6 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	15,0	pce	3,00	45,00
	Fil à ligaturer (recuit)	5,0	kg	2,50	12,50
	<b>Colonne en BA350 (1,8x0, 2x0, 2) x9</b>	0,648	m <sup>3</sup>		
	Gravier	0,52	m <sup>3</sup>	25,00	12,96
	Sable lavé	0,26	m <sup>3</sup>	25,00	6,48
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	4,54	sac	12,50	56,70
	Fer à béton de Ø8 mm et 11,5m de long	8,00	pce	10,00	80,00
	Fer à béton de Ø6 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	12,00	pce	3,00	36,00



Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'Hôpital Général de MUSIENENE, dans le Territoire de LUBERO, en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

	Fil à ligaturer (recuit)	4,00	kg	2,50	10,00
	<b>Crépissage et lissage (dosage: 1/3 et 1/2) e: 2 à 2,5cm</b>	3,024	m <sup>3</sup>		
	Sable lavé	1,21	m <sup>3</sup>	20,00	24,19
	Ciment portland SIMBA par sac de 50 kg	18,00	sac	13,00	234,00
	Ciment hydrofuge par sac de 1 kg	18,00	kg	2,00	36,00
	<b>Coffrage</b>		m <sup>2</sup>		
	Planche grevileat de (3,5x0, 25x0, 02) m	150	pce	5,00	750,00
	Chevron de (3,5x0, 07x0, 07) m	70	pce	2,50	175,00
	Décalons (1x0, 6)m	48	pce	1,00	48,00
	Stick de bois de 6m	90	pce	1,50	135,00
	Clou de 12 cm	20	kg	2,50	50,00
	Clou de 10 cm	15	kg	2,50	37,50
	Clou de 8 cm	25	kg	2,50	62,50
	Clou de 6 cm	8	kg	2,50	20,00
	<b>Sous total 1</b>				<b>8 050,41</b>
<b>2</b>	<b>Matériels</b>				
	Pied de buche	2	Pce	5,00	10,00
	Lime triangulaire	4	Pce	2,50	10,00
	Cisaille 48"	3	Pce	4,50	13,50
	Sceau métallique de 12litres	15	pce	3,00	45,00
	Bidon vide de 20litres	12	pce	3,00	36,00
	Bêche	12	Pce	3,50	42,00
	Pioche	2	Pce	5,00	10,00
	Ficelle en nylon	3	rlx	3,00	9,00
	Mètre ruban de 5m	3	pce	3,00	9,00
	Niveau d'eau	3	pce	3,00	9,00
	Equerre de 90°	1	pce	4,00	4,00
	Lame de scie	15	pce	2,00	30,00
	Monture	2	pce	3,00	6,00
	Tamis pour sable fin de 0,05mm/1mm en m <sup>2</sup>	15	m <sup>2</sup>	3,00	45,00
	Scie menuisier	3	pce	4,00	12,00
	Marteau menuisier	3	pce	3,50	10,50
	Clé anglaise de 36"	2	pce	20,00	40,00
	Clé anglaise de 24"	2	pce	17,00	34,00
	Bâche plastique de 5x4m	4	Pce	20,00	80,00
	<b>Sous total 2</b>				<b>455,00</b>
<b>3</b>	<b>RENIFLEUR</b>				
	TE AG 2"	4	pce	5,00	20,00
	Coude AG 2"	4	pce	5,00	20,00
	Nipple AG2"	10	pce	5,00	50,00
	Tuyau AG2"	4	pce	80,00	320,00
	Vanne AG2"	5	pce	30,00	150,00
	Manchon AG2"	10	pce	13,00	130,00
	<b>Sous total 3</b>				<b>690,00</b>
	<b>Total Matériaux</b>				<b>9 195,41</b>
<b>4</b>	<b>Main d'Œuvre</b>				<b>2 482,76</b>
<b>5</b>	<b>TOTAL RESERVOIR DE 40 m<sup>3</sup></b>				<b>11 678,17</b>



