UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Etude et dimensionnement d'un réseau d'alimentation en eau potable en milieu rural : cas du réseau Birohe II en commune et province Gitega

Ndayishimiye, Déo; Ndererimana, Innocent; Sous la Direction de : Ir. Nduwimana, Donatien

2014-09
UB, ITS
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2282

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

INSTITUT TECHNIQUE SUPERIEUR
DEPARTEMENT D'AMENAGEMENT ET URBANISME

ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE EN MILIEU RURAL : CAS DU RESEAU BIROHE II EN COMMUNE ET PROVINCE GITEGA

Par

NDAYISHIMIYE Déo

&

NDERERIMANA Innocent

Sous la Direction de :

Ir. NDUWIMANA Donatien

Projet de fin d'études présenté et défendu publiquement en vue d'obtention d'un Diplôme d'Ingénieur Industriel en Aménagement et urbanisme

Bujumbura, Septembre 2014

DEDICACE

A Dieu Tout Puissant ;
A mes chers parents ;
A mes frères et sœurs ;
A ma petite fille INGABIRE Blessia ;
A ma regrettée grand-mère KANZIZA Immaculée;
A la famille KANA Aloys;
A la famille OPC_2 NGABISHENGERA Sadate Steven ;
A tous ceux qui me sont chers ;
A mon collègue **NDERERIMANA Innocent**
Je dédie ce TRAVAIL

NDAYISHIMIYE Déo.

A Dieu Tout Puissant ;
A ma chère mère ;
A mon regretté Père ;
A mes frères et sœurs ;
A mes cousins et cousines
A tous ceux qui me sont chers ;
A mon collègue ***NDAYISHIMIYE Déo.***
Je dédie ce TRAVAIL

NDERERIMANA Innocent

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous éprouvons un grand plaisir et un agréable devoir d'exprimer publiquement nos gratitudes à toute personne qui, de près ou de loin aurait contribué à son élaboration.

Nos vifs remerciements sont adressés à Monsieur l'Ingénieur NDUWIMANA Donatien, Directeur de ce travail, qui, malgré ses multiples occupations professionnelles, n'a ménagé aucun effort pour la réalisation de ce dernier. Qu'il trouve ici, la satisfaction de ces efforts.

Nos sincères remerciements sont adressés aussi à nos parents qui, sans eux, nous ne serions pas qui nous sommes aujourd'hui et à tous ceux qui nous ont soutenus tant moralement que matériellement au cours de notre vie estudiantine

Nos remerciements vont aussi à l'endroit des enseignants qui ont guidé nos premières et hésitantes marches depuis l'école primaire et surtout aux professeurs de la FSA/ITS plus particulièrement ceux du département d'Aménagement et Urbanisme de l'ITS. Qu'ils trouvent ici l'expression du couronnement de leurs efforts pour la formation qu'ils nous ont dispensée.

Nous adressons également nos sincères remerciements au Personnel de la DGAHR pour les informations combien enrichissantes qu'ils nous ont fournies.

Enfin, à toute la communauté de l'Université du Burundi, spécialement à celle du Campus KIRIRI, tous nos amis et connaissances qui nous ont aidés tout le long de nos études, nous leur adressons nos sincères remerciements.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques de l'eau potable.....6
Tableau 2 : effectifs de la population actuelle à desservir 12
Tableau 3 : Résultat des recensements généraux (les années 1979,1990 et 2008) pour la commune GITEGA 13
Tableau 4 : Effectif de la population à l'horizon d'étude 14
Tableau 5: Consommation spécifique d'après l'OMS 15
Tableau 6: résumé des besoins journaliers en eau..... 17
Tableau 7: Récapitulatif des besoins en eau..... 19
Tableau 8 : Granulométrie du gravier filtrant 29
Tableau 9: récapitulatif des dimensions des réservoirs..... 41
Tableau.10: Calcul de la charge d'eau agissant sur le radier 46
Tableau.11 : calcul de la charge des parois agissant sur le radier..... 48
Tableau 12 : calcul de la section des armatures pour la dalle de couverture du réservoir de 55m3 50
Tableau 13 : calcul de la section des armatures pour le radier du réservoir de 55m3 51
Tableau 14: calcul de la section des armatures pour la dalle de couverture du réservoir de 5m3 53
Tableau 15 : calcul de la section des armatures pour le radier du réservoir de 5m3 54
Tableau 16 : calcul de la section des armatures pour la dalle de couverture du réservoir de 10m3 56
Tableau 17 : calcul de la section des armatures pour le radier du réservoir de 10m3 57
Tableau 18 : calcul de la section des armatures pour la dalle de couverture du réservoir de $15m^3$ 59
Tableau 19 : calcul de la section des armatures pour le radier du réservoir de 15m3 60
Tableau 20: calcul de la section des armatures pour la dalle de couverture du réservoir de 25m3 62
Tableau 21 : calcul de la section des armatures pour le radier du réservoir de 25m3 63
Tableau 22 calculs hydrauliques 76
Tableau 23: Devis quantitatif 84
Tableau 24 : Devis estimatif..... 98
Tableau 25 : planification des taches..... 100
Tableau 25: Diagramme de GANTT 101

LISTE DES FIGURES

Figure 1 ; photos de la source 4
Figure 2 : situation géographiqu e de la commune GITEGA 9
Figure.3. Découpage administratif de la commune GITEGA..... 10
Figure .4 : Figure illustrant la zone du projet (source DGAHR) 11
Figure 5.Représentation graphique des besoins maximaux en eau en 2039..... 20
Figure 6: Schéma d'une source d'affleurement 22
Figure 7: Schéma d'une source de déversement 23
Figure 8 :: Schéma d'une source d'émergence 24
Figure 10: Schéma de disposition du trop-plein et du vidange..... 33
Figure 11: Schéma de principe de fonctionnement..... 34
Figure 13 : schéma du réservoir de 55m3 52
Figure 14: schéma du réservoir de 5m3 55
Figure 15: schéma du réservoir de 10m3 58
Figure 16: schéma du réservoir de 15m3 61
Figure 17 : schéma du réservoir de 25m3 64
Figure 18: Chambre de purge..... 66
Figure 19 : Vue en plan et coupe d'une ventouse. 67
Figure 21 : Chambre de vanne pour BF 69
Figure 22 : Vue en plan et coupe d'une borne fontaine 70
Figure 23 : Interprétation géométrique de l'équation de Bernoulli..... 73
Figure 24 : Schéma de control des pressions 76
gure 25 : Schéma de fonctionnement du réseau..... 77
Figure 26 : schéma de positionnement de la conduite 81

LISTES DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AEP : Alimentation en Eau Potable
CD : Chambre de départ.
CP : chambre de purge.
CV : chambre de ventouse.
CVN : chambre de vanne
CR : Chambre de répartition
FF : Forfaitaire
ISTEEBU : Institut de Statistiques et des Etudes Economiques du Burundi.
OMS : Organisation Mondiale de la Santé.
PH : Potentiel d'hydrogène
M_S : Micro Siemens.
PVC : Polychlorure de Vinyle
TNU : Turbidity NephetometricUnits.
R : réservoir.
DGAHR :Direction Générale de l'Agence de l'Hydraulique rurale
PU : prix unitaire
PT : Prix total

RESUME

L'eau constitue une denrée essentielle dans la vie ainsi que dans certaines activités de tout être vivant. Sans cette composante naturellement irremplaçable sur notre planète terre, la vie serait impossible. Donc sa maitrise et sa disponibilité en quantité et en qualité suffisante doivent être une des premières préoccupations de quiconque que ce soit.

Le présent projet est conçu dans le souci d'assurer à la population des collines HIGIRO et BIROHE ainsi que les sous collines GIKOBE et CIYUBAKE les meilleures conditions d'hygiène, de santé et un progrès dans le développement socio-économique

Le linéaire auquel s'approvisionne cette population est estimée à 7443,9 m soit 7, 4439km.

Notre réseau de distribution en eau potable sera alimenté par la source KAGOMERO se trouvant à une altitude de 1800m avec un débit de 1,4l/s mais le début nécessaire pour satisfaire les bénéficiaires est 1,102l/s.

Les ouvrages utilisés pour notre projet qui est totalement gravitaire sont : une chambre de départ, une chambre de purge, une chambre de ventouse, trois chambres de vanne et sectionnement, cinq chambres pour bornes fontaine, cinq bornes fontaines, et cinq réservoirs.

Après avoir fait le dimensionnement de ces ouvrages, les calculs hydrauliques et leurs devis quantitatif et estimatif, nous avons déterminé le coût global du projet qui est estimé à une somme de cent quatre-vingt six millions huit cent soixante quinze milles cinq cents cinquante neuf francs Burundais avec TVA. 186 875 559FBU

Enfin, comme un réseau mal entretenu peut fournir de l'eau qui pourra nuire à la santé humaine, il est demandé à la régie communale d'eau d'engager et de former un personnel local qui pourra suivre et veiller sur la protection et l'entretient pour intervenir à temps

Pour cette fin, de collecter une certaine somme d'argent, petite soit-elle qui sera fixée pour l'administration et versée à la régie communale de l'eau pour des entretiens éventuels.

TABLE DE MATIERE

DEDICACE ..... **I**

REMERCIEMENTS ..... **II**

LISTE DES TABLEAUX ..... **III**

LISTE DES FIGURES ..... **IV**

LISTES DES SIGLES ET ABREVIATIONS ..... **V**

RESUME ..... **VI**

TABLE DE MATIERE ..... **VII**

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE **1**

I.1 GENERALITES 1

I.1.1 Introduction *1*

I.1.2 Cadre et intérêt du sujet *1*

I.1.3 Méthodologie de travail et objectif à atteindre *3*

I.1.4 Délimitation du sujet *4*

I.1.5 Généralités sur eau *5*

I.1.5.1 Le concept eau 5

I.1.5.2Définition d'eau potable 5

I.1.5.3 Qualité d'eau potable 5

I.1.5.4 Qualité d'une eau potable d'après les normes de l'OMS 6

I.1.5.4.1 Normes d'une eau potable selon OMS 6

I.1.5.4.2 Définition de quelques éléments déterminant la qualité de l'eau 7

I.1.5.5 Concentration limite de l'eau potable selon OMS 7

I.1.5.6 Nécessité d'eau sur la santé 8

CHAPITREII : DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE **9**

II.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COMMUNE GITEGA 9

II.2 DECOUPAGE ADMINISTRATIF DE LA COMMUNE GITEGA 10

II.3 LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE 11

CHAPITRE III : EVALUATION DES BESOINS EN EAU POTABLE **12**

III.1 INTRODUCTION 12

III.2 EVALUATION DE LA POPULATION A DESSERVIR 12

III.2.1 Population actuelle *12*

III.2.2. Population projetée (horizon 25 ans) *13*

III.2.3Détermination du taux de croissance *13*

III.2.4. Evaluation proprement dite de la Population projetée *14*
III.3 ESTIMATION DES BESOINS EN EAUX 15
III.3.1 Consommation spécifique *15*
III.3.2 Calculs des besoins en eau potable en 2014 ..... *16*
III.3.2.1 Besoins journaliers en eau pour la population actuelle du projet. 16
III.3.2.2 Besoins journaliers en eau pour les équipements publics et sociaux 16
III.3.3 Calculs de la quantité d'eau potable nécessaire en 2039 ..... *16*
III.3.3.1 Besoins journaliers en eau pour la population 16
III.3.3.2 Besoins journaliers en eau pour l'E.P BIROHE 16
III.3.4 Détermination des besoins totaux en eau en 2039 ..... *17*
III.3.4.1 Calcul de la production de pointe 17
III.3.4.2 Calcul des pertes 18
III.3.4.3 Calcul des marges de sécurité 18
III.3.4.4 Affectation des pertes de charge, de la production de pointe et marge pour chaque catégorie des besoins 19

CHAPITRE IV : SYSTEME DE CAPTAGE 21

IV.1 ORIGINES DE L'EAU DE SOURCE 21
IV.1 1. Introduction *21*
IV.1.2 Nature des sources *21*
IV.1.2.1 Sources d'affleurement 22
IV.1.2.2 Sources de déversement 23
IV.1.2.3 Sources d'émergences 24
IV.1.3.Détermination du débit de la source *25*
IV.2 PRINCIPE DE CAPTAGE 26
IV.3 OUVRAGES DE CAPTAGE 28
IV.4 LES CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX DE CAPTAGE 28
IV.5 LA DESINFECTION DU CAPTAGE 30
IV.6 PROTECTION DE LA ZONE DE CAPTAGE 30

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMNT DES OUVRAGES DE STOCKAGE ET DE REGULATION 31

V. 1 DEFINITION ET IMPORTANCE 31
V.2 TYPES DES RESERVOIRS 31
V.3 EMPLACEMENT ET ALTITUDE D'UN RESERVOIR 32
V.4 PRINCIPE DE CONSTRUCTION DES RESERVOIRS 32
V.5 EQUIPEMENTS HYDRAULIQUES DES RESERVOIRS 33
V.5.1 Conduites d'amené *33*
V.5.2 Conduites de vidange *33*
V.5.3 Conduites de trop-plein *33*

V.5.4. La conduite de distribution *34*
V.5.5. dispositions spéciales *34*
V.6 CAPACITES DES RESERVOIRS 35
5366V.6.1 Tableaux de calcul des capacités des réservoirs *37*
V.7 DIMENSIONNEMENT DU RESERVOIR 39
V.7.1 Introduction *39*
V.7.2 Principales dimensions des réservoirs *40*
V.7.3 Dimensionnement proprement dit *41*
CHAP ITREVI : RESEAU DE DISTRIBUTION 65
VI.1 OUVRAGES DU RESEAU 65
VI.2 DIMENSIONNEMENT DES CONDUITES 70
VI.2.1 Nature et caractéristiques de la conduite d'alimentation *70*
VI.2.2 Calculs hydrauliques *71*
VI.2.3 Schéma de fonctionnement du réseau *77*
CHAPITRE VII : EVALUATION DU COUT GLOBAL DU PROJET 78
VII.1 INTRODUCTION 78
VII.2 DESCRIPTION ET QUANTIFICATION DES TRAVAUX 78
VII.2.1 Devis descriptif des travaux *78*
VII.2.2 Détermination du devis quantitatif *83*
VII. 3 DEVIS ESTIMATIF 96
VII.4 PLANNING DES TRAVAUX 100
VII.4.1 Planification des taches *101*
VII.4.2 Diagramme de GANTT *102*
CHAPITRE VIII : CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATION 103
VIII.1. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX 103
VIII.2 CONCLUSION GENERALE 103
VIII.3 RECOMMANDATION 104
BIBLIOGRAPHIE 105
ANNEXES 106

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

I.1 Généralités

I.1.1 Introduction

L'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie humaine et végétale. C'est un bien rare et sa rareté à des répercussions sur l'efficacité économique, l'équité sociale et la durabilité environnementale. Sachant que le domaine de l'eau potable est directement lié au domaine de la santé, les ressources hydrauliques en Afrique, et en particulier au BURUNDI sont un produit d'importance capitale.

En outre l'approvisionnement en eau potable est limité aussi bien en quantité qu'en qualité alors que la croissance démographique et le développement économique font augmenter la demande.

La consommation de l'eau insoluble est à base de la prédominance de plusieurs maladies d'origine hydrique qui sont la plupart des fois mortelles

I.1.2 Cadre et intérêt du sujet

Comme les activités de tous les jours ne cessent pas de le prouver, l'eau est une ressource naturelle très indispensable à toutes réalisations sur notre planète. Malheureusement, sa répartition n'est pas uniforme. On remarque que ¾ de la surface terrestre sont occupés par l'eau mais cela n'empêche que la sécheresse menace pas mal de régions. Le continent Africain en est particulièrement témoin.

Le problème de l'eau, et particulièrement l'eau potable, a toujours préoccupé le monde entier. L'eau est essentielle à l'homme, aux animaux, et aux plantes. Sans l'eau, aucune vie n'est possible sur la terre. En fait, les endroits où vivent les hommes nécessitent la disponibilité de l'eau pour la consommation humaine, pour les usages domestiques et sans doute pour les animaux. Son accès n'est pas facile ni en quantité suffisante, ni en qualité saine, on doit le transporter sur de grandes distances mais aussi il faut le traiter.

L'absence ou la pénurie de l'eau de bonne qualité conduit à la consommation des eaux contaminées par des excréments humains ou animaux et ça représente un danger pour la santé et même pour la vie humaine en particulier. Ainsi l'eau est un moyen de transmission et de propagation de

différentes maladies. Elle ne constitue pas la seule voie de contamination mais elle joue un rôle non moins important.

La consommation d'eau potable est un outil indispensable pour le contrôle et la maîtrise de la plupart des maladies comme les Diarrhées, le choléra, la fièvre typhoïde, l'ascaridiose, etc....

L'eau consommée a un rapport étroit avec la sante des populations tant urbaines que rurales car si ces dernières consomment l'eau impropre, ça a des répercussions sur les aptitudes a l'effort et au travail des individus atteints par l'une ou l'autre maladie ci-haut citée. On comprend bien que l'une des actions la plus efficace pour améliorer durablement la sante de la population est la fourniture d'une eau potable en quantité suffisante et facilement accessible.

Beaucoup d'avantages lies au développement socio-économique se dégagent dans la réalisation d'un système d'alimentation en eau potable bien conçu et bien entretenu. On peut dire par exemple :

- **En rapport avec la sante publique** :

-la réduction de la mortalité et augmentation de l'espérance de vie à la naissance
-Une économie pour les besoins médicaux
-une augmentation des jours de travail et de revenus par suite de la diminution du temps réservé au traitement des malades (croissance de la productivité, économie sur les coûts de transport des malades vers les structures médicales).

- **En rapport avec les avantages économiques :**

-la réduction du temps et épargne de l'énergie et du système d'exploitation agricole ;
-une augmentation des activités économiques dans la région (multiplication des projets)
-une réduction de l'exode rural

- **En rapport avec les avantages sociaux :**

-les femmes sont déchargées du travail de rechercher l'eau et peuvent vaquer aux autres devoirs familiaux comme la formation et l'éducation des enfants ;
-les enfants sont libres pour aller à l'école au lieu de les garder pour puiser de l'eau.

On peut signaler en passant que même si l'eau est indispensable dans la vie, elle peut être la cause de certains dégâts comme le cas des inondations, l'érosion, le transport des déchets entrainant une pollution à grande échelle. Ainsi, l'homme doit savoir comment maitriser ces phénomènes naturels pour maintenir également sa survie et l'équilibre du milieu environnant.

C'est dans ce cadre que nous avons visité la localité de BIROHE II et ses environs qui accusent un manque d'eau potable, et à cause des grandes distances que les habitants de cet endroit parcourent pour s'approvisionner en eau ,nous voudrions contribuer à l'étude et dimensionnement d'un réseau d'alimentation en eau potable pour cette localité en vue de leur assurer une meilleure santé et partant un progrès accru dans le développement socio-économique

I.1.3 Méthodologie de travail et objectif à atteindre

Le présent projet est conçu dans le souci d'assurer à la population des collines HIGIRO et BIROHE ainsi que les sous collines GIKOBE et CIYUBAKE les meilleures conditions d'hygiène, de santé et un progrès dans le développement socio-économique, notre travail va se centrer sur la collecte de toutes les données de base nécessaires pour la réalisation d'un projet d'alimentation en eau potable telles que :

- les données en rapport avec la population actuelle de la localité concernée
- les données en rapport avec la topographie du site et les sources susceptibles d'alimenter la localité (données tirées dans la DGAHR).

Ainsi un plan systématique sera suivi pour le projet proprement dit :

1. Délimitation de la zone de projet
2. Inventaire des besoins (Effectifs + Allocations spécifiques)
3. Ressources (eau brute) à exploiter + Traitements éventuels
4. Schéma sommaire du réseau (passage réseau, points d'eau)
5. Calculs hydrauliques (conduites et autres ouvrages)
6. Schéma de fonctionnement du réseau (plan définitif)
7. Coût estimatif du projet (fournitures et main d'œuvre)

L'objet de notre sujet est l'étude et dimensionnement d'un réseau d'alimentation en eau potable sur les collines HIGIRO et BIROHE, en commune et province GITEGA.

L'approche poursuivie dans le présent travail est d'identifier les réseaux, inventorier les besoins et les ressources, élaborer et sélectionner les alternatives possibles à la contribution d'alimentation en eau potable sur les collines ci-hauts citées à l'horizon 2039.

I.1.4 Délimitation du sujet

Notre projet concerne l'alimentation en eau potable des collines HIGIRO et BIROHE, L'école primaire de BIROHE ainsi que leurs sous-collines GIKOBE et CIYUBAKE à partir de la source KAGOMERO située sur la colline HIGIRO à 1800m d'altitude avec un débit de 1.4l/s. (Voir les photos de la source ci-dessous).



Figure 1 ; photos de la source KAGOMERO

Le réseau débute sur la colline HIGIRO, passe par les sous-collines GIKOBE et CIYUBAKE pour prendre fin sur la colline BIROHE à une distance de 7,444 km.



EP BIROBE

I.1.5 Généralités sur eau

I.1.5.1 Le concept eau

L'eau est liquide inodore et transparente quand elle est pure. Chimiquement, l'eau est composée par un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène. Elle est symbolisée par H_2O. Selon le traité de plomberie par Henri Charles, son nom vient du mot aqua qui a changé d'écriture, eue et finalement « eau ».

I.1.5.2Définition d'eau potable

L'eau potable est une eau répondant aux critères bactériologiques, physiques, chimiques et aux critères concernant la radioactivité. C'est celle dont la consommation ne produit aucun effet nuisible à la santé humaine. Signalons que Pas mal de gens pensent que toute eau claire, limpide, inodore et sans goût est potable. Ce qui n'est pas vrai car seules les déclarations faites après des analyses aux laboratoires peuvent juger la qualité et la potabilité de l'eau par confrontation des résultats obtenus aux valeurs des paramètres recommandées par les normes internationales de l'eau potable fournies par l'O.M.S.

I.1.5.3 Qualité d'eau potable

L'eau potable doit être pure, claire et exempte de tout risque de contamination nocive à la santé humaine. Sa qualité requise et favorable à la santé doit être évoquée sous différents aspects.

- ✓ L'aspect physique : sa turbidité, sa couleur, sa température, les matières en suspension.
- ✓ L'aspect chimique, c'est-à-dire sa teneur en éléments et composés chimiques (carbone, manganèse, fluore, fer, bacille de coli, entérocoque, …).
- ✓ L'aspect bactériologique : bactéries, Virus, protozoaires, champignon, algues, helminthes.

I.1.5.4 Qualité d'une eau potable d'après les normes de l'OMS

I.1.5.4.1 Normes d'une eau potable selon OMS

Caractéristiques	**Unité**	**Valeur limites d'une eau potable recommandées par l'OMS**
Turbidité	NTU	5
Valeur pH	-	7,0-8,5
conductivité	MS/cm	700
Matière en suspension (M.E.S)	mg/l	500
Fer (Fe^{++})	mg/l	0,3
Dureté totale	°DG	20-30
Sodium (Na^{+})	mg/l	20
Ammoniaque (NH_4^+)	mg/l	1,0
Calcium (Ca^{++})	mg/l	75
Température	°C	25
Sulfates (SO_4^{--})	mg/l	200
Gaz carbonique (CO_2)	mg/l	-
Nitrate (NO_2^-)	mg/l	25
Potassium (K^{+})	mg/l	10
Phosphates (PO_4^-)	mg/l	7
Magnésium (Mg^{++})	mg/l	50
Oxygène	% de saturation	20
Demande chimique en O_2 : DCO	mg/l	5/KMnO4
Chlorures (Cl^-)	mg/l	200

Tableau 1 : Caractéristiques de l'eau potable.

I.1.5.4.2 Définition de quelques éléments déterminant la qualité de l'eau

a. La turbidité : c'est le degré d'abondance des matières colloïdales finement divisées comme les argiles ou grain de silice
b. PH : Il détermine l'acidité ou la basicité de l'eau
c. La conductibilité : c'est le pouvoir de laisser passer le courant électrique. On la mesure par un conductimètre à des électrodes métalliques
d. La dureté : c'est la concentration des sels de magnésium
e. Les microbes : Il ya les bactéries dites germes indicateurs de population pour la santé des utilisateurs : les germes totaux, les coliformes totaux et les Escherichia coli

I.1.5.5 Concentration limite de l'eau potable selon OMS

Corps chimiques	Concentration en mg/l
Composés phénoliques	0
Chrono hexa valent	0
Cyanures	0
Sélénium	0, 05
Arsenic et composés	0, 05 (d'arsenic)
Plomb	0, 1
Fer et manganèse (ensemble)	0, 3 (de 0, 2 de Fe)
Fluorures	1 (de fluor)
Cuivres	1
Zinc	5
Nitrates	10 (d'azote)
Magnésium et composés	125 (de magnésium)
Sulfates	250 (ion SO_4)
Chlorures	250 (de chlorure)

I.1.5.6 Nécessité d'eau sur la santé

L'eau occupe une place considérable dans la maitrise de la bonne santé des êtres vivants. La preuve en est que l'homme en a besoin pour ses différentes activités notamment pour se laver, pour la lessive, pour la boisson, etc.

Egalement les animaux en ont besoin pour la boisson et les plantes ne peuvent pas subsister en son absence.

On comprend que non seulement l'homme a besoin directement de l'eau mais aussi en profite d'une manière indirecte car et les plantes, et les animaux qu'il consomme en dépendent.

En général, à l'absence de l'eau, la vie est pratiquement impossible étant donné que tous les êtres vivants la puisent sur l'unique source précieuse qui est « ***l'eau*** »

II.2 Découpage administratif de la commune GITEGA



Figure.3. Découpage administratif de la commune GITEGA

Source : monographie de la commune GITEGA

II.3 Localisation de la zone d'étude

Notre zone d'étude se situe sur les collines HIGIRO, BIROHE et les sous-collines GIKOBE et CIYUBAKE de la commune et province GITEGA.



Figure .4 : Figure illustrant la zone du projet (source DGAHR)

CHAPITRE III : EVALUATION DES BESOINS EN EAU POTABLE

III.1 Introduction

Avant de procéder à l'étude de toute alimentation en eau potable, il est impératif de commencer à évaluer la population à desservir. Ensuite, il faut disposer des données suffisantes en rapport avec les différents établissements et équipement qui utiliseront de l'eau. Ces derniers sont entre autre les écoles, les hôpitaux, les marchés, les sites touristiques, etc.

Pour ce faire, une bonne évaluation des besoins en eau permet de procurer juste la quantité demandée et les pertes éventuelles dues essentiellement aux fuites occasionnées dans les joints des tuyaux, aux fuites sur le corps même d'un tuyau, aux bouches de lavage ainsi que les pertes aux bornes fontaines mal entretenues.
Enfin, notre projet s'étendra sur un horizon de 25 ans, ce qui nous conduit à tenir compte de l'accroissement de la population, puisqu'on aura un effectif variable de celle-ci au cours du temps.

