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

Projet d'alimentation en eau potable en milieu rural : cas du réseau Nyamure II en Commune Rutana de la Province Rutana

Ndayitwayeko, Clovis; Manirakiza, Jean -Jean; Sous la direction du : Ir Donatien Nduwimana

2015-04
UB, ITS
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2344

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

UNIVERSITE DU BURUNDI



INSTITUT TECHNIQUE SUPERIEUR
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

PROJET D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE EN MILIEU RURAL : CAS DU RESEAU NYAMURE II EN COMMUNE RUTANA DE LA PROVINCE RUTANA

Par :
Clovis NDAYITWAYEKO
&
Jean-Marie MANIRAKIZA

Sous la Direction :

Ir. Donatien NDUWIMANA

Projet de fin d'études présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Industriel en Génie Civil.

Bujumbura, Avril 2015

DEDICACE

A Dieu Tout Puissant ;

A mon père ;

A ma maman ;

A mes frères et soeurs;

A mes cousins et cousines ;

A mes oncles et tantes;

A mon collegue MANIRAKIZA Jean-Marie

A tous mes amis et connaissances.

Je dédie ce travail.

Clovis NDAYITWAYEKO

A Dieu Tout Puissant.

A mon regretté père;

A ma regrettée mère ;

A mes frères et sœurs ;

A la famille NYABENDA Felix ;

A la famille NIMUBONA Nestor

A mes cousins et cousines ;

A mon collègue NDAYITWAYEKO Clovis;

A tous mes amis et connaissances ;

Je dédie ce travail.

Jean-Marie MANIRAKIZA

REMERCIEMENTS

Ce travail de fin d'études est le fruit de plusieurs efforts conjugués de nombreux intervenants dès le début de nos études jusqu'à l'heure où nous sommes.

Nous remercions en premier lieu l'Eternel Tout Puissant qui nous a protégés durant le déroulement de notre travail. Nos vifs remerciements vont notamment à l'endroit de tous les professeurs de l'Institut Technique Supérieur (ITS) spécialement ceux du département de Génie Civil, pour la formation scientifique, morale et humaine qu'ils nous ont donnée.

Une note de reconnaissance particulière est adressée à notre Directeur de mémoire Ingénieur Donatien NDUWIMANA pour avoir accepté de diriger ce travail malgré ses multiples obligations et responsabilités. Ses conseils et sa rigueur scientifique nous ont été d'une grande utilité.

Nous adressons nos sincères remerciements au Personnel de l'Agence de l'Hydraulique Rurale (AHR) et aux autorités administratives de la commune RUTANA pour avoir accordé et facilité l'accès a la documentation.

Que nos parents, nos familles et nos amis qui ne se sont jamais lassés à nous soutenir moralement et/ou matériellement éprouvent ici le couronnement de leurs efforts.

Que tous les étudiants de l'Université du Burundi en général et ceux du campus KIRIRI en particulier qui n'ont rien ménagé pour rendre agréable notre vie estudiantine, reçoivent leur part de gratitude.

A toute personne qui, de près ou de loin nous a assistés trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

LISTE DES FIGURES

Fig.1 : Découpage geographique de la commune Rutana.....5

Fig. 2 : Découpage administratif de la commune..... 7

Fig. 3 : Source d'affleurement..... 17

Fig. 4 : Source d'émergence..... 18

Fig. 5 : Source de déversement..... 19

Fig. 6 : Schéma de captage de l'eau de source..... 23

Fig. 7 : Réservoir de $10m^3$ 47

Fig.8: Réservoir de $15m^3$ 47

Fig.9 : Réservoir de $20m^3$ 48

Fig.10 : Réservoir de $50m^3$ 48

Fig.11 : Schéma d'une vanne de sectionnement..... 51

Fig.12 : Schéma d'une chambre de purge..... 52

Fig .13 : Schéma d'une chambre de ventouse 53

Fig.14: Borne fontaine..... 54

Fig.15 : Réseau ramifié 55

Fig.16: Réseau maillé..... 55

Fig.17 : Coupe transversale de la pose de la conduite 56

Fig. 18 :Equation de bernouilli..... 59

Fig.19:Schéma de fonctionnement du réseau 62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Valeurs indicatives de la qualité d'eau d'après l' OMS 3

Tableau 2 : Découpage administratif de la commune 6

Tableau 3 :Population actuelle de la zone de projet 9

Tableau 4 : Effectifs des établissements publics et sociaux 10

Tableau 5 : La croissance de la population de la commune RUTANA de 1990 à 2008 10

Tableau 6 : Population a l'horizon de planification 11

Tableau 7 :Consommations spécifiques 12

Tableau 8 :Besoins journaliers moyens. 13

Tableau 9 : Récapitulation des besoins en eau a l'horizon 15

Tableau 10 : Caractéristiques des drains et du gravier filtrant 21

Tableau 11 : Coefficients horaires en milieu urbain ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 12 : Coefficients horaires en milieu rural 29

Tableau 13 :Capacité du réservoir 1 32

Tableau 14 : Capacité du réservoir 2 32

Tableau 15 : Capacité du réservoir 3 33

Tableau 16 : Capacité du réservoir 4 33

Tableau 17 : Capacité du réservoir 5 34

Tableau 18 : Caractéristiques des réservoirs 36

Tableau 19 : Récapitulatif de dimensionnement des dalles de couvertures 42

Tableau 20 : Récapitulatif de dimensionnement des radiers 46

Tableau 21 : Calculs hydrauliques 61

Tableau 22 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour la chambre de départ 65

Tableau 23 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour la chambre de départ 69

Tableau 24 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour CV et CVS..... 71

Tableau 25 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour la chambre de vanne pour BF 73

Tableau 26 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour borne fontaine 75

Tableau 27 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour le réservoir de $10m^3$ 77

Tableau 28 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour le réservoir de $15m^3$ 79

Tableau 29 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour le réservoir de $20m^3$ 81

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AEP	: Alimentation en Eau Potable
BF	: Borne Fontaine
CD	: Chambre de Départ
CDS	: Centre de Santé
COCO	: Collège Communal
CP	: Chambre de Purge
CV	: Chambre de Ventouse
DE	: Diamètre Extérieure
AHR	: Agence de l'hydraulique rurale
DI	: Diamètre Intérieur
DIN	: Deutsche Institut Fűr Normung
EP	: Ecole Primaire
FSA	: Faculté des Sciences Appliquées
Haute-Piezo	: Hauteur Piézométrique
ISTEEBU	: Institut des Statistiques et d'Etudes Economiques du Burundi
ITS	: Institut Technique Supérieur
Max	: Maximum
ML	: Mètre Linéaire
Moy	: Moyenne
NTU	: Néphélométrie Turbidité Unit (Unité de Turbidité Néphélométrie)
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
Pce	: Pièces
pH	: Potentiel d'Hydrogène
PN	: Pression Nominale
Pression Dyn	: Pression Dynamique
PVC	: Polychlorure de Vinyle
R	: Réservoir
RCE	: Régie Communal de l'Eau
REGIDESO	: Régie de Distribution de l'Eau et de l'Electricité
TEM	: Temps d'Exécution Moyen
TN	: Terrain Naturel
TVA	: Taxe sur la Valeur Ajoutée

RESUME

L'eau est en général un élément indispensable pour tous les êtres vivants et l'eau potable est particulièrement importante pour tous les êtres humains. Le but du projet était de faire l'étude afin de satisfaire la population en eau potable des collines Nyakabuye, Kirambi, Nyamure ainsi que les collectivités à savoir l'Ecole Primaire Nyamure , Ecole Fondamentale Nyamure et le centre de santé Nyamure . Le réseau du projet a une longueur de 7544,7m et prend source à kakabindi II (colline Nyakabuye) à une altitude de 11860 m, élevée par rapport à tous les points qu'on va servir ; l'écoulement sera gravitaire.

Dans notre projet, nous avons :

- 1 Chambre de départ
- 3 Chambres de vanne et de répartition
- 2 Chambre de purge et 3chambre de ventouse
- 4 Réservoirs de 10 m^3
- 1 Réservoirs de 15 m^3
- 1 Réservoirs de 20 m^3
- 9 Bornes fontaines

Le dimensionnement et les calculs hydrauliques nous ont permis d'utiliser les conduites en PVC de diamètre 50 et 40.Le coût global du projet est estimé à cent soixante deux millions trois cent vingt milles cinq vingt six francs burundais (162 320 526Fbu)

Enfin, nous laissons notre projet de fin d'études à la portée de tout chercheur qui désire contribuer ou s'en servir pour d'autres projets similaires.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE i

REMERCIEMENTS ii

LISTE DES FIGURES iii

LISTE DES TABLEAUX iv

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS vii

RESUME vii

TABLE DES MATIERES viii

CHAP. I : INTRODUCTION GENERALE 1

I.1.Généralités 1

I.2. Motivation du sujet 1

I.3. Bien fondé du sujet 2

I.4. Importance de l'eau 2

I.5.Qualité de l'eau potable 2

I.5.1.Critères impératifs 3

I.6. Système d'alimentation en eau potable 4

I.7. Différentes sources susceptibles d'alimentation en eau potable 4

CHAP.II.PRESENTATION DE LA ZONE DU PROJET 5

II.1. Situation geographique 5

II.2. Organisation administrative 6

II.3. Zone du projet 8

CHAP III : CALCUL DES BESOINS EN EAU ET DETERMINATION DE LA POPULATION 9

III.1. Introduction 9

III.2. Dénombrement de la population à desservir 9

III.2.1. Population actuelle (p_o)..... 9

III.2.2. Estimation des bénéficiaires futurs..... 10

III.3. Calcul des besoins en eau potable..... 11

III.3.1. Besoins en eau pour la population villageoise..... 12

III.3.2. Besoins en eau pour les équipements publics et sociaux..... 12

III.3.3. Besoins en eau potable journaliers moyens totaux..... 13

III.3.4. Production de pointe..... 13

III.3.5. Pertes d'eau..... 14

III.3.6. Calcul des besoins en eau potable maximum.....15

CHAP IV : CAPTAGE DE L'EAU..... 16

IV.1.Généralités..... 16

IV.1.1.Définition..... 16

IV.1.2.La notion de source..... 16

IV.1.3.Origines de l'eau de source..... 16

IV.2. Nature et classification des sources..... 16

IV.3. Détermination du débit d'une source..... 19

IV.4. Caractéristiques des drains et des massifs filtrants..... 20

IV.5. Principe adapté pour le captage..... 21

IV.5.1. Terrassement..... 21

IV.5.2. Construction..... 21

IV.6. Etapes de la construction du captage..... 24

IV.7. La désinfection du captage..... 24

IV.8. Protection de la zone du captage..... 25

CHAP V : DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET CALCULS HYDRAULIQUES... 26

V.1. Introduction..... 26

V.2. Ouvrages de stockage 26
V.2.1. Définition et rôle 26
V.2.2. Emplacement des réservoirs 27
V.2.3. Classification des réservoirs 27
V.2.4. Principe de construction des réservoirs 27
V.2.5. Equipements des réservoirs 28
V.2.6. Capacité des réservoirs 28
V.2.6.1. Généralités 28
V.2.6.2. Capacité théorique 29
V.2.6.3. Capacité pratique 30
V.2.7. Dimensionnement des réservoirs 34
V.2.7.1. Choix de la forme du réservoir 34
V.2.7.2. Calcul des dimensions des réservoirs de notre projet 35
V.2.7.3. Pré-dimensionnement des éléments du réservoir 36
V.3. Ouvrages de transport de l'eau 49
V.3.1. Différents types de tuyaux 49
V.3.2. Accessoires à la conduite 50
V.4. Choix du type du réseau a utiliser dans notre projet 55
V.5. Exécution des canalisations 56
V.6. Calculs hydrauliques 56
CHAP.VI. EVALUATION SOMMAIRE DU COUT DU PROJET 63
VI.1. Généralités 63
VI.2.Quantification des travaux et des matériaux 63
VI.2.1. Captage 63
VI.2.2. Chambre de départ 64

VI.2.3. Travaux de canalisation 66

VI.2.4. Chambres de purge(2) 67

VI.2.5. Chambres de ventouses(3) et vannes de sectionnements(3)..... 70

VI.2.6. Chambres de vannes pour borne fontaines(9) 72

VI.2.7. Bornes fontaines.....74

VI.2.8. Ouvrages de stockages..... 75

VI.3. Devis quantitatif et estimatif.....82

VI.4. Planning des travaux..... 86

VI.5.Planification des taches..... 86

CHAP.VII : CONCLUSIONS GENERALES ET RECOMMANDATIONS..... 88

VII.1. Impacts environnementaux..... 88

VII.2. Conclusion générale 88

VII.3. Recommandations 89

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... 90

ANNEXES.....91

CHAP. I : INTRODUCTION GENERALE

I.1.Généralités

L'accès à l'eau est l'un des défis majeurs du XXIe siècle. Selon l'OMS, en 2004, 1,1 milliard de personnes dans le monde n'avaient pas accès à une eau saine. En conséquence, 4 millions de personnes, dont la majorité sont des enfants mouraient chaque année de maladies liées à l'eau de mauvaise qualité. De plus, 80% des maladies des pays en développement étaient liées à l'eau.

L'eau n'est pas seulement importante du point de vue de la santé publique, elle conditionne le niveau de vie en général : la production agricole (70 à 80 % de la totalité de l'eau utilisée par l'homme est destinée à l'agriculture), l'élevage, l'industrie, le commerce et la vie quotidienne dépendent de l'accès à l'eau.

Les pénuries d'eau peuvent provoquer des tensions susceptibles d'évoluer en conflits entre individus, entre communautés ou entre pays. En même temps, la demande en eau ne cesse de croître sous la poussée de la croissance démographique, de l'industrialisation, de l'exode rural et de l'urbanisation.

Un apport d'eau de bonne qualité et en quantité suffisante est donc essentiel pour la santé pour faire face aux maladies liées à l'eau de mauvaise qualité (Diarrhées, dysenterie, choléra, typhoïde, Amibiase, etc.).

I.2. Motivation du sujet

L'eau est un élément plus indispensable à la vie aussi bien humaine qu'a la vie animale ou végétale. La satisfaction en eau est non négociable pour la santé humaine et dans ses activistes quotidiennes.

Toutefois, il est à souligner en outre qu'avoir de l'eau en quantité suffisante ne suffit pas a lui seul de répondre aux exigences sanitaires, sa qualité constitue une dimension dont la considération est incontournable pour garantir la bonne santé de la population.

Pour ce, toute la population devrait être servie en eau, en quantité et en qualité qui remplie les conditions nécessaires destinés à l'hygiène et aux autres usagers domestiques. Malheureusement, tel n'est pas le cas pour les pays en voie de développement en général et dans notre pays en particulier. Parmi le cas d'espèce figure les localités de NYAKABUYE-KIRAMBI et NYAMURE II de la commune RUTANA, Province RUTANA dont la satisfaction en eau reste problématique en dépit des richesses en eau de la région qui est alimentée actuellement par les sources aménagées à une distance très longue ce qui le met dans une situation alarmante.

I.3. Bien fondé du sujet

Notre sujet intitulé (Projet d'alimentation en eau potable de NYAMURE II en commune RUTANA, Province RUTANA.) Vient dans le but de contribuer dans l'édification de notre pays surtout en milieu rural pour ce qui est de l'approvisionnement de la population en eau potable.

De plus, nous nous sommes intéressés sur le milieu rural pour permettre à la population qui s'y trouve à améliorer leurs conditions d'hygiène. De ce fait, les maladies des mains salles qui sont fréquentes dans le milieu rural tel que le cholera, la dysenterie bacillaire,..., seront éradiquées. Notons que des mesures d'accompagnement comme la sensibilisation de la population sont importantes afin d'atteindre les résultats escomptes.

I.4. Importance de l'eau

Comme nous l'avons déjà dit dans l'introduction, l'eau joue un rôle important :

- Sur la santé : l'absence de l'eau de bonne qualité peut conduire à consommer des eaux contaminées par des excréments humains et animaux pouvant présenter un danger pour la santé en général et pour la vie humaine en particulier.
- Sur le développement socio-économique : l'eau étant un élément important dans la vie humaine, nous constatons qu'elle est l'un des facteurs qui conditionne l'organisation et le développement des collectivités humaines.
- Du point de vu économique, nous pouvons noter :
  - La meilleure santé pour la population ;
  - La réduction de l'exode rurale ;
  - La diminution du taux de mortalité ;
  - L'augmentation de la productivité.

A côté de cette importance ci-haut citée de l'eau, on ne peut pas oublier de signaler quelques inconvénients :

- Les inondations ;
- Les érosions ;
- Le transport des déchets par l'eau pouvant entraîner la pollution de la nature.

C'est pour cette raison que l'homme doit savoir comment gérer tous ces phénomènes naturels afin de maintenir l'équilibre de sa vie.

I.5.Qualité de l'eau potable

Une eau potable est une eau saine c'est-à-dire que l'on peut boire sans risque de nuire la santé humaine.

La qualité de l'eau potable est déterminée par des paramètres physiques, chimiques et bactériologiques, mais elle est également définie par les caractéristiques de la ressource en eau, le système d'alimentation et son utilisation finale.

Selon l'OMS, l'eau potable doit remplir les critères suivants :

I.5.1.Critères impératifs

a) Critères bactériologiques

Pendant les analyses, on doit vérifier s'il y en aurait des germes tels que :

- Le Bacille de coli
- L'Entérocoque
- Le clostridium Sulforeducteur
- Bactériophoques fécaux
- Et autres, etc. …

b) Critères physico-chimiques

Le tableau qui suit montre selon l'OMS, les propriétés physico-chimiques que doit remplir une eau potable mais la non- observation de ces critères confère à l'eau des défauts pouvant nuire la santé humaine.

Caractéristiques	Unités	Valeurs limites
Turbidités	NTU	5.0
pH	-	7.0 -8.5
Conductibilité	Ms/cm	700
Matière en suspension	mg/l	500
Fer (Fe++)	mg/l	0,3
Dureté	mg/l	20-30
Sodium	mg/l	20
Ammoniaque(NH4)	mg/l	1.0
Calcium (ca2+)	mg/l	75
Température	°c	25
Sulfates (so4-)	mg/l	200
Nitrate (No2-)	mg/l	3
Nitrate (No3-)	mg/l	50
Chlorure	mg/l	200
Coliformes totaux	Colonies/ml	1000
Coliformes fécaux	Colonies/ml	0
Escherichia coli	Colonies/ml	0

Tableau 1 : Valeurs indicatives de la qualité d'eau d'après l' OMS

I.6. Système d'alimentation en eau potable

Généralement, il y a deux système d'alimentation en eau potable à savoir le système gravitaire et le système de pompage.

- Système gravitaire : C'est un système d'alimentation utilisé lorsque le point de captage est situé à une altitude supérieure à celle du réservoir ou du quartier à alimenter. C'est un système le plus économique dont les tuyaux ne subissent pratiquement pas des coups de bélier.
- Système de pompage : C'est un système utilisé lorsque le point de captage est situé à un niveau relativement inférieur par rapport au lieu à desservir à l'aide d'une pompe qui refoule l'eau jusqu'à un niveau supérieur.

I.7. Différentes sources susceptibles d'alimentation en eau potable

Ici, on peut distinguer :

- Les eaux souterraines : sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou sous-sol. Elles proviennent de l'infiltration des eaux de pluie.
- Les eaux de pluie : l'eau de pluie est légèrement acide, polluée ou sans pollution, en raison de sa teneur de dioxyde de carbone (CO_2) toujours présent dans l'atmosphère. L'eau de pluie est naturellement acide (pH de 5 à 6) ; la valeur diffère selon les régions.
- Les eaux de surface : par opposition aux eaux souterraines, l'eau de surface est l'eau qui se trouve sur ou proche de la surface du sol. Dans une zone donnée, il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des lacs, et des eaux de ruissellement qui s'y trouvent.

CHAP.II. PRESENTATION DE LA ZONE DU PROJET

II.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La commune de Rutana a une superficie de 255,31 km², soit 13% de la superficie de la province et 0,91% de celle du pays.
Son chef-lieu est la ville de Rutana, également chef-lieu de la province.
Elle est limitée :
- au Nord la commune de Buraza ;
- au Sud- Ouest la commune Gitanga ;
- au Sud : Bukemba ;
- au Sud- Est, Mpinga- Kayove ;
- à l'Est par la commune Giharo et Musongati ;
- à l'Ouest par Commune Rutovu.