<b>BORDEREAU RERVOIR DE 20 m<sup>3</sup></b>					
<i>Dimension utiles : LuxluxHu : 4X4X1, 25 mètres</i>					
<i>Dimension brutes : LxlxH : 4,3X4, 3,4X1, 5 mètres</i>					
No	Désignation	QUANTITE	UNITE	PU en \$	PT en \$
<b>1</b>	<b>Déblayage (6x6x1,2)m</b>	43,2	m <sup>3</sup>	2,50	108,00
	<b>Empierrement (4,7x4, 7x0, 3) m</b>	8,748	m <sup>3</sup>		
	Moellon	6,1236	m <sup>3</sup>	20,00	122,47
	<b>Béton de propreté B250(4,7x4, 7x0, 1) m</b>	2,209	m <sup>3</sup>		
	Gravier	1,8	m <sup>3</sup>	25,00	44,18
	Sable lavé	0,9	m <sup>3</sup>	25,00	22,09
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg B250	11	sac	13,00	143,59
	<b>Dalle d'assise BA350 (4,5x4, 5x0, 1) m</b>	2,025	m <sup>3</sup>		
	Gravier	2	m <sup>3</sup>	25,00	40,50
	Sable lavé	1	m <sup>3</sup>	25,00	20,25
	Ciment portland en sac de 50 kg/BA350	14	sac	13,00	184,28
	Ciment hydrofuge par sac de 1 kg	14	kg	2,00	28,35
	Fer à béton de Ø12 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	30	pce	14,00	420,00
	Fil à ligaturer (recuit)	7	kg	2,50	17,50
	<b>Voiles BA350 avec épaisseur de 20cm</b>	6,48	m <sup>3</sup>		
	Gravier	5	m <sup>3</sup>	25,00	129,60
	Sable lavé	3	m <sup>3</sup>	25,00	64,80
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	45	sac	13,00	589,68
	Ciment hydrofuge par sac de 1 kg	45	kg	2,00	90,72
	Fer à béton de Ø12 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	40	pce	14,00	560,00
	Fil à ligaturer (recuit)	9	kg	2,50	22,50
	<b>Dalle de couverture (4,5x4, 5x0, 1) m BA350</b>	2,025	m <sup>3</sup>		
	Gravier	1,6	m <sup>3</sup>	25,00	40,50
	Sable lavé	0,8	m <sup>3</sup>	25,00	20,25
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	14,2	sac	12,50	177,19
	Ciment hydrofuge par sac de 1 kg	14	kg	2,00	28,35
	Fer à béton de Ø12 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	28,0	pce	14,00	392,00
	Portail métallique 50x50cm GARNI DE MASTIC	2,0	pce	75,00	150,00



Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'Hôpital Général de MUSIENENE, dans le Territoire de LUBERO, en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

	Cadenas GF	2,0	pce	10,00	20,00
	Fil à ligaturer (recuit)	8,0	kg	2,50	20,00
	<b>Poutre en B350 (4,3x0, 15x0, 20) m x2</b>	0,258	m <sup>3</sup>		
	Gravier	0,2	m <sup>3</sup>	25,00	5,16
	Sable lavé	0,1	m <sup>3</sup>	25,00	2,58
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	1,8	sac	13,00	23,48
	Fer à béton de Ø12 mm et 11,5m de long	8,0	pce	14,00	112,00
	Fer à béton de Ø6 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	7,0	pce	3,00	21,00
	Fil à ligaturer (recuit)	5,0	kg	2,50	12,50
	<b>Colonne en BA350 (1,5x0, 2x0, 2) x9</b>	0,54	m <sup>3</sup>		
	Gravier	0,43	m <sup>3</sup>	25,00	10,80
	Sable lavé	0,22	m <sup>3</sup>	25,00	5,40
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	3,78	sac	12,50	47,25
	Fer à béton de Ø8 mm et 11,5m de long	6,00	pce	10,00	60,00
	Fer à béton de Ø6 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	10,00	pce	3,00	30,00
	Fil à ligaturer (recuit)	3,00	kg	2,50	7,50
	<b>Crépissage et lissage (dosage: 1/3 et 1/2) e: 2 à 2,5cm</b>	2,408	m <sup>3</sup>		
	Sable lavé	0,96	m <sup>3</sup>	20,00	19,26
	Ciment portland SIMBA par sac de 50 kg	10,00	sac	13,00	130,00
	Ciment hydrofuge par sac de 1 kg	10,00	kg	2,00	20,00
	<b>Coffrage</b>		m <sup>2</sup>		
	Planche grevileat de (3,5x0, 25x0, 02) m	80	pce	5,00	400,00
	Chevron de (3,5x0, 07x0, 07) m	30	pce	2,50	75,00
	Décalons (1x0, 6) m	22	pce	1,00	22,00
	Stick de bois de 6m	40	pce	1,50	60,00
	Clou de 12 cm	10	kg	2,50	25,00
	Clou de 10 cm	8	kg	2,50	20,00
	Clou de 8 cm	12	kg	2,50	30,00
	Clou de 6 cm	5	kg	2,50	12,50
	<b>Sous total 1</b>				<b>4 608,22</b>
<b>2</b>	<b>Matériels</b>				
	Pied de buche	2	Pce	5,00	10,00
	Lime triangulaire	3	Pce	2,50	7,50
	Cisaille 48"	2	Pce	4,50	9,00
	Sceau métallique de 12litres	10	pce	3,00	30,00
	Bidon vide de 20litres	8	pce	3,00	24,00



Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'Hôpital Général de MUSIENENE, dans le Territoire de LUBERO, en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

	Bêche	6	Pce	3,50	21,00
	Pioche	2	Pce	5,00	10,00
	Ficelle en nylon	2	rlx	3,00	6,00
	Mètre ruban de 5m	3	pce	3,00	9,00
	Niveau d'eau	2	pce	3,00	6,00
	Equerre de 90°	1	pce	4,00	4,00
	Lame de scie	12	pce	2,00	24,00
	Monture	2	pce	3,00	6,00
	Tamis pour sable fin de 0,05mm/1mm en m <sup>2</sup>	8	m <sup>2</sup>	3,00	24,00
	Scie menuisier	3	pce	4,00	12,00
	Marteau menuisier	3	pce	3,50	10,50
	Clé anglaise de 36"	2	pce	20,00	40,00
	Clé anglaise de 24"	2	pce	17,00	34,00
	Bâche plastique de 5x4m	4	Pce	20,00	80,00
	<b>Sous total 2</b>				<b>367,00</b>
<b>3</b>	<b>RENIFLEUR</b>				
	TE AG 2"	4	pce	5,00	20,00
	Coude AG 2"	4	pce	5,00	20,00
	Nipple AG2"	10	pce	5,00	50,00
	Tuyau AG2"	4	pce	80,00	320,00
	Vanne AG2"	5	pce	30,00	150,00
	Manchon AG2"	10	pce	13,00	130,00
	<b>Sous total 3</b>				<b>690,00</b>
	<b>Total Matériaux</b>				<b>5 665,22</b>
<b>4</b>	<b>Main d'Œuvre</b>				<b>1 529,61</b>
<b>5</b>	<b>TOTAL RESERVOIR DE 20 m<sup>3</sup></b>				<b>7 194,83</b>

<b>POMPAGE ET CHAMP SOLAIRE</b>				
Désignation	UNITE	Qte	PU en \$	PT en \$
Pompe immergée Grundfos SQ3-40 (3m <sup>3</sup> /h-42m)	pce	1	2100,00	2100,00
Switch box(CU200)	pce	1	25,00	25,00
Module photovoltaïque (4kW CDC/ 210Volt DC /18A)	pce	27	225,00	6075,00
Flotteur électrique pour réservoir	pce	1	35,00	35,00



Interrupteur de marche à sec	pce	1	25,00	25,00
Câble électrique 1×50mm <sup>2</sup> cuivre	ml	30	25,00	750,00
Câble immergé 4 ×6mm <sup>2</sup> cuivre	ml	5	5,50	27,50
Capteur à électrode BUNF 300	pce	6	50,00	300,00
Système électronique de commande	pce	1	350,00	350,00
Fil électrique commande flotteur	ml	2	150,00	300,00
Compteur hydraulique 2	pce	1	50,00	50,00
Protection et mise à la terre	fft	1	300,00	300,00
<b>Sous total 1</b>				<b>10337,50</b>
<b>Structure métallique</b>				
Fer cornières 70×70×7 de 6m de long	pce	30	18,00	540,00
Fer cornières 40×40×4 de 6m de long	pce	20	6,00	120,00
Tube 60×40 de 6m de long	pce	16	22,00	352,00
Tube 25×40	pce	25	12,00	300,00
Tôles BG30 pour local gardien	pce	9	17,50	157,50
<b>Sous total 2</b>				<b>1469,50</b>
<b>Total</b>				<b>11 807,00</b>
<b>Main d'Œuvre</b>				<b>2 361,40</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>				<b>14 168,40</b>

BLOC D'UNE BORNE FONTAINE AVEC 1 ROBINET					
	Dimensions du massif: LxlxH : 0,20m x 0,020m x 0.65m				
	Dimensions radié: LuxluxHu : 1,5m x 0,8m x 0,1m:				
No	Désignation	Qte	UNITE	PU en \$	PT en \$
1	<b>Empierrement (4,6x0, 4x0, 35) m</b>	<b>0,644</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>10,00</b>	<b>6,44</b>
	Fondation en moellon (4,6x0, 4x0, 55) m	1,012	m <sup>3</sup>		
	Moellon	0,7	m <sup>3</sup>	20,00	14,17
	Sable	0,1	m <sup>3</sup>	25,00	3,04
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	4,5	sac	13,00	58,60
	<b>Sous-total 1</b>				<b>82,25</b>
2	<b>Béton de propreté B250 (1,5x0, 8x0, 07) m</b>	<b>0,084</b>	<b>m<sup>3</sup></b>		
	Gravier	0,0672	m <sup>3</sup>	25,00	1,68