III.2 Evaluation de la population à desservir

III.2.1 Population actuelle

Selon les informations qui nous sont fournies par la DGAHR qui a effectué les levées topographiques et les relevés démographiques, nous avons le nombre de ménages pour la population actuelle des collines et sous-collines du présent projet. Avec la taille Moyenne du ménage égale à 6, l'effectif de la population actuelle à desservir est donné par le tableau suivant :

Collines et sous-colline	**ménages**	**Population**
HIGIRO	13	78
GIKOBE	27	162
CIYUBAKE	38	228
BIROHE	47	282
TOTAL	**125**	**750**

Tableau 2 : effectifs de la population actuelle à desservir

Pour les équipements publics, nous avons une seule école primaire située sur la colline BIROHE (E.P BIROHE) comptant 489 écoliers.

III.2.2. Population projetée (horizon 25 ans)

Une étude d'un réseau d'AEP doit tenir compte de la durée d'utilisation (horizon de planification). Pour ce projet, L'étude est menée en se basant sur la population de l'horizon (projection)

Cette population est déterminée à l'aide de la formule de l'intérêt composé :

$$P_n = P_o(1+t)^n \qquad \textbf{(III.1)}$$

P_n=population projetée après n années

p_o= population initiale

t= taux de croissance de la population

n= durée de vie

N.B La population initiale P_o et la durée de vie n sont connues. Il reste à déterminer la population projetée P_n et le taux de croissance de la population t.

III.2.3Détermination du taux de croissance

Le taux de croissance est déterminé à partir de l'effectif de la population à des années différentes (pour une même région), lequel effectif résulte des recensements généraux ou autres comptages officiellement reconnus.

Pour ce cas, nous utiliserons les données qui nous ont été fournies par l'ISTEEBU. Ces données en rapport avec l'effectif de la population de la commune Gitega résultent des recensements généraux qui ont été effectués en 1979, en1990 et en 2008.

Le tableau suivant donne des détails :

Années	1979	1990	2008
population	79.830	101.827	156.096

Tableau 3 : Résultat des recensements généraux (les années 1979,1990 et 2008) pour la commune GITEGA.

Le taux de croissance sera déterminé de la façon suivante :

$P_n = P_o(1+t)^n$

$\frac{Pn}{Po} = (1+t)^n$

$\sqrt[n]{\frac{Pn}{Po}} = 1+t$

$t = \sqrt[n]{\frac{Pn}{Po}} - 1$ **(III.2)**

Calculons le taux de croissance t entre 1979 et 2008 pour la commune Gitega :

$t = \sqrt[29]{\frac{156.096}{79830}} - 1 = 0,0234$ soit 2,34%

Le taux de croissance moyen de la commune Gitega est donc 2,34%

III.2.4. Evaluation proprement dite de la Population projetée

La population à l'horizon d'étude sera calculée par les formules suivantes :

$P_{2039} = P_{2014} * (1+t)^{25}$

collines et sous-collines	**ménages**	**effectif en 2014**	**effectif en2039**	**effectif retenu en 2039**
HIGIRO	13	78	139,069	140
GIKOBE	27	162	288,835	289
CIYUBAKE	38	228	406,509	407
BIROHE	47	282	502,787	503
SOUS TOTAL				**1339**
Equipements				
EP BIROHE		489	871,855	**872**
TOTAL GENERAL				**2211**

Tableau 4 : Effectif de la population à l'horizon d'étude

La population à l'horizon d'étude s'élève à 1339 habitants et le nombre d'écoliers s'élève à 872 en 2039.

III.3 Estimation des besoins en eaux

III.3.1 Consommation spécifique

Selon les recommandations de l'OMS, l'utilisation de l'eau potable dans les ménages, collectivités ou autres est donnée dans le tableau suivant :

Besoins	Valeurs OMS	Valeurs locales
1. consommation domestique.		
-B.F, puits	5-25l/j/hab.	20l/j/hab.
-Branchements particuliers	70-250l/j/hab.	100l/j
1.Etablissements publics		
-E.P	15 - 30 l/j/habitant	5l/j/élève
- Ecole polyvalente	15 - 30 l/j/habitant	5l/j/élève
- Prison	25 - 40l/j/personne	20 l/j/personne
- Bureau communal	15 - 20 l/j/personne	15 l/j/personne
- Centre de négoce	220 - 300 l/j/lit	10 l/j/personne
-Dispensaire,CDS, maternité	90 - 140 l/j/habitant	150 l/j/lit
-Ecole avec internat	-	30 l/j/élève
- Camp militaire	-	30 l/j/soldat
- Communauté religieuse	-	250 l/j/personne
3. Bétails		
-vache	25 à 35 l/j/tête	15 à 75 l/j/tête
-mouton	15 à 25 l/j/tête	1.5 à 7 l/j/tête
-chèvres	15 à 25 l/j/tête	1.1 à 4.1 l/j/tête
-porcs	10 à 15 l/j/tête	-

Tableau 5: Consommation spécifique d'après l'OMS

III.3.2 Calculs des besoins en eau potable en 2014

III.3.2.1 Besoins journaliers en eau pour la population actuelle du projet.

Comme le présent projet ressort du milieu rural, nous adoptons une consommation spécifique de 20 l/j/hab.
Le nombre d'habitants actuels à desservir en eau potable étant de 750, la consommation actuelle sera de :

20 l/j/hab. x 750 hab. = 15000 l/j soit 0.174 l/s

III.3.2.2 Besoins journaliers en eau pour les équipements publics et sociaux

Pour le présent projet, nous avons un seul équipement public et social qui est l'E.P BIROHE avec un effectif de 489 écoliers. En adoptant une consommation spécifique de 5 l/j/écolier, la consommation actuelle sera de :

5l/j/écolier x 489 écoliers = 2445 l/j soit 0.029 l/s

III.3.3 Calculs de la quantité d'eau potable nécessaire en 2039

III.3.3.1 Besoins journaliers en eau pour la population

Avec le taux de croissance de 2.34% pour la commune GITEGA, par calcul, nous avons trouvé que l'effectif de la population concernée par le projet en 2039 sera de 1339(voir paragraphe III.2.4). Avec la consommation spécifique de 20l/j/hab., la consommation totale journalière en 2039 sera de :
20 l/j/hab. x 1339 hab. = 26780l/j soit 0.31l/s

III.3.3.2 Besoins journaliers en eau pour l'E.P BIROHE

En 2039, le nombre d'écoliers sera de 872, en considérant une consommation spécifique de 5 l/j/écolier, la consommation totale journalière en 2039 sera de :

5l/j/écolier x 872 écoliers = 4360l/j soit 0.051l/s

Les besoins journaliers s'élève à 26780l/j+4360l/j=31140l/j soit 0,361l/s

Le tableau suivant nous donne le résumé des besoins journaliers en eau de tous les bénéficiaires de notre réseau actuellement et à l'horizon :

Collines et infrastructures	**Bénéficiaires**		**Dotation**	**Besoins en eau** (l/j)	
	2014	**2039**	**l/j/hab.**	**2014**	**2039**
HIGIRO	78	140	20	1560	2800
GIKOBE	162	289	20	3240	5780
CIYUBAKE	228	407	20	4560	8140
BIROHE	282	503	20	5640	10060
E.P BIROHE	489	872	5	2445	4360
Total	**1239**	**2211**		**17445**	**31140**

Tableau 6: résumé des besoins journaliers en eau.

III.3.4 Détermination des besoins totaux en eau en 2039

En réalité, les valeurs trouvées dans le tableau précédent ne sont pas directement celles qu'il faudra utiliser dans le calcul des ouvrages hydrauliques.
On doit déterminer les besoins maximaux en eau après avoir considéré toutes les consommations de pointe et les pertes d'eau potable.

III.3.4.1 Calcul de la production de pointe

Le calcul du débit de production se fait dans le but d'alimenter le réseau en eau en quantité suffisante pour toute la période de vie du réseau. Ce débit tient compte des pertes d'eau dans le réseau et des besoins en eaux maximaux.
Pour déterminer la production de pointe, on utilise la formule suivante :

$$Q_{max} = Q_{j.moy}*(1+C) \qquad \textbf{(III.3)}$$

Avec :
Q_{max} : production de pointe
$Q_{j.moy}$: besoins moyens journaliers
C : facteur de production de pointe qui varie de 10 à 25%
Pour se mettre au côté sécuritaire, dans la détermination de $Q_{j.max}$ nous allons prendre la moyenne des valeurs limites de C donc 17,5%

III.3.4.2 Calcul des pertes

Par pertes d'eau, il faut entendre la différence entre la quantité d'eau produite et la quantité d'eau consommée.

Pour déterminer les pertes, on utilise le plus souvent la formule suivante :

$$\textbf{Pertes} = Q_{j.moy*}\left(\frac{p}{1-p}\right) \qquad \textbf{(III.4)}$$

Avec : p pourcentage de perte d'eau

La valeur de p varie de 0.2 à 0.5.

-pour un réseau neuf ou bien entretenu p = 0.2

-pour un réseau moyennement entretenu p = 0.25 à 0.35

-pour un réseau mal entretenu p = 0.5

Tenant compte du fait que la plus part des réseaux d'alimentation en eau potable des milieux ruraux ne sont pas bien entretenus, nous utilisons p = 0,35

III.3.4.3 Calcul des marges de sécurité

Il est nécessaire d'ajouter la marge de sécurité à la production de pointe et aux pertes d'eaux pour remédier à l'augmentation de consommation qui peut surgir suite aux certains imprévus, entre autre :

- la population pouvant venir s'installer dans la localité alors que celle-ci n'était pas prévue ;
- l'eau qui peut être utilisée n'étant pas prévu comme par exemple l'arrosage, pour le bétail, la construction ;
- etc.

La marge est déterminée par la formule suivante :

$$\textbf{Marge} = \frac{Pn-Po}{Po} \qquad \textbf{(III.5)}$$

Avec : p_n : population en 2039

P_o : population en 2014

Ainsi ,les besoins maximaux en 2039 en tenant compte des pertes, de la production de pointe et de la marge de sécurité sont déterminés de la façon suivante :

$$Q_{j.max} = (Q_{.max} + \textbf{pertes})* (1+m) \quad \text{m : marge} \qquad \textbf{(III.6)}$$

III.3.4.4 Affectation des pertes de charge, de la production de pointe et marge pour chaque catégorie des besoins

CATEGORIE DES BESOINS	BESOINS EN 2014 (l/j)	BESOINS EN 2039 (l/j)	PERTES (l/j)	PRODUCTION DE POINTE (l/j)	MARGES (%)	BESOINS MAX (l/j)	BESOINS MAX EN 2039(l/s)
Colline HIGIRO	1560	2800	1507,692	3290	0,795	8611,243	0,1
Sous-colline GIKOBE	3240	5780	3112,308	6791,5	0,784	17667,904	0,204
Sous-colline CIYUBAKE	4560	8140	4383,077	9564,5	0,785	24897,648	0,288
Colline BIROHE	8085	14420	7764,6	16944	1,557	44068	0,51
TOTAL	**17445**	**31140**	**16767,69**	**36589,5**	**3,931**	**95244,95**	**1,102**

Tableau 7: Récapitulatif des besoins en eau

Conclusion : Les besoins en eau seront de 95242.58l/j soit 1.102l/s. Ils seront couverts si on tient compte du débit disponible à la source qui est de 1.4 l/s. Se basant sur ces besoins, nous allons dimensionner les infrastructures relatives au réseau avec un débit de 1.102l/s

Représentation graphique des besoins maximaux en eau en 2039

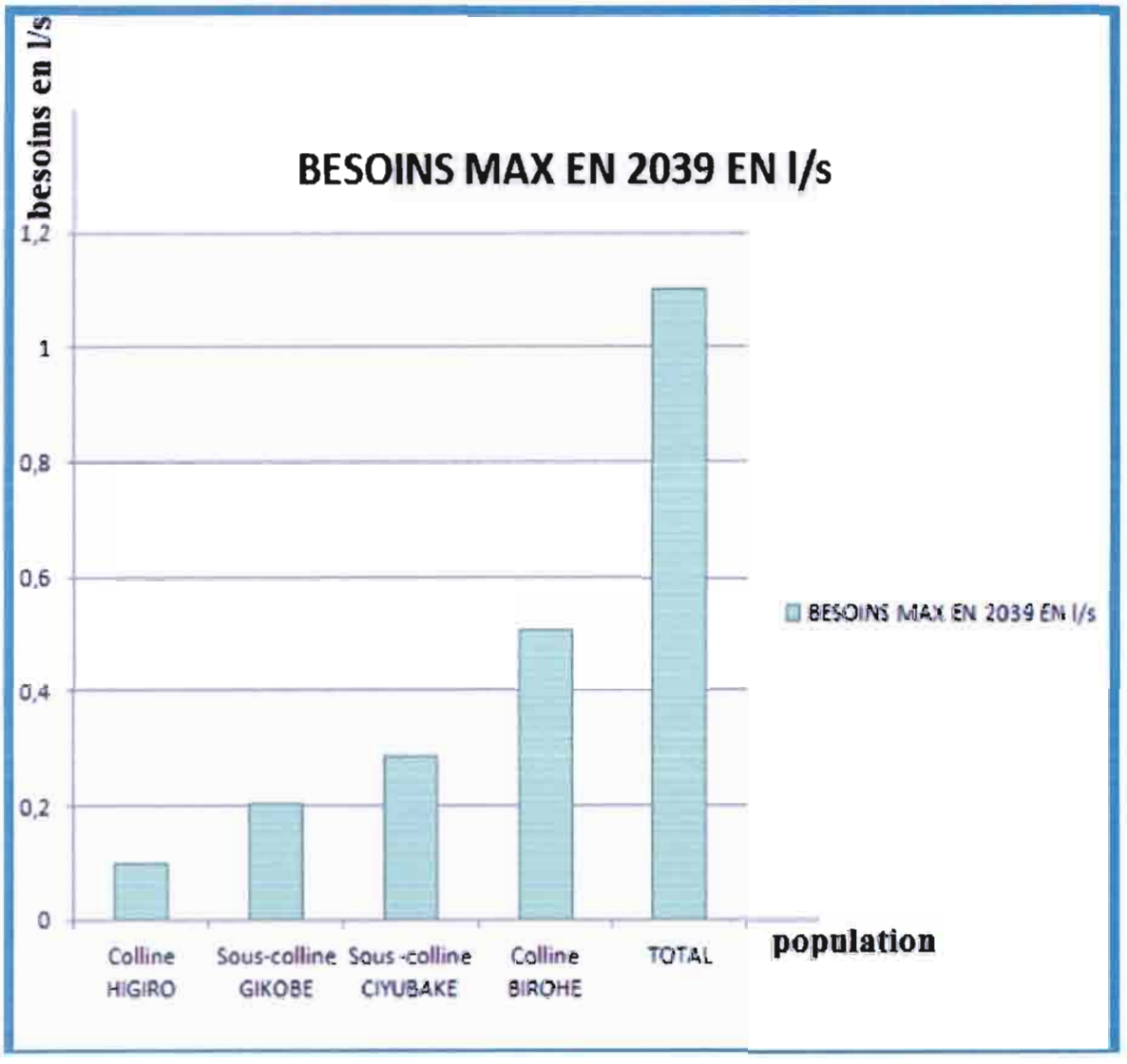


Figure 5.Représentation graphique des besoins maximaux en eau en 203

CHAPITRE IV : SYSTEME DE CAPTAGE

IV.1 Origines de l'eau de source

IV.1 1. Introduction

Selon les conditions géologiques, un sol peut retenir de plus ou moins grandes quantités d'eau. Une fraction de cette eau alimente les sources. Celles-ci peuvent fournir, dans le cas favorable, une eau potable répondant aux exigences de l'hygiène. Les eaux de source provenant de roches calcaires fracturées ou d'autres assises fissurées ne sont souvent pas de bonne qualité. L'approvisionnement en eau potable d'un village ou un centre urbain peut être assuré à partir des eaux souterraines (nappes aquifères), des sources et/ou des eaux superficielles (lacs, fleuves, rivières).

Le choix d'une telle ou telle autre source d'alimentation sera dicté par plusieurs paramètres dont sa proximité avec la zone de consommation, de la qualité et la quantité (débit) d'eau qu'elle peut produire, le mode de captage et de transport des eaux de cette source. En tout état de cause, le choix de la source d'approvisionnement s'opère à la lumière des considérations d'ordre économique et technique.

Des fois, lorsqu'une source ne peut pas à elle seule suffire pour fournir le débit requis, on peut recourir à un captage de plusieurs sources.

IV.1.2 Nature des sources

On appelle source d'eau, une eau de nappe souterraine s'échappant du sol naturellement, sans moyen artificiel. Selon son mode de formation, on distingue quatre principales formes de sources :

- Sources d'affleurement
- Sources de déversement
- Source d'émergence.

IV.1.2.1 Sources d'affleurement

Les sources d'affleurements apparaissent lorsqu'une vallée est ouverte dans une formation perméable, calcaire fissuré ou sable, et qui atteint, dans le fond une couche imperméable ou moins perméable (calcaire compact) présente, en général, sur ses flancs, une ligne de source au contact de l'imperméable. ces sources apparaîtront en un point par lequel l'eau pourra se frayer plus facilement un passage. Dans le cas de la figure 6 le versant de droite fournit plus d'eau sur la ligne de source S que le versant de gauche sera susceptible d'en donner sur la ligne S' en raison de la pente de l'imperméable.

Elles sont intéressantes à capter à cause de leur débit important et de leur tarissement qui est rare.

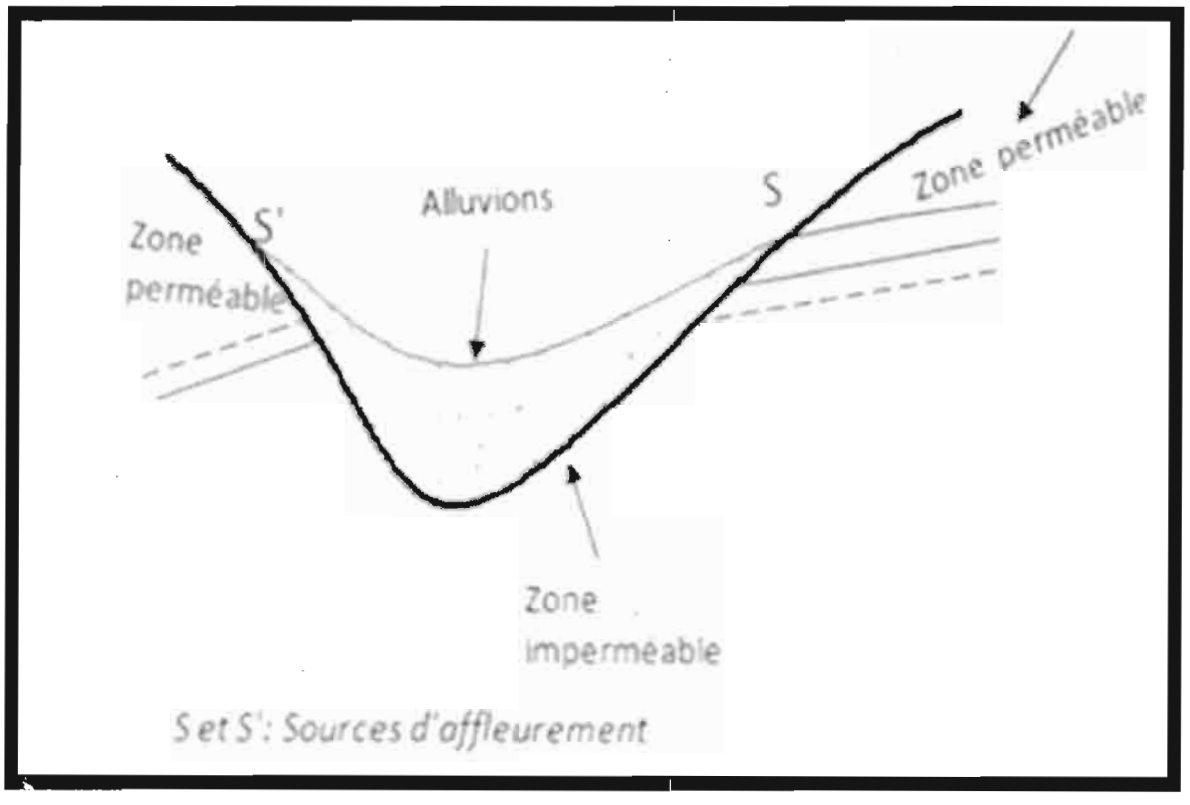


Figure 6: Schéma d'une source d'affleurement

IV.1.2.3 Sources d'émergences

Les sources d'émergences sont celles dont le fond de la vallée n'atteigne pas la zone imperméable. La couche perméable est fissurée en direction du sol, il ya possibilité d'avoir un débit important en un trou d'eau par une ou plusieurs fractures où l'on peut observer l'eau bouillonnée .Les sources peuvent prendre naissance au point de rencontre de l'écoulement avec la surface topographique. On doit d'abord les observer durant une période plus ou moins longue en termes de saison pour décider de les capter

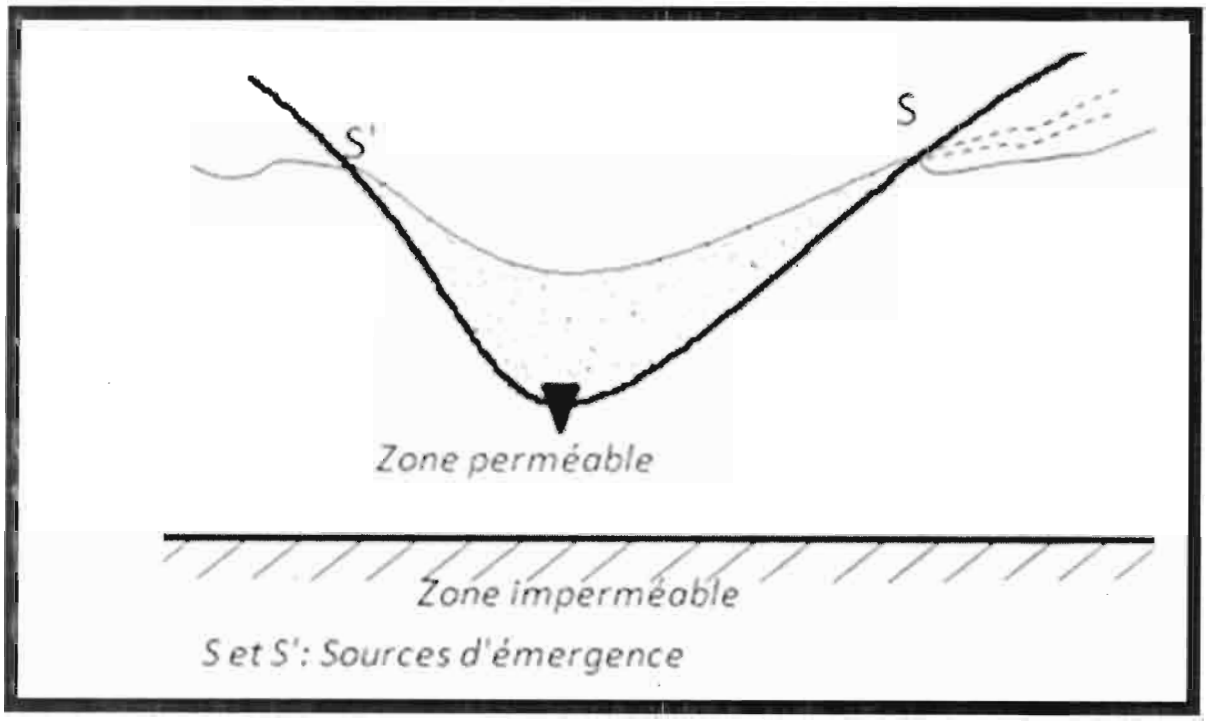


Figure 8 : Schéma d'une source d'émergence

IV.1.3.Détermination du débit de la source

Le débit d'une source est mesuré à différents mois de l'année, au moins deux à trois fois par mois et cela est répété plusieurs années afin de se rassurer du vrai débit ou de la constance du débit. Deux méthodes peuvent être utilisées pour déterminer le débit d'une source :

1°) **A l'aide d'un débitmètre**

C'est un appareil muni d'un récipient et d'un chronomètre. La première goutte d'eau dans le récipient fait que le chronomètre se déclenche, au remplissage le chronomètre se désactive et le débit est déterminé de la façon suivante :

$$Q = \frac{Volume\ Récipient}{Temps\ mis\ pour\ remplir\ ce\ récipient} \qquad \textbf{(IV.1)}$$

2°) A l'aide d'un sceau (ou bidon) et d'une montre

La procédure est la même que la première méthode sauf que la seconde est mécanique. On utilise un récipient ayant un volume quelconque connu et on compte le temps pendant lequel ce récipient est rempli. La formule à appliquer reste la même.

N.B. Partant du principe que le débit d'une source doit être mesuré plusieurs fois à différentes périodes, nous avons consulté l'IGEBU et la DGAHR pour nous fournir le débit de la source du présent projet car ces deux institutions relèvent régulièrement les débits des sources, rivières, lacs sur tout le territoire national. La source d'eau qui fait objet de notre projet s'appelle KAGOMERO et elle a un débit de 1.4 litres par seconde.

IV.2 Principe de captage

Capter une source d'eau consiste à collecter les filets d'eau de cette source dans un ouvrage approprié (galerie ou drain) et amener dans un petit réservoir visitable sur lequel est branchée une conduite d'alimentation.

Le choix d'un système de captage est conditionné par le type de source à capter et doit être bien exécuté de manière à éviter toute sorte de pollution, tout risque de provoquer le tarissement de la source ou d'autres passages de l'eau suite aux obstructions quelconques.

Un captage bien fait doit tenir compte de :

- L'origine et la quantité d'eau qui est fonction du terrain et de sa perméabilité
- La hauteur de la nappe
- Du sens d'écoulement et des filets liquides
- Du débit de la source

En plus, il ne faut jamais capter plus que la nappe donne naturellement à l'étiage.

Le captage d'une source d'Emergence qui fait objet de notre étude se fait de façon à assurer une protection sanitaire parfaite de l'eau. On y parviendra en construisant une galerie au sain du gisement.

En principe, nous allons creuser une tranchée à l'endroit où se trouve l'eau perpendiculairement au sens d'écoulement des filets.