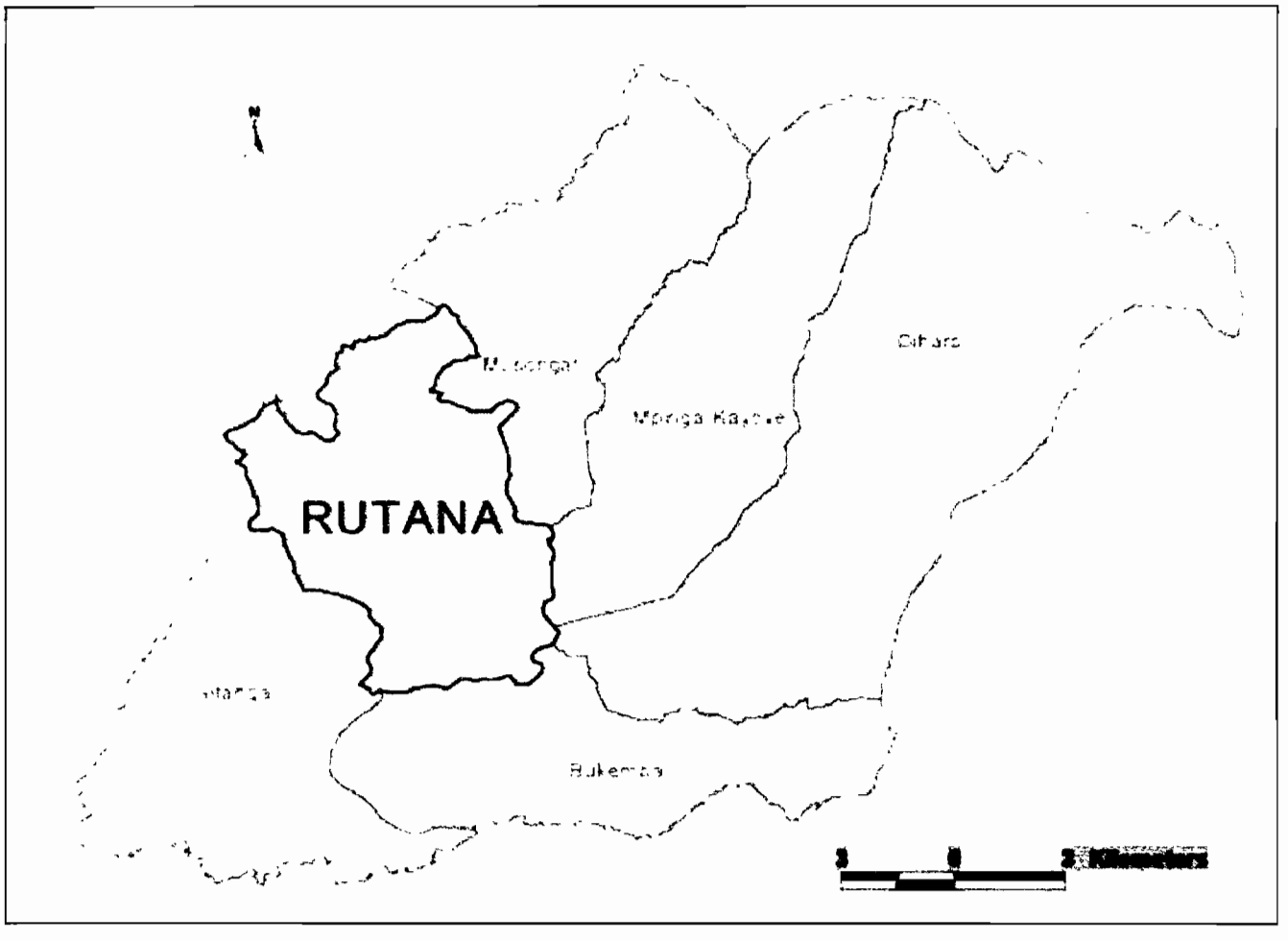


Fig.1 :Découpage géographique de la commune Rutana

II.2. ORGANISATION ADMINISTRATIVE

La commune de Rutana est subdivisée en 2 zones de 38 collines de recensement.

Zones	Collines de recensement
Rutana	1.Rutana 2.kayove 3.Gifunzo 4.Gaseri 5.Rushemeza 6.Ntuku 7.Butambara 8.Rongero 9.Karimbi 10.Kibinzi 11.Rusunu 12.Mwayi 13.Butovyi 14.Gakobe 15.Rushungura 16.shoti 17.karibu 18.Jomati 19.Nyarubere
Gitaba	1.Gitaba 2.Mika 3.nyanzuki 4.Mungwa 5.Gasakuza 6.ruregeya 7.Gaterama 8.Bugunga 9.Nyamure 10.Kinganda 11.Gatongati 12.Buta 13.Gitaramuka 14.Nyarubimba 15.kivoga 16.Ramvya 17.Musenyi 18.Matutu 19.Maramvya

Tableau 2 : Découpage administratif de la commune

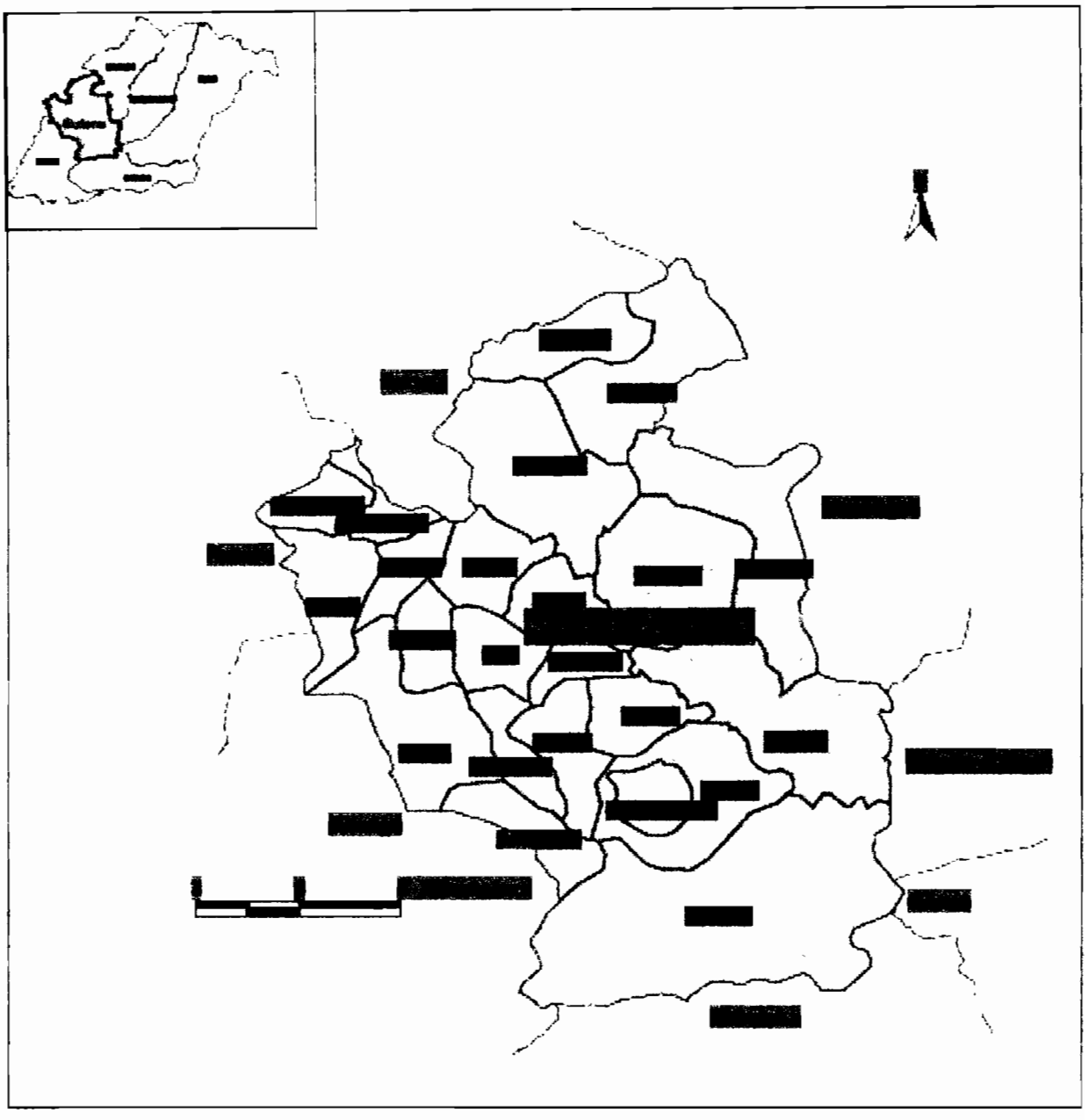
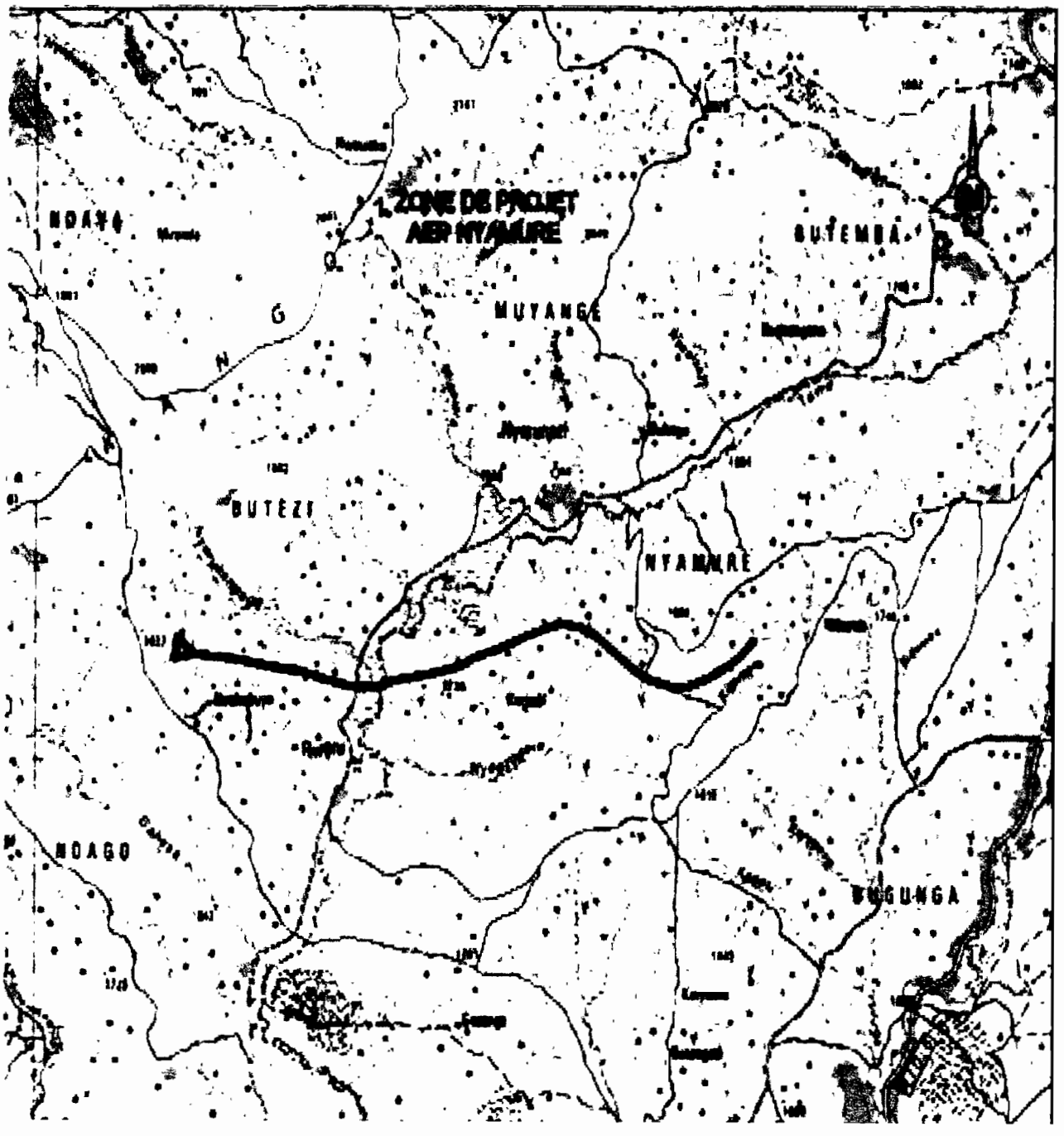


Fig.2. Découpage administratif de la commune

II.3. Zone du projet

Les collines Nyamure, Karimbi et la sous colline Nyakabuye qui font l'objet de notre zone d'étude se trouvent dans la commune RUTANA de la province RUTANA.



CHAP III : CALCUL DES BESOINS EN EAU ET DETERMINATION DE LA POPULATION

III.1. Introduction

Le calcul des besoins en eau potable porte sur l'estimation des effectifs à desservir, c'est-à-dire la population concernée par le projet et ensuite la détermination des besoins éventuels en eau.

Pour déterminer les besoins actuels et futurs en eau potable, on doit déterminer les besoins de la population résidente, les besoins pour les équipements publics et sociaux sans toutefois oublier les besoins pour les particuliers. Toutes ces données sont déterminées en fonction de la durée de vie du réseau. Cette durée varie généralement de 20 à 30 ans pour une zone rurale.

Notons ici que l'horizon de planification du réseau est fixé à 30 ans (2014-2044).De plus, comme tout projet d'alimentation en eau potable a pour but de couvrir les besoins en eau pour la population environnante de zone du projet et sur une période préalablement déterminée ; Ainsi donc, chaque étude doit commencer par la détermination :

- De l'étendue de la zone du projet ;
- Des besoins actuels et futurs en eau potables de la population ;
- De l'horizon (période déjà projetée) ;
- Des caractéristiques de la population.

III.2. Dénombrement de la population à desservir

III.2.1. Population actuelle (p_o).

Selon les informations qui nous sont fournies par l'Agence Burundaise de l'hydraulique rurale qui a effectué les levées topographiques, nous avons le nombre de ménages pour la population actuelle des collines et sous-collines du présent projet. En prenant 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 -collines	Ménages	Population
NYAKABUYE	78	468
KIRAMBI	38	228
NYAMURE	65	390

Tableau 3. Population actuelle de la zone de projet

Pour les établissements publics, les effectifs sont déterminés sur base de l'enquête menée auprès des responsables de ces établissements :

Etablissements publics et sociaux	Effectifs
E.P. NYAMURE	1312
ECOFO NYAMURE	400
CDS NYAMURE	25

Tableau 4. Effectifs des établissements publics et sociaux

III.2.2. Estimation des bénéficiaires futurs

Lorsqu'on fait une étude d'un réseau d'AEP (Dimensionnement du réseau), on doit tenir compte de la durée d'utilisation (horizon de planification) ; pour le présent projet, nous fixons un horizon de 30ans. L'étude est menée en se basant sur la population de l'horizon (projection).

Pour projeter la population à un horizon fixé, la formule suivante est la plus utilisée :

$P_n = P_o \ (1+r)^n$

P_n=population projetée après n années
Po= population initiale
r= taux de croissance de la population
n= durée de vie

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 avons utilisé les données qui nous ont été fournies par l'ISTEEBU. Ces données en rapport avec l'effectif de la population de la commune Rutana résultent des recensements généraux qui ont été opérés en1990 et en 2008.

Le tableau suivant donne des détails :

Commune	Population résidente en 1990	Population résidente en 2008
RUTANA	34959	55177

Tableau 5: La croissance de la population de la commune RUTANA de 1990 à 2008

Le taux de croissance sera déterminé de la façon suivante :

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

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

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

$r = \sqrt[n]{\frac{Pn}{Po}} - 1$

Le taux de croissance t entre 1990 et 2008 pour la commune Rutana est donc :

$r = \sqrt[18]{\frac{55177}{34959}} - 1 = 0{,}025$ soit 2,5%

Ce taux permettra de déterminer la population à desservir au terme de 30 ans correspondant à l'horizon de planification de 2014 à 2044.

Population a l'horizon de planification

Catégories	Collines	Effectif en 2014	Effectif en 2044
	Nyakabuye	468	1001
Villageois	Kirambi	228	488
	Nyamure	390	834
	TOTAL	1086	2324
Infrastructure	E.P. Nyamure	1312	2807
	ECOFO Nyamure	400	856
	CDS Nyamure	25	53
	TOTAL	1737	3716

Tableau 6. Population à l'horizon de planification

III.3. Calcul des besoins en eau potable

Pour calculer les besoins en eau potable de la population villageoise, des collectivités et des branchements particuliers, nous allons utiliser les valeurs locales recommandées par l'OMS. Ces valeurs sont indiquées dans le tableau suivant :

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

Tableau 7. Consommations spécifiques selon OMS

III.3.1. Besoins en eau pour la population villageoise

Pour le présent projet, nous adoptons une consommation spécifique de 20 l/j/hab. car il s'agit du milieu rural que nous alimentons.

Le nombre d'habitants actuels à alimenter en eau potable étant de 1086, la consommation actuelle est de :
20 l/j/hab. x 1086 hab. = 21720 l/j

III.3.2. Besoins en eau pour les équipements publics et sociaux

- E.P. NYAMURE : La direction de cette école fournit les effectifs de 1312 écoliers. Avec les besoins spécifiques de 5 l/j/écolier, la consommation sera :
  5 l/j/écolier*1312 écoliers =6560 l/j
- ECOFO NYAMURE : A cette école, le nombre d'élève étant de 400.Avec la consommation spécifique de 5 l/j/élève, on aura la consommation de :
  5 l/j/élève x 400 élèves=2000 l/j
- CDS NYAMURE : Suivant les informations recueillies auprès des représentants de ce centre de sante, le nombre de lits par personne est de 25 lits. Par application des besoins spécifiques de 150 l/j/personne, la consommation sera :
  150 l/j/personne x25 pers=3750 l/j

III.3.3. Besoins en eau potable journaliers moyens totaux

Pour avoir des besoins journaliers moyens totaux, on fait la somme des besoins journaliers moyens de tous les bénéficiaires c'est-à-dire la population villageoise, les collectivités ainsi que les branchements particuliers.

Catégories	**Bénéficiaires en 2014**	**Bénéficiaires en 2044**	**Dotation en l/j/pers**	**Qj moy en 2014**		**Qj moy en 2044**	
I. Villageois				**m^3/j**	**l/s**	**m^3/s**	**l/s**
NYAKABUYE	468	1001	20	9,36	0,108	20,02	0,231
KIRAMBI	228	488	20	4,56	0,052	9,76	0,112
NYAMURE	390	834	20	7,80	0,090	16,68	0,193
II. collectivites							
E.P. NYAMURE	1312	2807	5	6,56	0,075	14,03	0,162
ECOFO NYAMURE	400	856	5	2,00	0,023	4,28	0,049
CDS NYAMURE	25	53	150	3,75	0,043	7,95	0,092
III. Total						72,72	0,84

Tableau 8 : Besoins journaliers moyens

III.3.4. Production de pointe

La production de pointe tient compte des activités quotidiennes qui font qu'il y ait augmentation ou diminution de la population selon la nature des activités d'où variation des besoins et consommation. C'est notamment les jours de marché, les dimanches, les jours de meeting, etc.

La formule pour déterminer la production de pointe est la suivante :

$Q_{jP} = Q_{jmoyen} \times (1 + C)$

C : coefficient de pointe variant de 10 à 25 %

Pour le présent projet, nous estimons ce facteur à une valeur de 10 % étant donné qu'il n'y a pas beaucoup d'activités qui entrainent ou qui vont entrainer de nombreuses variations au niveau de la consommation.

III.3.5. Pertes d'eau

A partir du lieu de captage jusqu'aux différents points de puisage, le réseau connaît des pertes d'eau dont certains facteurs sont les suivants :

- Fuites d'eau au niveau des joints des tuyaux ;
- Fuites d'eau au niveau des ouvrages de stockage et au niveau des robinets ;
- Besoins d'eau pour l'entretien et l'hygiène des ouvrages.