	Sable lavé	0,0336	m <sup>3</sup>	20,00	0,67
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	0,42	sac	13,00	5,46
	<b>Sous-total 2</b>				<b>7,81</b>
<b>3</b>	<b>Radier B350 (1,5x0, 8x0, 1) m</b>	<b>0,12</b>	<b>m<sup>3</sup></b>		
	Gravier	0,50	m <sup>3</sup>	25,00	12,50
	Sable lavé	0,50	m <sup>3</sup>	25,00	12,50
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	0,6	sac	13,00	7,80
	Fer à béton de Ø8 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	3	pce	10,00	30,00
	Fil à ligaturer (recuit)	2	kg	2,50	5,00
	<b>Sous-total 3</b>				<b>67,80</b>
<b>4</b>	<b>Massif (0,65x0, 2x0, 2) m B350</b>	<b>0,026</b>	<b>m<sup>3</sup></b>		
	Gravier	0,5	m <sup>3</sup>	25,00	12,50
	Sable lavé	0,5	m <sup>3</sup>	25,00	12,50
	Ciment portland SIMBA en sac de 50 kg	2	sac	13,00	26,00
	Fer à béton de Ø8 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	4	pce	10,00	40,00
	Fer à béton de Ø6 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	4	pce	3,00	12,00
	Fil à ligaturer (recuit)	2	kg	2,50	5,00
	<b>Sous-total 4</b>				<b>108,00</b>
<b>5</b>	<b>Chambre de vanne (0,45x0, 45x0.5) m B200</b>	<b>0,101</b>	<b>m<sup>3</sup></b>		
	Gravier	0,5	m <sup>3</sup>	25,00	12,50
	Sable lavé	0,5	m <sup>3</sup>	25,00	12,50
	Ciment portland en sac de 50 kg	1	sac	13,00	13,00
	Fer à béton de Ø8 mm et 11,5m de long, e: 0,15m	2	pce	8,00	16,00
	Fil à ligaturer (recuit)	2	kg	2,50	5,00
	Cadenas GF	1	pce	10,00	10,00
	Portail métallique de 45x45	1	pce	50,00	50,00



Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'Hôpital Général de MUSIENENE, dans le Territoire de LUBERO, en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

	<b>Sous-total 5</b>				<b>119,00</b>
<b>6</b>	<b>Crépissage et lissage (dosage: 1/3 ) e: 2 cm drainage des eaux usées</b>	<b>1,0</b>			
	Sable lavé	0,5	m <sup>3</sup>	20,00	10,00
	Ciment portland SIMBA par sac de 50 kg	1	sac	13,00	13,00
	Ciment hydrofuge par sac de 1 kg	2	kg	2,00	4,00
	<b>Sous-total 6</b>				<b>27,00</b>
<b>7</b>	<b>Accessoires hydrauliques</b>				
	Robinet AG 3/4 Sanwa	1	pce	5,00	5,00
	Adaptateur PVC25PN10 MBP 3/4"	1	pce	5,00	5,00
	Vanne AG 3/4 de réglage de débit (formec )	2	pce	5,00	10,00
	Mâchon AG 3/4"	3	pce	3,00	9,00
	Raccord union AG 3/4"	3	pce	2,50	7,50
	Nipple AG 3/4"	6	pce	2,50	15,00
	Coude AG 3/4"	4	pce	2,50	10,00
	Tuyau AG 3/4 "	1	pce	25,00	25,00
	Tuyau PHD 3/4"	1	pce	30,00	30,00
	Téflon	1	pce	5,00	5,00
	<b>Sous-total 7</b>				<b>121,50</b>
<b>8</b>	<b>Coffrage</b>	<b>1</b>	<b>m<sup>2</sup></b>		
	Planche grevileat de (4x0, 3x0, 025) m	3	pce	4,00	12,00
	Chevron de (4x0, 07x0, 07) m	4	pce	2,50	10,00
	Stick de bois	4	pce	1,00	4,00
	Cadenas GF	1	pce	10,00	10,00
	Clou de 6 cm	3	kg	2,50	7,50
	<b>Sous-total 8</b>				<b>43,50</b>



Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'Hôpital Général de MUSIENENE, dans le Territoire de LUBERO, en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

---

	<b>Total matériaux</b>				<b>576,86</b>
<b>9</b>	<b>Main d'œuvre</b>	<b>1</b>	<b>fft</b>		<b>75,00</b>
<b>10</b>	<b>TOTAL POUR 1 BORNE A 1 ROBINET</b>				<b>651,86</b>
<b>11</b>	<b>TOTAL POUR 2 BORNES A 1 ROBINET CHACUNE</b>				<b>1 303,72</b>

*Annexe 17: Synthèse d'images des travaux réalisés du projet*





Etudes techniques pour l'adduction en eau potable à l'Hôpital Général de MUSIENENE, dans le Territoire de LUBERO, en Province du NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