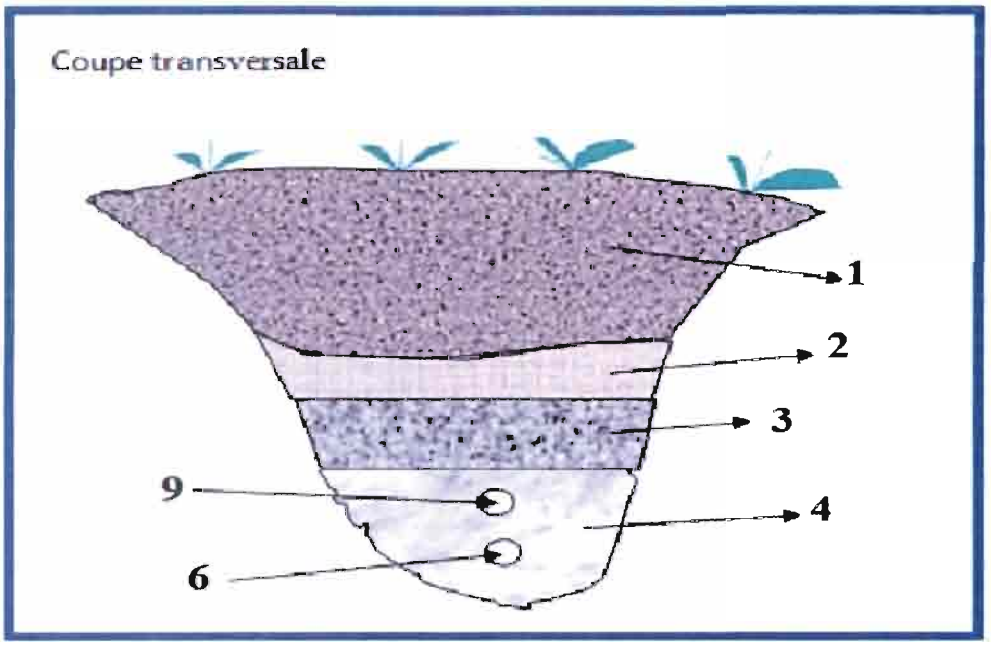
Un barrage très étanche doit s'établir sur la couche imperméable. De là l'eau est dirigée dans une chambre de départ et sa distribution va suivre. Les détails adoptés sont observés sur la figure 9

Comme le captage est le cœur de toute adduction d'eau, on attachera une attention particulière à ce que cette opération soit bien faite car une fois établie à la légère, elle peut entrainer une mise hors service de tout le système de l'adduction et du fait que le captage n'est plus accessible une fois remblayé

Les principaux travaux d'aménagement et les problèmes techniques sont :

1. Ouverture (terrassement) et nettoyage du captage
2. Construction d'un mur de barrage ;
3. Pose du filtre, du matériel d'étanchéité et de la tuyauterie de captage ;
4. Fermeture et engazonnement (ou autres herbes courtes) du captage ;
5. Protection du captage (clôture, tranchée antiérosive).

En fin de compte le captage comprendra une chambre de collecte, un périmètre de protection clôturé et éventuellement une borne fontaine alimentée par la chambre de départ pour desservir la population environnante.



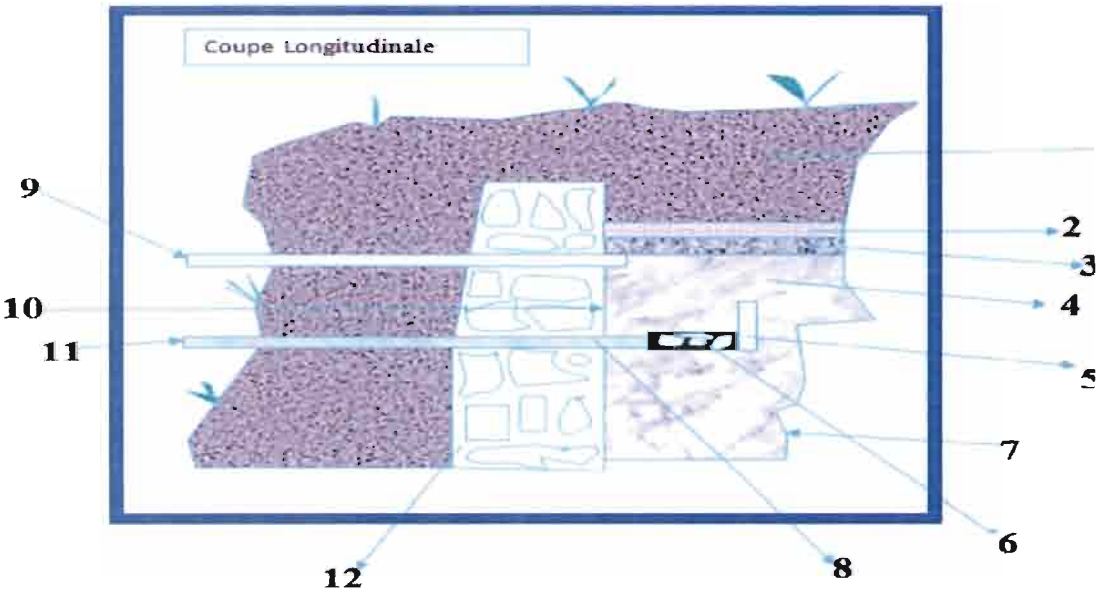


Figure9: Schéma de principe de captage

Légende.

1. **Remblais simple**
2. **Couche d'étanchéité(Argile)**
3. **Etanchéité en plastique**
4. **Couche filtrante**
5. **Bouchon**
6. **Drain perforé en PVC**
7. **Couche naturelle imperméable**
8. **Tuyau en PVC de sortie**
9. **Trop plein**
10. **Couche d'étanchéité**
11. **Vers chambre de départ**
12. **Barrage en moellon**

IV.3 ouvrages de captage

Chambre de captage

C'est un ouvrage qui consiste à collecter les filets d'eau d'une source et les amener dans un petit réservoir visitable appelé chambre collectrice si on a plusieurs sources ou dans une chambre de départ dans le cas où on a une seule source.

Chambre collectrice

Destinée à collecter les eaux provenant de plusieurs émergences dans le but de les acheminer dans la chambre de départ.

Chambre de départ

C'est un ouvrage construit souvent en moellons et est destiné à accueillir les eaux de la chambre de captage. Elle est souvent compartimentée pour pouvoir décanter les particules solides (sable) dans le premier compartiment et l'eau passe ensuite au-dessus du seuil plat pour se déverser dans le second compartiment pour le départ. Ces trois chambres sont construites de la même façon qu'un réservoir, seulement on tient compte de la quantité d'eau à capter.

IV.4 Les caractéristiques des matériaux de captage

Les drains

Les drains doivent pouvoir capter un maximum d'eau pour une charge hydraulique la plus faible possible. A cette effet, ils devront avoir un coefficient d'ouverture le plus possible et un slot (ouverture des fentes) le plus élevé. Entre le drain et l'aquifère, on y implantera un gravier filtrant calibre en fonction du slot de la crépine et de la granulométrie des terrains encaissants. Le slot de la crépine et de la granulométrie du gravier filtrant correspondant seront fonction de la nature du terrain meuble rencontre dans l'environnement de l'émergence. Pour des sables fins (diamètre moyen : 150 à 250 microns) on utilise un slot de 0,5mm et pour des sable moyens au grossiers (diamètre moyen : 400 à 500 microns), un slot de

1,0mm. La crépine des drains en PVC de qualité alimentaire sera rainurée longitudinalement. Cela permet un classement naturel autour du drain. Les fentes de 0,5 ou de 1mm seront transversales. Le diamètre extérieur des drains sera d'au moins 95mm. Pour les captages très ponctuels dont le débit est élevé, on utilisera des drains d'un diamètre de 200mm. Le pourcentage d'ouverture total des fentes par rapport à la surface totale des drains sera d'au moins 6% pour les slots de 0,5mm et de 10% pour les slots de 1mm. Les drains seront circulaires.

Le gravier filtrant

Le gravier filtrant sera roulé est siliceux (jamais de concassé), on le constituera a partir des sables (0;25à 0,5mm), (0,5à1mm et 1,00à2mm) et des graviers de 2,00mm à 5mm) à rechercher dans les alluvions des rivières. Les caractéristiques du drain et du gravier filtrants changent en fonction de la granulométrie du sable de la source comme présentée au tableau suivant :

Slot de la crépine	**0,5mm**	**1mm**
Fraction du gravier filtrant	Sables très fins	Sables moyens
Dė 0,25mm à 0,5mm	10%	-
De 0,5mm à 1mm	40%	10%
De 1mm à 2,00mm	40%	45%
De 2,00mm à 5,00mm	10%	45%

Tableau 8 : Granulométrie du gravier filtrant

Les tranchées drainantes

Elles auront au strict minimum 1,60m de profondeur sous le niveau de la nappe en basses eaux. la largeur des tranchées ne doit pas dépasser 1,00m. Ces tranchées seront toujours blindées et elles ne pourront en aucun cas avoir des parois obliques, pour éviter des remblais plus importants avec des matériaux spéciaux et une bâché de protection plus étendue. Le fil d'eau du drain reposera à au moins 0,10m de gravier filtrant. La pente du drain ne dépassera 0,5%

IV.5 La désinfection du captage

Pour assurer un potentiel de résistance aux germes microbiens pouvant contaminer la source, le gravier filtrant et le massif de sable filtrant doivent subir une désinfection par aspersion d'hypochlorite.

IV.6 Protection de la zone de captage

Une source captée doit être protégée contre toute pollution susceptible d'altérer la potabilité de l'eau et contre des arbres dont les racines peuvent envahir le captage

a)Protection contre les dangers humains (vandalisme)

Une source captée est protégée par une clôture autour de la zone de captage. La clôture a pour but d'éviter que des hommes ou des animaux n'introduisent des éléments polluant dans la zone de captage ou n'endommagent les ouvrages annexes

b) Protection contre la pollution par les eaux superficielles :

A cette fin, on aménage une ou deux canalisations, selon les besoins, dont la capacité de transport est suffisante pour évacuer les eaux de ruissellement

c)Protection contre les racines d'arbres

Les arbres à racines profondes représentent un grand danger pour le captage. En effet, les racines se dirigent vers la crépine et bouchent les trous par lesquels l'eau est filtrée. On remarque ce phénomène par la réduction de débit de la source captée. Il s'agit ici d'un problème sérieux car il faut détruire totalement le captage et déraciner les arbres. C'est pourquoi au cours des travaux de captage, il faut dégager toute la végétation dans un rayon de 15 à 25 m.

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMNT DES OUVRAGES DE STOCKAGE ET DE REGULATION

V. 1 Définition et importance

Un réservoir est un ouvrage destiné à emmagasiner l'eau en vue de l'utiliser en cas de panne ou d'entretien des sources.
L'eau n'est pas toujours disponible de la même manière pendant tous les jours de l'année. Il y'a moins d'eau pendant la saison sèche que pendant la saison de pluie. Le besoin de l'homme en eau pendant la journée et la nuit est différent. La nuit, la production est plus élevée que la consommation, et pendant la journée la consommation est plus élevée que la production, il faut donc la stocker pour compenser les fluctuations des besoins.
Le stockage de l'eau dans un réservoir est le moyen sur de ne pas gaspiller l'eau pendant la nuit et de fournir assez pendant les heures de pointe. Le stockage de l'eau sert également de réserve pour de cas spéciaux comme le cas des incendies.
Le stockage d'eau dans un réservoir surélevé représente un niveau d'eau nécessaire pour avoir une certaine pression de service dans les réseaux de distribution.

V.2 Types des réservoirs

Les réservoirs sont de plusieurs types. On peut les classer suivant différentes considérations à savoir :

Suivant la nature des matériaux :

- Réservoir métallique ;
- Réservoir en béton armé ;
- Réservoir en maçonnerie.

Suivant la topographie du site :

- Réservoir enterré ;
- Réservoir semi-enterré :
- Réservoir surélevé.

Suivant la forme :

- Réservoir cylindrique ;
- Réservoir parallélépipédique

Les réservoirs de notre projet seront de forme cylindriques, construits en maçonnerie de moellons et semi-enterrés car ces derniers résistent bien à la pression hydrostatique et consomme moins de matériaux de construction, surtout trouvés sur place. L'économie sur les frais de construction conditionne ce choix

V.3 Emplacement et altitude d'un réservoir

a. Emplacement

L'emplacement du réservoir doit être autant que possible près de l'endroit où la consommation est plus forte. Il sera avantageux si son emplacement optimal se situe au centre de gravité de l'agglomération à alimenter. Une distance de 500m de rayon d'influence serait aussi un facteur pouvant conditionner son emplacement.

b. altitude

D'une manière générale, un réservoir est placé à une altitude supérieure à celle du point de puisage pour permettre à l'eau d'y arriver.

V.4 Principe de construction des réservoirs

Les réservoirs doivent être construits en matériaux durables, être couverts, à l'abri de toutes sorte de contaminations, des eaux souterraines, d'infiltrations, des pluies et des poussières. Les réservoirs doivent être étanches pour diminuer au maximum des éventuelles fuites d'eau. C'est pourquoi les matériaux utilisés doivent être de bonne qualité avec un mortier dosé (à 300-400kg/m^3).Un revêtement intérieur doit être réalisé avec beaucoup de précautions et au moyen d'un ciment de bonne qualité.

Il est bon de prévoir un compartimentage pour faciliter le nettoyage. Dans les réservoirs enterrés, ce compartimentage conduit à prévoir deux réserves identiques dont l'adduction fait réserve totale. Dans les réservoirs surélevés, nous pouvons aménager deux cuves concentriques

V.5.4. La conduite de distribution

La conduite de distribution sera fixée au point bas mais un peu au-dessus du radier et à l'opposée de la conduite d'amenée en aménageant une vanne sur son départ. A son origine elle munie d'une crépine.

V.5.5. dispositions spéciales

Ces dispositions constituent notamment la mise en place d'un by-pass entre la conduite d'amenée et la conduite de distribution. Elles ne modifient en rien les principes d'équipements des réservoirs et sert à assurer la distribution aval du réservoir pendant les travaux d'entretien.

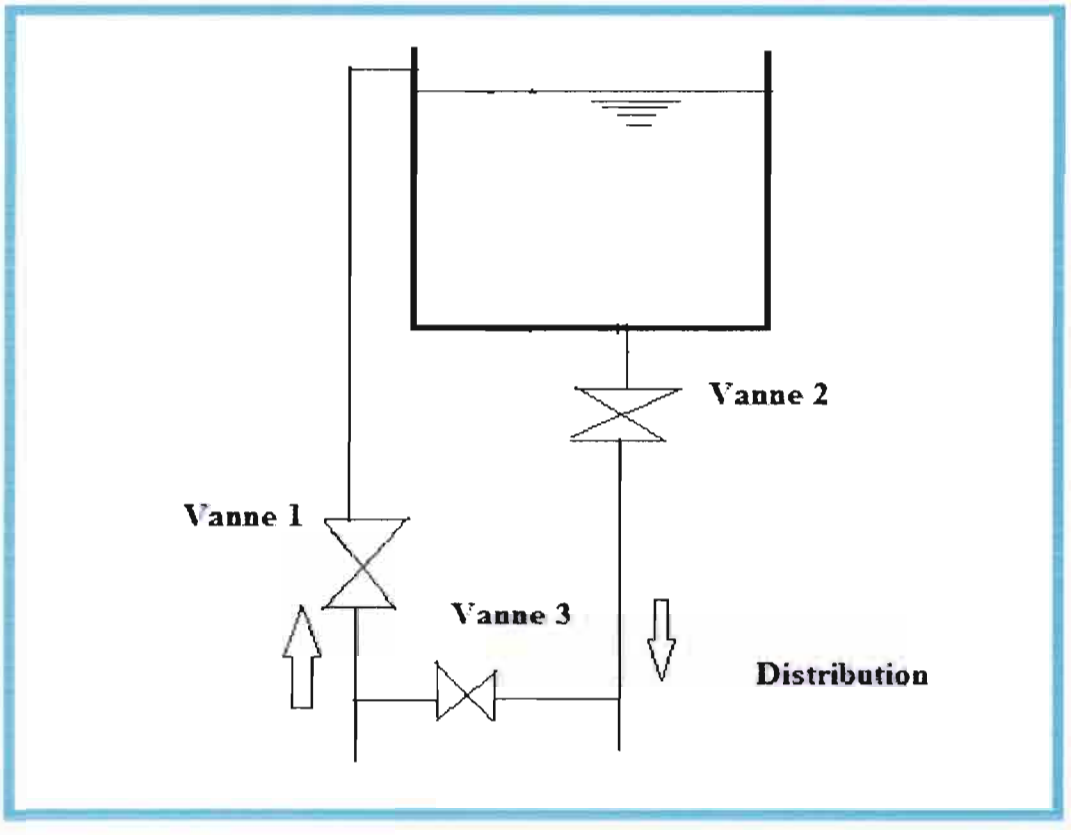


Figure 11: Schéma de principe de fonctionnement

V.5 Equipements hydrauliques des réservoirs

V.5.1 Conduites d'amené

Cette conduite prend départ au lieu du captage. On veillera à ce que la chute se fasse librement ou bien prolonger la conduite de manière à ce que l'extrémité soit noyée.

V.5.2 Conduites de vidange

Pour pouvoir évacuer tous les dépôts lors de l'entretien, elle est placée au niveau le plus bas du radier, et se raccorde au trop-plein. Elle sera munie d'une vanne.

V.5.3 Conduites de trop-plein

Le trop-plein sert à l'évacuation de l'eau l'empêchant ainsi de dépasser un niveau déterminé dans le réservoir. Il ne comporte pas de vanne, mais un siphon retenant l'eau dans le tronçon. La figure suivante montre comment le trop- plein et le vidange peuvent être placés sur le système.

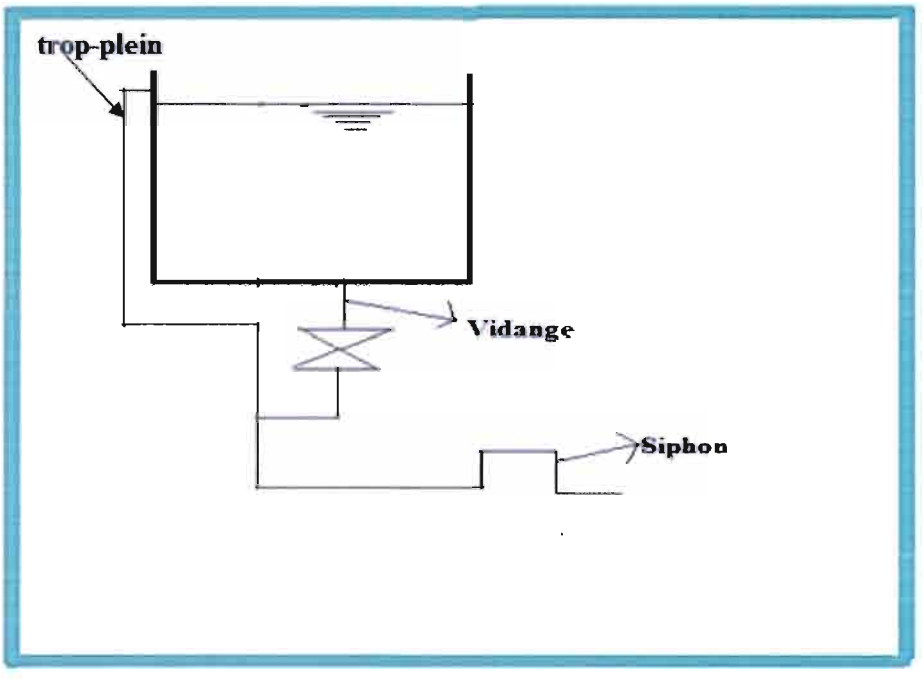


Figure 10: Schéma de disposition du trop-plein et du vidange

En fonctionnement normal, les vannes 1 et 2 sont ouvertes alors que la vanne 3 est fermée. Par contre, pendant la vidange du réservoir, la vanne 3 est ouverte tandis que les vannes 1 et 2 sont fermées.

V.6 Capacités des réservoirs

La capacité du réservoir est déterminée par les variations du débit en fonction du temps selon les besoins journaliers en eau du site à desservir.
Le temps pris comme référence est de 24h
On distingue deux sortes de capacité du réservoir :

- la capacité théorique ;
- la capacité pratique.

Soient :

VolE : le volume entrant dans le réservoir ;
VolS : le volume sortant dans le réservoir ;
$\mathbf{Q_E}$: le débit entrant dans le réservoir ;
$\mathbf{Q_S}$ **:** le débit sortant dans le réservoir.

$$Vol.E = \int_0^T Q_E(t)dt \qquad \textbf{(V.1)}$$

$$Vol.S = \int_0^T Q_S(t)dt \qquad \textbf{(V.2)}$$

$$Capacité = \int_0^T (Q_E - Q_S)(t)dt \qquad \textbf{(V.3)}$$

Pendant les heures de pointe, la quantité d'eau *VolE-VolS* est appelée réserve tandis que pendant les heures creuses cette quantité s'appelle supplément.
Ainsi on définit la capacité théorique d'un réservoir comme étant la somme des deux valeurs quand elle atteigne leur maximum exprime en valeur absolue.

Capacité théorique = |grand supplément| + |grand déficit|

En pratique, la capacité du réservoir est prise à 1,5 fois le volume journalier :

(V.4)

Capacité pratique = capacité théorique * 1,5

Avec 1,5 : coefficient de pointe donné par la REGIDESO.

Selon la destination du réservoir, de coefficients horaires sont appliqués aux consommateurs pour tenir compte des variations horaires comme le montre les tableaux fournis par la REGIDESO :

En milieu rural :

Temps en h	0 – 2	2 - 6	6 – 7	7 – 12	12- 14	14-19	19-22	22-24
Coefficients	0	0, 5	2	1 ,3	1, 6	2	0,1	0

En milieu urbain :

Temps en h	0-2	2-6	6-7	7-12	12-14	14-19	19-22	22-24
Coefficients	0, 1	0,2 3	2	1,7	1,6	1, 7	0,3	0,1

Les tableaux ci-après sont établis selon les formules suivantes :

$$\left.\begin{aligned} V_S &= Q_E * Ch \\ V_{SP} &= V_S * T \\ V_{SC} &= \sum V_{SP} \\ V_{EP} &= Q_E * T \\ V_{EC} &= \sum V_{EP} \end{aligned}\right\} \quad \textbf{(V.6)}$$

Avec : T: Temps en heures

Ch : Coefficient horaire

Q_E : Débit entrant en m^3

V_S : Volume sortant en m^3

V_{SP} : Volume sortant partiel en m^3

V_{SC} : Volume sortant cumule en m^3

V_{EP} : Volume entrant partiel en m^3

V_{EC} : Volume entrant cumulé en m^3

V.6.1 Tableaux de calcul des capacités des réservoirs

Capacité du réservoir de la chambre de départ

(Q_E=1,102l/s soit 3,968m^3/h)

PERIODE	*Ch*	*T*	Q_E	V_S	V_{SP}	V_{SC}	V_{EP}	V_{EC}	V_{EC}-V_{SC}
0--2	0	2	3,968	0	0	0	7,936	7,936	7,936
2--6	0,5	4	3,968	1,984	7,936	7,936	15,872	23,808	**15,872**
6--7	2	1	3,968	7,936	7,936	15,872	3,968	27,776	11,904
7--12	1,3	5	3,968	5,1584	25,792	41,664	19,84	47,616	5,952
12--14	1,6	2	3,968	6,3488	12,6976	54,3616	7,936	55,552	1,1904
14--19	2	5	3,968	7,936	39,68	94,0416	19,84	75,392	**-18,6496**
19--22	0,1	3	3,968	0,3968	1,1904	95,232	11,904	87,296	-7,936
22--24	0	2	3,968	0	0	95,232	7,936	95,232	0

Capacité théorique = 1m^3 * |15,872| + |-18,650| =34,522m^3

Capacité pratique = 1m^3*34,522* 1,5 = 51,783 m^3, **soit un réservoir de 55m^3**

Capacité du réservoir, Colline HIGIRO (0,100l/s soit 0,360m^3/h)

Période	C_h	*T*	Q_E	V_s	V_{sp}	V_{sc}	V_{ep}	V_{ec}	V_{ec}-V_{sc}
0--2	0	2	0,36	0	0	0	0,72	0,72	0,72
2--6	0,5	4	0,36	0,18	0,72	0,72	1,44	2,16	**1,44**
6--7	2	1	0,36	0,72	0,72	1,44	0,36	2,52	1,08
7--12	1,3	5	0,36	0,468	2,34	3,78	1,8	4,32	0,54
12--14	1,6	2	0,36	0,576	1,152	4,932	0,72	5,04	0,108
14--19	2	5	0,36	0,72	3,6	8,532	1,8	6,84	**-1,692**
19--22	0,1	3	0,36	0,036	0,108	8,64	1,08	7,92	-0,72
22-24	0	2	0,36	0	0	8,64	0,72	8,64	0

Capacité théorique = 1m^3 * |1,44| + |-1,692| =3,132m^3

Capacité pratique = 1m^3*3,132* 1,5 = 4,698m^3, **soit un réservoir de 5m^3**

Capacité du réservoir, Sous-Colline GIKOBE (0,204l/s soit 0,734m^3/h)

période	Ch	T	Qe	Vs	Vsp	Vsc	Vep	Vec	Vec-Vsc
0--2	0	2	0,734	0,000	0,000	0,000	1,468	1,468	1,468
2--6	0,5	4	0,734	0,367	1,468	1,468	2,936	4,404	**2,936**
6--7	2	1	0,734	1,468	1,468	2,936	0,734	5,138	2,202
7--12	1,3	5	0,734	0,954	4,771	7,707	3,67	8,808	1,101
12--14	1,6	2	0,734	1,174	2,349	10,056	1,468	10,276	0,220
14--19	2	5	0,734	1,468	7,340	17,396	3,67	13,946	**-3,450**
19--22	0,1	3	0,734	0,073	0,220	17,616	2,202	16,148	-1,468
22--24	0	2	0,734	0,000	0,000	17,616	1,468	17,616	0,000

Capacité théorique = 1m^3 * |2,936| + |-3,450| =6,386m^3

Capacité pratique = 1m^3*6,386* 1,5 = 9,579m^3, **soit un réservoir de 10** m^3

Capacité du réservoir, Sous-Colline CIYUBAKE (0,288l/s soit 1,037m^3/h)

période	Ch	T	Qe	Vs	Vsp	Vsc	Vep	Vec	Vec-Vsc
0--2	0	2	1,037	0,000	0,000	0,000	2,074	2,074	2,074
2--6	0,5	4	1,037	0,519	2,074	2,074	4,148	6,222	4,148
6--7	2	1	1,037	2,074	2,074	4,148	1,037	7,259	3,111
7--12	1,3	5	1,037	1,348	6,741	10,889	5,185	12,444	1,556
12--14	1,6	2	1,037	1,659	3,318	14,207	2,074	14,518	0,311
14--19	2	5	1,037	2,074	10,370	24,577	5,185	19,703	-4,874
19--22	0,1	3	1,037	0,104	0,311	24,888	3,111	22,814	-2,074
22--24	0	2	1,037	0,000	0,000	24,888	2,074	24,888	0,000

Capacité théorique = 1m^3 * |4,148| + |-4,874| =9,022m^3

Capacité pratique = 1m^3*9,022* 1,5 = 13,533m^3, **soit un réservoir de 15** m^3

Capacité du réservoir, Colline BIROHE (0,51l/s soit 1,836m^3/h)

période	Ch	T	Qe	Vs	Vsp	Vsc	Vep	Vec	Vec-Vsc
0--2	0	2	1,836	0,000	0,000	0,000	3,672	3,672	3,672
2--6	0,5	4	1,836	0,918	3,672	3,672	7,344	11,016	7,344
6--7	2	1	1,836	3,672	3,672	7,344	1,836	12,852	5,508
7--12	1,3	5	1,836	2,387	11,934	19,278	9,18	22,032	2,754
12--14	1,6	2	1,836	2,938	5,875	25,153	3,672	25,704	0,551
14--19	2	5	1,836	3,672	18,360	43,513	9,18	34,884	-8,629
19--22	0,1	3	1,836	0,184	0,551	44,064	5,508	40,392	-3,672
22--24	0	2	1,836	0,000	0,000	44,064	3,672	44,064	0,000

Capacité théorique = 1m^3 * |7,344| + |-8,629| =15,973m^3

Capacité pratique = 1m^3*15,973* 1,5 = 23,960m^3, **soit un réservoir de 25** m^3

V.7 Dimensionnement du réservoir

V.7.1 Introduction

Le dimensionnement d'un réservoir consiste à déterminer les armatures et l'épaisseur de la dalle de couverture et du radier. Pour y parvenir, on calculera les éléments de base tels que le diamètre et la hauteur du réservoir.
Les critères suivants sont pris en considération :

- Le radier et la dalle de couvercle du réservoir seront réalisés en béton armé dosé à 350 kg/m^3 et les parois en maçonnerie de moellon avec un mortier de ciment dosé à 300 kg/m^3.
  - les parois intérieures c'est-à-dire en contact avec l'eau seront revêtues d'une couche d'étanchéité dosée à 400 kg/m3
  - les parois extérieures en contact avec le sol seront recouvertes d'un enduit bitumineux et celles visibles seront rejointoyées.