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

$$\text{Pertes} = Q_{jmoyen} * \left(\frac{p}{1-p}\right)$$

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

Pour le présent projet, il s'agit du milieu rural, et comme au Burundi, la plupart des réseaux d'AEP dans les milieux ruraux sont moyennement entretenus, nous prenons p = 0.25

III.3.6. Calcul des besoins en eau potable maximum

Pour faire les calculs hydrauliques et le dimensionnement des ouvrages du reseau d'alimentation, il faut d'abord déterminer les besoins en eau maximum en considérant les consommations de pointe et toutes les pertes d'eau.
Les besoins en eau a l'horizon de 2044 se calculent par la formule suivante :

$Q_{max} = Q_{jP}$+pertes

Tableau 9. Récapitulation des besoins en eau a l'horizon de planification

Catégories	**Effectif en 2044**	**Dotation**	**Qjmoy**		**Q_{jP}**	**pertes**	**Q_{max}**	
I.Villageois		**l /j/pers**	**m^3/J**	**(l/s)**	**(l/s)**	**(l/s)**	**m^3/h**	**(l/s)**
NYAKABUYE	1001	20	20,020	0,231	0,254	0,077	1,196	0,332
KIRAMBI	488	20	9,760	0,112	0,124	0,037	0,583	0,161
NYAMURE	834	20	16,680	0,193	0,212	0,064	0,997	0,276
II.Collectivites								
E.P NYAMURE	2807	5	14,065	0,162	0,178	0,054	0,839	0,232
ECOFO NYAMURE	856	5	4,280	0,049	0,054	0,016	0,257	0,070
CDS NYAMURE	53	150	7,950	0,092	0,101	0,030	0,476	0,131
TOTAL			75,725	0,840	0,928	0,280	4,348	1,208

Les besoins en eau sont de 1,208 l/s.Ils seront donc couverts si on tient compte du débit disponible de la source qui est de 1,6 l/s.

CHAP IV : CAPTAGE DE L'EAU

IV.1.Généralités

IV.1.1.Définition

Le captage consiste à collecter les filets d'eau d'une source dans un ouvrage approprié et les amener dans un petit réservoir visitable sur lequel est branchée la conduite d'alimentation.

IV.1.2.La notion de source

Les directives désignent comme source toute eau apparaissant à la surface terrestre sans être élevée artificiellement. Une source peut être définie comme un endroit où se produit un écoulement naturel d'eau souterraine, soit directement, soit indirectement à travers un système de fissure.

IV.1.3.Origines de l'eau de source

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.

IV.2. Nature et classification des sources

Les sources constituent l'exutoire de la nappe phréatique ou gisement, donc elles sont les emplacements où les eaux souterraines débouchent à l'air libre.

Les facteurs qui influencent l'alimentation de la source sont :

- La porosité d'un sol qui est le rapport entre le volume des vides du terrain au volume total (vide+grains). Elle est fonction de la grosseur des grains et leur compacité. Etant donné que l'eau occupe les vides du terrain, la porosité représente la qualité totale d'eau que peut emmagasiner un terrain ;
- Le degré de perméabilité du terrain qui caractérise la facilité de circulation d'eau au travers des différentes couches du terrain. En résumé, c'est la vitesse de circulation de l'eau au travers différentes couches du terrain ;
- Le degré de rétention des eaux météoriques : celui-ci dépend des plusieurs facteurs comme la perméabilité, l'aire d'alimentation et la porosité d'un sol.

Classification des sources

Il existe plusieurs catégories des sources dont les principales sont les suivantes :

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

a) Sources d'affleurement

Elles sont à l'affleurement le long de la surface topographique de l'assise imperméable qui supporte la nappe. Il s'agit donc de l'apparition de l'eau dans une vallée ouverte dans une formation perméable de roche fissurée et qui, présente au fond une couche de sol compact et imperméable. Ces sources sont fréquentes du côté où la nappe est alimentée. Elles tarissent rarement et leur débit est important. Elles sont les plus préférables pour le captage.

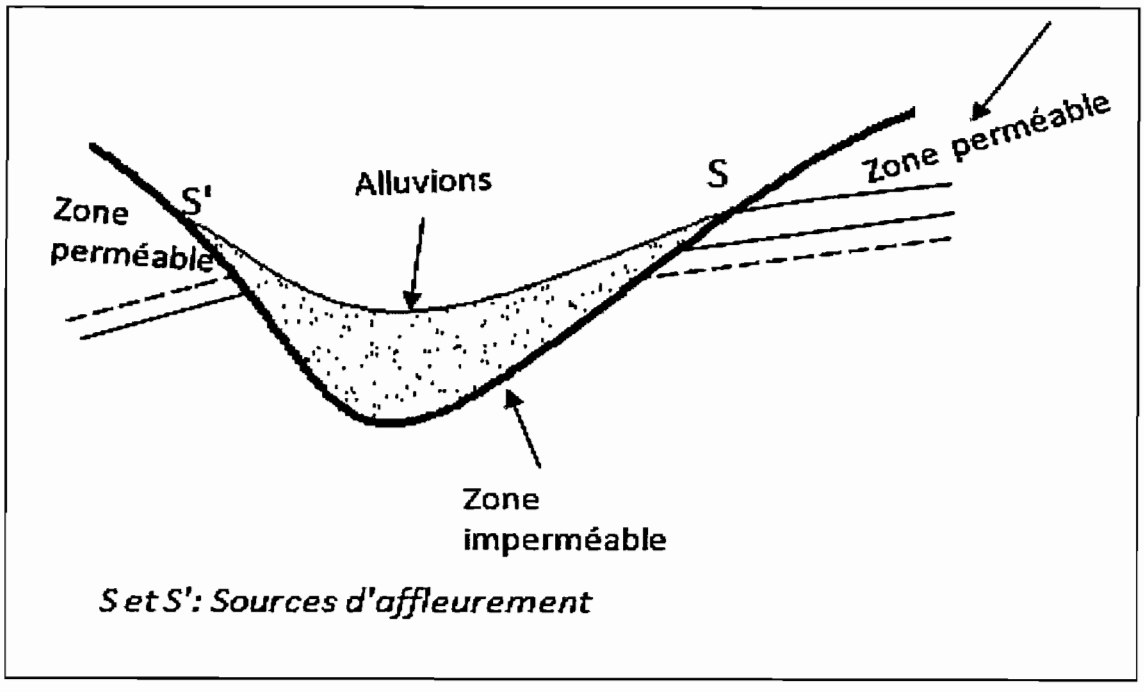


Fig.3 : Source d'affleurement

b) Sources d'émergence

Lorsque la couche perméable est fissurée en direction du sol, on peut avoir un débit important alimentant un trou d'eau par un ou plusieurs facteurs où l'on peut avoir l'eau bouillonnée. Elle apparaît le plus souvent au fond de la vallée.

Les sources d'émergences prennent naissance lorsque la surface piézométrique d'une nappe rencontre la surface topographique le substratum imperméable soit nécessairement affleurant. Cependant, ce genre de sources se trouvent normalement dans les points bas du sol, d'où leur nom secondaire « ***source de Thalweg*** ».

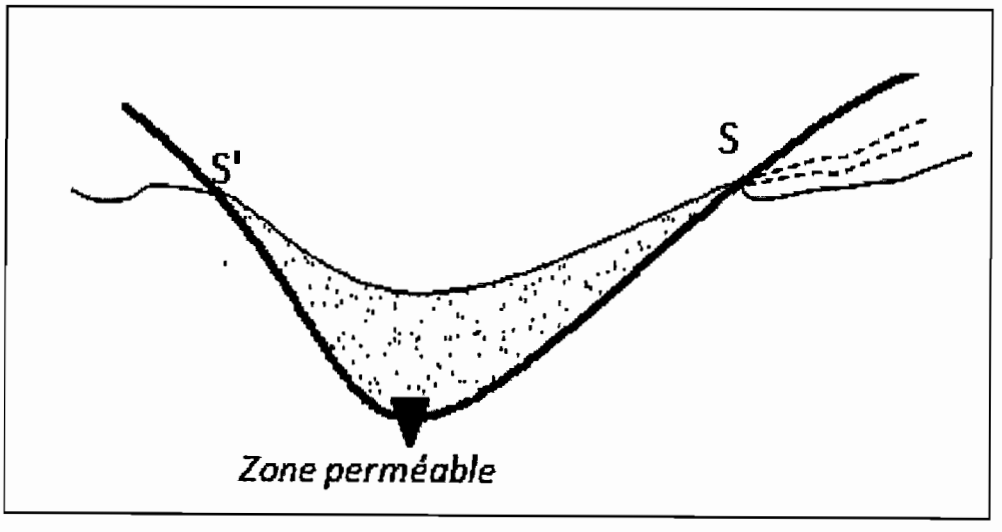


Fig.4 : Source d'émergence

c) Source de déversement

Ce sont des sources ouvertes dans les vallées d'une fondation fissurée en surface seulement. On les rencontre dans les roches fissurées en surface (granite et calcaire), l'eau apparaît au point de rencontre. Ces genres de sources ont un débit généralement faible et peuvent facilement tarir. Elles sont peu intéressantes pour le captage.

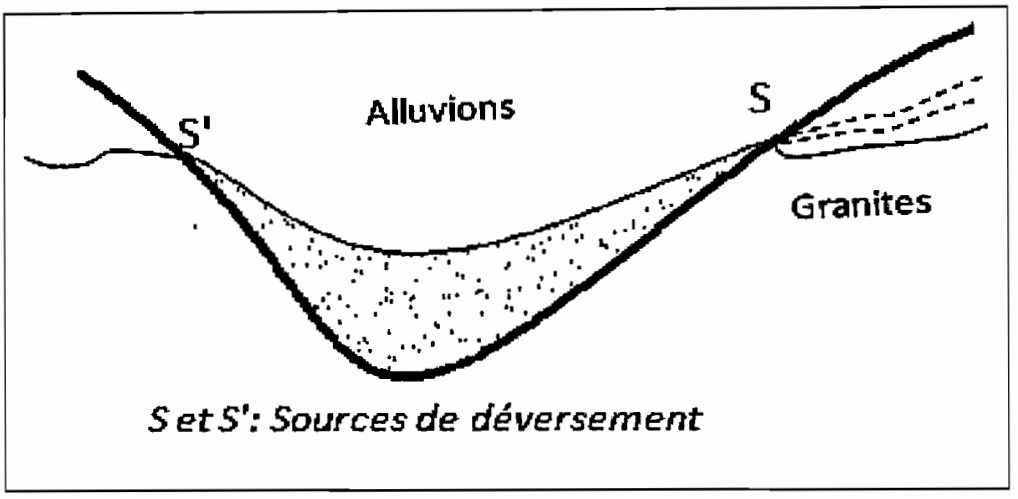


Fig. 5 : Source de déversement

Ainsi, les sources peuvent être classées selon le rapport entre le débit maximal et le débit minimal. C'est pour cette raison que la connaissance du débit de la source est très importante : avec le rapport obtenu entre le débit maximal et le débit minimal, on peut distinguer :

- Les sources à débit constant : ce sont des sources dont le rapport entre le débit maximal et le débit minimal est compris entre 1 et 2 ;
- Les sources à débit moyen : ce sont celles dont le rapport entre le débit maximal et le débit minimal est compris entre 2 et 10 ;
- Les sources à débit variable : ce sont celles dont le rapport entre le débit maximal et le débit minimal est compris entre 10 et 50.
- Les sources à débit très variables : ce sont des sources dont le rapport entre le débit maximal et le débit minimal est supérieur à 50.

IV.3. Détermination du débit d'une source

Il est indispensable de vérifier le débit d'une source avant le captage pour s'assurer que son débit est suffisant pour les besoins en eau potable. On peut mesurer le débit d'une source de deux manières à savoir :

- A l'aide d'un débitmètre qui est un appareil moderne muni d'un récipient et d'un chronomètre dont son rôle est le comptage du temps lors de mesurage ;
- A l'aide d'un seau et d'une montre (chronomètre). Cette méthode est moins précise et elle exige des essais répétitifs (3 essais au minimum) pour plus de précision.

La marche à suivre pour cette deuxième méthode est la suivante :

- Construire un barrage provisoire avec de la terre et y placer un ou plusieurs tuyaux qui conduit (conduisent) toute l'eau dans le seau ;
- Le débit d'un tuyau ne devrait pas excéder la quantité d'eau remplissant le seau en 3 secondes ;
- Calculer la capacité du seau ;
- Mesurer le débit de chaque tuyau au moins trois fois et inscrire les résultats dans un rapport ;
- Calculer la quantité d'eau en litres par secondes (l/s)

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

Avec :

Q: Débit d'une source

V: Volume total du seau

T: Temps mis pour remplir le seau.

N.B. Partant du principe que le débit d'une source doit être mesuré plusieurs fois à différentes périodes, nous avons consulté l'Agence Burundaise de l'Hydraulique Rurale pour nous fournir le débit de la source (Nyakabuye) du présent projet. Ladite source d'eau a un débit de 1,6 litres par seconde.

IV.4. Caractéristiques des drains et des massifs filtrants

1° Les drains

Les drains doivent pouvoir capter un maximum d'eau pour une charge hydraulique la plus faible possible. Pour cela, ils devront avoir un coefficient d'ouverture le plus élevé possible et un slot (ouverture des fentes) le plus élevé. Entre l'aquifère et le drain, on implantera un gravier filtrant calibré en fonction du slot de la crépine et de la granulométrie des terrains encaissants.

2° Le gravier filtrant

Le gravier filtrant sera roulé et siliceux (jamais de concassé). On le constitue à partir de sable (0,25mm à 0,5mm), (0,5mm à 1,0mm) et (1,0mm à 2,0mm) et de gravier (2,00mm à 5,00mm) à rechercher dans les alluviaux des rivières.

Les caractéristiques du drain et du gravier filtrant change en fonction de la granulométrie du sable et de la source comme l'indique le tableau ci-dessous :

Slot de la crépine	**0,5mm**	**1,0mm**
Fraction du gravier filtrant	Sables très fins	Sables moyens
De 0,25 à 0,50mm	10%	-
De 0,50 à 1,00mm	40%	10%
De 1,00 à 2,00mm	40%	45%
De 2,00 à 5,00mm	10%	45%

Tableau 10 : Caractéristiques des drains et du gravier filtrant

3° Les tranchées drainantes

Elles auront un strict minimum 1,60mm sous le niveau de la nappe en basses des eaux. La largeur des tranchées ne doit pas dépasser 1m. Ces tranchées sont toujours blindées et elles ne pourront en aucun cas avoir des parois obliques, car cela nécessiterait des remblais importants avec des matériaux spéciaux et une bâche de protection plus étendue. La pente du drain ne pourra pas dépasser 0,5%.

IV.5. Principe adapté pour le captage

Le captage étant le cœur de l'adduction d'eau, on attachera une grande importance à ce que sa construction soit bien exécutée.

IV.5.1. Terrassement

Le terrassement débute en principe à l'endroit où l'eau sort du sol. On construit le creusement en remontant la source (descendant) tout en ayant pris soin d'assurer l'écoulement de l'eau au moyen d'une canalisation.

IV.5.2. Construction

Lorsque le terrassement est achevé, on construit le captage en deux parties :

- Une partie perméable dans laquelle l'eau entre : le drainage ;
- Une partie imperméable : le barrage.

a) Drainage

C'est la partie qui permet à l'eau de la source d'être recueillie et dirigée vers le barrage, il doit être suffisamment grand pour assurer un passage aisé de l'eau et garantir le débit suffisant. Le drainage est constitué d'un drain perforé ou de pierres sèches, la base doit être étanche et avoir une pente de 1% à 2%. Habituellement, la base sera constituée de pierres sèches, à plus forte raison sur un sol sableux. Autour des drains, on placera un filtre de gravier que l'on aura soin de protéger de toute contamination. Cette ouverture étanche doit pénétrer dans les parois de côté, les eaux de surface seront drainées hors de l'aire.

b) Barrage

Le barrage est construit à l'opposé de l'arrivée de l'eau dans le captage. Il permet à l'eau d'entrer dans la conduite d'alimentation de la galerie de contrôle. Le barrage est construit dans la couche imperméable et dans les parois de côté pour empêcher l'eau de s'échapper.

On coulera la fondation du barrage directement contre le sol de l'excavation afin qu'elle soit solide avec le sol. On peut construire le barrage soit en maçonnerie, soit en béton à partir de la fondation est toujours en béton pour garantir une étanchéité

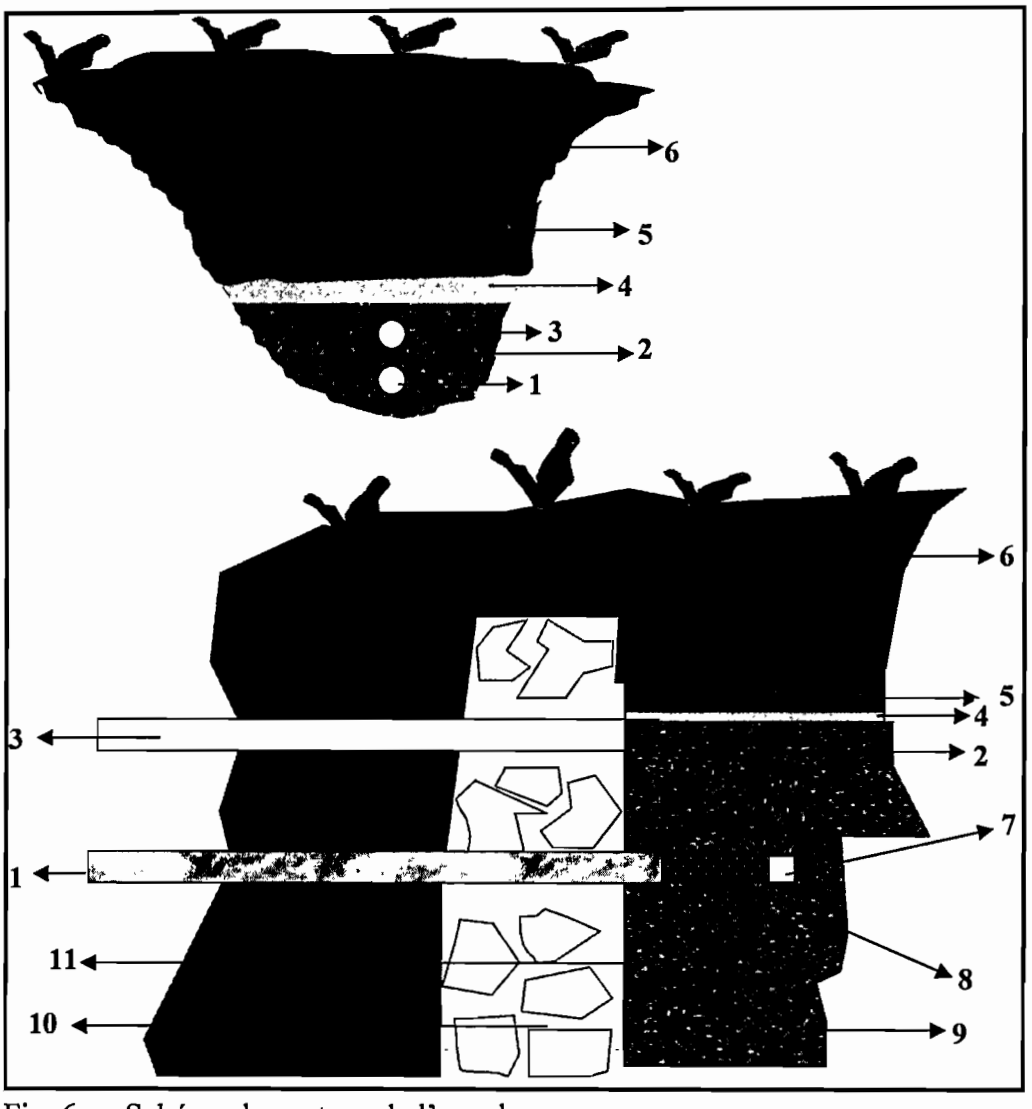


Fig .6 : Schéma de captage de l'eau de source

Légende.

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

IV.6. Etapes de la construction du captage

La démarche pour construire le captage dépend de plusieurs facteurs comme les facteurs liés à la nature du sol, à la disponibilité des matériaux, etc. selon la source en place, il faut apporter des solutions à des problèmes spécifiques :

1° Localisation de la source de captage et marque l'aire de construction ;

2° Exécution d'une excavation pour identifier l'origine et l'écoulement de la source ;

3° Exécution d'un système de drainage autour de la partie excavée pour le captage dans le but d'évacuer les eaux polluées qui déversent dans le captage ;

4° Préparation des matériaux tels que : sable, argile, moellons, gravier et ciment : le sable et le ciment servent de filtre dans la chambre de captage ;

5° Poser une couche d'argile de telle façon que la zone de captage soit isolée, donc réaliser une bonne étanchéité ;

6° Poser le drain perforé pour la collecte de l'eau ;

7° Mettre une couche filtrante de gravier et de moellons dans la chambre de captage ;

8° Couvrir la chambre de captage par une couche d'argile ou papier plastique pour assurer une étanchéité contre l'eau de surface ;

9° Couvrir toutes les couches précédemment citées par une dernière couche végétale, on plantera du gazon ou autres plantes à racines courtes.

IV.7. La désinfection du captage

Pour assurer la potentialité de résistance aux germes microbiens qui peuvent contaminer la source, les matériaux comme les graviers filtrants et les sables filtrants doivent être désinfectées à l'aide d'hypochlorite de potassium.

IV.8. Protection de la zone du captage

La zone de captage doit être protégée contre certains ennemis pouvant entraîner sa destruction. On peut citer :

- L'accès aux animaux domestiques et sauvages à l'intérieur de la zone de captage ;
- Les eaux de ruissellement pendant la saison des pluies ;
  - Protéger la zone de captage contre les animaux domestiques et sauvages, il faut ériger une clôture entourant tout le périmètre de la zone de captage par des tubes métalliques ceinturés par des fils barbelés ;
  - Pour protéger la zone de captage contre les eaux de ruissellement, il faut creuser une tranchée en tête de la zone de captage pour orienter ces eaux à l'extérieur de cette zone. Il faut aussi planter du gazon sur toute la surface de cette zone.

CHAP V : DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET CALCULS HYDRAULIQUES

V.1. Introduction

Pour assurer une alimentation d'eau potable jusqu'à tous les points à alimenter, il faut faire des calculs de dimensionnement des ouvrages qui joueront un rôle important dans la distribution d'eau. Après, nous allons passer à la phase des calculs hydrauliques pour que les conduites (tuyaux) puissent acheminer l'eau à tous les points de destination en quantité et en qualité suffisante et exigée.

Le stockage d'eau dans les réservoirs consiste à ne pas gaspiller l'eau pendant les heures creuses et fournir assez d'eau pendant les heures de pointe. Un réservoir joue aussi le rôle pour la réserve des cas spéciaux.

V.2. Ouvrages de stockage

V.2.1. Définition et rôle

Dans un système d'adduction d'eau, un réservoir est un ouvrage qui permet le stockage du surplus de l'eau, la réserve de la quantité non consommée au moment des heures creuses et la restitution pendant les heures de pointe.

Le rôle d'un réservoir est de :

- Restituer de l'eau pendant les heures de consommation de pointe (au moment où la demande d'eau est maximale) ;
- Mettre un réserve d'eau pour les cas spéciaux comme :
  - La rupture des conduites ;
  - L'extinction d'incendie ;
  - Arrêt de pompe dû surtout à la panne du moteur ou coupure d'électricité.

Un réservoir offre aussi des avantages pour les réseaux gravitaires tels que :

- Sollicitation régulière des sources d'eau ;
- Régularité de la pression dans le réseau de distribution.

V.2.2. Emplacement des réservoirs

Pour pouvoir placer des réservoirs alimentés par un réseau d'alimentation en eau potable, il faut voir l'endroit où la consommation est la plus forte. Il est recommandé de placer les réservoirs dans le centre de gravité de la population à desservir.

L'emplacement des réservoirs tient aussi compte des altitudes de la zone du projet. D'une manière générale, un réservoir doit être placé à un endroit élevé c'est-à-dire une altitude supérieure à celle du point de puisage pour permettre à l'eau d'y arriver facilement.

V.2.3. Classification des réservoirs

La classification des réservoirs dépend :

- De la nature des matériaux :
  - Réservoirs métalliques ;
  - Réservoirs en béton armé ;
  - Réservoirs en maçonnerie.

- De la situation des lieux :
  - Réservoirs enterrés ;
  - Réservoirs semi-enterrés ;
  - Réservoirs surélevés.

- De différentes formes :
  - Réservoirs circulaires ;
  - Réservoirs rectangulaires ;
  - Réservoirs carrés.

V.2.4. Principe de construction des réservoirs

Les réservoirs doivent être construits en matériaux durables. Leurs parois doivent être étanches pour empêcher les fuites d'eau. Les réservoirs doivent aussi être couverts ; c'est-à-dire à l'abri des contaminations des eaux souterraines d'infiltration, les eaux de pluie et les poussières.

Il est conseillé d'utiliser un dosage du ciment compris entre 350 à 400kg/m^3. Il faut réaliser un revêtement intérieur avec beaucoup de précautions au moyen d'un ciment riche.

V.2.5. Equipements des réservoirs

Un réservoir d'eau nécessite des équipements suivants :

- La conduite d'alimentation qui prend départ à la source vers le réservoir de stockage. Son bout porte un limiteur de débit et d'une vanne à flotteur à l'arrivée pour une adduction gravitaire ;
- La conduite de distribution : elle prend départ à quelques centimètres (15cm ou 20cm) au-dessus du radier afin que les dépôts résultats de la décantation ne soient pas canalisés dans la conduite vers le point de puisage ;
- Une conduite de trop plein qui permet d'éliminer sans causer des dégâts la quantité d'eau excédentaire au niveau prévu dans le réservoir ;
- La conduite de vidange avec bouchon pour permettre l'évacuation des dépôts pendant le nettoyage du réservoir ;
- Un système d'aération : c'est un dispositif similaire à une cheminée ou d'un trou qui sort de la couverture du réservoir et permettant l'oxygène d'entrer dans le réservoir ;
- Une échelle d'accès : elle doit être prévue à l'intérieur comme à l'extérieur ; l'accès à l'intérieur est facilité par un trou appelé « trou d'homme ». Ce trou est prévu sur la couverture supérieure.

V.2.6. Capacité des réservoirs

V.2.6.1. Généralités

La détermination de la capacité du réservoir est basée sur les besoins en eau journaliers moyens, des variations horaires des débits de distribution. Elle dépend aussi de la différence entre la quantité d'eau fournie par la source et la quantité d'eau nécessaire à la consommation pour un intervalle de temps bien définie.

On constate que l'on aura une grande consommation d'eau pendant certaines périodes de la journée à savoir :

- Les moments où les gens rentrent des différents travaux comme les travaux champêtres ;
- Les heures où les élèves et écoliers sortent de leurs classes ;
- Les moments où les marchés battent de leurs pleins.

Selon la destination du réservoir, des coefficients horaires sont appliqués aux consommations pour tenir compte de variations horaires. Les coefficients horaires diffèrent suivant le milieu à desservir (milieu urbain ou milieu rural). Comme notre zone du projet se trouve en milieu rural, nous allons utiliser des coefficients horaires appliqués aux consommateurs vivant dans ce milieu.

En milieu rural

Période (h)	0 – 2	2 - 6	6 - 7	7 - 12	12 - 14	14 – 19	19 - 22	22 – 24
Coefficient	0	0,35	2,5	1,2	1,7	1,9	0,3	0,15

Tableau 12 : Coefficients horaires en milieu rural

V.2.6.2. Capacité théorique

Le calcul théorique est basé sur la répartition des débits en distribution qui diffère d'une agglomération à une autre.

De plus, le calcul peut reposer sur les coefficients horaires estimés tenant compte des activités génératrices les plus pratiquées dans notre zone du projet.

Soient :

Qe: quantité d'eau entrant dans le réservoir par unité de temps ;

Qs: quantité d'eau sortant du réservoir par unité de temps.

Pendant les heures de pointe : $Qs > Qe$

Pendant les heures creuses : $Qs < Qe$

Soient encore :

Vs : volume sortant du réservoir ;

Ve : volume entrant dans le réservoir.

On a :

$$Ve = Qe \times T$$
$$= \int_0^T Qe(t)\,dt$$

$$Vs = Qs \times T$$
$$= \int_0^T Qs(t)\,dt$$

Au cours des heures de pointe, la quantité d'eau est appelée « ***déficit*** » tandis que pendant les heures creuses cette quantité s'appelle « ***supplément*** ». On défini donc la capacité théorique d'un réservoir comme la somme de ces deux valeurs quand elles atteignent le maxima exprimé en valeur absolue.

Capacité théorique = /grand supplément/ + /grand déficit /

V.2.6.3. Capacité pratique

En pratique, la capacité pratique du réservoir varie de 1,2 à 1,5fois la capacité théorique. Pour notre cas, on prend la valeur de 1,3 comme coefficient .

*Capacité pratique = capacité théorique * 1,3*

L'autre facteur important qui influence la capacité du réservoir est la variation horaire de consommation suivant la catégorie des bénéficiaires soit la population villageoise ou la population citadine. Les résultats se trouvant dans les tableaux suivants sont obtenus à partir des formules suivantes :

$$Q_{SP} = Qe \times Ch$$

$$V_{SP} = Q_{SP} \times T$$

$$V_{SC} = \sum V_{SP}$$

$$V_{EP} = Qe \times T$$

$$V_{EC} = \sum V_{EP}$$

Avec Qe: débit entrant (m^3/h) ;

Qs: débit sortant (m^3/h) ;

T : Temps en heures (h) ;

V_{EP}: volume entrant partiel (m^3) ;

V_{SP}: Volume sortant partiel (m^3) ;

V_{SC}: volume sortant cumulé (m^3) ;

Ch : coefficient horaire.

Capacité du réservoir de Nyakabuye(R1): Qe = 0,332l/s, soit 1,196m^3/h

P	T(h)	Ch	Qe (m^3/h)	Q_{sp} (m^3/h)	Vsp(m^3)	Vsc(m^3)	Vep(m^3)	Vec(m^3)	Vec-Vsc (m^3)
0—2	2	0	1,196	0	0	0	2,392	2,392	2,392
2—6	4	0,35	1,196	0,418	1,674	1,674	4,784	7,176	5,502
6—7	1	2,5	1,196	2,990	2,990	4,665	1,196	8,372	3,708
7—12	5	1,2	1,196	1,435	7,176	11,841	5,980	14,352	2,512
12--14	2	1,7	1,196	2,033	4,066	15,907	2,392	16,744	0,837
14-19	5	1,9	1,196	2,272	11,362	27,270	5,980	22,725	-4,545
19-22	3	0,3	1,196	0,358	1,076	28,346	3,588	26,313	-2,033
22-24	2	0,15	1,196	0,179	0,358	28,705	2,392	28,705	0,000

Tableau 13 :Capacité du réservoir 1

Capacité théorique = 1m^3 x |5,502| + |-4,545| =10,047 m^3

Capacité pratique = 1m^{3}x10,047 x 1,3 = 13,061 m^3, **soit un réservoir de 15m^3**

Capacité du réservoir de Kirambi(R2) : Qe =0,162 l/s, soit 0,583 m^3/h

P	T(h)	Ch	Qe (m^3/h)	Q_{sp} (m^3/h)	Vsp(m^3)	Vsc(m^3)	Vep(m^3)	Vec(m^3)	Vec-Vsc (m^3)
0—2	2	0	0,583	0	0	0	1,165	1,165	1,165
2—6	4	0,35	0,583	0,203	0,815	0,816	2,331	3,496	2,680
6—7	1	2,5	0,583	1,456	1,456	2,272	0,583	4,079	1,806
7—12	5	1,2	0,583	0,699	3,496	5,769	2,913	6,992	1,224
12--14	2	1,7	0,583	0,990	1,981	7,750	1,165	8,158	0,408
14-19	5	1,9	0,583	1,107	5,535	13,285	2,913	11,071	-2,214
19-22	3	0,3	0,583	0,174	0,524	13,810	1,748	12,819	-0,991
22-24	2	0,15	0,583	0,087	0,174	13,984	1,165	13,984	0,000

Tableau14 : Capacité du réservoir 2

Capacité théorique = 1m^3 x |2,680| + |-2,214| =4,895 m^3

Capacité pratique = 1m^{3}x4,895 x 1,3 = 6,363 m^3, **soit un réservoir de 10m^3**

Capacité du réservoir de la colline Nyamure (R3) :Qe=0,277 l/s, soit,0,997 m^3/h

P	T(h)	Ch	Qe (m^3/h)	Q_{sp} (m^3/h)	Vsp(m^3)	Vsc(m^3)	Vep(m^3)	Vec(m^3)	Vec-Vsc (m^3)
0--2	2	0	0,997	0	0	0	1,993	1,993	1,993
2--6	4	0,35	0,997	0,348	1,395	1,395	3,987	5,980	4,585
6--7	1	2,5	0,997	2,491	2,491	3,887	0,997	6,977	3,090
7--12	5	1,2	0,997	1,196	5,980	9,867	4,983	11,960	2,093
12--14	2	1,7	0,997	1,694	3,388	13,256	1,993	13,954	0,698
14-19	5	1,9	0,997	1,893	9,468	22,725	4,983	18,937	-3,787
19-22	3	0,3	0,997	0,299	0,897	23,622	2,990	21,927	-1,694
22-24	2	0,15	0,997	0,149	0,299	23,921	1,993	23,921	0,000

Tableau 15 : Capacité du réservoir 3

Capacité théorique = $1m^3$ x |4,585| + |-3,787| =8,372 m^3

Capacité pratique = $1m^3$x8,372 x 1,3 = 10,884 m^3, **soit un réservoir de15m^3**

Capacité du réservoir des collectivités de Nyamure(R4) : Qe=0,437 l/s, soit,1,573 m^3/h

P	T(h)	Ch	Qe (m^3/h)	Q_{sp} (m^3/h)	Vsp(m^3)	Vsc(m^3)	Vep(m^3)	Vec(m^3)	Vec-Vsc (m^3)
0--2	2	0	1,573	0	0	0	3,146	3,146	3,146
2--6	4	0,35	1,573	0,550	2,202	2,202	6,292	9,438	7,236
6--7	1	2,5	1,573	3,932	3,932	6,135	1,573	11,011	4,876
7--12	5	1,2	1,573	1,887	9,437	15,573	7,865	18,876	3,303
12--14	2	1,7	1,573	2,674	5,348	20,921	3,146	22,022	1,101
14-19	5	1,9	1,573	2,988	14,943	35,864	7,865	29,887	-5,977
19-22	3	0,3	1,573	0,471	1,415	37,280	4,719	34,606	-2,674
22-24	2	0,15	1,573	0,235	0,471	37,752	3,146	37,752	0,000

Tableau 16 : Capacité du réservoir 4

Capacité théorique = $1m^3$ x |7,236| + |-5,977| =13,213 m^3

Capacité pratique = $1m^3$x13,213 x 1,3 = 17,177 m^3, **soit un réservoir de20m^3**

Capacité de la chambre de départ : Qe =4,348m^3/h

P	T(h)	Ch	Qe (m^3/h)	Q_{sp} (m^3/h)	Vsp(m^3)	Vsc(m^3)	Vep(m^3)	Vec(m^3)	Vec-Vsc (m^3)
0--2	2	0	4,348	0	0	0	8,697	8,697	8,697
2--6	4	0,35	4,348	1,521	6,087	6,088	17,394	26,090	20,003
6--7	1	2,5	4,348	10,871	10,871	16,959	4,348	30,439	13,480
7--12	5	1,2	4,348	5,218	26,090	43,049	21,742	52,181	9,132
12--14	2	1,7	4,348	7,392	14,784	57,834	8,697	60,878	3,044
14-19	5	1,9	4,348	8,261	41,309	99,144	21,742	82,620	-16,524
19-22	3	0,3	4,348	1,304	3,913	103,057	13,045	95,665	-7,392
22-24	2	0,15	4,348	0,652	1,304	104,362	8,697	104,362	0,000

Tableau 17 : Capacité du réservoir 5

Capacité théorique = 1m^3 x |20,003| + |-16,524| =36,527 m^3

Capacité pratique = 1m^{3}x36,527 x 1,3 = 47,485 m^3, **soit un réservoir de50m^3**

V.2.7. Dimensionnement des réservoirs

V.2.7.1. Choix de la forme du réservoir

Les réservoirs couramment utilisés sont de forme circulaire, rectangulaire ou carré. Pour notre projet, nous prévoyons des réservoirs circulaires car, ils résistent mieux aux déformations et ils sont moins coûteux.

L'exemple suivant nous montre le détail sur lequel on se base pour faire le choix de la forme d'un réservoir.

A volume et à hauteur donnée avec une surface en plan S donnée, le développement de la paroi la plus faible permet un choix du réservoir moins coûteux.

- Pour le carré de surface S : $P1 = 4\sqrt{S}$
- Pour le cercle de surface S : $S = \frac{\pi D^2}{4}$; $D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$; $P2 = \pi D$

$$P2 = \sqrt{4\pi S}$$

Pour le rectangle de côtés a et b, a=kb avec K > 1, on a :

$$P_3 = \beta\sqrt{S} \text{ ou } \beta = \frac{2(K+1)\sqrt{K}}{K}$$

Soit pour

$K = 2,\ \beta = 4{,}3$

$K = 3,\ \beta = 4{,}6$

$K = 4,\ \beta = 5$

Conclusion : K > 1,

Pour un volume V1=V2=V3, hauteur donnée avec une surface en plan S1=S2=S3 donnée et K > 1, on aura toujours P3 > P1 > P2 d'où le choix du réservoir circulaire qui demande moins de matériaux.

V.2.7.2. Calcul des dimensions des réservoirs de notre projet

a) Diamètres intérieurs

Ayant déjà déterminé le volume de chaque réservoir, nous nous servons des formules de FONLLADOSA pour calculer le diamètre. Le diamètre est déterminé à partir de la relation suivante :

$$D = 1{,}405\sqrt[3]{V}$$

Avec :

D : diamètre intérieur du réservoir (m) ;

V : volume du réservoir (m^3).

b) Calcul de la hauteur

1° Hauteur utile (hu)

La hauteur utile (hu) est déterminée toujours d'après FONLLADOSA, par la relation suivante :

$$hu = 0{,}46 \times D$$

Avec : hu : hauteur utile (m)

D : diamètre intérieur (m)

2° Hauteur libre (hl)

C'est la hauteur entre le niveau d'eau et le bord supérieur du réservoir. Elle est comprise entre 0,2 et 0,5m.

3° Hauteur totale du réservoir (H)

C'est la somme de la hauteur utile (hu) et la hauteur libre (hl) :

$$H = hu + hl$$

Avec :

H : hauteur totale du réservoir (m) ;

hu : hauteur utile (m) ;

hl : hauteur libre (m).

Caractéristiques des réservoirs de notre projet

Volume (m^3)	Diamètre intérieur (m)	Diamètre extérieur (m)	Epaisseur des parois (m)	Hauteur utile (m)	Hauteur libre (m)	Hauteur totale	Diamètre de la dalle (m)
10	3,02	3,82	0,40	1,39	0,45	1,84	3,92
15	3,46	4,26	0,40	1,59	0,45	2,04	4,36
20	3,81	4,61	0,40	1,75	0,45	2,20	4,71
50	5,17	5,97	0,40	2,38	0,45	2,83	6,07

Tableau 18 : Caractéristiques des réservoirs

V.2.7.3. Pré-dimensionnement des éléments du réservoir

Dalle de couverture

La dalle de couverture est un élément plan d'épaisseur faible par rapport à ses autres dimensions, chargée perpendiculairement à leur plan moyen (un élément dont la largeur

dépasse 5fois l'épaisseur peut être considéré comme dalle). Cette dalle est utilisée comme tablier de pont ou comme plancher des bâtiments.

Elle est du type plancher-dalle qui protège l'eau contre les intempéries et les autres éléments nuisibles à l'eau potable.

Comme la dalle est circulaire, elle sera étudiée lors de dimensionnement comme un carré dont le côté est égal au diamètre du cercle. Le calcul se fait selon la norme DIN 1045.

Lors de pré dimensionnement, nous allons tenir compte des éléments suivant :

- Le poids propre appelé « charge permanente » qui est composé du béton armé de 25kN/m² ;
- Les surcharges appelées « charge d'exploitation » :

  p = 1kN/m² x 2 = 2kN/m²

De préférence, on suppose que deux personnes pourront assurer l'entretien au-dessus de la dalle de couverture.