V.7.2 Principales dimensions des réservoirs

Diamètre

Le volume de chaque réservoir étant connu, le diamètre est déterminé à l'aide de la formule de FONLLADOSA suivante :

$$DI = 1{,}405\sqrt[3]{V} \qquad \textbf{(V.7)}$$

Avec :

DI : diamètre intérieur du réservoir en m

V : volume du réservoir en m^3

Le diamètre extérieur sera calculé par la formule suivante :

$$DE = DI + (E*2) \qquad \textbf{(V.8)}$$

Avec :

DE : diamètre extérieur

E : épaisseur des parois

L'épaisseur des parois est comprise entre 30 et 40cm. Pour notre cas, nous adoptons une épaisseur de 40cm.

Hauteur

a)hauteur utile(Hu)

Toujours selon FONLLADOSA, la hauteur utile est déterminée comme suit:

$$Hu = 0{,}46DI \qquad \textbf{(V.9)}$$

Avec Hu : hauteur utile

DI : diamètre intérieur

b) hauteur libre(Hl)

Il s'agit de la hauteur entre le niveau de l'eau et le bord supérieur du réservoir. Elle comprise entre 0,2 et 0,5m. On considère que la tranchée d'air est de 0,3 m.

c) Hauteur totale du réservoir

C'est la somme de la hauteur utile et de hauteur libre :

$$H_t = H_u + H_l \qquad \textbf{(V.10)}$$

Avec H_t : hauteur totale

H_u : hauteur utile

H_l : hauteur libre

Le tableau suivant montre les principales dimensions du réservoir

Réservoir	V (m^3)	DI(m)	E(m)	DE(m)	Hu(m)	Hl(m)	Ht(m)
CD	55,000	5,34	0,400	6,24	2,46	0,300	2,76
HIGIRO	5,000	2,40	0,400	3,20	1,11	0,300	1,41
GIKOBE	10,000	3,03	0,400	3,83	1,39	0,300	1,69
CIYUBAKE	15,000	3,47	0,400	4,27	1,59	0,300	1,89
BIROHE	25,000	4,11	0,400	4,91	1,89	0,300	2,19

Tableau 9: récapitulatif des dimensions des réservoirs

V.7.3 Dimensionnement proprement dit

Les calculs se font selon la norme BAEL.

a. Dalle de couverture.

La dalle de couverture est du type planché-dalle. Elle protège l'eau contre les intempéries et d'autres éléments nuisibles à l'eau potable. Son dimensionnement tient compte des charges suivantes :

- Le poids propre est appelé charge permanente G. Elle est composée du béton de 25KN/m^3 et de la chape de 22KN/m^3
- Les charges d'exploitation Q=2KN/m^2

Pour trouver les armatures nécessaires pour la dalle de couverture, nous suivons les étapes suivantes :

1) pré-dimensionnement

Le pré-dimensionnement consiste à déterminer lx, ly , α et h

lx=ly=DE+(0.05m*2) car la couverture en question est circulaire.

Avec : lx et ly : coté de la dalle.

0.05m : dépassement

$$\alpha=\frac{lx}{ly} \qquad \textbf{(V.11)}$$

Si : $0.4\leq\alpha\leq1$: il s'agit d'une dalle bidirectionnelle

$\alpha<0.4$: il s'agit d'une dalle unidirectionnelle

Nous avons des dalles bidirectionnelles car lx=ly

La hauteur h de la dalle est donnée par les formules suivantes :

$h\geq\frac{lx}{30}$ pour un panneau isolé,

$h\geq\frac{lx}{40}$ pour une dalle continue.

Pour notre cas, il s'agit d'un panneau isolé, donc $\mathbf{h\geq\frac{lx}{30}}$ **(V.12)**

2) Evaluation des charges

Les charges considérées dans le calcul des dalles sont des charges comprises dans une bande (bande de calcul) d'une largeur bo=1m

Ces charges sont calculées à l'aide de la formule suivante :

$$Pu = 1.35*(G_1+G_2)+1.5Q \qquad \textbf{(V.13)}$$

Avec : Pu : Charge ultime

G_1 : poids propre de la dalle

G_2 : poids de la chape

Q : charges d'exploitation

3) Calcul des moments

Les dalles étant bidirectionnelles donc lx=ly, nous aurons le même nombre des aciers dans les deux sens X et Y. Le calcul des moments se fait à l'aide des formules suivantes :

$$Mx = \mu x*Pu*lx^2 \qquad \textbf{(V.14)}$$

$$\mu x=\frac{1}{8*(1+2.4\alpha)} \qquad \textbf{(V.15)}$$

$$\mu y = \alpha^2*(1-0.95*(1-\alpha^2)) \qquad \textbf{(V.16)}$$

$Mox = \mu x.Pu.lx^2$ **(V.17)**

$Moy = \mu y * Mox$ **(V.18)**

$Mtr = 0.85Mox = 0.85Moy$ **(V.19)**

$Ma = 0.5Mox = 0.5Moy$ **(V.20)**

Avec :

Mx : moment par rapport à l'axe des x en KNm ;

My : moment par rapport à l'axe des y en KNm ;

Mo : moment de référence en KNm ;

Mtr : moment en travée KNm ;

Ma : moment aux appuis en KNm ;

4) Calcul des armatures

$$\mu_{bu} = \frac{Mtr}{bo * d^2 * fbu} \quad \textbf{(V.21)}$$

bo =1m

d=0.9h

$$\textbf{fbu} = \frac{0.85 * fc28}{\theta * \gamma b} \quad \textbf{(V.22)}$$

Avec : fc_{28}=25 MPa

θ = 1

γb = 1.5

Avec :

h : épaisseur de la dalle en m

μ_{bu} : moment réduit correspondant en KNm ;

bo: largeur (1m)

ft28: résistance du béton en traction (à28jours d'âge)

fc28: résistance du béton à la compression (à 28jours d'âge)

Zb: section utile de la dalle

d: hauteur utile

Les armatures en travée (dans le sens de lx ou ly)

Si$\mu_{bu} < \mu_{lu} = 0.3$;il n'y aura pas nécessité d'aciers comprimés; Alors on détermine les aciers tendus avec la formule suivante :

$$\mathbf{Au_{tr}=\frac{Mtr}{Zb*fed}} \quad \textbf{(V.23)}$$

$$\mathbf{fed=\frac{fe}{\gamma s}} \quad \textbf{(V.24)}$$

$\mathbf{fe= 400\ MPa}$

$\mathbf{\gamma s = 1.15}$

$$\mathbf{\varepsilon=1{,}25(1-\sqrt{1-2\mu bu})} \quad \textbf{(V.25)}$$

$$\mathbf{Zb = d(1-0{,}4*\varepsilon)}$$

$$\mathbf{On\ doit\ vérifier\ que : Au \geq Amin=0.23*\frac{ft\ 28}{fe}*bo*d} \quad \textbf{(V.26)}$$

$$\mathbf{ft_{28}=0.6+0.06fc_{28}} \quad \textbf{(V.27)}$$

Si Au < Amin, on adopte pour Au la valeur trouvée pour Amin

Avec :

μ_{lu} : moment réduit limite en KNm ;

fed : résistance mécanique de l'acier en MPa;

Au_{tr} : section des aciers en travée en cm^2 ;

γs : Coefficient de sécurité

Les armatures aux appuis (dans les sens de lx ou ly)

$$\mathbf{Ma=0{,}5Mox=0{,}5*Moy} \quad \textbf{(V.28)}$$

Après avoir déterminé le moment aux appuis avec la formule ci-haute écrite, on procède de la même manière pour obtenir les armatures. Mais en pratique, nous allons les calculer uniquement pour les travées.

b) Radier

Le radier sera considéré comme une semelle rectangulaire mais comme ses dimensions (longueur et largeur) sont grandes, on procédera dans les calculs comme une dalle. L'épaisseur du radier est comprise entre 25 cm et 40 cm.
Les charges importantes qui agissent sur le radier sont :

- son poids propre
- le poids de l'eau
- le poids des parois (en moellon + mortier)
- le poids du couvercle

Pour trouver les armatures nécessaires pour le radier, les étapes suivantes seront suivies :

1) Pré-dimensionnement

Le processus est le même que pour la dalle de couverture à part que le dépassement est de 0.10m et h comprise entre 20 et 40cm.

2) Evaluation des charges

→ ***Détermination du poids propre du radier***

Poids de la chape = ép. chape*largeur de dalle*22 KN/m^3
Poids propre du radier = ép. radier*largeur de dalle*25 KN/m^3 + poids chape

→ ***Détermination du poids de l'eau***

Le volume occupé par l'eau =volume utile du réservoir= $(DI^2*\Pi)/4*Hu$ (V.29)
Le poids de l'eau de ce réservoir est de : $P_E = 10KN/m^3*V$ (V.30)
La surface sur laquelle agit ce poids d'eau est celle de la base du cercle (de diamètre intérieur), soit **$S= (DI^2*\Pi)/4$ (V.31)**
Nous utilisons un carré de coté $= \sqrt{S}$ pour le poids par mètre linéaire comme l'exige la norme BAEL

On aura par conséquent : $P_E/m = (P_E * \text{côté du carré})/S$ **(V.32)**
Avec : P_E : poids d'eau

Tableau de calcul de la charge d'eau agissant sur le radier

V (m^3)	Hu(m)	DI(m)	SI(m^2)	C(m)	γ_v(KN/m^3)	P_E (KN)	P_E/m(KN/m)
55	2.458	5,343	22,410	4,734	10	550	116,183
5	1,105	2,403	4,533	2,129	10	50	23,485
10	1,392	3,027	7,193	2,682	10	100	37,287
15	1,594	3,465	9,425	3,070	10	150	48,860
25	1,890	4,108	13,247	3,640	10	250	68,687

Tableau.10: Calcul de la charge d'eau agissant sur le radier

Avec V : volume du réservoir en m^3
Hu : hauteur utile du réservoir en m
SI : surface intérieure du réservoir en m^2
DI : diamètre intérieure du réservoir en m
C : côté du carré en m
γ_v : Poids volumique de l'eau en KN/m^3
P_E : poids de l'eau en KN
P_E/m : poids de l'eau par mètre linéaire en KN/m

→ ***Détermination du poids des parois***

Le volume des parois = $((DE^2*\Pi/4) - (DI^2*\Pi/4))*Ht$ **(V.33)**

Avec : Volume occupé par les moellons = 85 %* volume des parois
Volume occupé par le mortier = 15%* volume des parois

Le poids volumique des moellons est supérieur à 28KN/m^3 ; nous adoptons un poids volumique de 30KN/m^3 pour les moellons.

Le poids du moellon P =30 KN/m^3*Volume occupé par les moellons **(V.34)**

Par **mètre linéaire, on a : p= (P*côté du carré)/S.carré** **(V.35)**

Le poids volumique du mortier lourd est supérieur à 15 KN/m^3, nous adoptons le poids volumique de 20KN/m^3

Le poids du mortier devient :P=20 KN/m^3*Volume occupé par le mortier (V.36)

Par mètre linéaire, on a p = (P*Coté du carré)/S.carré (V.37)

Avec :

p : poids par mètre linéaire en KN/m

Tableau de calcul de la charge des parois agissant sur le radier

V	DE	DI	Sp	C	Ht	Vp	Vm	Vmt	γ_{vm}	γ_{mt}	Pm	Pmt	Pm/m	Pmt/m	**PT**
55	6,143	5,343	7,213	2,686	2,758	19,893	16,909	2,984	30	20	507,283	59,6804	188,862	22,219	**211,081**
5	3,203	2,403	3,521	1,876	1,405	4,946	4,204	0,742	30	20	126,133	14,839	67,224	7,909	**75,132**
10	3,827	3,027	4,304	2,075	1,692	7,283	6,19	1,092	30	20	185,714	21,849	89,514	10,531	**100,045**
15	4,265	3,465	4,854	2,203	1,894	9,194	7,815	1,379	30	20	234,455	27,583	106,412	12,519	**118,931**
25	4,908	4,108	5,662	2,38	2,19	12,4	10,54	1,86	30	20	316,197	37,2	132,884	15,633	**148,517**

Tableau.11 : calcul de la charge des parois agissant sur le radier

Avec : V : volume du réservoir en m^3

Ht : hauteur totale du réservoir en m

Sp : surface des parois du réservoir en m^2

DI : diamètre intérieure du réservoir en m

DE : diamètre extérieure du réservoir en m

C : côté du carré en m

Vp : Volume des parois en m^3

Vm : Volume des moellons en m^3

Vmt : Volume du mortier en m^3

γ_{vm} : Poids volumique des moellons en KN/m^3

γ_{vmt} : Poids volumique du mortier en KN/m^3

Pm : poids des moellons en KN

Pmt : poids du mortier en KN

Pm/m : poids des moellons par mètre linéaire en KN/m

Pmt/m : poids du mortier par mètre linéaire en KN/m

→ *Détermination du poids de couvercle*

Poids de la chape = ép. chape*largeur de dalle*22 KN/m^3 (V.38)
Poids propre du couvercle = ép. dalle*largeur de dalle*25 KN/m^3 + poids chape (V.39)

La charge ultime qui agit sur le radier est donnée par la formule suivante :

$$Pu = 1.35*(G'+G''+G''') +1.5Q \quad \text{(V.40)}$$

Avec :
G' : poids propre du radier
G'' : poids des parois
G''' : poids du couvercle
Q : charges d'exploitation

N.B : Le poids de l'eau est négligé

3) Calcul des moments

Le calcul des moments se fait de la même manière que pour la dalle de couverture.

4) Calcul des armatures

Le calcul des aciers du radier se fait comme celui de la dalle totalement appuyée. On utilise les formules suivantes :

$$\mu bu = Ma/(bo*d^2*fbu) \quad \text{(V.41)}$$
$$\varepsilon=1.25*(1-\sqrt{(1-2\mu bu)}) \quad \text{(V.42)}$$
$$Zb=d*(1-0.4\varepsilon) \quad \text{(V.43)}$$
$$Au =Ma/(Zb*fed) \quad \text{(V.44)}$$

Avec Au : section d'armature en cm2

Vérification

Au≥Amin=0.23*(ft28/fe)*bo*d (V.45)

Si Au>Amin on adopte la valeur de Au sinon on prend celle de Amin.

Tableaux de calcul de la section des armatures

A. Pour le réservoir de 55m^3(CD)

1. Dalle de Couverture du réservoir

	DE	Lx	ly	α	h	h adoptée	
1. pré-dimensionnement	6,243	6,343	6,343	1,000	0,211	0,250	
	G1	**G2**	**Q**	**Pu**			
2.évaluation des charges	6,250	0,440	2,000	12,032			
	μx	**Mox**	**Moy**	**Mtr**	**μ_{lu}**		
3. calcul des moments	0,037	17,797	17,797	15,127	0,3		
	d	**fbu**	**zb**	**μ_{bu}**	**ε**	**fed**	**Au**
4. calcul des armatures	0,225	14,167	0,223	0,021	0,027	347,826	1,954
	ft28	**Amin**	**Au adoptée**				
5. vérification	2,100	2,717	2,717				
6. choix des armatures		**6ø8/m (selon le tableau en annexe)**					

Tableau 12 : calcul de la section des armatures pour la dalle de couverture du réservoir de 55m3

2. Radier du réservoir

	DE	Lx	ly	α	h	h adoptée
1. pré-dimensionnement	6,243	6,443	6,443	1,000	0,215	0,350
	G'	**G''**	**G'''**	**Q**	**Pu**	
2.évaluation des charges	9,190	211,081	6,690	2,000	309,397	
	μx	**Mox**	**Moy**	**Ma**	**μ_{bu}**	
3. calcul des moments	0,037	472,198	472,198	236,099	0,168	
	d	**Fbu**	**zb**	**Ɛ**	**fed**	**Au**
4. calcul des armatures	0,315	14,167	0,286	0,231	347,826	23,746
	ft28	**Amin**	**Au adoptée**			
5. vérification	2,100	3,804	23,746			
6. choix des armatures			**8ø20/m (selon le tableau en annexe)**			

Tableau 13 : calcul de la section des armatures pour le radier du réservoir de 55m3

3. Schéma du réservoir de 55m^3

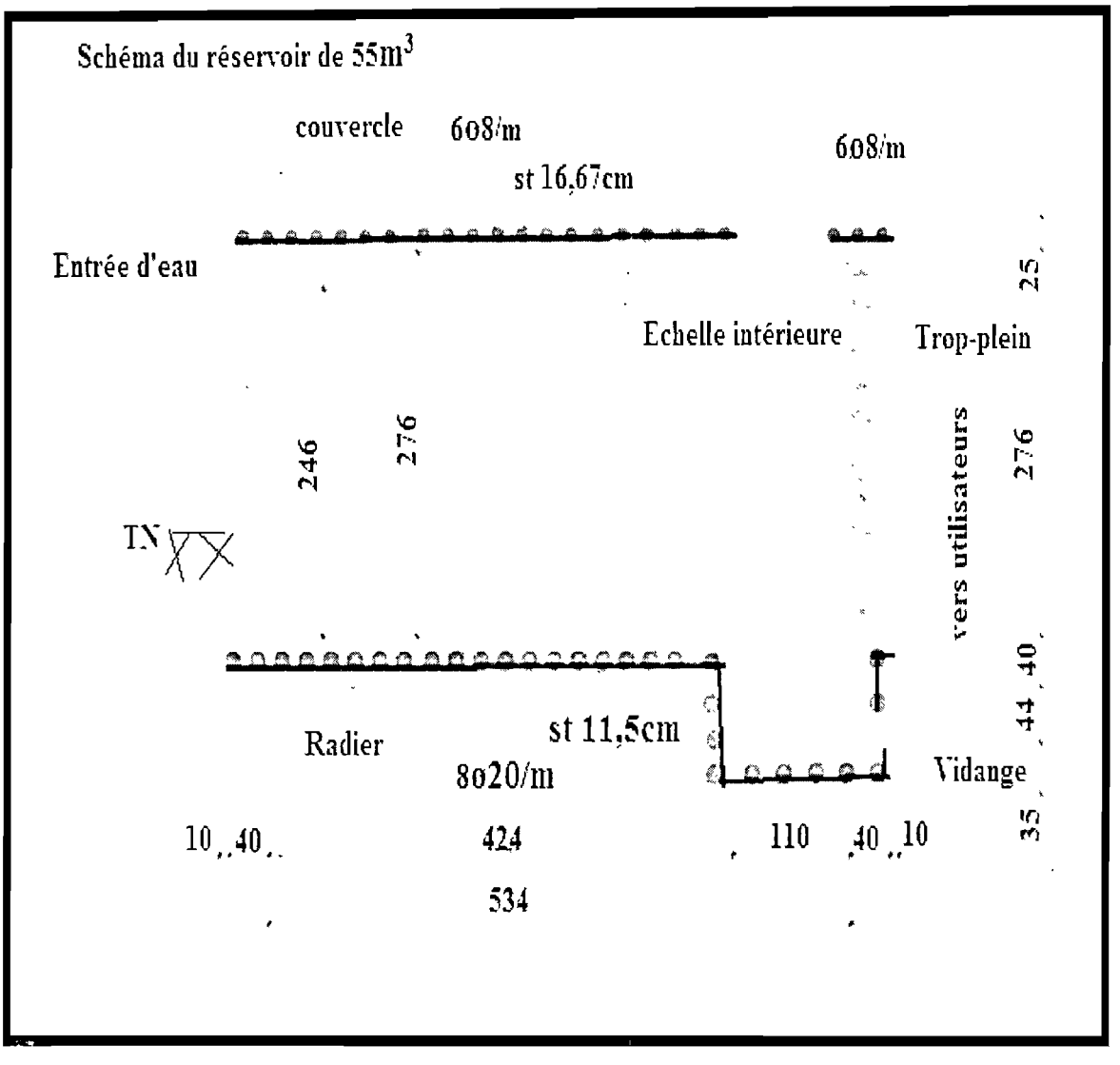


Figure 13 : schéma du réservoir de 55m3

B. Pour le réservoir de 5m^3(HIGIRO)

1. Dalle de Couverture du réservoir

	DE	Lx	ly	α	h	h adoptée	
1. pré dimensionnement	3,200	3,300	3,300	1,000	0,110	0,150	
	G1	**G2**	**Q**	**Pu**			
2. évaluation des charges	3,750	0,440	2,000	8,657			
	μx	**Mox**	**Moy**	**Mtr**	**μ_{lu}**		
3. calcul des moments	0,037	3,466	3,466	2,946	0,3		
	d	**Fbu**	**zb**	**μ_{bu}**	**Ɛ**	**fed**	**Au**
4. calcul des armatures	0,135	14,167	0,134	0,011	0,014	347,826	0,631
	ft28	**Amin**	**Au adoptée**				
5. vérification	2,100	1,630	1,630				
6. choix des armatures			**4ø8/m (selon le tableau en annexe)**				

Tableau 14: calcul de la section des armatures pour la dalle de couverture du réservoir de 5m3

2. Radier du réservoir

	DE	Lx	ly	α	h	h adoptée
1. pré-dimensionnement	3,200	3,400	3,400	1,000	0,113	0,250
	G'	**G''**	**G'''**	**Q**	**Pu**	
2.évaluation des charges	6,690	75,132	4,190	2,000	119,116	
	μx	**Mox**	**Moy**	**Ma**	**μ_{bu}**	
3. calcul des moments	0,037	50,624	50,624	25,312	0,035	
	d	**fbu**	**zb**	**Ɛ**	**fed**	**Au**
4. calcul des armatures	0,225	14,167	0,221	0,045	347,826	3,294
	ft28	**Amin**	**Au adoptée**			
5. vérification	2,100	2,717	3,294			
6. choix des armatures			**5ø10/m (selon le tableau en annexe)**			

Tableau 15 : calcul de la section des armatures pour le radier du réservoir de 5m3

3. Schéma du réservoir de 5m^3(HIGIRO)

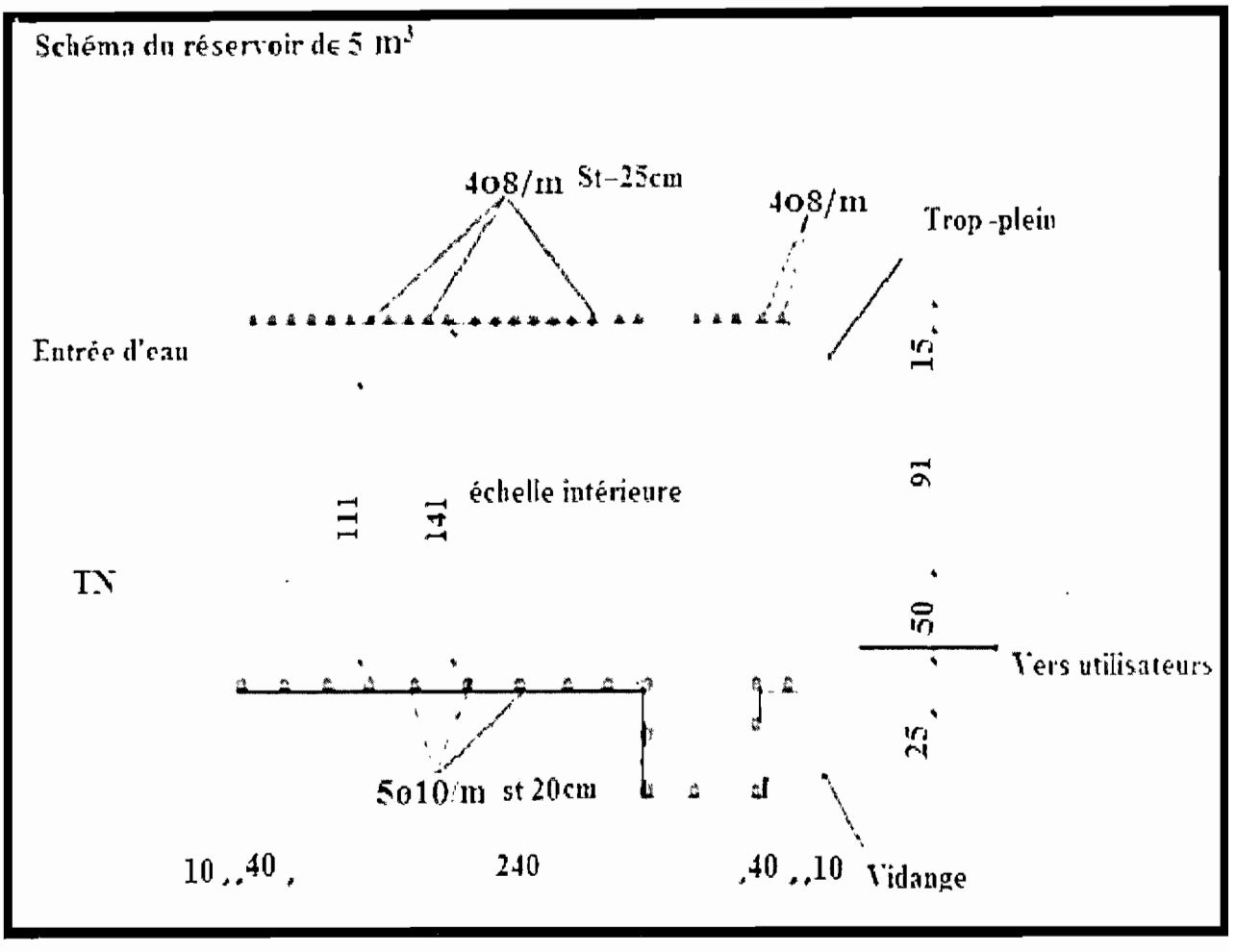


Figure 14: schéma du réservoir de 5m3

C. Pour le réservoir de $10m^3$(GIKOBE)

1. Dalle de Couverture du réservoir

	DE	**Lx**	**ly**	**α**	**h**	**h adoptée**	
1.pré-dimensionnement	3,800	3,900	3,900	1,000	0,130	0,150	
	G1	**G2**	**Q**	**Pu**			
2.évaluation des charges	3,750	0,440	2,000	8,657			
	μx	**Mox**	**Moy**	**Mtr**	**μ_{lu}**		
3. calcul des moments	0,037	4,841	4,841	4,115	0,3		
	d	**Fbu**	**zb**	**μ_{bu}**	**ε**	**fed**	**Au**
4. calcul des armatures	0,135	14,167	0,134	0,016	0,020	347,826	0,883
	ft28	**Amin**	**Au adoptée**				
5. vérification	2,100	1,630	1,630				
6. choix des armatures			**4ø8/m (selon le tableau en annexe)**				