. Dimensionnement d'un réservoir de $10m^3$

Dalle de couverture

$$D = 1{,}405\sqrt[3]{V}$$

$$D = 1{,}405\sqrt[3]{10} = 3{,}02m$$

Diamètre de la dalle : $3{,}02m + (0{,}4m \times 2) = 3{,}82m$

$$ly = lx = 3{,}82m + (0{,}05m \times 2) = 3{,}92m$$

Avec : ly : grande portée de la dalle ;

lx : petite portée.

$$H = 0{,}46 \times D$$

$$H = 0{,}46 \times 3{,}02m = 1{,}39m$$

Hauteur de l'eau dans le réservoir $= 1{,}39m$

Hauteur des parois du mur du réservoir $= 1{,}39m + 0{,}45m = 1{,}84m$

Selon DIN 1045, la hauteur h à donner à une dalle est donnée par :

$h \geq \frac{\alpha \times l}{35}$: dans tous les cas

$h \geq \frac{(\alpha \times l)^2}{150}$: si l'élément doit supporter des cloisons

Pour notre cas, $\alpha = 1$ car la dalle est simplement appuyée (α est fonction des conditions aux appuis).

$$h \geq \frac{1 \times 3{,}92}{35}; \qquad h \geq 0{,}115m \text{ soit } 12\text{cm}$$

Calcul de l'épaisseur de la dalle

$$d = h + e + \frac{1}{2}\phi_s$$

Avec :

d : épaisseur de la dalle

h : hauteur utile de la dalle

e : enrobage

ϕ_s : diamètre de l'acier

$$d = 12cm + 1cm + \frac{1}{2} \times 1cm = 13{,}5cm \qquad \text{soit } 14\text{cm}$$

Calcul des charges

Charges permanentes :

$$g = \gamma_d \times d$$

$$g = 25kN/m^3 \times 0{,}14m = 3{,}5kN/m^2$$

Charges d'exploitation :

$$q = g + p$$

$$g = (3,5 + 2)kN/m^2 = 5,5kN/m^2$$

Calcul des sollicitations :

Les sollicitations produites par les charges et les surcharges sont fonction des éléments porteurs et rapport des côtés de l'élément (lx/ly).

$$lx = ly = 3,92m$$

$$\frac{lx}{ly} = \frac{3,92m}{3,92m} = 1$$

D'où : $f_x^0 = 20$; $f_y^0 = 20$

Avec : f_x^0 ; f_y^0 coefficient pour le calcul des moments.

Calcul des moments en travée :

$$Mtx = q\frac{l_x^2}{f_x^0}$$

$$Mty = q\frac{l_x^2}{f_y^0}$$

Avec :

Mtx : moment en travée dans le sens de x ;

Mty : moment en travée dans le sens de y.

Calcul de la section des armatures

$$msx = \frac{M_{tx}}{b \times h^2 \times f_{cu}}$$

$$msy = \frac{M_{ty}}{b \times h_y^2 \times f_{cu}}$$

Avec :

ms : moment fléchissant réduit ;

Mtx : moment en travée dans le sens de x ;

msy: moment fléchissant réduit ;

Mty: moment en travée dans le sens de y ;

b : largeur de la dalle prise égale à 1 ;

h : hauteur utile de la dalle ;

f_{cu} : résistance de calcul pour B25 ($f_{cu} = 17500\, kN/m^2$)

$$msx = \frac{4,24}{1 \times (0,12)^2 \times 17500} = 0,0168$$

$$m_{sx} < m_{sx}^{\bullet} \qquad (0,0168 < 0,193)$$

$$Asx = \frac{\omega_2 \times b \times h}{f_e / f_{cu}}$$

Avec :

ω_2 : coefficient lu dans le tableau en fonction de ms ;

fe: limité d'élasticité des aciers utilisés.

Détermination de ω_2 en fonction de ms

$$0,01\begin{bmatrix} 0,01 \rightarrow 0,018 \\ 0,0168 \rightarrow \omega_2 = ? \\ 0,02 \rightarrow 0,037 \end{bmatrix} 0,019$$

$$\omega_2 = 0{,}018 + \frac{0{,}019 \times 0{,}0068}{0{,}01} = 0{,}030$$

$$Asx = 0{,}030 \times \frac{1 \times 0{,}12}{24} = 0{,}000154 m^2/m = 1{,}54 cm^2/m$$

Nous choisissons : ϕ_6 ; $St = 18cm$; $A_s eff = 1{,}57 cm^2/m$

$$hy = h - \frac{1}{2}\phi_s = 12cm - 1cm = 11cm \text{ soit } 0{,}11m$$

$$msy = \frac{4{,}24}{1 \times (0{,}11)^2 \times 17500} = 0{,}02$$

$$\omega_2 = 0{,}037$$

$$Asy = 0{,}037 \times \frac{1 \times 0{,}11}{24} = 0{,}000169 m^2/m = 1{,}69 cm^2/m$$

Nous choisissons : ϕ_6 ; $St = 16{,}5cm$; $A_s eff = 1{,}71 cm^2/m$

Tableau récapitulatif de dimensionnement des dalles de couverture

V	h dalle	h'	d dale	Lx	Ly	lx/ly	G	p	q	f0x=f0y	Mtx=Mty	msx	msy	ω2	ω2
m^3	m	m	M	m	m		KN/ m^2	KN/ m^2	KN/ m^2	-	KNm/m	KNm/m	KNm/m	-	-
10	0,12	0,11	0,14	3,92	3,92	1	3,5	2	5,5	20	4,24	0,0168	0,0200	0,0309	0,0370
15	0,12	0,11	0,14	4,36	4,36	1	3,5	2	5,5	20	5,24	0,0207	0,0247	0,0384	0,0455
20	0,13	0,12	0,15	4,71	4,71	1	3,75	2	5,75	20	6,38	0,0215	0,0253	0,0398	0,0466
50	0,17	0,16	0,19	6,07	6,07	1	4,75	2	6,75	20	12,46	0,0246	0,0278	0,0453	0,0511

Asx	asy	Ø choisi	As eff
cm^2/m	cm^2/m	-	cm^2/m
1,54	1,69	Ø 6-st16,5	1,71
1,92	2,08	Ø 8-st20	2,09
2,16	2,33	Ø 8-st20	2,36
3,21	3,40	Ø 8-st14	3,59

Tableau 19 : Récapitulatif de dimensionnement des dalles de couvertures

Dimensionnement du radier pour le réservoir de 10 m^3

L'épaisseur du radier est prise dans l'intervalle [20 à 40cm]. Pour notre cas, nous allons prendre une épaisseur d = 30cm, soit 0,3m. Le radier supporte des charges permanentes et les charges d'exploitation.

Pour les charges permanentes, on a :

- Etanchéité : $0,7kN/m^2$
- Poids due au radier : $g = (\gamma_d \times d) + \text{étanchéité}$

$$g = (25 \times 0,3)kN/m^2 + 0,7kN/m^2 = 8,2kN/m^2$$

Pour le poids propre, on a :

- Poids de la dalle :P_1=(q*D^2*3,14)/4 $= (5,5kN * (3,92)^2 \times 3,14)/4 = 66,581kN$
- Poids du mur :
  $P_2 = \gamma_{mur} \times e \times D \times h \times 3,14 = 1kN \times 22,6 \times 0,4 \times 3,82 \times 1,84 \times 3,14 = 200,143kN$
- Poids de l'enduit + étanchéité :
  $P_3 = 1kN \times 0,7 \times 3,02 \times 1,84 \times 3,14 = 12,258kN$
- Poids total $= 66,581kN + 200,143kN + 12,258kN = 279,25kN$
- Pression sous le mur $pt = \dfrac{279,25}{0,4 \times 3,82 \times 3,14} kN/m^2 = 56,56kN/m^2$
- Pression de l'eau
  $Pe = 10kN/m^3 \times 1,39m = 13,92kN/m^2$

La pression sous le mur est supérieure à celle de l'eau. Nous allons utiliser la pression sous le mur pour le dimensionnement du radier.

La charge totale :

$$q = g + p$$

$$q = 8,2kN/m^2 + 56,56kN/m^2 = 64,76kN/m^2$$

- Calcul des sollicitations

$$\frac{lx}{ly} = \frac{3,92m}{3,92m} = 1; \quad f_x^0 \; et \; f_y^0 = 20$$

$$Mtx = q\frac{l_x^2}{f_x^0}$$

$$Mty = q\frac{l_x^2}{f_y^0}$$

$$Mty = Mty = 1kNm/m \times \frac{64,76 \times (3,92)^2}{20} = 49,93kNm/m$$

- Détermination de la section des armatures

$$m_{sx} = \frac{M_{tx}}{b \times h^2 \times f_{cu}}$$

$$m_{sx} = 1kNm/m \times \frac{49,93}{1 \times (0,25)^2 \times 17500} = 0,045$$

$$0,01\begin{bmatrix} 0,04 \rightarrow 0,075 \\ 0,045 \rightarrow \omega_2 = ? \\ 0,05 \rightarrow 0,094 \end{bmatrix} 0,019$$

$$\omega_2 = 0,075 + \frac{0,019 \times 0,005}{0,01} = 0,085$$

$$Asx = \frac{0,085 \times 1 \times 0,25}{24} = 0,000893m^2/m = 8,93cm^2/m$$

Nous choisissons : ϕ_{12} ; $St = 12,5cm$; $A_s eff = 9,05cm^2/m$

$$msy = \frac{49,93}{1 \times (0,24)^2 \times 17500} = 0,049$$

$$0,01\begin{bmatrix} 0,04 \rightarrow 0,075 \\ 0,049 \rightarrow \omega_2 = ? \\ 0,05 \rightarrow 0,094 \end{bmatrix} 0,019$$

$$\omega_2 = 0,075 + \frac{0,019 \times 0,009}{0,01} = 0,093$$

$$Asy = \frac{0,093 \times 1 \times 0,24}{24} = 0,000931 m^2 / m = 9,31 cm^2 / m$$

Nous choisissons : ϕ_{12} ; $St = 12cm$; $A_s eff = 9,42 cm^2 / m$

Tableau récapitulatif de dimensionnement des radiers

V	d	Hx	Hy	g radier	Pe	p1	P2	P3	Pt	Qt	f0x=f0y	Mtx=Mty	msx	msy	ω2	ω2
m^3	m	M	M	KN/ m^2	KN/ m^2	KN	KN	KN	KN/ m^2	KN/ m^2		KNm/m	KNm/m	KNm/m		
10	0,3	0,25	0,24	8,2	13,92	66,58	200,14	12,25	56,56	64,76	20	49,93	0,0456	0,0495	0,0857	0,0931
15	0,3	0,25	0,24	8,2	15,93	82,26	247,44	15,56	62,97	71,17	20	67,81	0,0619	0,0672	0,1179	0,1285
20	0,3	0,25	0,24	8,2	17,54	100,29	288,68	18,47	68,82	77,02	20	85,57	0,0782	0,0848	0,1504	0,1642
50	0,4	0,35	0,34	10,7	23,81	195,62	480,23	32,20	92,78	103,48	20	191,01	0,0891	0,0944	0,1730	0,1847

V	Asx	Asy	As choisi	As eff
m^3	cm^2/m	cm^2/m		cm^2/m
10	8,93	9,31	Ø 12-st12	9,42
15	12,29	12,97	Ø 14-st11,5	13,39
20	15,67	16,42	Ø 14-st9	17,1
50	25,23	26,17	Ø 18-st9,5	26,79

Tableau 20 : Récapitulatif de dimensionnement des radiers

Réservoir de 10m^3

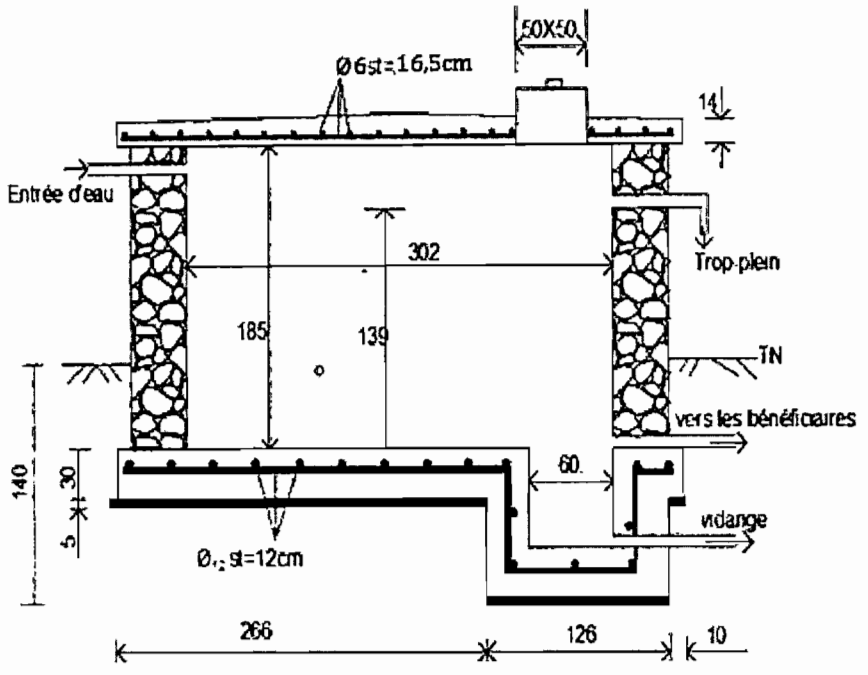


Fig.7 : Réservoir de 10m^3

Réservoir de 15m^3

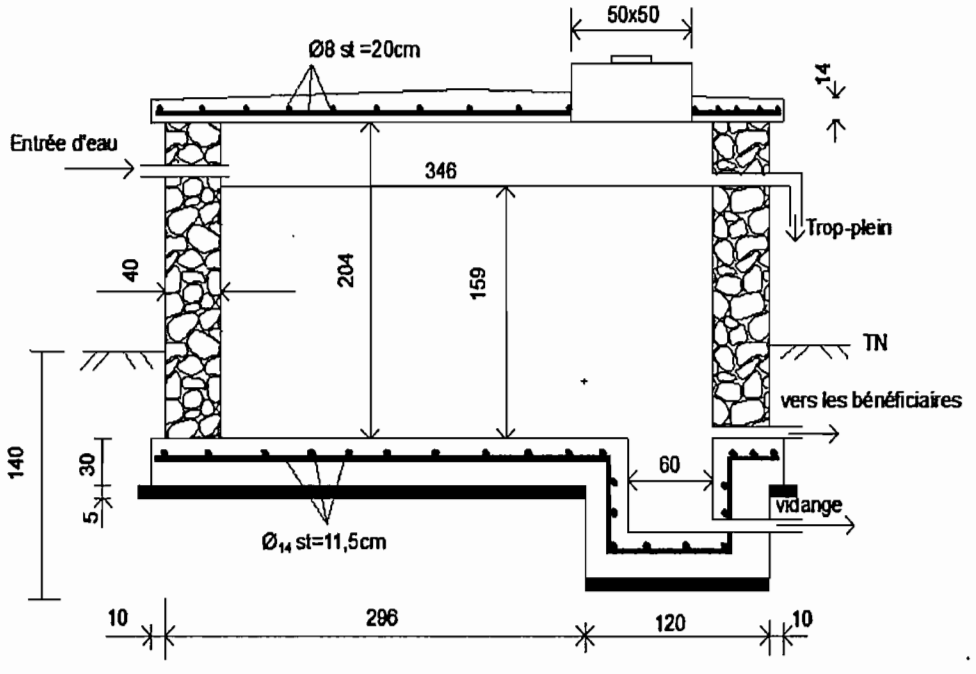


Fig.8 : Réservoir de 15m^3

Réservoir de 20m^3

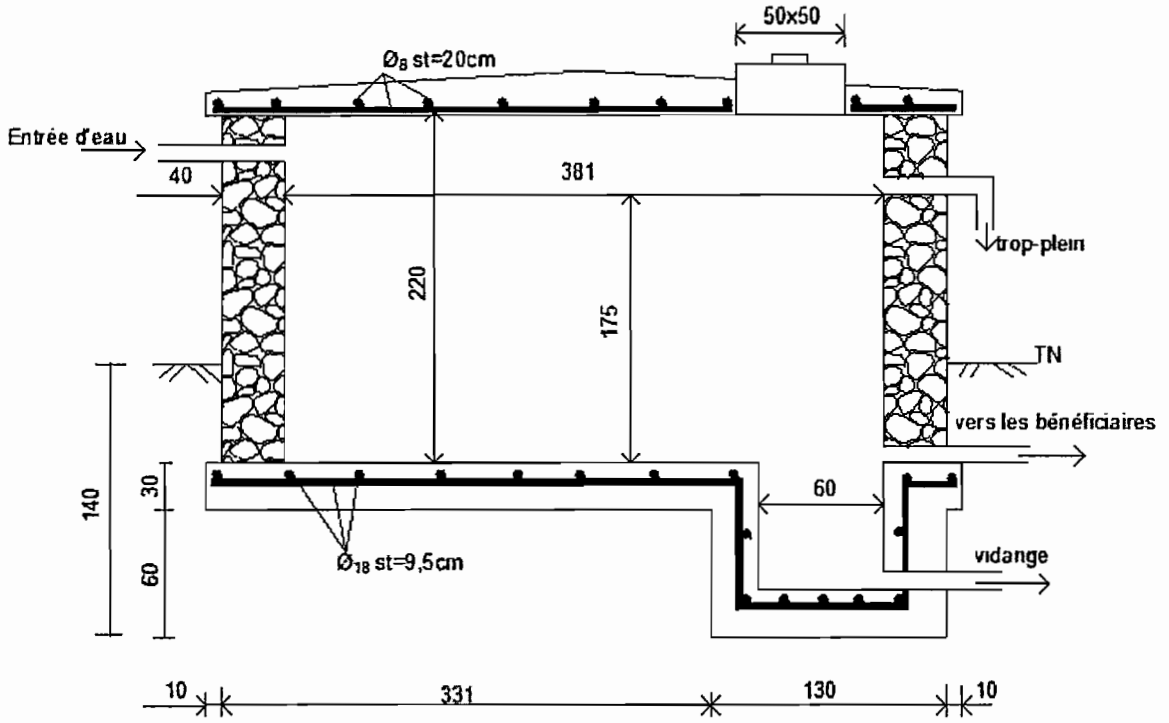


Fig.9 : Réservoir de 20m^3

Réservoir de 50m^3

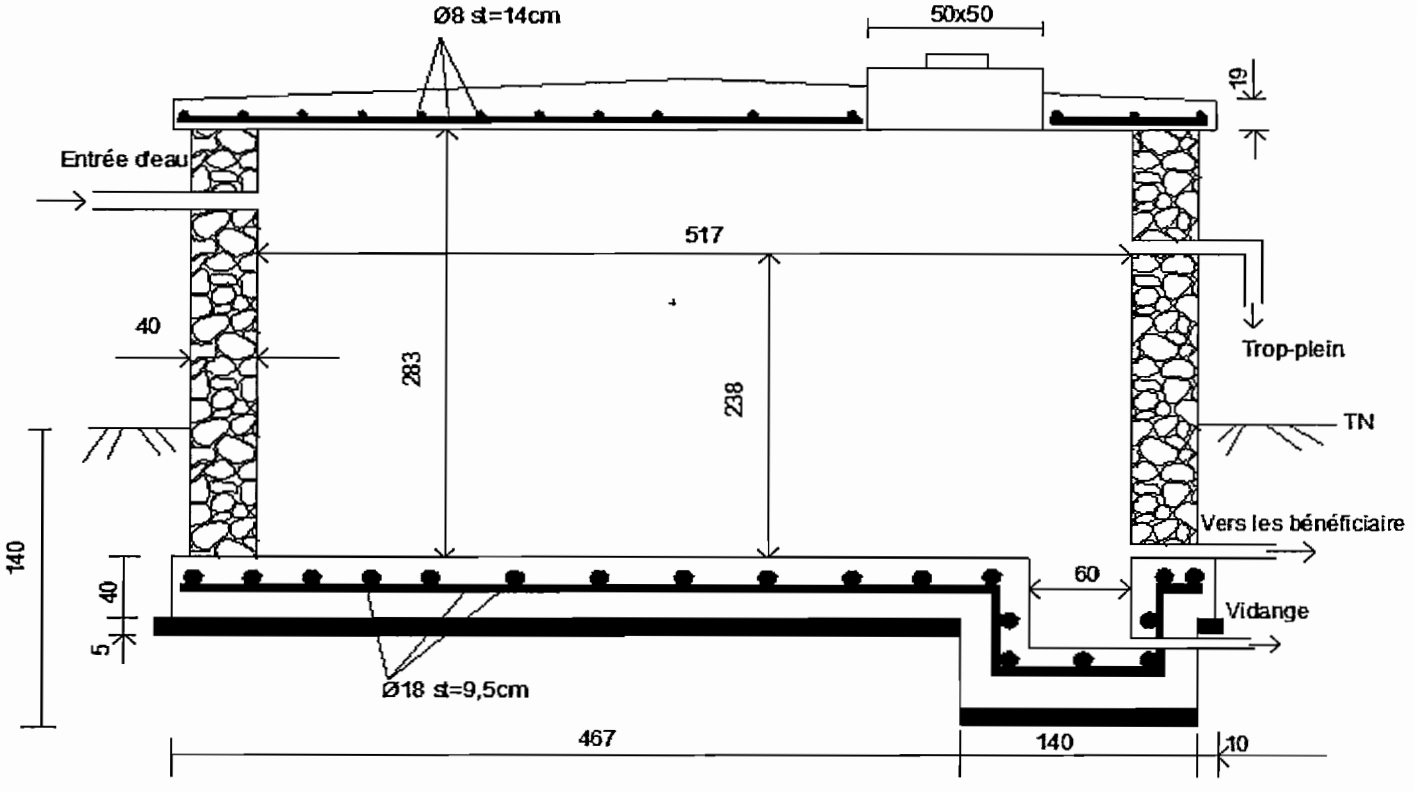


Fig.10 : Réservoir de 50m^3

V.3. Ouvrages de transport de l'eau

Les ouvrages de transport de l'eau sont des tuyaux permettant le transit de l'eau depuis la source jusqu'au lieu de distribution. Ils assurent aussi le transport des eaux usées depuis les utilisateurs jusqu'au lieu de rejet.