Tableau 16 : calcul de la section des armatures pour la dalle de couverture du réservoir de 10m3

2. Radier du réservoir

	DE	Lx	ly	α	h	h adoptée
1. pré-dimensionnement	3,800	4,000	4,000	1,000	0,133	0,250
	G'	**G''**	**G'''**	**Q**	**Pu**	
2.évaluation des charges	6,690	100,045	4,190	2,000	152,749	
	μx	**Mox**	**Moy**	**Ma**	**μ_{bu}**	
3. calcul des moments	0,037	89,852	89,852	44,926	0,063	
	d	**fbu**	**zb**	**Ɛ**	**fed**	**Au**
4. calcul des armatures	0,225	14,167	0,218	0,081	347,826	5,933
	ft28	**Amin**	**Au adoptée**			
5. vérification	2,100	2,717	5,933			
6. choix des armatures			**6ø12/m (selon le tableau en annexe)**			

Tableau 17 : calcul de la section des armatures pour le radier du réservoir de 10m3

3. Schéma du réservoir de 10m^3 (GIKOBE).

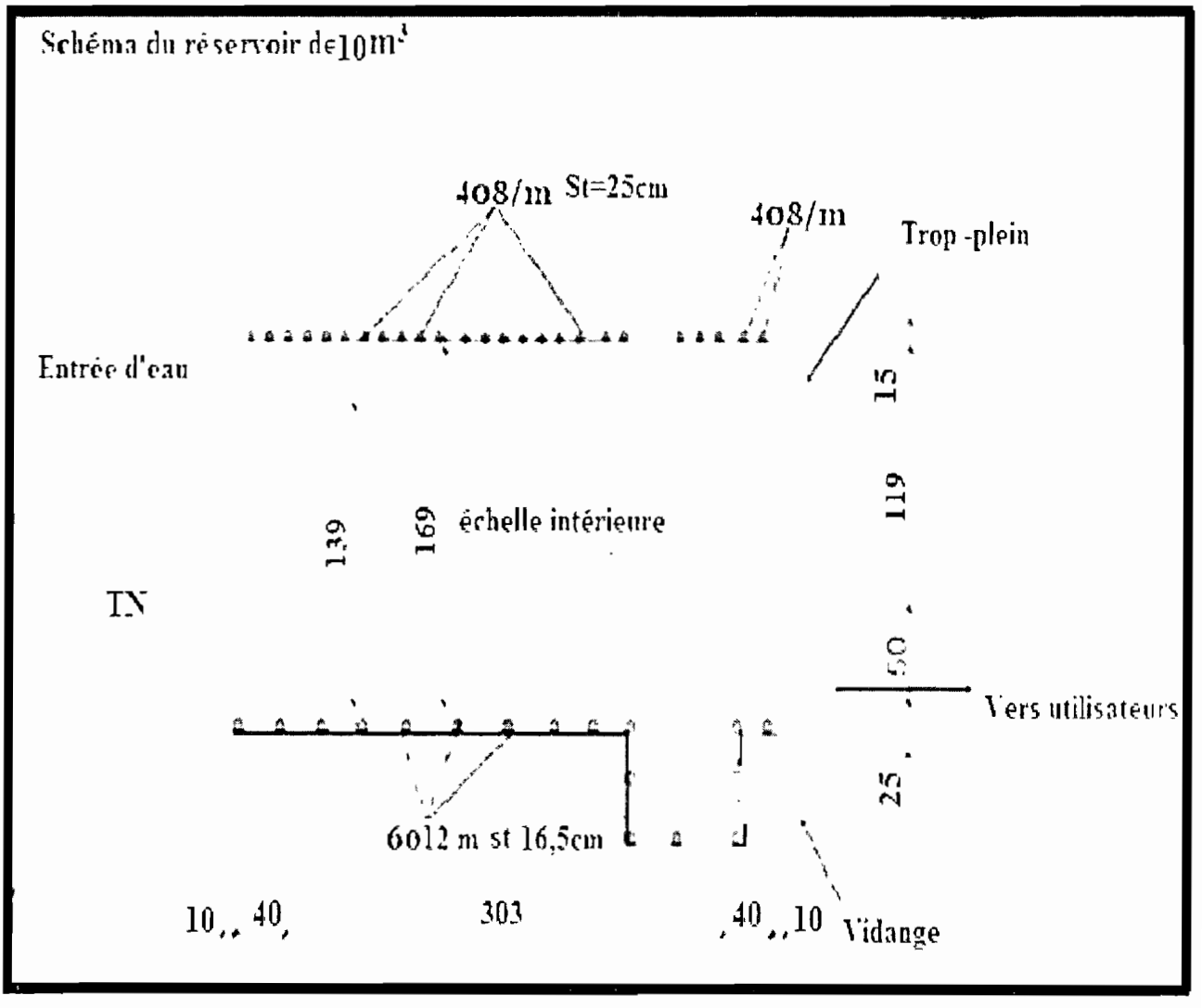


Figure 15: schéma du réservoir de 10m3

D. Pour le réservoir de $15m^3$(CIYUBAKE)

1. Dalle de Couverture du réservoir

	DE	Lx	ly	α	h	h adoptée	
1. pré-dimensionnement	4,200	4,300	4,300	1,000	0,143	0,150	
	G1	**G2**	**Q**	**Pu**			
2.évaluation des charges	3,750	0,440	2,000	8,657			
	μx	**Mox**	**Moy**	**Mtr**	**μ_{lu}**		
3. calcul des moments	0,037	5,885	5,885	5,002	0,3		
	d	**Fbu**	**zb**	**m_{bu}**	**ε**	**fed**	**Au**
4. calcul des armatures	0,135	14,167	0,134	0,019	0,024	347,826	1,076
	ft28	**Amin**	**Au adoptée**				
5. vérification	2,100	1,630	1,630				
6. choix des armatures	**4ø8/m (selon le tableau en annexe)**						

Tableau 18 : calcul de la section des armatures pour la dalle de couverture du réservoir de $15m^3$

2. Radier du réservoir de 15m^3

	DE	Lx	ly	α	h	h adoptée
1. pré-dimensionnement	4,200	4,400	4,400	1,000	0,147	0,300
	G'	**G''**	**G'''**	**Q**	**Pu**	
2.évaluation des charges	7,940	118,931	4,190	2,000	179,932	
	μx	**Mox**	**Moy**	**Ma**	μ_{bu}	
3. calcul des moments	0,037	128,069	128,069	64,035	0,062	
	d	**fbu**	**zb**	ε	**fed**	**Au**
4. calcul des armatures	0,270	14,167	0,261	0,080	347,826	7,044
	ft28	**Amin**	**Au adoptée**			
5. vérification	2,100	3,260	7,044			
6. choix des armatures			**5ø14/m (selon le tableau en annexe)**			

Tableau 19 : calcul de la section des armatures pour le radier du réservoir de 15m3

3. Schéma du réservoir de 15m^3 (CIYUBAKE)

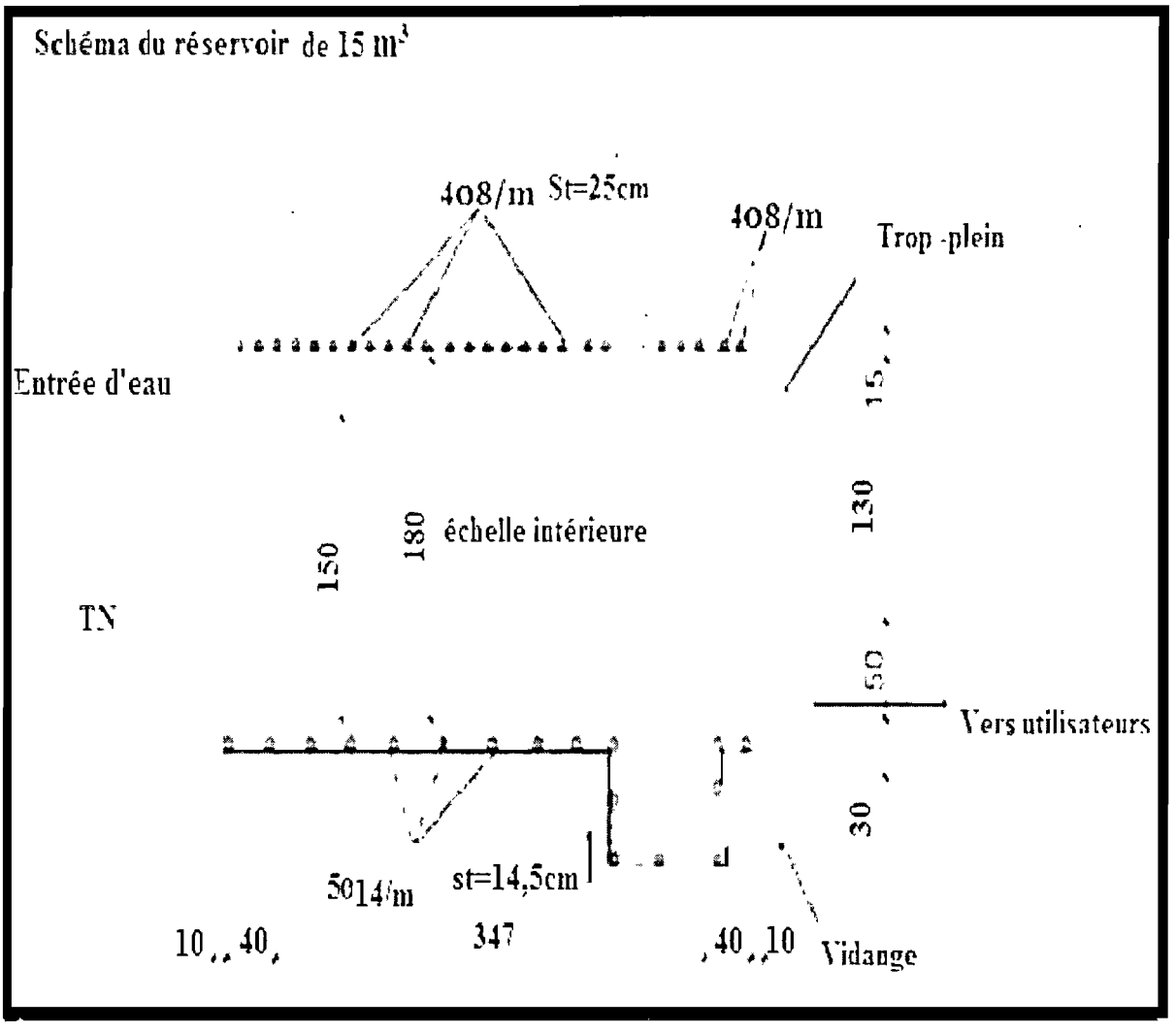


Figure 16: schéma du réservoir de 15m3

E. Pour le réservoir de 25m^3(BIROHE)

1. Dalle de Couverture du réservoir

	DE	Lx	ly	α	h	h adoptée	
1.pré-dimensionnement	4,900	5,000	5,000	1,000	0,167	0,200	
	G1	**G2**	**Q**	**Pu**			
2.évaluation des charges	5,000	0,440	2,000	10,344			
	μx	**Mox**	**Moy**	**Mtr**	**μ_{lu}**		
3. calcul des moments	0,037	9,507	9,507	8,081	0,3		
	d	**Fbu**	**zb**	**μ_{bu}**	**ε**	**fed**	**Au**
4. calcul des armatures	0,180	14,167	0,178	0,018	0,022	347,826	1,302
	ft28	**Amin**	**Au adoptée**				
5. vérification	2,100	2,174	2,174				
6. choix des armatures			**5ø8/m (selon le tableau en annexe)**				

Tableau 20: calcul de la section des armatures pour la dalle de couverture du réservoir de 25m3

2. Radier du réservoir

	DE	Lx	ly	α	h	h adoptée
1. pré-dimensionnement	4,900	5,100	5,100	1,000	0,170	0,300
	G'	**G''**	**G'''**	**Q**	**Pu**	
2. évaluation des charges	7,940	148,517	5,440	2,000	221,561	
	μx	**Mox**	**Moy**	**Ma**	**μ_{bu}**	
3. calcul des moments	0,037	211,868	211,868	105,934	0,103	
	d	**Fbu**	**zb**	**ε**	**fed**	**Au**
4. calcul des armatures	0,270	14,167	0,255	0,136	347,826	11,927
	ft28	**Amin**	**Au adoptée**			
5. vérification	2,100	3,260	11,927			
6. choix des armatures			**6ø16/m (selon le tableau en annexe)**			

Tableau 21 : calcul de la section des armatures pour le radier du réservoir de 25m3

3. Schéma du réservoir

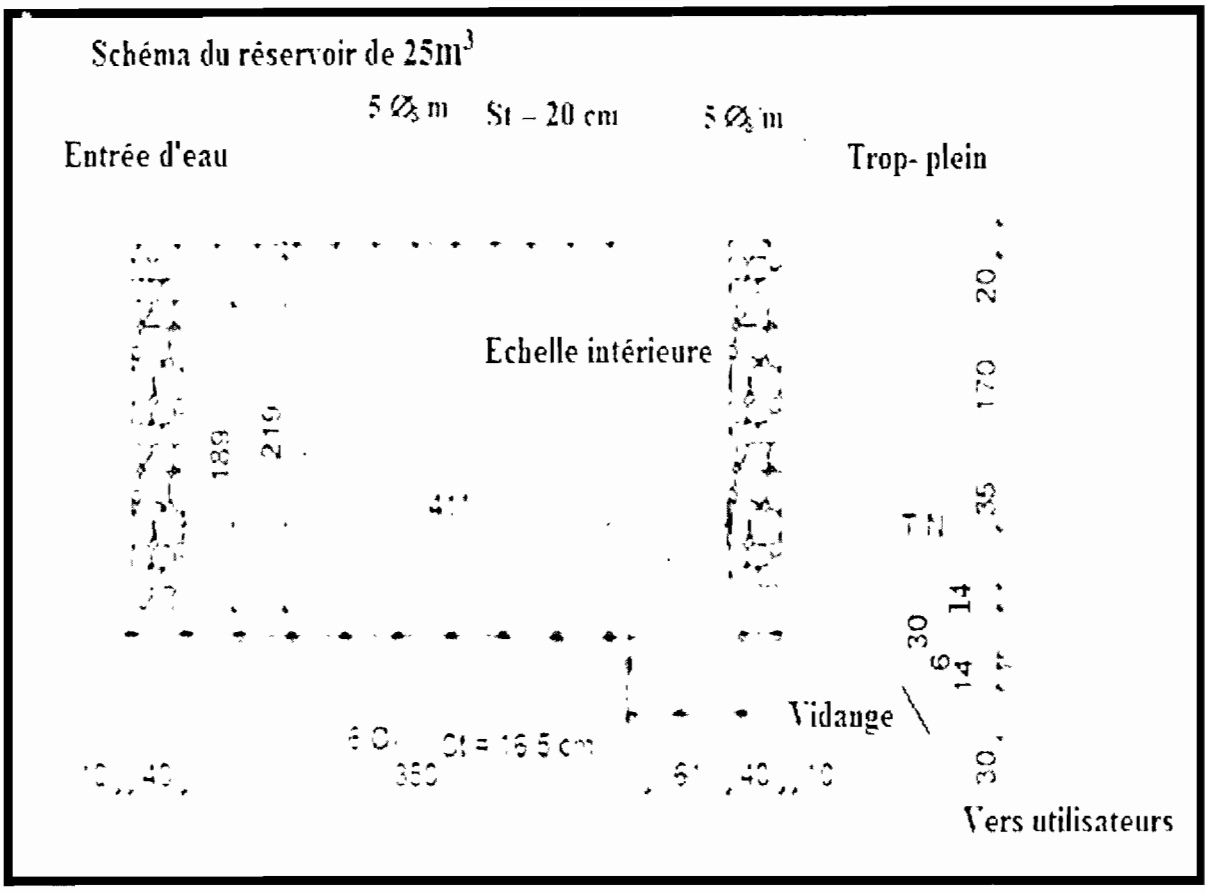


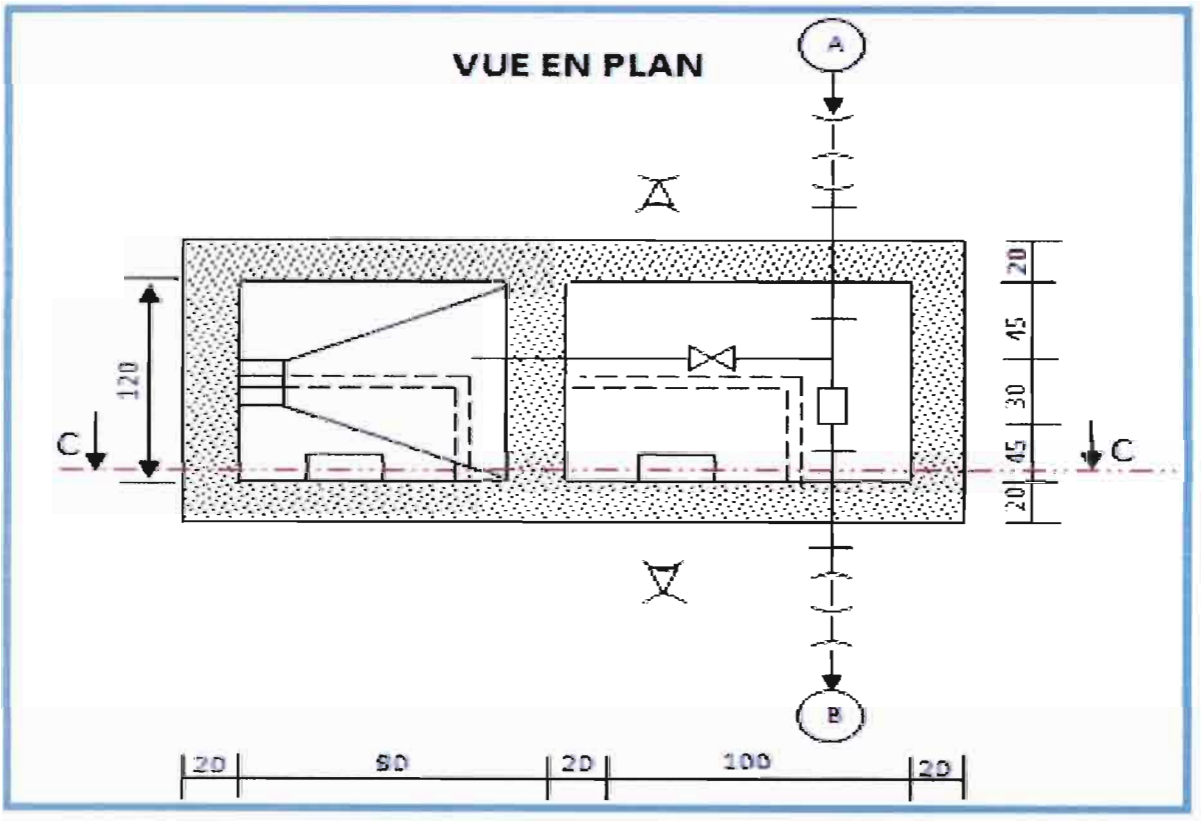
Figure 17 : schéma du réservoir de 25m3

CHAP ITREVI : RESEAU DE DISTRIBUTION

VI.1 Ouvrages du réseau

Chambre de purge

C'est un ouvrage installé aux différents points bas du réseau pour éliminer les dépôts solides contenus dans les conduites en cas d'eau très chargée. Sur le réseau, il y a une seule chambre de purge placée à une altitude de 1595 m.



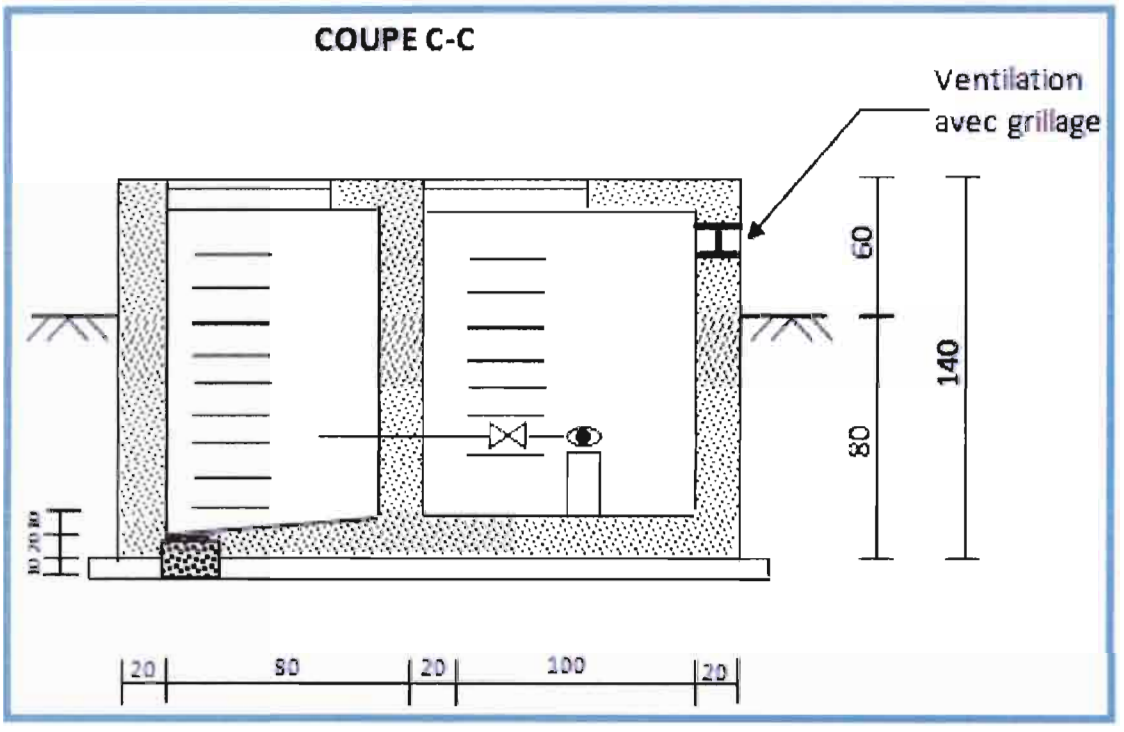


Figure 18: Chambre de purge

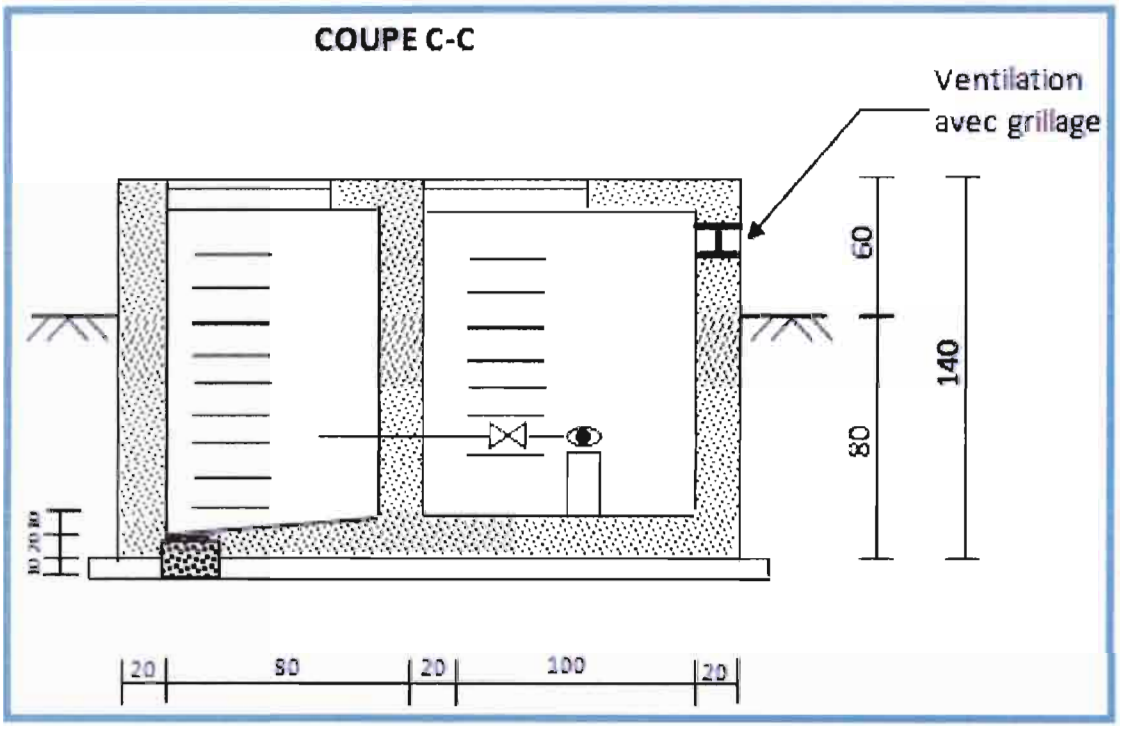


Figure 18: Chambre de purge

Chambre de vanne et de sectionnement

C'est un ouvrage permettant de répartir le débit dans les différents branchement du tronçon. Sur le réseau, il ya3 vannes placées respectivement à 1705.1m, 1638. m, et 1695m

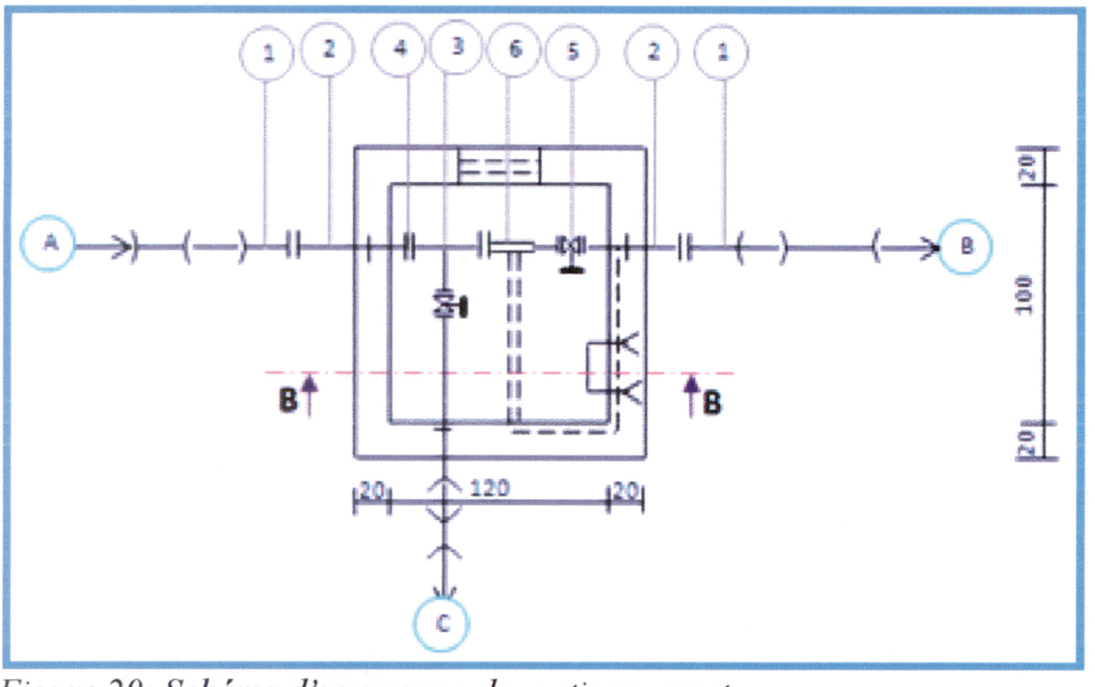


Figure 20: Schéma d'une vanne de sectionnement

Légende :

1. Bride-emboitement
2. Manchette d'ancrage
3. Té DN A, B ou C
4. Raccord d'union
5. Vanne
6. Joint de démontage

d.1.La chambre de vannes pour les bornes fontaines

Les chambres de vannes d'arrêt permettent d'isoler un tronçon du réseau pour effectuer des réparations ou entretien tout en maintenant la distribution dans les autres parties du réseau. Sur le réseau, il y a 5 vannes.