Ici, nous allons nous intéresser aux éléments comme les tuyaux et ses accessoires tels que les bornes fontaines, les tuyaux qui acheminent l'eau dans le réseau principal, les chambres de purges, les chambres de ventouses, les chambres purges, les chambres de ventouses, les brises charges ainsi que les chambres de vannes de sectionnement.

V.3.1. Différents types de tuyaux

On distingue :

- Tuyaux en matière plastique ;
- Tuyaux en acier galvanisé ;
- Tuyaux en fonte ;
- Tuyaux en béton armé ;
- Tuyaux en amiante-ciment.

a) Tuyaux en matière plastique

Les tuyaux en matière plastique les plus connus et les plus employés sont connus sous le nom de polychlorure de vinyle (PVC). Ils sont livrés en longueur de six mètres (6m) avec un emboîtement à l'une de ses extrémités permettant le collage des uns aux autres.

Les tuyaux en PVC sont regroupés en trois catégories suivant les pressions nominales :

- PVC PN6 : qui résiste à la pression nominale jusqu'à 6bars ;
- PVC PN10 : qui résiste à la pression nominale jusqu'à 10bars ;
- PVC PN 16 : qui résiste à la pression nominale jusqu'à 16bars.

Ils résistent mieux à la corrosion, ils sont plus légers, ils sont faciles à poser et on connaît moins de pertes de charge. Les diamètres couramment utilisés et disponible sur le marché au Burundi sont : 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110 et 160mm.

b) Tuyaux en acier galvanisé

Ils sont surtout employés pour les grandes distances et aux débits élevés avec de forte pression car ils résistent mieux à la surpression. Les diamètres les plus rencontrés sont les suivants : 1''/2, 3''/4, 1''1/4, 1''1/2, 2'', 2''1/2, 3'', 4''.

Notons que 1''=2,54cm.

c) Tuyaux en fonte

Ils nécessitent des précautions de manutention. Ils résistent aux pressions nominales entre 16 et 40bars. Les fontes ductiles sont les plus utilisés, elles ont des diamètres nominaux de 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1250 en mm.

d) Tuyaux en béton armé

Ces tuyaux sont employés pour les centrales hydroélectriques. Ils résistent bien à la compression mais résistent mal à la traction. Ils supportent des pressions faibles et ils sont efficaces pour l'évacuation des eaux.

e) Tuyaux en amiante-ciment

Les tuyaux en amiante-ciment sont fabriqués à partir de deux éléments : l'amiante et le ciment portland. L'amiante est un minéral fibreux, de faible densité, inflammable. La pose des canalisations en amiante-ciment est facile comme celle en fonte.

V.2.8.2. Accessoires à la conduite

Ces accessoires se rencontrent sur les conduites gravitaires ou sur les conduites de refoulement par pompage. Ces accessoires sont les suivants :

- Vannes ;
- Purges ;
- Ventouses ;
- Raccords ;
- Bornes fontaines avec robinet ;
- Brises charges.

a) Les vannes

Ils sont de plusieurs types, ils sont installés sur un réseau de distribution pour trois raisons à savoir :

- Contrôler le débit ;
- Permettre l'arrêt de l'eau dans la conduite ;
- Contrôler la pression.

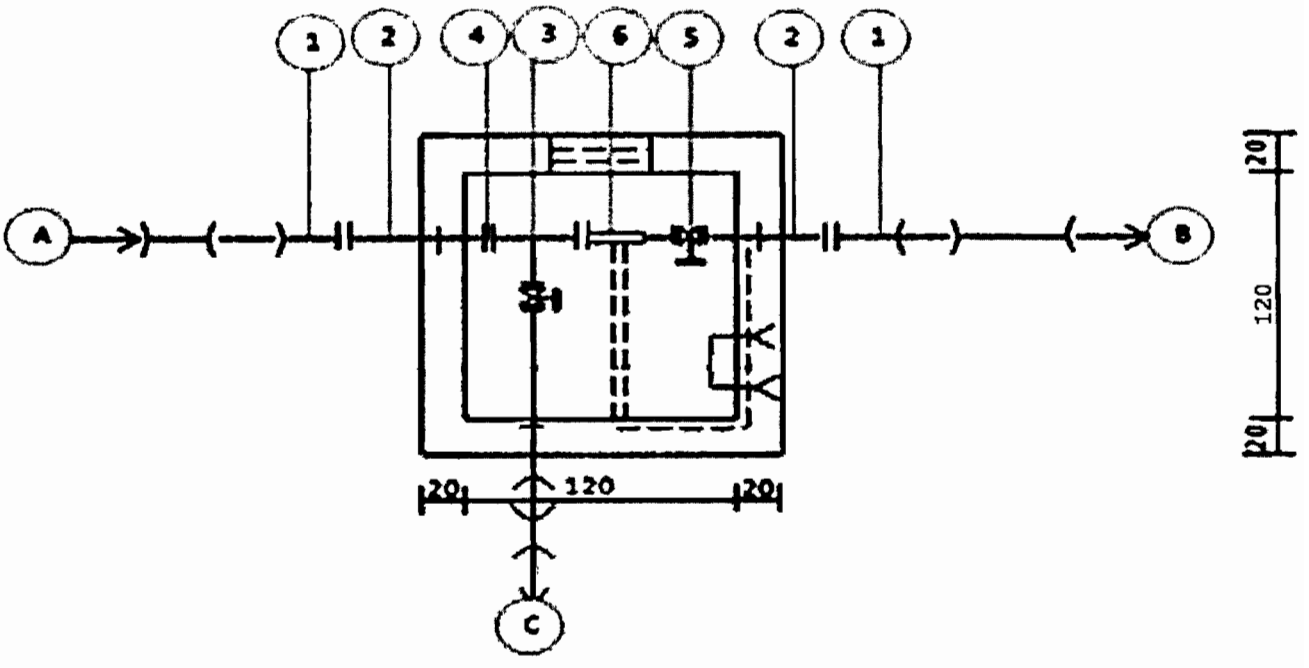


Fig.11 : Schéma d'une vanne de sectionnement

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

b) Les purges

Ce sont les chambres de décharge conçues avec vannes. Elles sont placées aux points bas du réseau pour permettre le vidange et le nettoyage des conduites. L'évacuation s'effectue vers l'égout voisin ou dans les fossés de route.

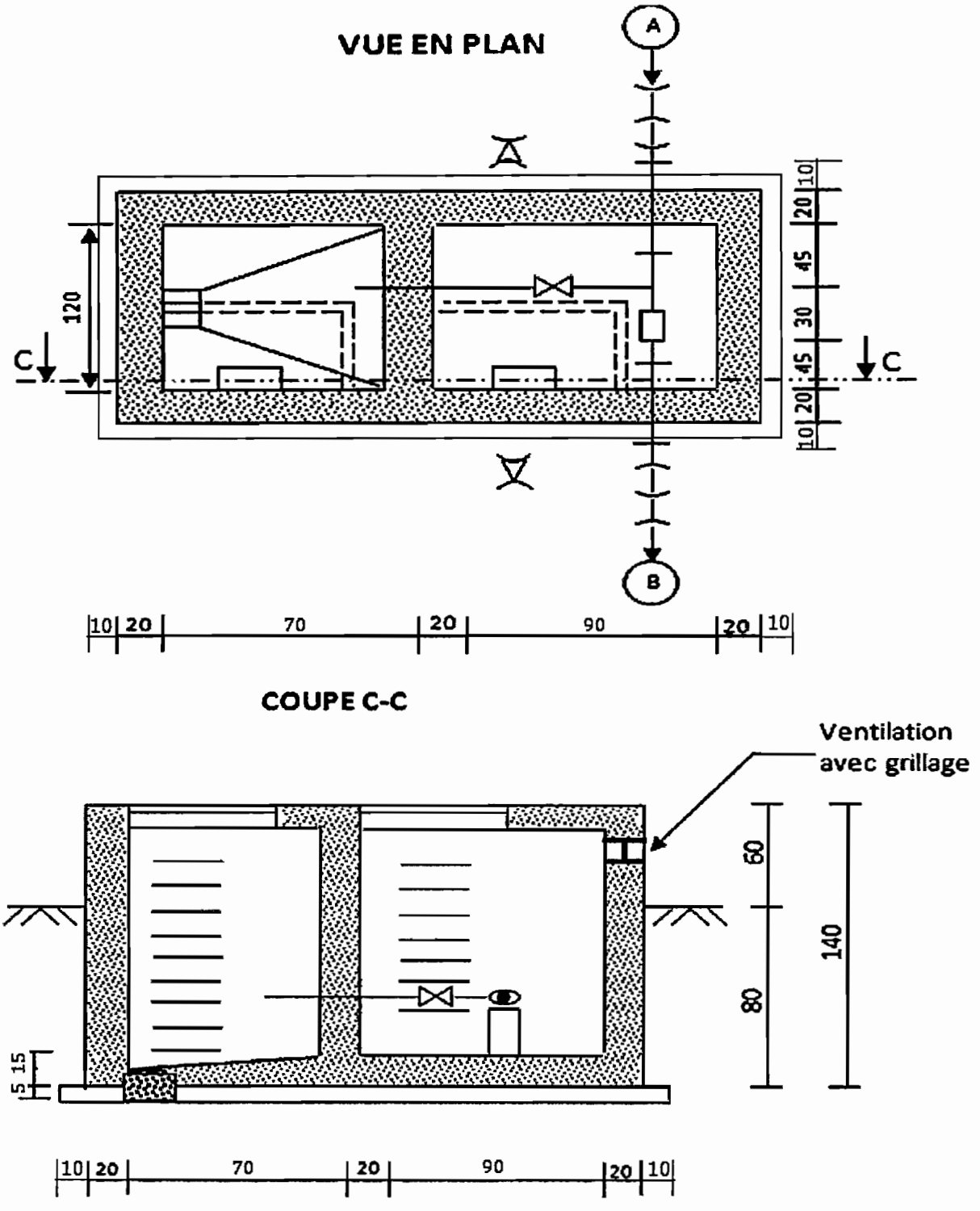


Fig.12 : Schéma d'une chambre de purge

c) Les ventouses

Ils doivent être toujours placés aux points élevés (hauts) du réseau. Leur rôle est d'évacuer l'air contenu dans les conduites.

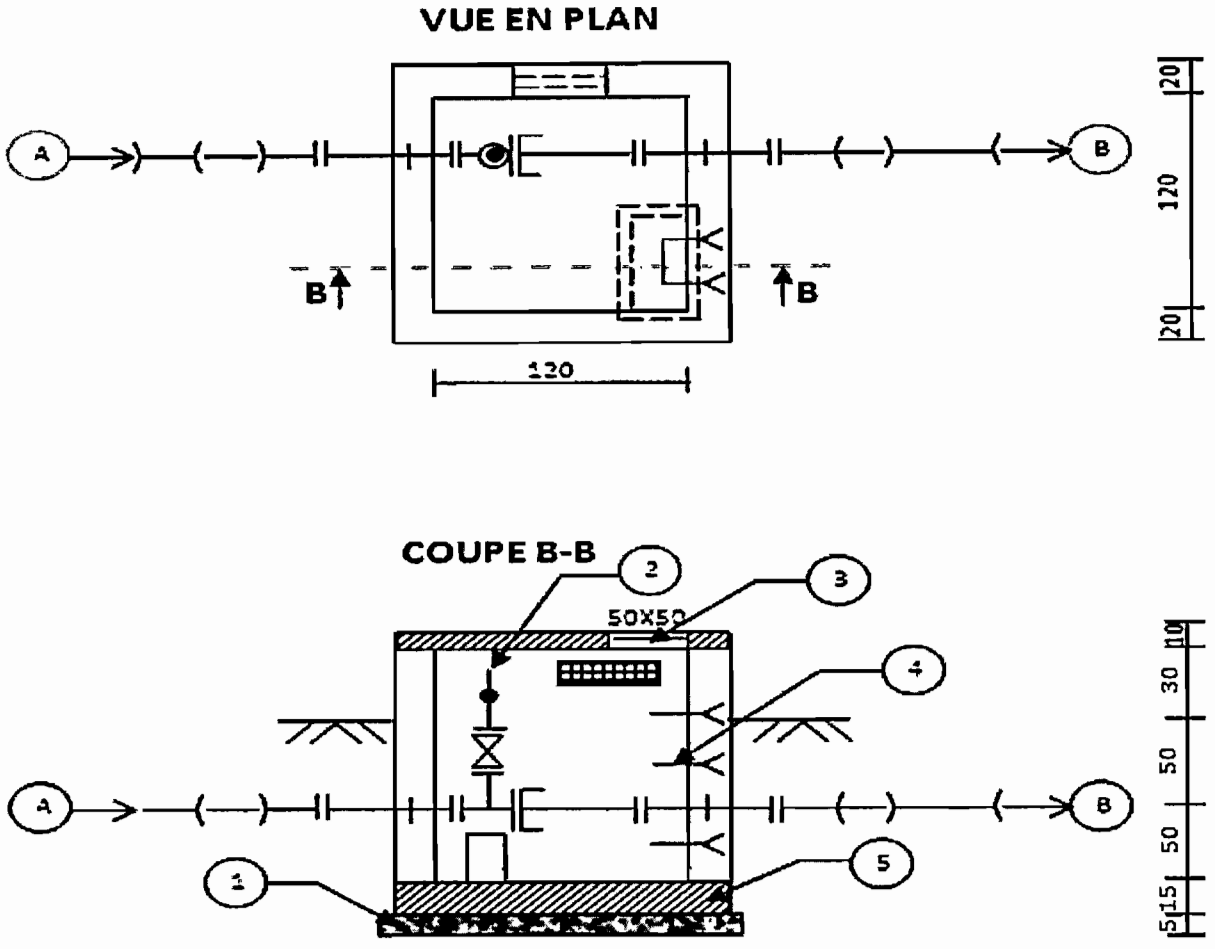


Fig.13 : Schéma d'une chambre de ventouse

Légende :

1. Béton de propreté
2. Ventouse
3. Couvercle
4. Echelons en acier

Béton armé

d) Les raccords

Les raccords ont comme rôle de :

- Changement de direction (coudes) ;
- Prise ou emplacement (Tés) ;
- Diminution ou augmentation de diamètre (cône ou réducteur).

e) Les brises charges

Ce sont des ouvrages construits dans le but d'initialiser les pressions c'est-à-dire les rendre nulle lorsque celles-ci sont supérieures à celles des tuyaux choisis. Elles doivent être installées à une altitude inférieure à celle de la source sinon au cas contraire, l'eau n'arrive pas au point de destination.

f) Les bornes fontaines

Les bornes fontaines sont des ouvrages alimentés à partir des réservoirs d'accumulation construits tout près du réseau principal. Elles sont constituées par un coffre en fonte abritant une cuvette qui débouche l'extérieur. Le manœuvre d'un bouton ou d'un volant ouvre un clapet et l'eau s'écoule par le dégorgeoir. On distingue les bornes fontaines simples et les bornes fontaines doubles avec des réducteurs de pression.

Les bornes fontaines sont avantageuses parce que les villageois peuvent avoir de l'eau potable tout près de leurs ménages.

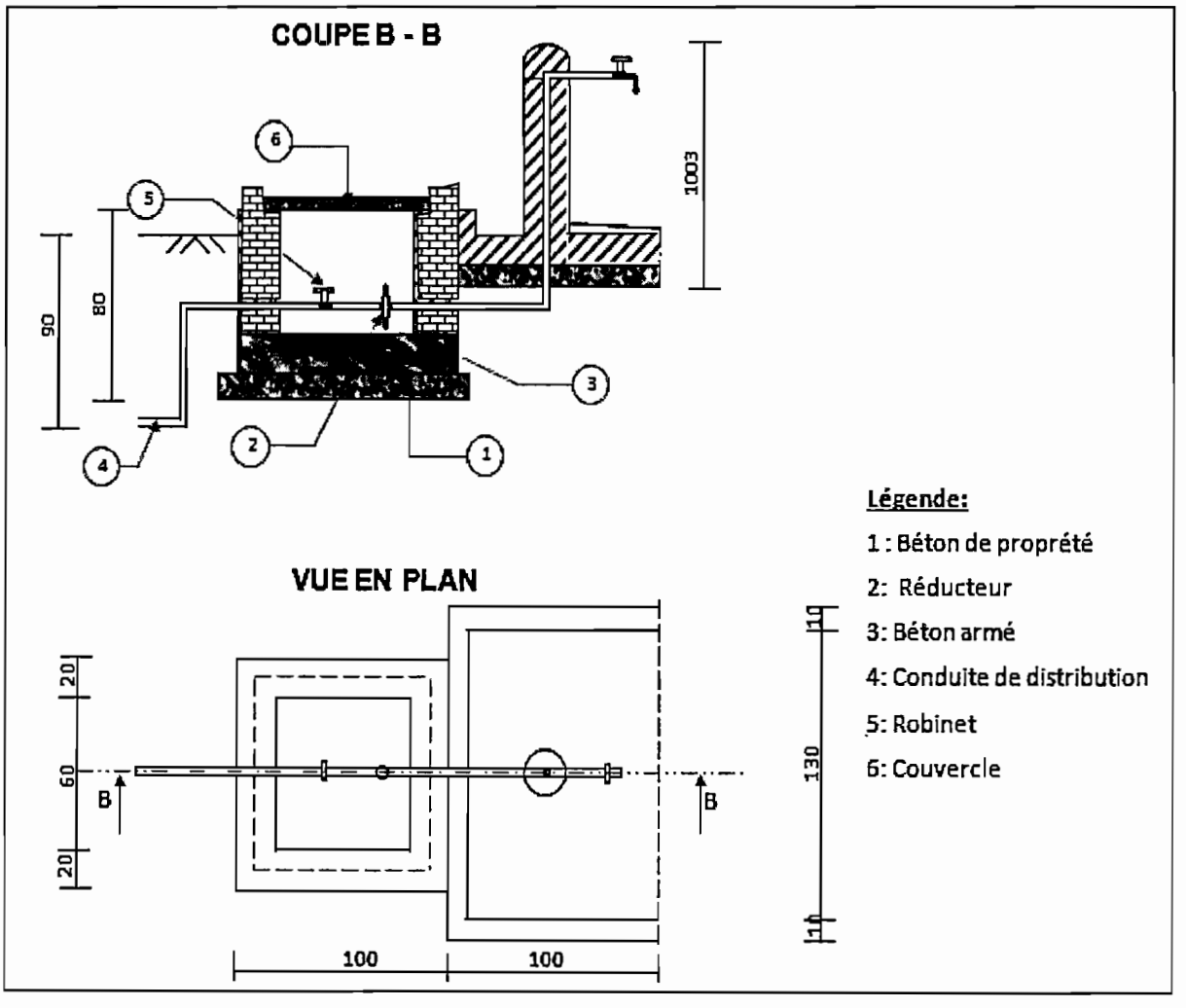


Fig.14 : Borne fontaine

V.4. Choix du type du réseau à utiliser dans notre projet

Le réseau de distribution de l'eau peut être ramifié, maillé ou mixte suivant l'identité de la population à desservir (forte agglomération ou petite agglomération).

- Le réseau ramifié est un réseau dans lequel les conduites ne comportent aucune alimentation en retour. Il présente l'avantage d'être économique mais, il manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture. Une panne sur la conduite principale prive l'eau de tous les consommateurs d'aval.