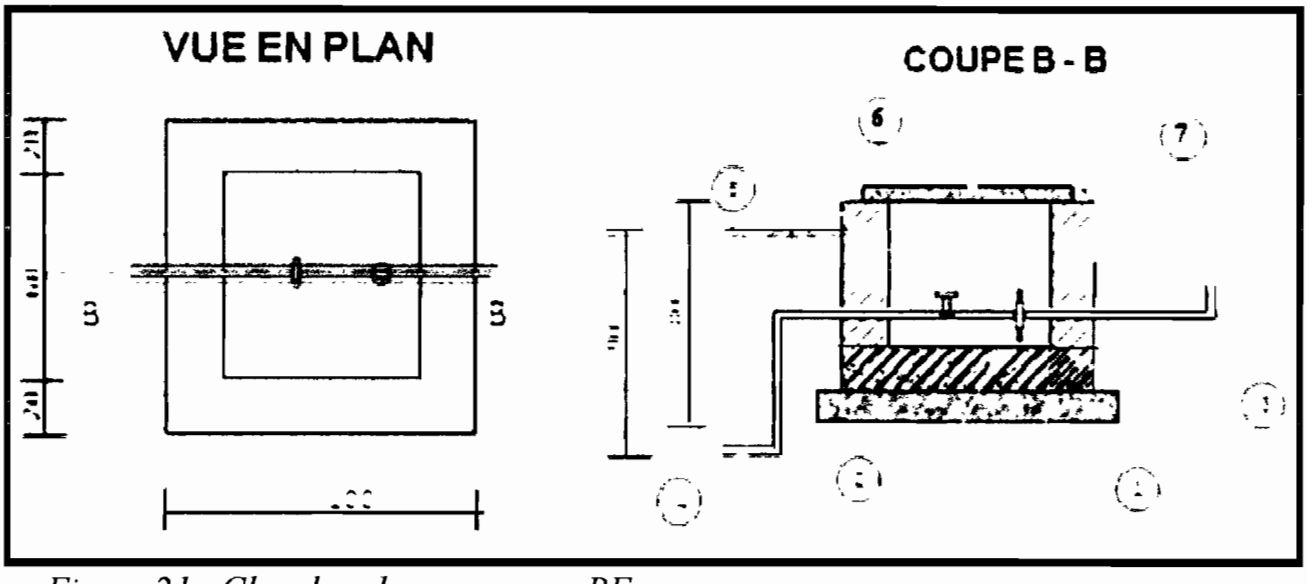


Figure 21 : Chambre de vanne pour BF

Légende :

1. Béton de propreté
2. Réducteur
3. Radier
4. Conduite
5. Robinet
6. Couvercle
7. Mur en briques

d.1.La chambre de vannes pour les bornes fontaines

Les chambres de vannes d'arrêt permettent d'isoler un tronçon du réseau pour effectuer des réparations ou entretien tout en maintenant la distribution dans les autres parties du réseau. Sur le réseau, il y a 5 vannes.

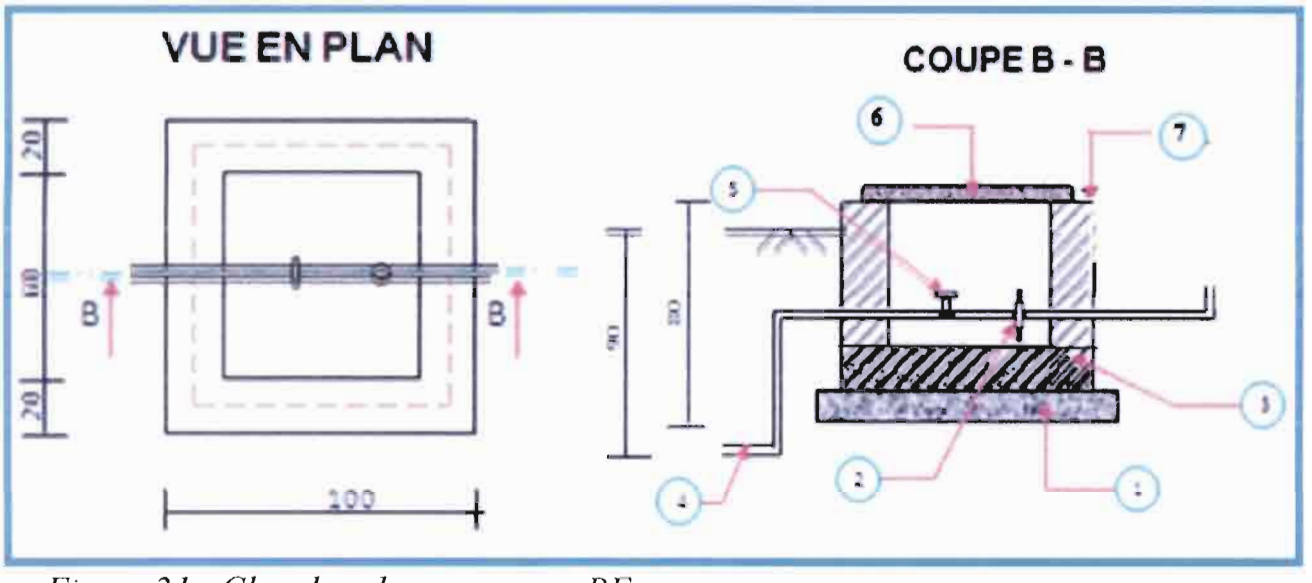


Figure 21 : Chambre de vanne pour BF

Légende :

1. Béton de propreté
2. Réducteur
3. Radier
4. Conduite
5. Robinet
6. Couvercle
7. Mur en briques

Pour le cas du présent projet nous utiliserons les conduites en PVC (Polychlorure de Vinyle) pour des pressions pouvant aller jusqu'à 10bars (PN10) et 16 bars (PN16).

Le principe de base utilisé est que chaque point d'eau doit dépendre d'un réservoir pas trop éloigné. Le respect de ce principe strict qui exclut toutes prises directes sur les conduites d'adduction permettra de limiter les pertes incontrôlables.

VI.2.2 Calculs hydrauliques

Lors des calculs hydrauliques, on va suivre une démarche suivante :

→ Le débit Q et la longueur du tronçon L sont connus

→ Choix du diamètre normalisé et de la pression nominale correspondante

→ Calcul de la vitesse $V=4Q/\Pi D^2$ **(VI.1)**

→ Vérifier que $0.3m/s<V<1,5m/s$ sinon changer le diamètre normalisé

→ Calcul nombre de Reynold qui caractérise le type d'écoulement du fluide en mouvement : $Re= (V*D)/\gamma$ **(VI.2)**

Avec : V : vitesse en m/s

γ : viscosité cinématique en m^2/s (10^{-6})

Re : le nombre de Reynold

Pour :

$Re \leq 2000$ il s'agit de l'écoulement laminaire

$Re \leq 4000$ il s'agit de l'écoulement transitoire

$Re > 4000$ c'est un écoulement turbulent

→ Détermination de λ :

- Pour les écoulement laminaires $\lambda=64/Re$(ce genre ne se présente jamais dans les réseaux d'AEP) **(VI.3)**
- Pour les écoulements turbulents dans les conduites lisses, on utilise l'équation de : **blasius : $\lambda = 0,3164/Re^{0,25}$** **(VI.4)**

: Colebrook: $\lambda=1/(1,74+2*\log(D/2*\varepsilon))^2$ **(VI.5)**

Avec ε : rugosité relative=0,003

: colebrook et white: $1/\sqrt{\lambda} =-2\log ((K/3,7D))+(2,51/(Re*\sqrt{\lambda}))$ **(VI.6)**

Avec K: rugosité absolue

→ Calcul des pertes de charge unitaires : $j = \lambda v^2/(2*g*D)$ **(VI.7)**

Avec : j les pertes de charges unitaires m/ml
λ : coefficient de pertes de charges
v : vitesse en m/s
g . accélération de la pesanteur (9.81 m/s^2)
D : diamètre de la conduite en m

→ Déterminations des pertes de charges totales $J=j*L$ **(VI.8)**
L : longueur du tronçon considéré

→ La détermination du cote piézométrique $Cp_n=Cp_{n-1}-J$ **(VI.9)**

La pression en un point du réseau est donnée par la différence entre la cote piézométrique et la cote du sol. En guise du Théorème de Bernoulli appliqué entre deux sections quelconques 1et2 de même débit permet d'écrire :

$$Z_1 + \frac{p1}{\rho g} + \frac{V1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p2}{\rho g} + \frac{V2^2}{2g} + \Delta H_{1-2} \quad \textbf{(VI.10)}$$

Où : ΔH_{1-2} = pertes de charge totale engendré dans le tronçon 1-2
Zi=énergie potentielle
$\frac{p}{\rho g}$=énergie due à la pression
$\frac{V^2}{2g}$=énergie cinétique
La somme de ces trois termes s'exprime en m d'eau. On a :

- P en (N/m^2 = pascal)
- ρ:masse volumique en kg/m^3
- V : vitesse en m/s
- g : accélération de la pesanteur en m/s^2

Compte tenu que la valeur de $\frac{V^2}{2g}$ est négligeable et que la pression initiale est nulle (sans tenir compte de la pression atmosphérique) on a :

$\frac{p}{\rho g}$= Cp-z
Cp : cote piézométrique
Z : cote du terrain naturel

D'où "La pression dynamique P dyn= Cp- cote du terrain naturel" (VI.11)

Schématiquement on a :

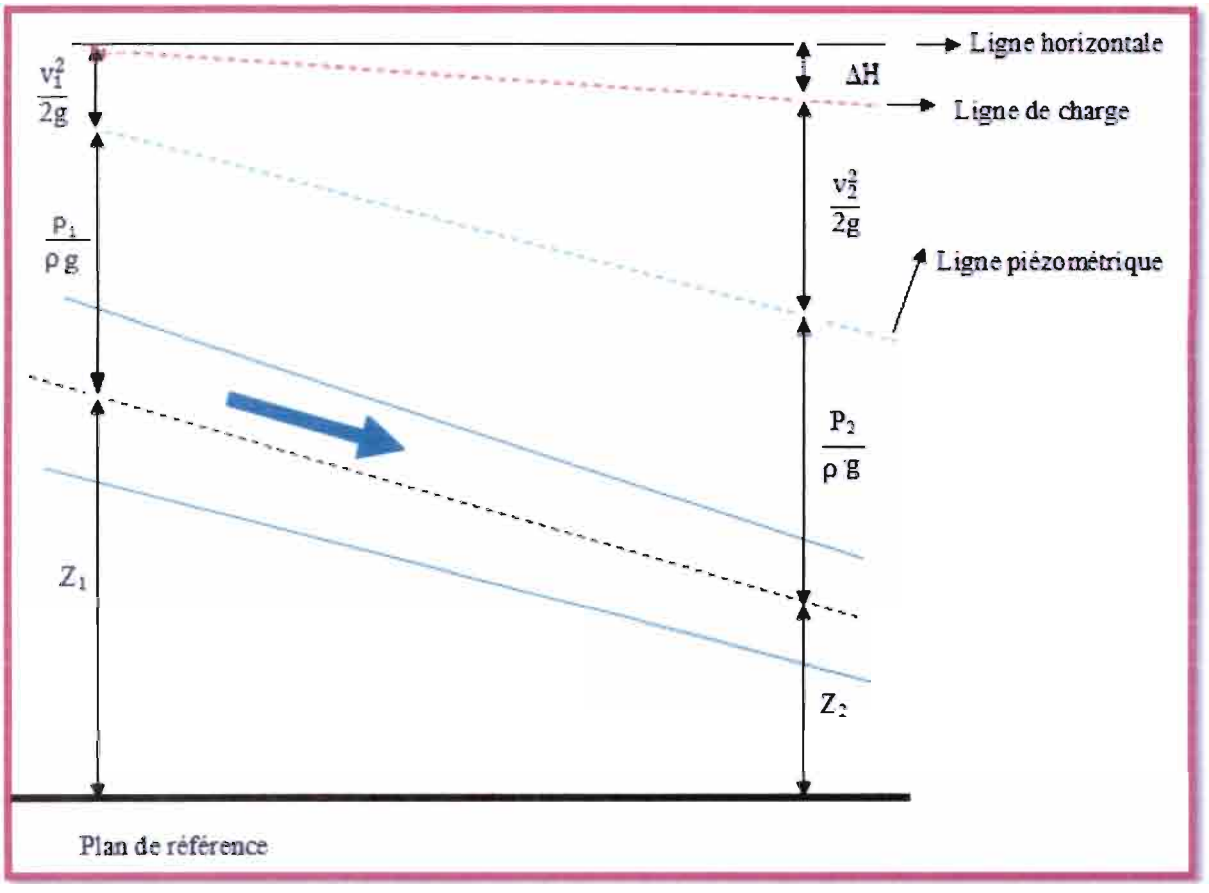
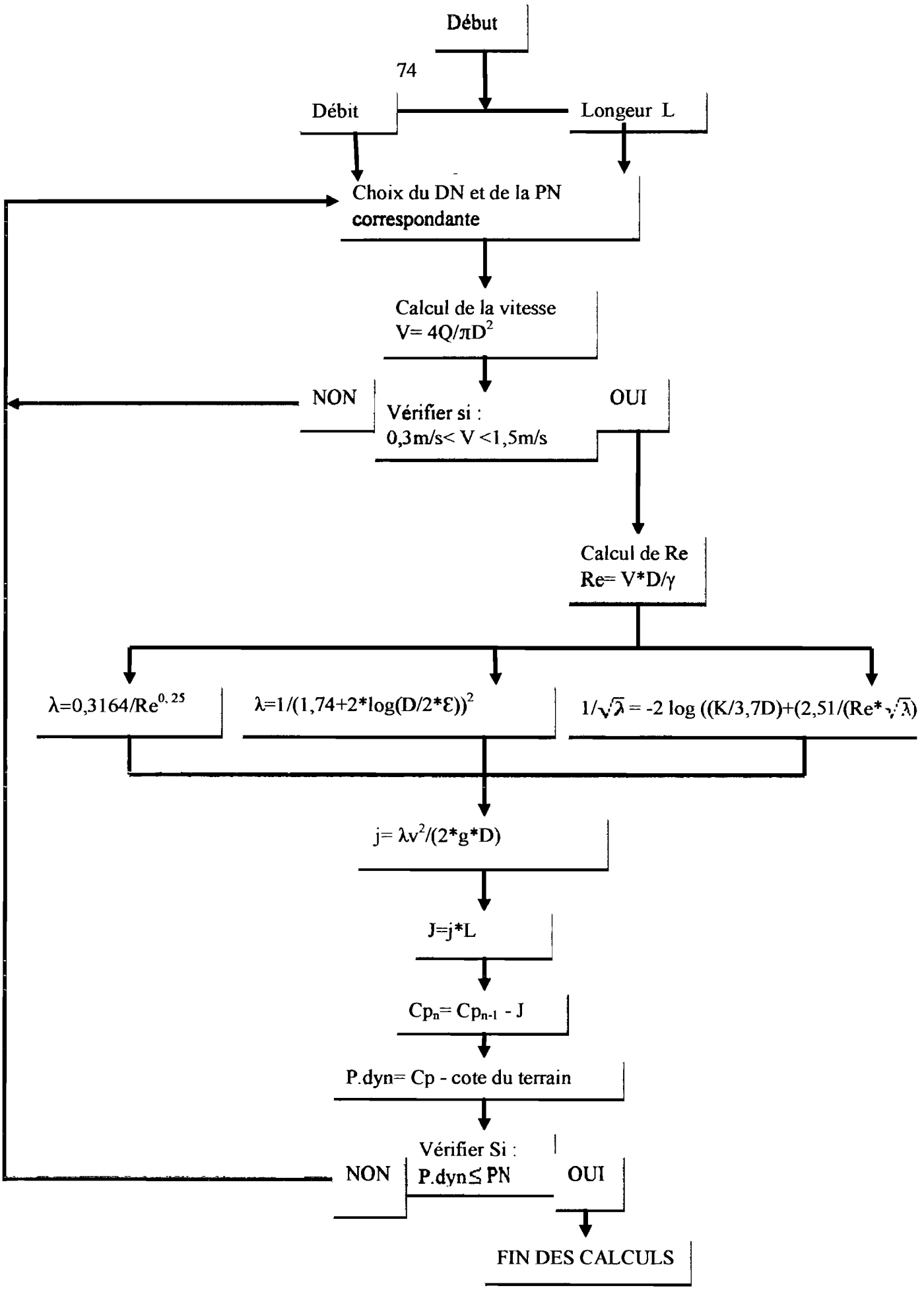


Figure 23 : Interprétation géométrique de l'équation de Bernoulli

N.B : La page suivante nous montre la méthodologie de calculs hydrauliques.


Début
Débit
Longeur L
Choix du DN et de la PN correspondante
Calcul de la vitesse
V= 4Q/πD²
NON
Vérifier si :
0,3m/s< V <1,5m/s
OUI
Calcul de Re
Re= V*D/γ
λ=0,3164/Re^0,25
λ=1/(1,74+2*log(D/2*Ɛ))²
1/√λ = -2 log ((K/3,7D)+(2,51/(Re*√λ)
j= λv²/(2*g*D)
J=j*L
Cpn= Cpn-1 - J
P.dyn= Cp - cote du terrain
Vérifier Si :
NON
P.dyn≤ PN
OUI
FIN DES CALCULS

VI.3.2 Tableau des Calculs hydrauliques

no	tronçon	L	NC	DE	DI	Q	V	Re	λ	j	J	Altitude TN		Cote piézométrique		Pression dynamique		PN
												Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	
		m	PVC	mm	mm	l/s	m/s			m/ml	m	m	m	m	m	mCe	mCe	bars
CD	CD--1	50,0	PVC	50	44,8	1,102	0,699	31335,305	0,024	0,013	0,662	1800,0	1785,0	1800,0	1799,3	0,0	14,3	10
2	1--2	230,5	PVC	50	44,8	1,102	0,699	31335,305	0,024	0,013	3,051	1785,0	1760,0	1799,3	1796,3	14,3	36,3	10
R1	2--3	400,0	PVC	50	44,8	1,102	0,699	31335,305	0,024	0,013	5,294	1760,0	1755,1	1796,3	1791,0	36,3	35,9	10
4	3--4	155,2	PVC	50	44,8	1,002	0,636	28491,811	0,024	0,011	1,739	1755,1	1745,1	1791,0	1789,3	35,9	44,2	10
5	4--5	300,0	PVC	50	44,8	1,002	0,636	28491,811	0,024	0,011	3,362	1745,1	1736,1	1789,3	1785,9	44,2	49,8	10
6	5--6	266,0	PVC	50	44,8	1,002	0,636	28491,811	0,024	0,011	2,981	1736,1	1715,1	1785,9	1782,9	49,8	67,8	10
R2	6--7	277,0	PVC	50	44,8	1,002	0,636	28491,811	0,024	0,011	3,104	1715,1	1705,1	1782,9	1779,8	67,8	74,7	10
8	7--8	300,0	PVC	50	44,8	0,798	0,506	22691,083	0,026	0,008	2,257	1705,1	1690,1	1779,8	1777,5	74,7	87,4	10
9	8--9	120,0	PVC	50	42,0	0,798	0,576	24203,822	0,025	0,010	1,227	1690,1	1666,1	1777,5	1776,3	87,4	110,2	16
10	9--10	390,0	PVC	50	42,0	0,798	0,576	24203,822	0,025	0,010	3,987	1666,1	1640,1	1776,3	1772,3	110,2	132,2	16
11	10--11	105,0	PVC	50	42,0	0,798	0,576	24203,822	0,025	0,010	1,073	1640,1	1627,3	1772,3	1771,3	132,2	144,0	16
12	11--12	222,2	PVC	40	33,6	0,798	0,900	30254,777	0,024	0,030	6,556	1627,3	1620,0	1771,3	1764,7	144,0	144,7	16
CP	12--13	382,0	PVC	40	33,6	0,798	0,900	30254,777	0,024	0,030	11,271	1620,0	1595,0	1764,7	1753,4	144,7	158,4	16
14	13--14	20,0	PVC	40	33,6	0,798	0,900	30254,777	0,024	0,030	0,590	1595,0	1595,1	1753,4	1752,8	158,4	157,7	16
15	14--15	227,0	PVC	40	33,6	0,798	0,900	30254,777	0,024	0,030	6,698	1595,1	1599,0	1752,8	1746,1	157,7	147,1	16
16	15--16	140,0	PVC	40	33,6	0,798	0,900	30254,777	0,024	0,030	4,131	1599,0	1607,3	1746,1	1742,0	147,1	134,7	16
17	16--17	112,5	PVC	40	33,6	0,798	0,900	30254,777	0,024	0,030	3,319	1607,3	1612,1	1742,0	1738,7	134,7	126,6	16
18	17--18	327,0	PVC	40	33,6	0,798	0,900	30254,777	0,024	0,030	9,648	1612,1	1630,1	1738,7	1729,0	126,6	98,9	16
R3	18--19	400,1	PVC	40	33,6	0,798	0,900	30254,777	0,024	0,030	11,805	1630,1	1638,2	1729,0	1717,2	98,9	79,0	16
20	19--20	280,0	PVC	50	44,8	0,510	0,324	14501,820	0,029	0,003	0,962	1638,2	1625,0	1717,2	1716,3	79,0	91,3	10
21	20--21	290,0	PVC	50	44,8	0,510	0,324	14501,820	0,029	0,003	0,997	1625,0	1639,1	1716,3	1715,3	91,3	76,2	10
22	21--22	149,4	PVC	50	44,8	0,510	0,324	14501,820	0,029	0,003	0,514	1639,1	1645,3	1715,3	1714,8	76,2	69,5	10
23	22--23	200,0	PVC	50	44,8	0,510	0,324	14501,820	0,029	0,003	0,687	1645,3	1655,0	1714,8	1714,1	69,5	59,1	10
CV	23--24	300,0	PVC	50	44,8	0,510	0,324	14501,820	0,029	0,003	1,031	1655,0	1660,0	1714,1	1713,1	59,1	53,1	10
25	24--25	200,0	PVC	50	44,8	0,510	0,324	14501,820	0,029	0,003	0,687	1660,0	1650,0	1713,1	1712,4	53,1	62,4	10
26	25--26	100,0	PVC	50	44,8	0,510	0,324	14501,820	0,029	0,003	0,344	1650,0	1653,1	1712,4	1712,0	62,4	58,9	10

27	26--27	400,0	PVC	50	44,8	0,510	0,324	14501,820	0,029	0,003	1,375	1653,1	1667,3	1712,0	1710,6	58,9	43,3	10
28	27--28	370,0	PVC	50	44,8	0,510	0,324	14501,820	0,029	0,003	1,272	1667,3	1678,1	1710,6	1709,4	43,3	31,3	10
29	28--29	280,0	PVC	50	44,8	0,510	0,324	14501,820	0,029	0,003	0,962	1678,1	1683,0	1709,4	1708,4	31,3	25,4	10
30	29--30	150,0	PVC	50	44,8	0,510	0,324	14501,820	0,029	0,003	0,516	1683,0	1686,0	1708,4	1707,9	25,4	21,9	10
R4	30--31	300,0	PVC	50	44,8	0,510	0,324	14501,820	0,029	0,003	1,031	1686,0	1695,0	1707,9	1706,9	21,9	11,9	10