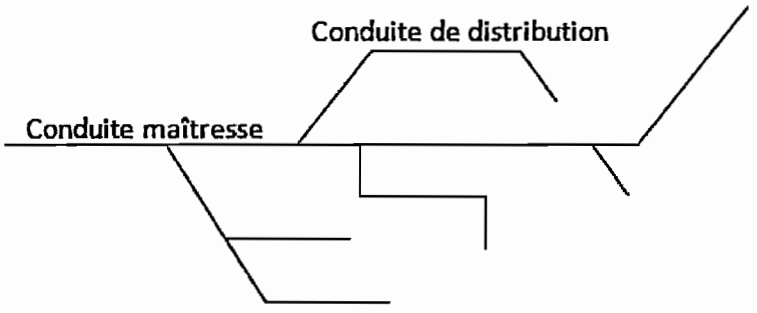


Fig. V.15 : Réseau ramifié

- Le réseau maillé est une forme d'anneau. L'eau peut circuler dans deux sens. Une ou plusieurs conduites sont disposées en forme d'anneaux. Son avantage est que s'il y a une fuite, l'eau arrive toujours aux consommateurs. La vitesse dans toutes les conduites est assez grande pour que la boue ne se décante pas.

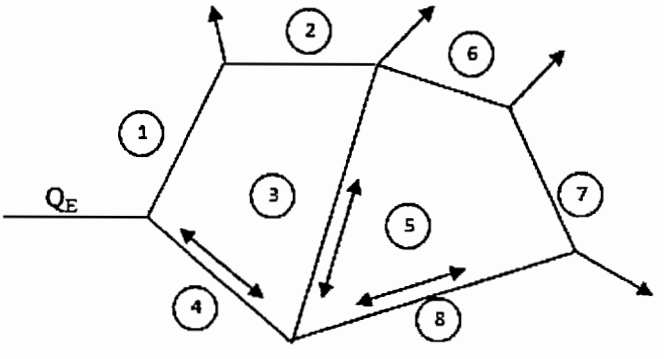


Fig. V.16: Réseau maillé

Pour notre cas, la population à alimenter en eau potable présente l'identité d'une population dispersée avec de petites agglomérations. C'est la raison pour laquelle notre réseau prendra la forme d'un réseau ramifié. Un autre critère qui conditionne le choix de ce type de réseau est qu'il est économique malgré l'inconvénient de priver l'eau des consommateurs d'aval lors d'une panne sur le tronçon principal.

V.5. Exécution des canalisations

Pour protéger les conduites contre les dommages dus à la circulation et aux intempéries, on les enterre à une profondeur convenable. Elles seront posées en tranchées de manière à être couvertes 50cm de terre végétale au maximum. Les tranchées auront une profondeur de 80 cm à 1 m. les conduites seront posées sur un sol ferme ou sur des fondations afin de prévenir des irrégularités d'affaissement qui pourraient endommager les joints.

Dans les sols rocheux, on enlèvera du fond de la tranchée des pierres et les affleurements de roches et on les remplacera par de terre, du sable, ou du gravier. Un profil en long des conduites sera tels que la pente minimale soit de 2 à 3mm/m dans les parties ou l'eau monte, soit 4 à 6mm/m dans les parties où l'eau descend.

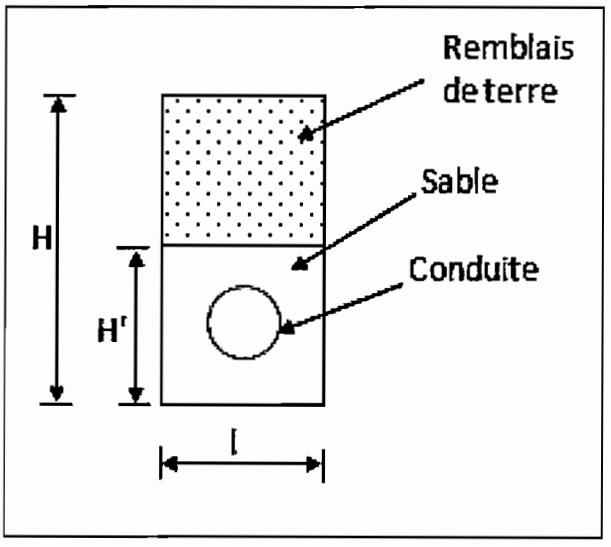


Fig. 17 : Coupe transversale de la pose de la conduite

V.6. Calculs hydrauliques

Quatre paramètres sont indispensables pour le dimensionnement des conduites.

a) La vitesse

La vitesse moyenne d'écoulement peut être fixée et choisie dans l'intervalle de 0,3 à 1,2m/s

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

b) Le débit

Il est exprimé en m^3/s (ou en l/s) et il est nécessaire à chaque tronçon conformément aux besoins en eau potable de la population :

$$Q = S \cdot V$$

$$Q = \frac{\pi D^2 V}{4}$$

c) Le diamètre

Le diamètre D de la conduite sera choisi de façon à ce que la vitesse de l'eau reste dans une marge acceptable.

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

d) Pertes de charge

Les pertes de charge sont des pertes d'énergies de l'eau sur son parcours. Il y a :

- Les pertes de charges linéaires qui correspondent aux frictions de l'eau contre les parois de la conduite ;
- Les pertes de charges singulières qui correspondent à la présence d'un obstacle particulier.

Les pertes de charge sont fonction du débit Q, de la vitesse d'écoulement, du diamètre, de la rugosité de la conduite ainsi que des caractéristiques du liquide notamment de la viscosité cinématique ν $(\nu = 10^{-6} m^2/s)$

Selon DARCY-WEISBACH :

$$j = \frac{\lambda \times V^2}{2 \times g \times D}$$

Avec :

j : perte de charge unitaire ;
λ : coefficient de perte de charge ;
g : accélération de la pesanteur (m/s²)
V : Vitesse d'écoulement (m/s).

Avec : $\lambda = f\left(\mathrm{Re}, \frac{\varepsilon}{D}\right)$: coefficient de frottement qui est fonction du nombre de Reynolds (Re)

$$\mathrm{Re} = \frac{V \times D}{\nu}$$

Où :

$\frac{\varepsilon}{D}$: rugosité relative ;

Re : nombre de Reynolds ;

ε : rugosité absolue.

Pour un tronçon de longueur L, les pertes de charges totales sont données par :

$$J = j \times L$$

Le coefficient de frottement λ est donné par certaines expressions selon la nature et le diamètre de la conduite, le nombre de Reynolds et selon les auteurs :

1° Pour Colebrook et White

Cette formule peut être utilisée pour tous les types de tuyaux

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\log\left(\frac{\varepsilon}{3{,}7D} + \frac{2{,}51}{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}}\right)$$

2° Pour Prandt NIKURADSE

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1{,}74 + 2\log\left(\frac{D}{2\varepsilon}\right)$$

cette formule est utilisée pour les tuyaux argueux (tuyaux en acier, en fonte et en béton armé).

3° Pour BLASIUS

$$\lambda = \frac{0{,}316}{(\mathrm{Re})^{1/4}}$$

Cette formule est utilisée pour les tuyaux lisses (tuyaux en PVC)

La pression en un point du réseau est donnée par la différence entre la côte piézométrique et la côte du sol.

En effet, en guise du théorème de BERNOULLI appliqué entre deux sections quelconques 1 et 2 de même débit, on a :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\varphi g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\varphi g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

Avec :

Z_i : énergie potentielle

$\frac{P}{\varphi}$: énergie due à la pression

$\frac{V^2}{2g}$: énergie due à la vitesse ou énergie cinématique

ΔH : perte de charge totale engendrée dans le tronçon 1-2

Compte tenue de la valeur $\frac{V^2}{2g}$ qui est négligeable et la pression initiale qui est nulle,

(sans tenir compte de la pression atmosphérique), on a :

Pression au sol = côte piézométrique – côte du sol

c'est-à-dire $\frac{P}{\varphi}$ = côte piézométrique – z

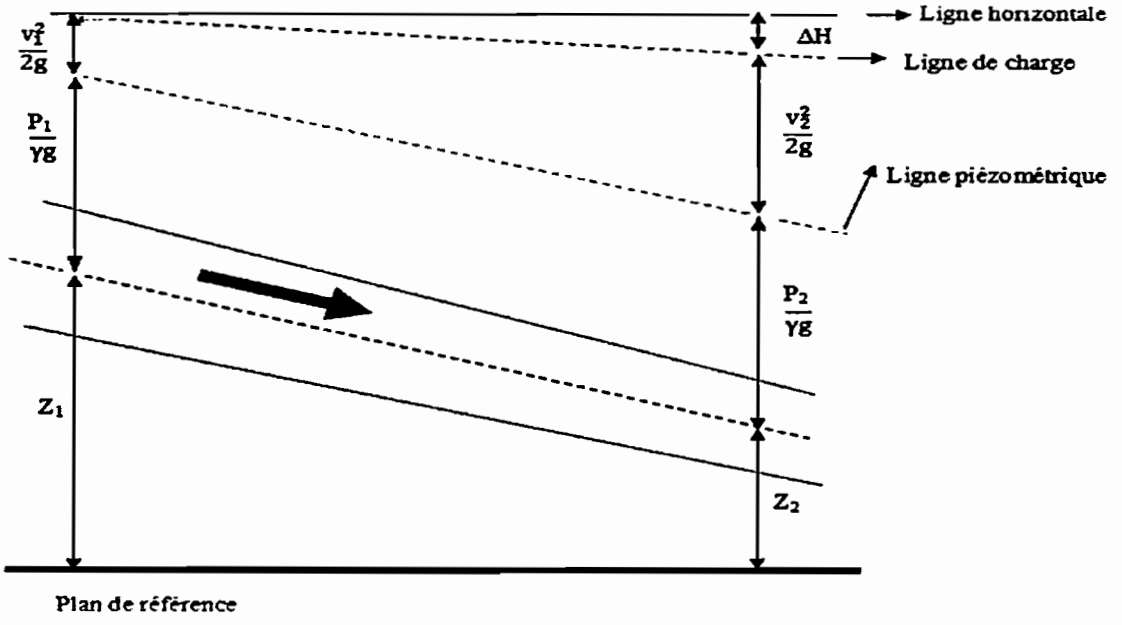


Fig.18 :Equation de bernouilli

Tableau de calculs hydrauliques

TONCON	DIST. (m)	ALTITUDE(m)		DEBIT (m3/S)	CONDUITE				VIT. (m/s)	Re	λ	PERTE DE CHARGE		HAUTEUR PIEZOMETRIQUE		PRESSION DYNAMIQUE (m)	
		Amont	Aval		DI(m)	D.E(mm)	PN	Type				j (m/m)	J (m)	Amont	Aval	Amont	Aval
CD-1	112	1860,0	1832,7	0,001208	0,0448	50	10	PVC	0,7667	34346	0,023	0,016	1,741	1860	1858,3	0,00	25,56
1-2	250	1832,7	1800,5	0,001208	0,0448	50	10	PVC	0,7667	34346	0,023	0,016	3,885	1858,3	1854,4	25,56	53,87
2-3	270,5	1800,5	1795,5	0,001208	0,0448	50	10	PVC	0,7667	34346	0,023	0,016	4,204	1854,4	1850,2	53,87	54,67
3-CV1	300	1795,5	1797,5	0,001208	0,0448	50	10	PVC	0,7667	34346	0,023	0,016	4,662	1850,2	1845,5	54,67	48,01
CV1-CP1	120	1797,5	1767,5	0,001208	0,0448	50	10	PVC	0,7667	34346	0,023	0,016	1,865	1845,5	1843,6	48,01	76,14
CP1-6	115	1767,5	1774,3	0,001208	0,0448	50	10	PVC	0,7667	34346	0,023	0,016	1,787	1843,6	1841,9	76,14	67,56
6- CVNS1	170	1774,3	1781,7	0,001208	0,0448	50	10	PVC	0,7667	34346	0,023	0,016	2,642	1841,9	1839,2	67,56	57,51
CVNS1-8	60	1781,7	1780,7	0,000876	0,0448	50	10	PVC	0,5558	24899	0,025	0,009	0,531	1839,2	1838,7	57,51	57,98
8-9	315	1780,7	1769,7	0,000876	0,0448	50	10	PVC	0,5558	24899	0,025	0,009	2,788	1838,7	1835,9	57,98	66,19
9-10	100	1769,7	1769,7	0,000876	0,0448	50	10	PVC	0,5558	24899	0,025	0,009	0,885	1835,9	1835	66,19	65,31
10-11	380	1769,7	1764,2	0,000876	0,0448	50	10	PVC	0,5558	24899	0,025	0,009	3,364	1835.0	1831,6	65,31	67,44
11-12	350	1764,2	1742,2	0,000876	0,0448	50	10	PVC	0,5558	24899	0,025	0,009	3,098	1831,6	1828,5	67,44	86,35
12-CP2	400	1742,2	1728,0	0,000876	0,0448	50	10	PVC	0,5558	24899	0,025	0,009	3,541	1828,5	1825	86,35	97,01

CP2-14	30	1728,0	1728,0	0,000876	0,0448	50	**10**	PVC	0,5558	24899	0,025	0,009	0,266	**1825**	**1824,7**	**97,01**	**96,74**
14-15	350	1728,0	1730,0	0,000876	0,0448	50	**10**	PVC	0,5558	24899	0,025	0,009	3,098	**1824,7**	**1821,6**	**96,74**	**91,64**
15-16	155,5	1730,0	1735,1	0,000876	0,0448	50	**10**	PVC	0,5558	24899	0,025	0,009	1,376	**1821,6**	**1820,3**	**91,64**	**85,17**
16-17	170,1	1735,1	1740,1	0,000876	0,0448	50	**10**	PVC	0,5558	24899	0,025	0,009	1,506	**1820,3**	**1818,8**	**85,17**	**78,66**
17-18	299	1740,1	1742,1	0,000876	0,0448	50	**10**	PVC	0,5558	24899	0,025	0,009	2,647	**1818,8**	**1816,1**	**78,66**	**74,01**
18-19	140	1742,1	1754,0	0,000876	0,0448	50	**10**	PVC	0,5558	24899	0,025	0,009	1,239	**1816,1**	**1814,9**	**74,01**	**60,87**
19- CVNS2	297	1754,0	1756,1	0,000876	0,0448	50	**10**	PVC	0,5558	24899	0,025	0,009	2,629	**1814,9**	**1812,2**	**60,87**	**56,15**
CVNS2-21	320	1756,1	1760,0	0,000714	0,0448	50	**10**	PVC	0,4531	20297	0,027	0,006	1,981	**1812,2**	**1810,3**	**56,15**	**50,26**
21-22	190	1760,0	1761,0	0,000714	0,0448	50	**10**	PVC	0,4531	20297	0,027	0,006	1,176	**1810,3**	**1809,1**	**50,26**	**48,09**
22-CV2	180,4	1761,0	1765,0	0,000714	0,0448	50	**10**	PVC	0,4531	20297	0,027	0,006	1,117	**1809,1**	**1808**	**48,09**	**42,97**
CV2-24	200	1765,0	1766,5	0,000714	0,0448	50	**10**	PVC	0,4531	20297	0,027	0,006	1,238	**1808**	**1806,7**	**42,97**	**40,23**
24-25	250	1766,5	1768,0	0,000714	0,0448	50	**10**	PVC	0,4531	20297	0,027	0,006	1,548	**1806,7**	**1805,2**	**40,23**	**37,19**
25-26	170	1768,0	1770,1	0,000714	0,0448	50	**10**	PVC	0,4531	20297	0,027	0,006	1,052	**1805,2**	**1804,1**	**37,19**	**34,03**
26-27	400	1770,1	1771,0	0,000714	0,0448	50	**10**	PVC	0,4531	20297	0,027	0,006	2,476	**1804,1**	**1801,7**	**34,03**	**30,66**
27- CVNS3	200	1771,0	1772,0	0,000714	0,0448	50	**10**	PVC	0,4531	20297	0,027	0,006	1,238	**1801,7**	**1800,4**	**30,66**	**28,42**
CVNS3-29	370	1772,0	1769,0	0,000437	0,036	40	**10**	PVC	0,4295	15461	0,028	0,007	2,742	**1800,4**	**1797,7**	**28,42**	**28,68**
29-30	380	1769,0	1773,0	0,000437	0,036	40	**10**	PVC	0,4295	15461	0,028	0,007	2,816	**1797,7**	**1794,9**	**28,68**	**21,86**
30-31	125	1773,0	1780,0	0,000437	0,036	40	**10**	PVC	0,4295	15461	0,028	0,007	0,926	**1794,9**	**1793,9**	**21,86**	**13,94**
31-CV3	80	1780,0	1785,0	0,000437	0,036	40	**10**	PVC	0,4295	15461	0,028	0,007	0,593	**1793,9**	**1793,3**	**13,94**	**8,34**
CV3-33	395,6	1785,0	1786,0	0,000437	0,036	40	**10**	PVC	0,4295	15461	0,028	0,007	2,931	**1793,3**	**1790,4**	**8,34**	**4,41**

Tableau 21 : Calculs hydrauliques

Schéma de fonctionnement du réseau

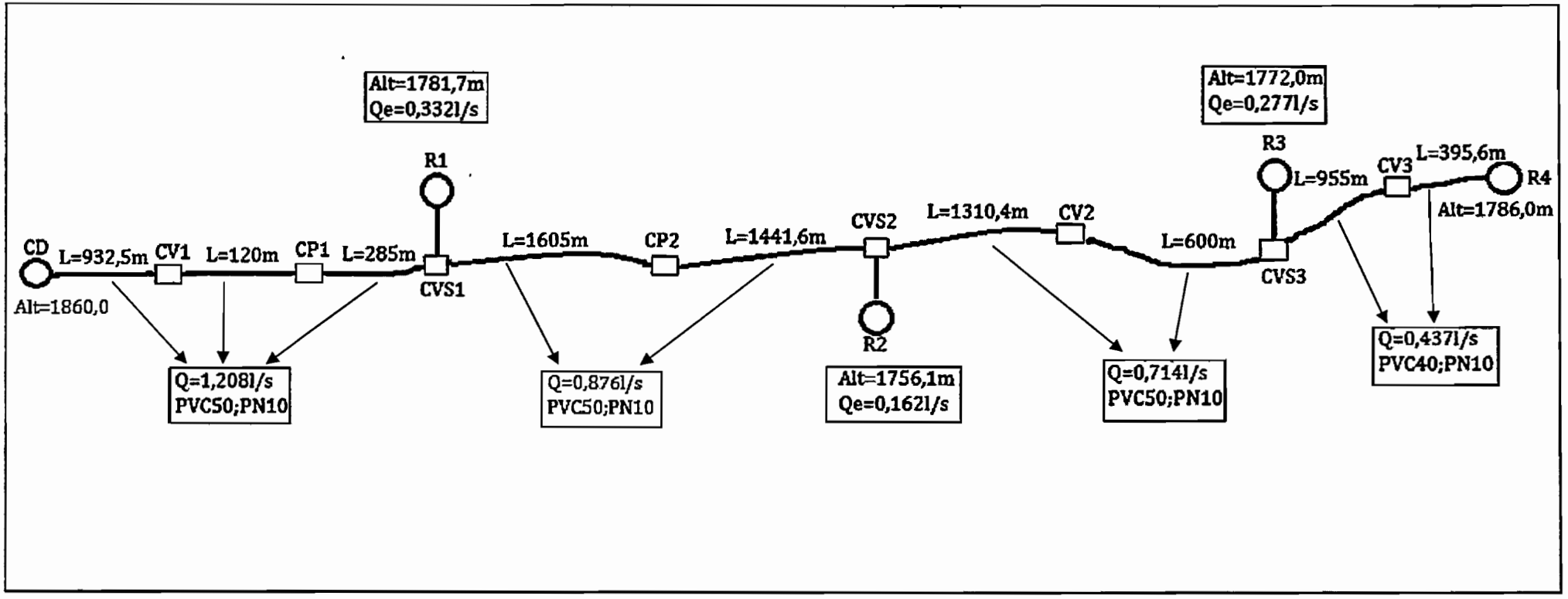


Fig.19 : Schéma de fonctionnement du réseau

CHAP VI. EVALUATION SOMAIRE DU COUT DU PROJET

VI.1. Généralités

Pour étudier convenablement un projet n'importe lequel, il convient indispensable de songer à l'estimation de son coût afin d'aboutir à son exécution.

De ce fait, l'évaluation proprement dite du coût estimatif du projet consiste à bien déterminer une enveloppe financière pour tous les matériaux et matériels nécessaires de toutes les activités effectuées, ainsi que la main d'œuvre pour pouvoir le réaliser comme exigé.