Tableau 22 calculs hydrauliques

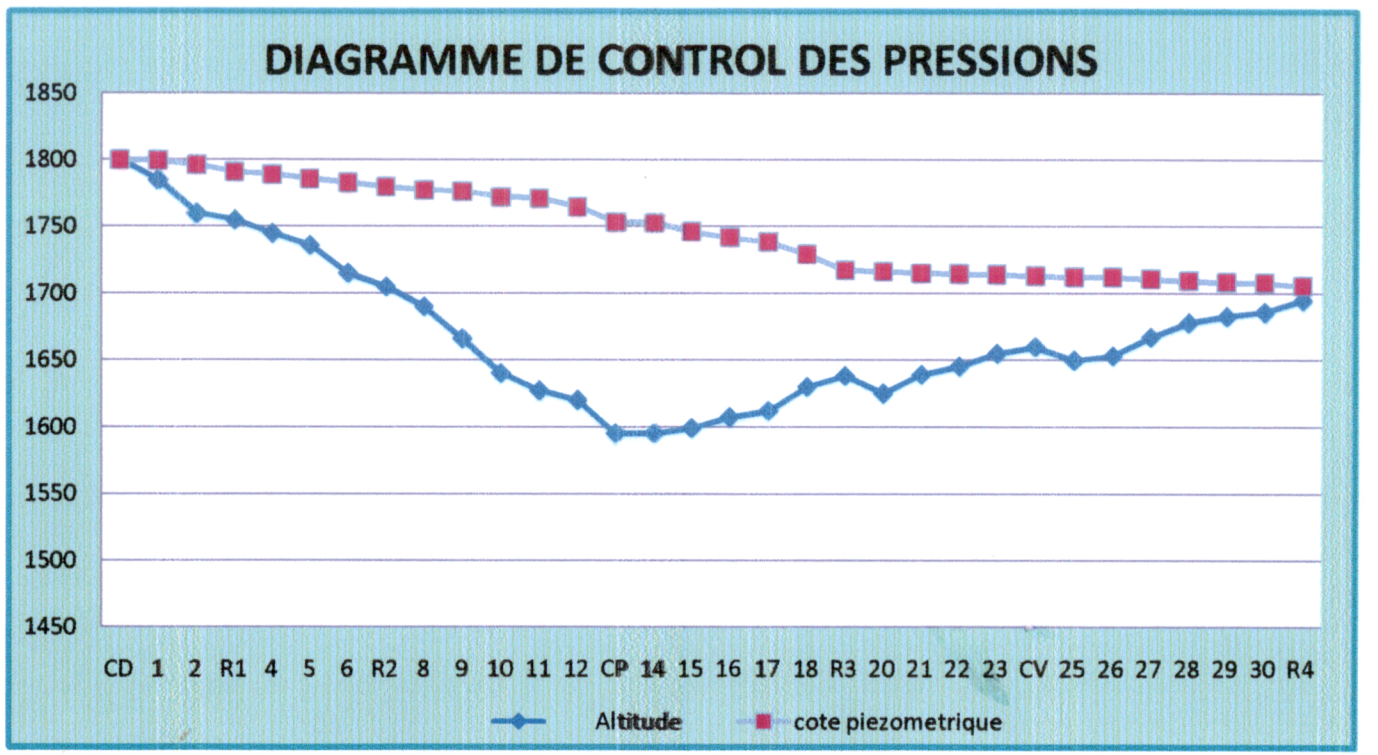


Figure 24 : Schéma de control des pressions

VI.3 Schéma de fonctionnement du réseau

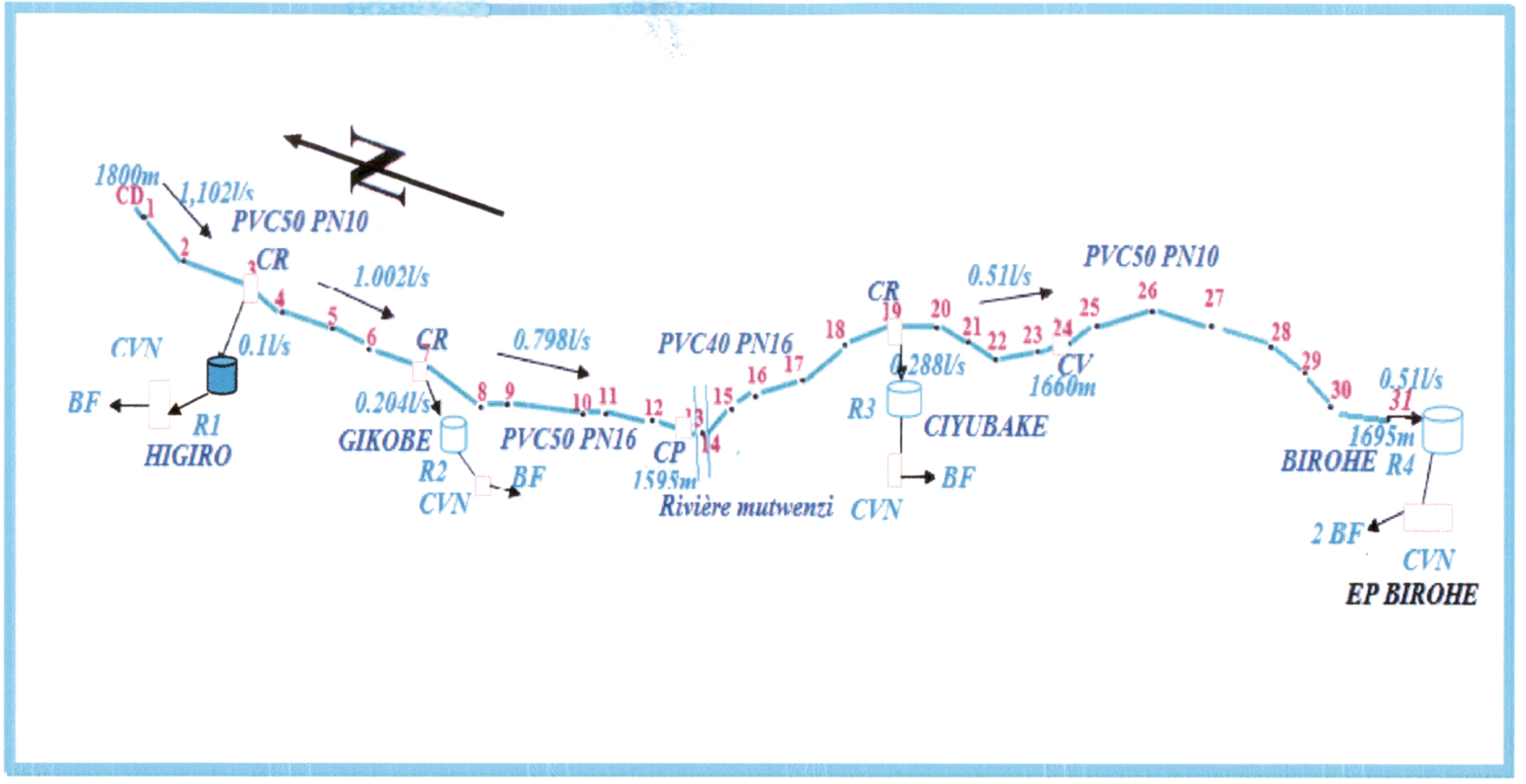


Figure 25 : Schéma de fonctionnement du réseau

CHAPITRE VII : EVALUATION DU COUT GLOBAL DU PROJET

VII.1 Introduction

L'évaluation financière des différentes unités du réseau se fait soit par choix direct (prix forfaitaire), soit par calcul sur base des données établies sur les plans d'exécution. Un devis estimatif fera objet de notre évaluation portant tout de même d'un devis descriptif et quantitatif des travaux et fournitures.
Une majoration de 10% de la valeur trouvée sera prise en considération pour les imprévues et fluctuations monétaire. Les coûts établis revêtent d'un caractère indicatif et non définitif

VII.2 Description et quantification des travaux

VII.2.1 Devis descriptif des travaux

A. Le captage

- **Le terrassement en déblai**

Le terrassement est exécuté en longueur et en largeur jusqu'à des côtes prescrites ou roches dures afin de capter le maximum d'eau possible. La quantité de terre enlevée servira au remblayage après la pose des tuyaux.

- **La pose des drains**

Les drains sont posés sur les graviers filtrant d'une épaisseur de 10cm. Les drains seront en PVC et perforés de manière à capter le maximum d'eau. Lors de la pose, il faut respecter la pente pour faciliter l'écoulement de l'eau vers la chambre de départ.

- **Le remblayage**

Les drains seront recouverts d'une couche de gravier filtrants, d'une feuille en plastique, de l'argile et de la terre ordinaire. On y plantera aussi du gazon.

Notons que la clôture de la surface de captage aura 20 m de côté

B. Les chambres de vannes, ventouses et purges

❖ Terrassement

Le décapage de la terre végétale est exécuté sur une profondeur de 30cm. pour le terrassement en déblai, toutefois, un dépassement d' 1m sera ajouté pour faciliter les travaux ; les quantités sont évaluées suivant les plans de fondation d'après la formule suivante :

V=L*l*H **(VII.1)**

Avec L : Longueur de la fouille

l : largeur de la fouille

H : profondeur de la fouille

❖ Dosage du béton

Le béton de propreté sera dosé à 300kg/m^3 et d'épaisseur de 5cm. Il sera mis sur le sol remanié.

Pour le couvercle, on a :

-épaisseur : 10cm

-dosage : 350kg/m^3

-armatures : $ø_8$, st=15cm

-Trapillon : 50cm*50cm pour accès à l'intérieur

❖ Maçonnerie pour les parois :

- La maçonnerie des parois (épaisseur =20cm) sera en brique cuite de dimension 19*10*5cm
- Le rejointoyée sera au mortier de ciment et avec une épaisseur de 1cm. Le mortier de ciment sera dosé à 300kg/m^3.Le fond et les parois seront en enduits au mortier de ciment (épaisseur=3cm)
- Les tuyauteries et accessoires seront comptés (directement pour le métré) forfaitairement.

C. Les réservoirs

- **Terrassement et béton de propreté** : Idem que ventouses, purge et vannes.
- **Béton armé pour le couvercle et radier :**
  - Epaisseur : déjà calculée au chapitre précédant.
  - Dosage : 350kg/m^3
  - Armatures : déjà calculées

On va alors déterminer les quantités de ciments, de sable et de graviers à utiliser.

- **Maçonnerie des parois**

La maçonnerie des parois (épaisseur 40cm) sera en moellon. Le rejointoyée sera en mortier de ciment dosé à 300kg/m^3 avec épaisseur de 4cm. Les moellons sont posés rang par rang tout en évitant l'alignement de deux ou plusieurs joints verticaux.

- **Revêtement intérieur :**

Le fond et les parois seront en enduits au mortier de ciment :

-l'épaisseur = 3cm

-dosage = 400kg/m^3

Le revêtement est appliqué avec précaution pour assurer une meilleure étanchéité. Ainsi, l'enduit de mortier sera recouvert par une chape hydrofugée

D. Conduite d'alimentation

La tranchée d'alimentation sera d'au moins 0,8m de profondeur sur 0,50m de largeur. Une couche de sable de 10cm d'épaisseur sera placée en dessous et au dessus de la conduite pour une bonne stabilité. On exécutera ensuite un remblai avec des terres dépourvues de débris animaux et végétaux. Des gaines métalliques sont prévues pour la protection des tuyaux en PVC aux traversées des routes et des ruisseaux.
Notons que le bord de la tranchée doit être plat tout au long d'une même pente pour que la conduite soit bien rectiligne entre deux changements de pente ou de deux directions consécutives.

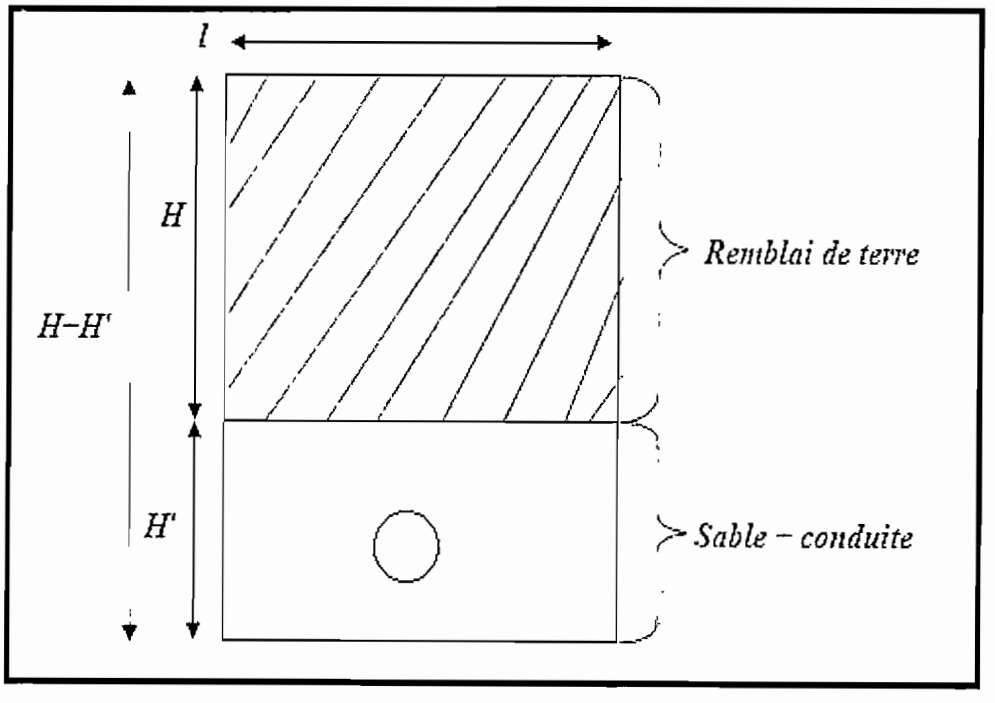


Figure 26 : schéma de positionnement de la conduite

Le métré des travaux de canalisation concerne :
- le volume de sable de pose et d'enrobage (V_s)
- le volume de remblais de terre (V_R)

E. Bornes fontaines

a. Terrassement

Le terrassement consiste à l'enlèvement de la terre végétale sur la profondeur d'environ 30 cm.

b. Béton de propreté

Composition :
-gravier : 0,8 m^3
-sable : 0,4 m^3
-ciment : 300 kg /m^3
Le béton de propreté aura une épaisseur de ± 5 cm.

c. Béton armé (pour plate-forme, le pilier du robinet de puisage et chambre de vannes)

La composition reste la même que tous les résultats en béton armé.

D. Le coffrage

Le coffrage sera fait par des planches de 4m de longueur et 0,15m de largeur sauf pour le pilier du robinet qu'on utilisera les triplex.

d. Accessoires des robinetteries

Les accessoires sont :
-joints de démontage ;
-robinet vanne ;
-réducteur de pression ;
-Tés ;
-manchons ;
-robinet de puisage ;
-coudes galvanisées.

VII.2.2 Détermination du devis quantitatif

C'est un tableau qui nous donne le détail des travaux à réaliser et nous permet de déterminer le résumé complet des quantités d'ouvrages à l'exécution du travail projeté dans l'application des valeurs à ces quantités, bref, c'est un récapitulatif du calcul des quantités.

I CAPTAGE									
No	**DESIGNATION**	**U**	**FORMULE**	**L**	**l**	**h ou e**	**Q**	**Cp (%)**	**Qr**
1	Débroussaillage	m^2	L*l	20	20		400		400
2	décapage	m^3	L*l*e	20	20	0,3	120		120
3	fouille	m^3	L*l*h	4	3	2,5	30		30
4	gravier filtrant	m^3	L*l*e	4	3	0,9	10,8	15	12,42
	Mur de barrage	m^3	L*l*h	4	0,4	2,5	4		4
5	moellon	m^3	85% de v du mur				3,4	10	3,74
	mortier	m^3	15% de v du mur				0,6		
6	ciment	sac	350kg/m3*v mortier /50kg				4,2	5	5
7	sable 1	m^3	m3/m3 du v mortier				0,6	15	0,7
7	tuyau captant	ml	FF				12	15	14
8	sable 2	m^3	L*l*e	4	3	0,2	2,4	15	2,8
9	feuille plastique	m^2	L*l	4	3		12	10	13,2
10	argile	m^3	L*l*e	4	3	0,5	6	15	6,9
11	remblai	m^3	L*l*e	4	3	0,9	10,8	15	12,42
12	piquet	pièce	((L/2)+1)*4	20			44	10	48
13	fil barbelé	ml	L*4cote*5ranges	20			400	10	440

II	CANALISATION									
No	**DESIGNATION**	**U**	**FORMULE**	**L**	**l**	**h ou e**	**D**	**Q**	**Cp**	**Qr**
1	décapage	m^3	L*l*e	7443,9	1	0,3		2233		2233
2	fouille	m^3	L*l*h	7443,9	0,5	0,9		3350		3350
3	V sables+ V conduites	m^3	L*l*e	7443,9	0,5	0,3		1117		1117
4	V conduites	m^3	((π*D2)/4)*L'							
5	Vc 1	m^3		5614,1			0,05	11,02		11,02
6	Vc 2	m^3		1830,8			0,04	2,3		2,3
7	V conduites	m^3	Vc1+Vc2					13,32		13,32
8	V sables	m^3	(Vs+Vc)-Vc					1103	15	1269
9	PVC50/10	pièce	L/6m	4998,6				833,1	10	916
10	PVC50/16	pièce	L/6m	615				102,5	10	110
11	PVC40/16	pièce	L/6m	1830,8				305,1	10	336
12	remblai	m^3	V fouille-(Vs+Vc)					2233	15	2568

III	CHAMBRE DE PURGE								
No	**DESIGNATION**	**U**	**FORMULE**	**L**	**l**	**h ou e**	**Q**	**Cp (%)**	**Qr**
1	décapage	m^3	L*l*e	3,4	2,6	0,3	2,652		2,652
2	fouille	m^3	L*l*h	2,4	1,6	1,4	5,376		5,376
3	briques	pièce	L*h*180	9,2		1,4	2318	15	2667
4	V briques	m^3	n briques* V d'1 brique				1,982		1,982
5	V mortier pour maçonnerie	m^3	(L*h*e)- V briques	9,2		1,4 / 0,2	0,594		0,594
6	V mortier pour enduit intérieur	m^3	L*h*e	9,2		1,4 /0,01	0,129		0,129
7	Vt du mortier	m^3	Vmm+Vme				0,723		0,723

8	ciment	sac	(300kg/m3*Vt)/50				4,338	5	5
9	sable	m^3	1m3/m3 du mortier				0,723	15	0,831
10	ciment pour béton de propreté	sac	(300kg/m3*L*l*e)/50	2,4	1,6	0,05	1,152	5	2
11	ciment pour dalle et radier	sac	(350kg/m3*L*l*e)/50	2,4	1,6	0,25	6,72	5	7
12	graviers	m^3	0,8m3/m3*L*l*e	2,4	1,6	0,3	0,922	15	1,06
13	sables	m^3	0,4m3/m3*L*l*e	2,4	1,6	0,3	0,461	15	0,53
14	planches pour coffrage	pièce	(L*e*2)+(l*e*2)/0,6	2,4	1,6	0,25	3,333	10	4
15	clous	kg	0,15kg/m2*((L*e*2)+(l*e*2)	2,4	1,6	0,25	0,3	15	0,5
16	armatures ø8 pour radier	pièce	((1+L/0,15)*l+(1+l/0,15)*L)/12	2,4	1,6		4,6	10	6
17	armatures ø8 pour dalle	pièce	((1+L/0,10)*l+(1+l/0,10)*L)/12	2,4	1,6		6,73	10	7
18	fil à ligaturer	kg	π*d2*n*12*7850*5%				1,6	15	2

IV	**CHAMBRE DE VENTOUSE**								
No	**DESIGNATION**	**U**	**FORMULE**	**L**	**l**	**h ou e**	**Q**	**Cp (%)**	**Qr**
1	décapage	m^3	L*l*e	2,6	2,2	0,3	1,716		1,716
2	fouille	m^3	L*l*h	1,6	1,2	2	3,84		3,84
3	briques	pièce	L*h*180	5,6		2	2016	15	2319
4	V briques	m^3	n briques* V d'1 brique				1,714		1,714
5	V mortier pour maçonnerie	m^3	(L*h*e)- V briques	5,6		2 / 0,2	0,526		0,526
6	V mortier pour enduit intérieur	m^3	L*h*e	5,6		2 /0,01	0,112		0,112
7	Vt du mortier	m^3	Vmm+Vme				0,638		0,638

8	ciment	sac	(300kg/ m^3*Vt)/50				3,828	5	4
9	sable	m^3	1m3/ m^3 du mortier				0,638	15	0,734
10	ciment pour béton de propreté	sac	(300kg/ m^3*L*l*e)/50	1,6	1,2	0,05	0,576	5	1
11	ciment pour dalle et radier	sac	(350kg/ m^3*L*l*e)/50	1,6	1,2	0,25	3,36	5	4
12	graviers	m^3	0,8m3/ m^3*L*l*e	1,6	1,2	0,3	0,461	15	0,53
13	sables	m^3	0,4m3/ m^3*L*l*e	1,6	1,2	0,3	0,23	15	0,265
14	planches pour coffrage	pièce	(L*e*2)+(l*e*2)/0,6	1,6	1,2	0,25	2,333	10	4
15	clous	kg	0,15kg/m^2*((L*e*2)+(l*e*2)	1,6	1,2	0,25	0,21	15	0,5
16	armatures ø8 pour radier	pièce	((1+L/0,15)*l+(1+l/0,15)*L)/12	1,6	1,2		2,37	10	3,4
17	armatures ø8 pour dalle	pièce	((1+L/0,10)*l+(1+l/0,10)*L)/12	1,6	1,2		2,37	10	3,4
18	fil à ligaturer	kg	π*d2*n*12*7850*5%				0,8	15	1

V	**3 CHAMBRES DE REPARTITIONS**									
No	**Désignation**	**U**	**FORMULE**	**L**	**l**	**h**	**e**	**Q**	**Cp**	**Qr**
1	décapage	m^3	(L*l*e)*n	2,6	2,4		0,3	5,616		5,616
2	fouille	m^3	(L*l*h)n	1,6	1,4	1		6,72		6,72
3	briques	pièce	(L*h*180)*n	6		1		3240	15	3726
4	V briques	m^3	(n briques* V d'1 brique)*n	1,6	1,4	1		2,77		2,77
5	V mortier pour maçonnerie	m^3	((L*h*e)- V briques)*n	6		1	0,2	0,83		0,83
6	V mortier pour enduit intérieur	m^3	L*h*e*n	6		1	0,01	0,18		0,18
7	Vt du mortier	m^3	Vmm+Vme					1,01		1,01
8	ciment	sac	(300kg/ m^3*Vt)/50					6,06	5	6

9	sable	m^3	1 m^3/ m^3 du mortier					1,01	15	1,162
10	ciment pour béton de propreté	sac	((300kg/ m^3*L*l*e)/50)*n	1,6	1,4		0.05	2,016	5	2
11	ciment pour dalle et radier	sac	((350kg/ m^3*L*l*e)/50)*n	1,6	1,4		0.25	11,76	5	13
12	graviers	m^3	(0,8 m^3/ m^3*L*l*e)*n	1,6	1,4		0.3	1,613	15	1,855
13	sables	m^3	0,4 m^3/ m^3*L*l*e*n	1,6	1,4		0.3	0,806	15	0,927
14	planches pour coffrage	pièce	((L*e*2)+(l*e*2)/0,6)*n	1,6	1,4		0.25	7,5	10	10
15	clous	kg	(0,15kg/m^2*((L*e*2)+(l*e*2))*n	1,6	1,4		0.25	0,435	15	1
16	armatures ø8 pour radier	pièce	(((1+L/0,15)*l+(1+l/0,15)*L)/12)*n	1,6	1,4			8,22	10	9,3
17	armatures ø8 pour dalle	pièce	(((1+L/0,10)*l+(1+l/0,10)*L)/12)*n	1,6	1,4			8,22	10	9,3
18	fil à ligaturer	kg	π*d2*n*12*7850*5%					2,4	15	2,76

VI	**5 CHAMBRE DE VANNES**									
No	**Désignation**	**U**	**FORMULE**	**L**	**l**	**h**	**e**	**Q**	**Cp**	**Qr**
1	décapage	m^3	L*l*e*n	2	2		0.3	6		6
2	fouille	m^3	L*l*h*n	1	1	0,8		4		4
3	briques	pièce	L*h*180*n	12		0,8		2160	15	2484
4	V briques	m^3	n briques* V d'1 brique					1,847		1,847
5	V mortier pour maçonnerie	m^3	(L*h*e)- V briques	12		0,6	0.2	0,553		0,553
6	V mortier pour enduit intérieur	m^3	L*h*e	12		0,6	0.01	0,12		0,12
7	Vt du mortier	m^3	Vmm+Vme					0,673		0,673
8	ciment	sac	(300kg/ m^3*Vt)/50					4,039	5	4

9	sable	m^3	1 m^3/ m^3 du mortier					0,673	15	0,774
10	ciment pour béton de propreté	sac	((300kg/ m^3*L*l*e)/50)*n	1	1		0.05	1,5	5	2
11	ciment pour dalle et radier	sac	((350kg/ m^3*L*l*e)/50)*n	1	1		0,25	8,75	5	9
12	graviers	m^3	0,8 m^3/ m^3*L*l*e*n	1	1		0,3	1,2	15	1,38
13	sables	m^3	0,4 m^3/ m^3*L*l*e*n	1	1		0,3	0,6	15	0,69
14	planches pour coffrage	pièce	((L*e*2)+(l*e*2)/0,6)*n	1	1		0,25	9	10	10
15	clous	kg	(0,15kg/m^2*((L*e*2)+(l*e*2))*n	1	1		0,25	0,75	15	1
16	armatures ø8 pour radier	pièce	((1+L/0,15)*l+(1+l/0,15)*L)/12)*n	1	1			10	10	11
17	armatures ø8 pour dalle	pièce	((1+L/0,10)*l+(1+l/0,10)*L)/12)*n	0,8	0,8			5	10	6
18	fil à ligaturer	kg	π*d2*n*12*7850*5%					2	15	2,5

VII	**5 BORNES FONTAINES**									
No	**DESIGNATION**	**U**	**FORMULE**	**L**	**l**	**h ou e**	**D**	**Q**	**Cp**	**Qr**
1	décapage	m^3	L*l*e*n	2,5	2	0,3		7,5		7,5
2	fouille	m^3	L*l*h*n	1,5	1	0,3		2,25		2,25
3	ciment pour béton de propreté	sac	((300kg/ m^3*L*l*e)/50kg)*n	1,5	1	0,05		2,25	5	3
4	ciment pour plate et pilier	sac	(350kg/ m^3*(L*l*e)+(D2/4*π*h))*5	1,5	1	0,15 / 1,003	0,3	10,4	5	11
5	graviers	m^3	(0,8 m^3/m^3*(L*l*e)+(D2/4*π*h))*5	1,5	1	0,20 / 1,003	0,3	0,744	15	0,856
6	sables	m^3	(0,4 m^3/m^3*(L*l*e)+(D2/4*π*h))*5	1,5	1	0,20 / 1,003	0,3	1,488	15	1,711

7	armatures ø8 pour plate forme	pièce	((1+L/0,15)*l+(1+l/0,15)*L)/12)*n	1,5	1			10	15	11
8	armatures ø8 pour pilier	pièce	FF*n					5	15	6
9	fil à ligaturer	kg	π*d2*n*12*7850*5%					2,502	15	3
10	planches pour coffrage plate	pièce	((L*e*2)+(l*e*2)/0,6)*n	1,5	1	0,3		6,25	10	7
11	triplex pour coffrage pilier	m^2	D*π*h*n			1	0,3	4,725	15	5,5
12	clous	kg	(0,15kg/m^2*((L*e*2)+(l*e*2))*n	1,5	1	0,15		0,563	15	1

VIII	**RESERVOIRS de 55** m^3									
No	**DESIGNATION**	**U**	**FORMULE**	**L**	**l**	**h ou e**	**D**	**Q**	**Cp**	**Qr**
1	décapage	m^3	L*l*e	7,25	7,25	0,3		15,77		15,77
2	fouille	m^3	D2/4*π*h			1	6,4	32,56		32,56
3	ciment pour béton de propreté	sac	(300kg/ m^3*D2/4*π*e)/50kg			0,05	6,4	9,768	5	10
4	ciment pour radier et dalle	sac	(350kg/m^3*(D12+D22)/4*π*e)/50kg			0,6	6,44 /6,34	135	5	142
5	graviers pour dalle, radier et béton de propreté	m^3	0,8 m^3/ m^3*((D12)*2+D22)/4*π*e)			0,65	6,44 / 6,34	16,73	15	19,24
6	sable pour dalle, radier et béton de propreté	m^3	0,4 m^3/ m^3*((D12)*2+D22)/4*π*e)			0,65	6,44 / 6,34	8,364	15	9,619
7	ciment pour enduit	sac	(400kg/ m^3*D*π*h*e)/50kg			2,76 /0,03	5,4	11,31	5	12

8	sable pour enduit	m^3	(1 m^3/ m^3*D*π*h*e)			2,76 /0,03	5,4	1,414	15	1,626
	V parois	m^3						19,89		19,89
9	V moellons	m^3	0,85*V parois					16,91	10	18,6
	V mortier	m^3	0,15*V parois					2,984		2,984
10	ciment pour parois	sac	300kg/ m^3* V mortier/50					17,9	5	19
11	sable pour parois	m^3	1 m^3/ m^3 du mortier					2,984	15	3,432
12	armatures ø20 pour radier	pièce	(8ϕ20/m*D2*2)/12				6,3	53,43	10	60
13	armatures ø8 pour dalle	pièce	(6ϕ8/m*D2*2)/12				6,3	39,56	10	44
14	fil à ligaturer	kg	(π*d2*n*12*7850)*5%					48,6	15	56
15	planche pour coffrage(dalle et radier)	pièce	(((L+l)*e*4)+(D2/4*π))/0,6	6,44	6,34	0,6	5,4	61,03	10	68
16	clous	kg	0,15kg/m^2*(((L+l)*e*4)+(D2/4*π))	6,44	6,34	0,6	5,4	5,405	15	7

IX	**RESERVOIRS de 5 m^3**									
No	**DESIGNATION**	**U**	**FORMULE**	**L**	**l**	**h ou e**	**D**	**Q**	**Cp**	**Qr**
1	décapage	m^3	L*l*e	4,2	4,2	0,3		5,292		5,292
2	fouille	m^3	D2/4*π*h			1	3,4	11,66		11,66
3	ciment pour béton de propreté	sac	(300kg/ m^3*D2/4*π*e)/50kg			0,05	3,4	3,498	5	4
4	ciment pour radier et dalle	sac	(350kg/m^3*(D12+D22)/4*π*e)/50kg			0,4	3,4 / 3,3	29,39	5	30

5	graviers pour dalle, radier et béton de propreté	m^3	0,8 m^3/ m^3*((D12)*2+D22)/4*π*e)			0,45	3,4 / 3,3	3,825	15	4,399
6	sable pour dalle, radier et béton de propreté	m^3	0,4 m^3/ m^3*((D12)*2+D22)/4*π*e)			0,45	3,4 / 3,3	1,912	15	2,199
7	ciment pour enduit	sac	(400kg/ m^3*D*π*h*e)/50kg			1,41 / 0,03	2,4	2,552	5	3
8	sable pour enduit	m^3	(1m3/ m^3*D*π*h*e)			1,41 / 0,03	2,4	0,319	15	0,367
	V parois	m^3						4,946		4,946
9	V moellons	m^3	0,85*V parois					4,204	10	4,624
	V mortier	m^3	0,15*V parois					0,742		0,742
10	ciment pour parois	sac	300kg/ m^3* V mortier/50					4,452	5	5
11	sable pour parois	m^3	1m3/ m^3 du mortier					0,742	15	0,853
12	armatures ø10 pour radier	pièce	(5ϕ10/m*D2*2)/12				3,3	10	10	11
13	armatures ø8 pour dalle	pièce	(4ϕ8/m*D2*2)/12				3,3	8	10	9
14	fil à ligaturer	kg	(π*d2*n*12*7850)*5%					9,14	15	10,5
15	planche pour coffrage(dalle et radier)	pièce	(((L+l)*e*4)+(D2/4*π))/0,6	3,4	3,3	0,4	2,4	16,43	10	18
16	clous	kg	0,15kg/m^2*(((L+l)*e*4)+(D2/4*π))	3,4	3,3	0,4	2,4	1,48	15	2

IX	RESERVOIRS de 10 m^3									
No	**DESIGNATION**	**U**	**FORMULE**	**L**	**l**	**hou e**	**D**	**Q**	**Cp**	**Qr**
1	décapage	m^3	L*l*e	4,83	4,83	0,3		6,999		6,999
2	fouille	m^3	D2/4*π*h			1	4	12,75		12,75
3	ciment pour béton de propreté	sac	(300kg/ m^3*D2/4*π*e)/50kg			0,05	4	3,822	5	4
4	ciment pour radier et dalle	sac	(350kg/m^3*(D12+D22)/4*π*e)/50kg			0,4	4,03 / 3,93	35,04	5	36
5	graviers pour dalle, radier et béton de propreté	m^3	0,8 m^3/ m^3*((D12)*2+D22)/4*π*e)			0,45	4,03 / 3,93	4,514	15	5,191
6	sable pour dalle, radier et béton de propreté	m^3	0,4 m^3/ m^3*((D12)*2+D22)/4*π*e)			0,45	4,03 / 3,93	2,257	15	2,596
7	ciment pour enduit	sac	(400kg/ m^3*D*π*h*e)/50kg			1,69 / 0,03	3	3,859	5	4
8	sable pour enduit	m^3	(1 m^3/ m^3*D*π*h*e)			1,69 / 0,03	3	0,482	15	0,554
	V parois	m^3						7,283		7,283
9	V moellons	m^3	0,85*V parois					6,19	10	6,809
	V mortier	m^3	0,15*V parois					1,092		1,092
10	ciment pour parois	sac	300kg/ m^3* V mortier/50					6,552	5	7
11	sable pour parois	m^3	1 m^3/ m^3 du mortier					1,092	15	1,256
12	armatures ø12 pour radier	pièce	(6ϕ12/m*D2*2)/12				3,9	16	10	18
13	armatures ø8 pour dalle	pièce	(4ϕ8/m*D2*2)/12				3,9	11	10	12

14	fil à ligaturer	kg	(π*d2*n*12*7850)*5%					14,19	15	16
15	planche pour coffrage(dalle et radier)	pièce	(((L+l)*e*4)+(D2/4*π))/0,6	4,03	3,93	0,4	3	22,64	10	25
16	clous	kg	0,15kg/m^2*(((L+l)*e*4)+(D2/4*π))	4,03	3,9	0,4	3	2,03	15	3

X	**RESERVOIRS de 15 m^3**									
No	**DESIGNATION**	**U**	**FORMULE**	**L**	**l**	**houe**	**D**	**Q**	**Cp**	**Qr**
1	décapage	m^3	L*l*e	5,2	5,2	0,3		8,112		8,112
2	fouille	m^3	D2/4*π*h			1	4,4	15,2		15,2
3	ciment pour béton de propreté	sac	(300kg/ m^3*D2/4*π*e)/50kg			0,05	4,4	4,56	5	5
4	ciment pour radier et dalle	sac	(350kg/m^3*(D12+D22)/4*π*e)/50kg			0,45	4,4 / 4,3	47,15	5	50
5	graviers pour dalle, radier et béton de propreté	m^3	0,8 m^3/ m^3*((D12)*2+D22)/4*π*e)			0,5	4,4 / 4,3	5,997	15	6,897
6	sable pour dalle, radier et béton de propreté	m^3	0,4 m^3/ m^3*((D12)*2+D22)/4*π*e)			0,5	4,4 / 4,3	2,998	15	3,448
7	ciment pour enduit	sac	(400kg/ m^3*D*π*h*e)/50kg			1,89 / 0,03	3,4	4,328	5	5
8	sable pour enduit	m^3	(1 m^3/ m^3*D*π*h*e)			1,89 / 0,03	3,4	0,541	15	0,622
	V parois	m^3						9,194		9,194
9	V moellons	m^3	0,85*V parois					7,815	10	8,597
	V mortier	m^3	0,15*V parois					1,379		1,379
10	ciment pour parois	sac	300kg/ m^3* V mortier/50					8,274	5	9
11	sable pour parois	m^3	1m3/ m^3 du mortier					1,379	15	1,586
12	armatures ø14 pour radier	pièce	(5ϕ14/m*D2*2)/12				4,3	16	10	18

13	armatures ø8 pour dalle	pièce	(4ϕ8/m*D2*2)/12				4,3	13	10	15
14	fil à ligaturer	kg	(π*d2*n*12*7850)*5%					14,67	15	17
15	planche pour coffrage(dalle et radier)	pièce	(((L+l)*e*4)+(D2/4*π))/0,6	4,4	4,3	0,45	3,4	28,23	10	32
16	clous	kg	0,15kg/m2*(((L+l)*e*4)+(D2/4*π))	4,4	4,3	0,45	3,4	2,783	15	4

XI	**RESERVOIRS de 25 m^3**									
No	**DESIGNATION**	**U**	**FORMULE**	**L**	**l**	**h ou e**	**D**	**Q**	**Cp**	**Qr**
1	décapage	m^3	L*l*e	5,9	5,9	0,3		10,44		10,44
2	fouille	m^3	D2/4*π*h			1	5,1	20,42		20,42
3	ciment pour béton de propreté	sac	(300kg/ m^3*D2/4*π*e)/50kg			0,05	5,1	6,126	5	7
4	ciment pour radier et dalle	sac	(350kg/m^3*(D12+D22)/4*π*e)/50kg			0,5	5,1 / 5	70,35	5	72
5	graviers pour dalle, radier et béton de propreté	m^3	0,8 m^3/ m^3*((D12)*2+D22)/4*π*e)			0,55	5,1 / 5	8,857	15	10,19
6	sable pour dalle, radier et béton de propreté	m^3	0,4 m^3/ m^3*((D12)*2+D22)/4*π*e)			0,55	5,1 / 5	4,428	15	5,093
7	ciment pour enduit	sac	(400kg/ m^3*D*π*h*e)/50kg			2,19 / 0,03	4,1	6,768	5	7
8	sable pour enduit	m^3	(1 m^3/ m^3*D*π*h*e)			2,19 / 0,03	4,1	0,846	15	0,973
	V parois	m^3						12,4		12,4
9	V moellons	m^3	0,85*V parois					10,54	10	11,59

	V mortier	m^3	0,15*V parois					1,86		1,86
10	ciment pour parois	sac	300kg/ m^3* V mortier/50					11,16	5	12
11	sable pour parois	m^3	1 m^3/ m^3 du mortier					1,86	15	2,139
12	armatures ø16 pour radier	pièce	(6ϕ16/m*D2*2)/12				5	25	10	28
13	armatures ø8 pour dalle	pièce	(5ϕ8/m*D2*2)/12				5	21	10	23
14	fil à ligaturer	kg	(π*d2*n*12*7850)*5%					23,09	15	26,5
15	planche pour coffrage(dalle et radier)	pièce	(((L1+l)*e*4)+(D2/4*π))/0,6	5,1	5	0,5	4,1	38,86	10	43
16	clous	kg	0,15kg/m^2*(((L+l)*e*4)+(D2/4*π))	5,1	5,1	0,5	4,1	3,497	15	5

Tableau 23: Devis quantitatif

VII. 3 Devis estimatif

Dans le devis estimatif, on applique à chaque quantité reprise au devis quantitatif un prix unitaire afin d'obtenir, par addition des résultats potentiels, la valeur totale du projet.

No	DESIGNATION	U	Q	PU	PT
I	**INSTALLATION**	FF	1	1000000	1 000 000,00
	ST1				**1 000 000,00**
II	**CAPTAGE**				
1	Débroussaillage	m^2	400	1500	600 000,00
2	décapage	m^3	120	2000	240 000,00
3	fouille	m^3	30	6000	180 000,00
4	gravier filtrant	m^3	12,42	20000	248 400,00
5	moellon	m^3	3,74	25000	93 500,00
6	ciment	sac	6	28000	168 000,00
7	tuyau captant	ml	13,8	5000	69 000,00
8	sable	m^3	3,45	10000	34 500,00
9	feuille plastique	m^2	13,2	5000	66 000,00
10	argile	m^3	6,9	10000	69 000,00
11	remblai	m^3	12,42	2000	24 840,00
12	piquet	pièce	48,4	10000	484 000,00
13	fil barbelé	ml	440	3500	1 540 000,00
	ST2				**3 817 240,00**
III	**CANALISATION**				
1	décapage	m^3	2233,2	2000	4 466 340,00
2	fouille	m^3	3349,8	6000	20 098 530,00
3	sable	m^3	1268,8	10000	12 687 570,50
4	PVC50/10	pièce	917	25000	22 925 000,00
5	PVC50/16	pièce	113	30000	3 390 000,00
6	PVC40/16	pièce	336	24000	8 064 000,00
7	remblai	m^3	2568,1	2000	5 136 292,00
	ST3				**76 767 732,50**

IV	**CHAMBRE DE PURGE**				
1	décapage	m^3	2,652	2000	5 304,00
2	fouille	m^3	5,376	6000	32 256,00
3	briques	pièce	2667	50	133 350,00
4	ciment	sac	13	28000	364 000,00
5	sable	m^3	1,3616	10000	13 616,00
6	gravier	m^3	1,0603	15000	15 904,50
7	planches	pièce	5	4000	20 000,00
8	clous	kg	0,5	3500	1 750,00
9	armatures ø8	pièce	14	13000	182 000,00
10	fil à ligaturer	kg	2	4000	8 000,00
	ST4				**776 180,50**
V	**CHAMBRE DE VENTOUSE**				
1	décapage	m^3	1,716	2000	3 432,00
2	fouille	m^3	3,84	6000	23 040,00
3	briques	pièce	2319	50	115 950,00
4	ciment	sac	8	28000	224 000,00
5	sable	m^3	0,998	10000	9 982,00
6	gravier	m^3	0,530	15000	7 952,25
7	planches	pièce	4	4000	16 000,00
8	clous	kg	0,5	3500	1 750,00
9	armatures ø8	pièce	7	13000	91 000,00
10	fil à ligaturer	kg	1	4000	4 000,00
	ST5				**497 106,25**
VI	**CHAMBRE DE REPARTITON**				
1	décapage	m^3	5,616	2000	11 232,00
2	fouille	m^3	6,72	6000	40 320,00
3	briques	pièce	3726	50	186 300,00
4	ciment	sac	21	28000	588 000,00
5	sable	m^3	2,0884	10000	20 884,00
6	gravier	m^3	1,855	15000	27 824,25
7	planches	pièce	10	4000	40 000,00

8	clous	kg	1	3500	3 500,00
9	armatures ø8	pièce	20	13000	260 000,00
10	fil à ligaturer	kg	3	4000	12 000,00
	ST6				**1 190 060,25**
VII	**CHAMBRE DE VANNE POUR BF**				
1	décapage	m^3	6	2000	12 000,00
2	fouille	m^3	4	6000	24 000,00
3	briques	pièce	2484	50	124 200,00
4	ciment	sac	15	28000	420 000,00
5	sable	m^3	1,464	10000	14 639,50
6	gravier	m^3	1,38	15000	20 700,00
7	planches	pièce	10	4000	40 000,00
8	clous	kg	1	3500	3 500,00
9	armatures ø8	pièce	17	13000	221 000,00
10	fil à ligaturer	kg	2,5	4000	10 000,00
	ST7				**890 039,50**
VIII	**BORNE FONTAINE**				
1	décapage	m^3	7,5	2000	15 000,00
2	fouille	m^3	2,25	6000	13 500,00
3	ciment	sac	14	28000	392 000,00
4	sable	m^3	0,8556	10000	8 556,00
5	gravier	m^3	1,7112	15000	25 668,00
6	planches	pièce	7	4000	28 000,00
7	clous	kg	1	3500	3 500,00
8	armatures ø8	pièce	17	13000	221 000,00
9	fil à ligaturer	kg	3	4000	12 000,00
10	Triplex	m^2	5,5	15000	82 500,00
	ST8				**801 724,00**
IX	**RESERVOIRS**				
1	décapage	m^3	46,57	2000	93 140,00
2	fouille	m^3	92,584	6000	555 504,00
3	ciment	sac	445	28000	12 460 000,00

4	sable	m^3	36,361	10000	363 611,60
5	gravier	m^3	45,91	15000	688 654,50
6	moellon	m^3	50,224	25000	1 255 595,00
7	FAB ø20	pièce	60	50000	3 000 000,00
8	FAB ø8	pièce	103	13000	1 339 000,00
9	FABø10	pièce	11	20000	220 000,00
10	FABø12	pièce	18	25000	450 000,00
11	FABø14	pièce	18	300000	5 400 000,00
12	FABø16	pièce	28	40000	1 120 000,00
13	clous	kg	21,5	3500	75 250,00
14	planches	pièce	186	4000	744 000,00
15	fil à ligaturer	kg	126,5	4000	506 000,00
	ST9				**28 270 755,10**
	TG1				**113 120 798,60**
	MAIN D'OEUVRE 30%				33936239,58
	IMPREVUS 10%				11312079,86
	TG2				**158 369 118,04**
	TVA 18%				28506441,25
	TOTAL GENERAL				**186 875 559,29**

Tableau 24 : Devis estimatif

Nous disons cent quatre-vingt six millions huit cent soixante quinze milles cinq cents cinquante neuf francs Burundais.

VII.4 Planning des travaux

L'objectif du planning est de donner un maximum possible d'informations sur les données de réalisation. Il faut donc que chaque activité soit déterminée et détaillée suivant sa phase d'exécution.

Le planning consiste à :

- déterminer les étapes du déroulement des travaux, c'est-à-dire d'établir le calendrier des tâches ;
- connaître les relations existantes entre différentes activités pour prévoir le flux du personnel, des matériaux et du matériel à certains moments de la réalisation du projet ;
- savoir à quel moment on a besoin de tels matériaux pour éviter un stockage hâtif et des risques de détérioration qui en découlent ;
- identifier les besoins et prendre conscience des unités et moyens dont on dispose.

Une planification bien faite permettra donc d'épargner du temps et d'enveloppe financière.

Pour notre projet, nous choisissons le planning classique à barres appelé aussi graphique de GANTT. Cette méthode est choisie pour sa simplicité tant au niveau de la présentation qu'au niveau de sa lecture.

Ce graphique à deux entrées porte en son ordonnée les différentes phases en ordre technique d'exécution, et en abscisses les dates prévues pour leur déroulement. Alors, les barres horizontales de longueurs variables selon la durée de faisabilité sont placées en face de ces activités.

VII.4.1 Planification des taches

DESIGNATION	U	Q	TEM (h/U)	T (h)	T (semaine)	nombre d'ouvriers
installation du chantier (1 semaine)	FF					10
Décapage (5 semaines)	m^3	2423,224	3,5	8481,3	212,032	43
fouille des canalisations et ouvrage du GC (9 semaines)	m^3	3494,525	5,2	18172	454,288	51
Lit de sable (5 semaine)	m^3	1103,03	2,5	2757,6	68,939	14
pose des conduites (6 semaines)	ml	7443,9	0,5	3722	93,049	16
Remblayage (6 semaines)	m^3	2468,146	5,5	13575	339,370	57
maçonnerie des briques (1 semaine)	m^3	10,816	15	162,24	4,056	5
maçonnerie des moellons (6 semaines)	m^3	57,716	47	2712,7	67,816	12
coffrage (2 semaines)	m^2	120,278	2	240,56	6,014	4
Ferraillage (3 semaines)	kg	3683,496	0,3	1105	27,626	10
coulage du béton (3 semaines)	m^3	57,007	18	1026,1	25,653	9
décoffrage (4 jours)	m^2	120,278	0,3	36,083	0,902	2
Nettoyage (1semaine)						10

Tableau 25 : planification des taches

VII.4.2 Diagramme de GANTT

MOIS	1				2				3				4			
SEMAINES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACITIVITES																
Installation de chantier																
Décapage de la terre végétale																
Fouille																
lit de sable pour enrobage																
Pose des conduites																
Remblayage et étalage																
Maçonnerie en briques																
Maçonnerie en moellons																
Coffrage																
Ferraillage																
Bétonnage																
Décoffrage																
Nettoyage et repliement																

Tableau 25: Diagramme de GANTT

CHAPITRE VIII : CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATION

VIII.1. Impacts environnementaux

L'AEP engendre des impacts environnementaux qui constituent des menaces sur la stabilité des systèmes naturels et humains à leur résistance. Les conséquences directes ou indirectes peuvent se manifester aux alentours de la zone du projet (la dégradation des berges des cours d'eaux suite à la baisse du niveau de l'eau, changement de la vie aquatiques des écosystèmes, etc.).

C'est dans ce sens que la réalisation du projet pareil doit se faire dans le strict respect des normes ou des exigences de l'environnement. Le milieu où va s'établir le captage a besoin de l'eau. C'est pourquoi on ne va pas capter toutes les eaux de notre source, donc on va laisser quelques quantités pour l'environnement

VIII.2 Conclusion générale

Nous avons vu que l'eau joue un rôle primordial dans la vie et certains disent même que l'eau égale la vie. L'eau potable est aussi un facteur de développement social et économique dans la région. Bien que notre pays dispose d'un potentiel en eau élevé, la population burundaise connaît le manque de l'eau potable

Le présent projet de fin d'études est centré sur le problème et le remède de la carence d'eau potable pour une partie de la population des collines HIGIRO et BIROHE ainsi que les sous collines GIKOBE et CIYUBAKE

Nous nous sommes efforcés de faire le possible pour procurer de l'eau potable à cette localité, nous nous sommes intéressés à la qualité et à la quantité d'eau à produire, le mode de transport, le lieu de stockage et le système de distribution afin de mettre l'eau à la disposition des bénéficiaires.

Pour terminer, nous signalons que notre projet est vaste et nous ne prétendons pas l'avoir traité sous ses aspects, nous encourageons les contributions et les compléments d'autres chercheurs. Nous invitons aussi d'autres chercheurs de pouvoir identifier d'autres sources en vue d'alimenter d'autres collines de GITEGA qui ne sont pas encore alimentées.

VIII.3 Recommandation

Etant donné que la population de notre pays comme celle du monde entier s'accroit chaque année, et que ce dernier est pauvre, nous aimerions mettre en présence quelques recommandations.
Nous recommandons ce qui suit :

✓ Au Gouvernement :

- De mettre en place une politique de planning familial et du regroupement en villages dans le but de maintenir l'assurance des besoins en eau de la population ;
- De mettre en place une politique de gestion des réseaux qui a pour objectif :
  *d'assurer le bon fonctionnement du réseau ;
  *de contrôler la quantité et la qualité de l'eau ;
- De dépanner le réseau dans les meilleure délais en cas de sa rupture ;
- De former le personnel technique et de gestion ;
- De mettre en place une politique d'entretien notamment des différent appareils du réseau (réservoirs, conduites, vannes, ventouses, purges,...)

✓ A la régie communale d'eau et aux bénéficiaires:

- D'engager et former un personnel local qui pourra suivre et veiller sur la protection et l'entretient pour intervenir à temps
- Pour cette fin, de collecter une certaine somme d'argent, petite soit-elle qui sera fixée pour l'administration sera versée à la régie communale de l'eau.

BIBLIOGRAPHIE

I.OUVRAGES GÉNÉRAUX

→ DU POINT A., Hydraulique urbaine, Tome II, Ouvrages de transport, élévation et distribution des eaux, Eyrolles, Paris, 1981

→ WAGNER E-G., Approvisionnement en eau des zones rurales et des petites agglomérations, Genève, 1961

→ SKAT, Manuels Techniques pour l'approvisionnement en eau des zones rurales, Publications, n°8F, St Gall, 1981

II. MEMOIRES

→ NTIKAJAHATO Jean Epimaque et NDURURUTSE Frédéric: Projet d'adduction d'eau potable en milieu rural : Cas du réseau KIYANGE-CANGWE-GAKERE-KIZITIRO, en commune KIREMBA dans la province NGOZI, Bujumbura, ITS GC 2012.

→ KANYAMWANIRA Jean Berchmans et NDAYIRAGIJE Emmanuel : Etude d'alimentation en eau potable en milieu rural : cas du réseau KAVUMU-MWURIRE-MURAMA en commune MUYINGA, UB 2012

→ NKURIKIYE Bernard : Etude et Dimensionnement d'un système d'alimentation en eau potable pour le réseau de MURAMBI et ses environs (en commune de MURAMVYA), projet de fin d'études UB 2008

→ KIGEME Larissa et KWIZERA Douce Larissa : Etude d'alimentation en eau potable de KIRAGARAZI en commune KAYOGORO en province MAKAMBA, UB 2013

→ NIHORIMBERE Félix : projet d'alimentation en eau potable en milieu rural : cas du réseau BONERO-RUVUMU en commune MWAKIRO de la Province MUYINGA, projet de fin d'étude UB 2013

III. Notes de cours

→ Msc Ir NIYONZIMA William, Hydraulique Générale, ITS 2^{e} AU, 2010-2011

→ Dr Ir NIYONGABO Henri, Hydraulique Urbaine, ITS 3^{e} AU, 2011-2012

→ Msc Ir MIKEREGO Emmanuel, Technologie de Construction, ITS^{3}eAU, 2011-2012

→ Msc Ir NIYONZIMA William, Métré et Etudes des prix, ITS 4^{e} AU, 2010-2011

ANNEXES

ANNEXE 1

Tableau des diamètres normalisés des conduites

AG	PVC			
	D.E (mm)	PN (N/mm^2)	D.I (mm)	D.I (m)
-	20	16	16.0	0.016
-	25	16	21	0.021
1"	32	16	26.8	0.0268
1"1/4	40	16	33.6	0.0336
		10	36.0	0.036
1"1/2	50	16	42.0	0.042
		10	44.8	0.0448
2"	63	16	53.0	0.053
		10	56.6	0.0566
		6	58.4	0.0584
2"1/2	75	16	63.2	0.0632
		10	67.4	0.0674
		6	69.8	0.0698
3"	90	16	75.8	0.0758
		10	80.8	0.0808
		6	83.6	0.0836
4"	110	16	92.4	0.0924
		10	98.8	0.0988
		6	102.8	0.1028

ANNEXE 2

Tableau des sections d'aciers

∅	Poids au mètre	sections d'aciers									
d mm	P kg	1 barres cm^2	2 barres cm^2	3 barres cm^2	4 barres cm^2	5 barres cm^2	6 barres cm^2	7 barres cm^2	8 barres cm^2	9 barres cm^2	10 barres cm^2
5	0.154	0.20	0.39	0.59	0.78	0.98	1.18	1.37	1.57	1.76	1.96
6	0.222	0.28	0.57	0.85	1.13	1.41	1.70	1.98	2.26	2.55	2.83
7	0.302	0.38	0.77	1.15	1.54	1.92	2.31	2.69	3.08	3.46	3.85
8	0.395	0.50	1.01	1.51	2.01	2.51	3.02	3.52	4.02	4.53	5.03
10	0.617	0.78	1.57	2.35	3.14	3.92	4.71	5.49	6.28	7.06	7.85
12	0.888	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.78	7.91	9.04	10.17	11.30
14	1.208	1.54	3.08	4.62	6.16	7.70	9.24	10.78	12.32	13.8	15.39
16	1.578	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.09	20.10
20	2.466	3.14	6.28	9.42	12.56	15.70	18.84	21.98	25.12	28.26	31.42
25	3.854	4.91	9.82	14.73	19.63	24.54	29.45	34.36	39.27	44.18	49.09
32	6.313	8.04	16.08	24.12	32.16	40.20	48.54	56.28	64.32	72.36	80.40
40	9.865	12.57	25.13	37.70	50.27	62.83	75.40	87.96	100.53	113.10	125.66