VI.2. Quantification des travaux et des matériaux

VI.2.1. Captage

Le captage consiste à aménager la zone de captage et la chambre de départ où l'eau prend départ vers les ouvrages de distribution. Après avoir creusé jusqu'au niveau de la couche imperméable contenant tous les filets d'eau et on va y placer un tuyau drain dans une couche filtrante amenant l'eau dans la chambre de départ.

Désignation	**Formule**	**unité**	**L (m)**	**l(m)**	**h(m)**	**e(m)**	**Q**
Décapage de la terre végétale	L*l*e	m^3	15	15		0,3	67,5
Fouille	L*l*h	m^3	4	3	2,5		30
Gravier filtrant	L*l*h	m^3	4	3		0,9	10,8
Moellon pour élévation du mur de barrage	L**h*e	m^3	4		2,5	0,4	4
Volume de mortier	(30% du volume de la maçonnerie)	m^3					1,2
Volume de sable	Vs=Vmortier*1.1	m^3					1,32
Ciment(350kg /m^3)	(350*Vmortier)/50	sacs					10
Tuyaux captant 90PVC	L	ml	12				12
Feuille plastique	L*l	m^2	5	4			20
Argile d'étanchéité	L*l*h	m^3	4	3		0,5	6
Matériaux de remblais	Vf-(Vgr+Varg)	m^3					13,2

VI.2.2. Chambre de départ

Le décapage de la terre végétale sera effectué sur une profondeur de 30 cm et nous allons ajouter 1 m sur chaque côté pour avoir de l'espace de travail. La maçonnerie des murs se fera en moellon de hauteur h.la base de ces ouvrages sera en béton armé et posée sur un lit de pose de 5 cm d'épaisseur e sur 6,2m de diamètre D.Q étant la quantité de matériaux trouvé.

Désignation	**Formule**	**unité**	**L=D (m)**	**l(m)**	**h(m)**	**e(m)**	**Q**
Décapage de la terre végétale	(D^2*π)/4*e	m^3	8,5			0,3	17,014
Terrassement	(D^2*π)/4*e	m^3	6,5		1		33,166
Béton propreté	(D^2*π)/4*e	m^3	6,2			0,05	1,508
Dalle de couverture	(D^2*π)/4*e	m^3	6,2			0,19	5,733
Béton armé du radier	(D^2*π)/4*e	m^3	6,2			0,4	12,070
Armatures (φ18 ; St =9,5 cm pour radier	[(L/St+1)*l]*2 /12	pces	6,2	6,2			62ø 18
Armatures (φ8 ; St =14 cm pour couverture	[(L/St+1)*l]*2 /12	pces	6,2	6,2			42ø 8
maçonnerie de moellon pour élévation	D*π*h*e	m^3	6		2,85	0,4	21,477
volume du mortier	(30% du volume de la maçonnerie)	m^3					6,440
Volume des moellons	V tot-V mortier	m^3					15,037
Revêtement intérieur du Fond	(D^2*π)/4*e	m^3	5,2			0,02	0,424
Revêtement intérieur du mur	D*π*h*e	m^3	5,2		2,85	0,02	0,930

Récapitulation des quantités de matériaux

NB : Pour notre projet, les pertes éventuelles de tous les matériaux qui se détériorent lors de leur utilisation sont indiquées dans le tableau ci-après :

Matériaux	ciment	briques	Coffrage,sable,gravier, armatures, conduites	clous
Pertes	5%	10%	15%	20%

La composition du béton armé :

- Gravier :0,8 m^3/ m^3
- Sable: 0,4 m^3/ m^3
- Ciment: dosé suivant la nature de l'ouvrage
- Fil à ligaturer=n*(R^2*3,14*12*7850)*0,05kg

Designation	**Unité**	**Q**	**Gravier (m^3)**	**sable (m^3)**	**ciment (sac)**	**fil à ligaturer (kg)**
Béton propreté (200 kg/m^3)	m^3	1,508	1,206	0,603	7	
dalle de couverture (350 kg/m3)	m^3	5,733	4,586	2,293	41	12
Béton armé du radier (350 kg/m3)	m^3	12,070	9,656	4,828	85	45
mortier de maçonnerie (300 kg/m3)	m^3	6,440		6,440	39	
Revêtement intérieur du Fond (400 kg/m3)	m^3	0,420		0,420	4	
Revêtement intérieur du mur (400 kg/m3)	m^3	0,930		0,930	8	
Total			**15,448**	**15,514**	**184**	**57**
Total y compris les pertes			**17,766**	**17,841**	**190**	

Tableau 22 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour la chambre de départ

Coffrage

Surface plane à coffrer = (D^2*3,14)/4

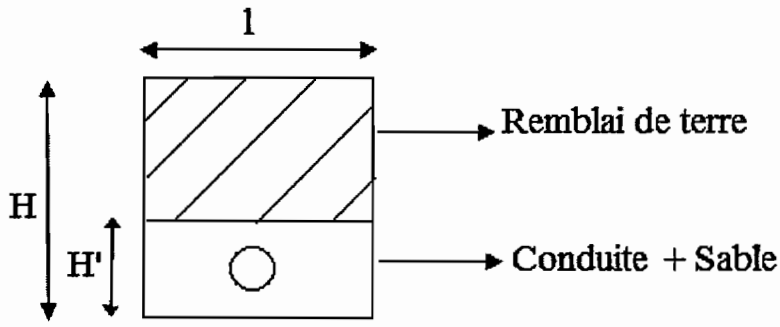
Surface laterale à coffrer=D*3,14*e

Surface d'une planche =3,5m*0,15m

Nombre de planche=Surface totale à coffrer/Surface d'une planche

Désignation	L=D	l	e	Surface total à coffrer (m^2)		nombre de planche	clous = 0.15kg *S à coffrer
	m	m	m	S plane	S latérale		
dalle de couverture (350 kg/m3)	6,2		0,19	30,175	3,698	65	31
Béton armé du radier (350 kg/m3)	6,2		0,4		7,787	15	2
Total				**30,175**	**11,486**	**80**	**33**
Total y compris les pertes						**91**	**37**

VI.2.3. Travaux de canalisation



Les formules suivantes vont nous aider à calculer les volumes nécessaires :

- Volume de terre excavée : $Vt = H \times L \times l$
- Volume de la conduite : $Vc = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L$
- Volume de sable d'enrobage : $Vs = L \times (H' \times l - \frac{\pi D^2}{4})$
- Volume de déblais excédentaires : $Vd = (Vc + Vs) \times f$
- Volume remblais : $Vr=(H-H') * l * L$
- $H' = D + 0{,}2$

Avec :

L : longueur du tuyaux ;

D : diamètre de tuyaux ;

H : profondeur de la tranchée ;

l: largeur de la tranchée

H': épaisseur de la couche d'enrobage ;

f =0,05 : coefficient de foisonnement

a.Calcul de la hauteur de la couche de sable

Diamètre de la conduite D (mm)	H'(m)
50	0,25
40	0,24

b.Tableau des travaux de canalisation

H'(m)	D(mm)	L(m)	H(m)	l(m)	Vc(m^3)	Vt(m^3)	Vs(m^3)	Vd(m^3)	Vr(m^3)
0,25	50	6294,5	0,9	0,5	12,352	2832,525	774,459	786,812	2045,712
0,24	40	1350,5	0,9	0,5	1,696	607,725	160,363	162,060	445,665
Total					14,048	3440,250	934,822	948,872	2491,377

c. Tableau des tuyaux a fournir

Type de tuyaux	L(m)	Nombre de longueur de 6m par tuyau	Nombre de longueurs en tenant compte d'une perte de 5%
PVC 50	6294,5	1049,083	1102
PVC 40	1350,5	225,083	237
Total		**1274,166**	**1339**

VI.2.4. Chambres de purge(2)

Le décapage de la terre végétale sera effectué sur une profondeur de 30 cm et nous allons ajouter 1 m sur chaque côté pour avoir de l'espace de travail. La maçonnerie des murs de hauteur h se fera en brique cuite avec enduit de 1 cm.la base de cet ouvrage sera en béton et posée sur un lit de pose de 5 cm d'épaisseur e sur 220 cm de longueur L ,160 cm de largeur l. n étant le nombre de chambre de purge et Q la quantité trouvée.

Désignation	Formule	unité	L (m)	l(m)	h(m)	e(m)	Q
Décapage de la terre végétale	(L*l*e)*n	m^3	4,4	3,8		0,3	10,032
Terrassement	(L*l*h)*n	m^3	2,6	2,0	0,85		8,840
Béton propreté	L*l*e*n	m^3	2,4	1,8		0,05	0,432
dalle de couverture	L*l*e*n	m^3	2,2	1,6		0,1	0,704
Béton armé du radier	L*l*e*n	m^3	2,2	1,6		0,15	1,056
Armatures (φ8 ; St =10 cm pour radier dans le sens de la longueur	[(L/St+1)*l] /12*n	pces	2,2	1,6			8ø 8
Armatures (φ8 ; St =10 cm pour radier dans le sens de la largeur	[(L/St+1)*l] /12*n	pces	2,2	1,6			8ø 8
Armatures (φ6 ; St =10 cm pour couverture dans le sens de la longueur	[(L/St+1)*l] /12*n	pces	2,2	1,6			8ø 6
Armatures (φ6; St =10 cm pour couverture dans le sens de la largeur	[(L/St+1)*l] /12*n	pces	2,2	1,6			8ø 6
maçonnerie de brique pour élévation	(L + l) * 2 *e * h*n	m^3	2,2	1,6	1,15	0,2	4,256
volume du mortier	(30% du volume de la maçonnerie)	m^3					1,2768
Volume des briques avec les pertes de 10 %	V tot-V motier	m^3					3,277
Nombre de briques de dimension: 19cm*9cm*4cm	V tot brq/V1 brq	pces					4792
Revêtement intérieur du Fond	L * l*e*n	m^3	1,8	1,4		0,02	0,100
Revêtement intérieur du mur	(L + l)*2 * h *e*n	m^3	1,8	1,4	1,15	0,02	0,120

Récapitulation des quantités de matériaux

La composition du béton armé :

- Gravier : 0,8 m^3/ m^3
- Sable: 0,4 m^3/ m^3
- Ciment: dosé suivant la nature de l'ouvrage
- Fil à ligaturer=n*(R^2*3,14*12*7850)*0,05kg

Désignation	**Unite**	**Q**	**Gravier (m^3)**	**sable (m^3)**	**ciment (sac)**	**fil à ligaturer(kg)**
Béton propreté (200 kg/m^3)	m^3	0,352	0,281	0,140	2	
dalle de couverture (350 kg/m3)	m^3	0,704	0,563	0,281	5	5
Béton armé du radier (350 kg/m3)	m^3	1,056	0,844	0,422	8	2
mortier de maçonnerie (300 kg/m3)	m^3	1,276		1,276	7	
Revêtement intérieur du Fond (400 kg/m3)	m^3	0,100		0,100	1	
Revetement interieur du mur (400 kg/m3)	m^3	0,120		0,120	1	
Total			**1,689**	**2,342**	**27**	**7**
Total y compris les pertes			**1,943**	**2,693**	**25**	**8**

Tableau 23 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour la chambre de purge

Coffrage

Surface plane à coffrer =L*l*n
Surface latérale a coffrer=(L+l)*2*e*n

Surface d'une planche =3,5m*0,15m

Nombre de planche=Surface totale à coffrer/Surface d'une planche

Désignation	**L=D**	**l**	**n**	**e**	**Surface total à coffrer (m^2)**		**nombre de planche**	**clous = 0.15kg *S à coffrer**
	m	m		m	S plane	S latérale		
dalle de couverture (350 kg/m3)	2,2	1,6	2	0,1	6,079	1,381	14	6
Béton armé du radier (350 kg/m3)	2,2	1,6	2	0,15		2,072	4	1
Total					6,079	**3,454**	**18**	**7**
Total y compris les pertes							**20**	**8**

VI.2.5. Chambres de ventouses(3) et chambres de vannes de sectionnements(3)

Le décapage de la terre végétale sera effectué sur une profondeur de 30 cm et nous allons ajouter 1 m sur chaque côté pour avoir de l'espace de travail. La maçonnerie des murs de hauteur h se fera en brique cuite avec enduit de 1 cm.la base de cet ouvrage sera en béton et posée sur un lit de pose de 5 cm d'épaisseur e sur 140 cm de longueur L ,140 cm de largeur l. n =6, le nombre de chambre de ventouses et chambre de sectionnement. Q étant la quantité trouvée.

Désignation	Formule	unité	L (m)	l(m)	h	e	Q
Décapage de la terre végétale	(L*l*e)*n	m^3	3,4	3,4		0,3	20,808
Terrassement	(L*l*h)*n	m^3	2	2	1,2		28,8
Béton propreté	L*l*e*n	m^3	1,8	1,8		0,05	0,972
dalle de couverture	L*l*e*n	m^3	1,6	1,6		0,1	1,536
Béton armé du radier	L*l*e*n	m^3	1,6	1,6		0,15	2,304
Armatures (ϕ8 ; St =10 cm pour radier.	[(L/St+1)*l]*2 /12*n	pces	1,6	1,6			24ø8
Armatures (φ6 ; St =10 cm pour couverture.	[(L/St+1)*l]*2 /12*n	pces	1,6	1,6			24ø6
maçonnerie de brique pour élévation	(L + l) * 2 * e * h*n	m^3	1,6	1,6	1,3	0,2	10,752
volume du mortier	(30% du volume de la maçonnerie)	m^3					3,225
Volume des briques avec les pertes de 10 %	V tot-V motier	m^3					8,279
Nombre de briques de dimension: 19cm*9cm*4cm	V tot brq/V1 brq	pces					12103,85
Revêtement intérieur du Fond	L * l*e*n	m^3	1,2	1,2		0,02	0,172
Revêtement intérieur du mur	(L + l)*2 * h *e*n	m^3	1,2	1,2	1,3	0,02	0,224

Récapitulation des quantités de matériaux

La composition du béton armé :

- Gravier :0,8 m^3/ m^3
- Sable: 0,4 m^3/ m^3
- Ciment: dosé suivant la nature de l'ouvrage
- Fil à ligaturer=n*(R^2*3,14*12*7850)*0,05kg (5% du poids des armatures)

Désignation	**unité**	**Q**	**Gravier (m^3)**	**sable (m^3)**	**ciment (sac)**	**fil à ligaturer**
Béton propreté (200 kg/m^3)	m^3	0,768	0,614	0,307	3	
dalle de couverture (350 kg/m3)	m^3	1,176	0,940	0,470	8	0,53
Béton armé du radier (350 kg/m3)	m^3	1,764	1,411	0,705	13	0,94
mortier de maçonnerie (300 kg/m3)	m^3	2,822		2,822	16	
Revêtement intérieur du Fond (400 kg/m3)	m^3	0,172		0,172	2	
Revetement interieur du mur (400 kg/m3)	m^3	0,207		0,207	2	
Total			**2,966**	**4,684**	**44**	**1,47**
Total y compris les pertes			**3,411**	**5,386**	**46**	**2**

Tableau 24 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour CV et CVS

Coffrage

Surface laterale a coffrer=(L+l)*2*e*n
Surface d'une planche =3,5m*0,15m

Nombre de planche=Surface totale a coffrer/Surface d'une planche

Désignation	L=D	l	n	e	Surface total à coffrer (m^2)		nombre de planche	clous = 0.15kg *S à coffrer
	m	m		m	S plane	S latérale		
dalle de couverture (350 kg/m3)	1,4	1,4	6	0,1		3,36	6	0,5
Béton armé du radier (350 kg/m3)	1,4	1,4	6	0,15		5,04	10	1
Total						**8,4**	**16**	**1,5**
Total y compris les pertes							**18**	**2**

VI.2.6. Chambres de vannes pour borne fontaines(9)

Le décapage est fait comme précédemment.

Désignation	Formule	unité	L (m)	l(m)	h(m)	e(m)	Q
Décapage de la terre végétale	(L*l*e)*n	m^3	2,4	2,4		0,3	15,552
Terrassement	(L*l*h)*n	m^3	1,4	1,4	0,9		15,876
Béton propreté	L*l*e*n	m^3	1,2	1,2		0,05	0,648
dalle de couverture	L*l*e*n	m^3	0,8	0,8		0,1	0,576
Béton armé du radier	L*l*e*n	m^3	1	1		0,1	0,9
Armatures (ϕ8 ; St =10 cm pour radier.	[(L/St+1)*l]*2 /12*n	pces	1	1			27⌀8
Armatures (φ6 ; St =10 cm pour couverture.	[(L/St+1)*l]*2 /12*n	pces	1	1			27⌀6
maçonnerie de brique pour élévation	(L + l) * 2 * e * h*n	m^3	1	1	0,65	0,2	4,68
volume du mortier	(30% du volume de la maçonnerie)	m^3					1,404
Volume des briques avec les pertes de 10 %	V tot-V motier	m^3					3,603
Nombre de briques de dimension: 19cm*9cm*4cm	V tot brq/V1 brq	pces					5268,4
Revêtement intérieur du Fond	L * l*e*n	m^3	0,6	0,6		0,02	0,064
Revêtement intérieur du mur	(L + l)*2 * h *e*n	m^3	0,6	0,6	0,65	0,02	0,042

Récapitulation des quantités de matériaux

La composition du béton armé :

- Gravier :0,8 m^3/ m^3
- Sable: 0,4 m^3/ m^3
- Ciment: dosé suivant la nature de l'ouvrage
- Fil à ligaturer=n*(R^2*3,14*12*7850)*0,05kg (5% du poids des armatures)

Désignation	**Unité**	**Q**	**Gravier (m^3)**	**sable (m^3)**	**ciment (sac)**	**fil à ligaturer(kg)**
Béton propreté (200 kg/m^3)	m^3	0,882	0,705	0,352	4	
dalle de couverture (350 kg/m3)	m^3	1,296	1,036	0,518	9	4
Béton armé du radier (350 kg/m3)	m^3	1,944	1,555	0,777	13	8
mortier de maçonnerie (300 kg/m3)	m^3	3,11		3,11	18	
Revêtement intérieur du Fond (400 kg/m3)	m^3	0,115		0,115	1	
Revetement interieur du mur (400 kg/m3)	m^3	0,138		0,138	2	
Total			**3,297**	**5,011**	**47**	**13**
Total y compris les pertes			**3,792**	**5,763**	**50**	**15**

Tableau 25 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour la chambre de vanne pour BF

Coffrage

Surface latérale a coffrer=(L+l)*2*e*n
Surface d'une planche =3,5m*0,15m

Nombre de planche=Surface totale à coffrer/Surface d'une planche

Désignation	**L=D**	**l**	**n**	**e**	**Surface total à coffrer (m^2)**	**nombre de planche**	**clous = 0.15kg *S à coffrer**
	m	m		m	S latérale		
dalle de couverture (350 kg/m3)	1,2	1,2	9	0,1	4,32	9	0,5
Béton armé du radier (350 kg/m3)	1,2	1,2	9	0,15	6,48	12	1
Total					**10,8**	**21**	**1,5**
Total y compris les pertes						**24**	**2**

VI.2.7. Bornes fontaines(9)

Le décapage ainsi que d'autres travaux seront exécutés suivant les données du tableau ci-dessous :

Désignation	Formule	unité	L (m)	l(m)	h(m)	e(m)	Q
Décapage de la terre végétale	(L*l*e)*n	m^3	4,2	3,7		0,3	41,958
Terrassement	(L*l*h)*n	m^3	2,2	1,7	0,3		10,098
Béton propreté	L*l*e*n	m^3	2,2	1,7		0,05	1,683
Béton armé du radier	L*l*e*n	m^3	2	1,5		0,15	4,05
Béton armé du pilier	L*l*e*n	m^3	0,3	0,3	1,2		0,972
Armatures (φ6 ; St =10 cm pour la plate forme dans le sens de la longueur.	[(L/St+1)*l] /12*n	pces	2	1,5			27ø6
Armatures (φ6 ; St =10 cm pour la plate forme dans le sens de la largeur.	[(L/St+1)*l] /12*n	pces	2	1,5			27ø6
Armatures (φ8; St =20cm,soit 5 etriers pour le pilier	Forfetaire	pces					9ø8
Revêtement du pilier	(L + l)*2 * h *e*n	m^3	0,3	0,3	1,2	0,02	0,019

Récapitulation des quantités de matériaux

La composition du béton armé :

- Gravier :0,8 m^3/ m^3
- Sable: 0,4 m^3/ m^3
- Ciment: dosé suivant la nature de l'ouvrage

Fil à ligaturer=n*(R^2*3,14*12*7850)*0,05kg (5% du poids des armatures)

Désignation	unité	Q	Gravier (m^3)	sable (m^3)	ciment (sac)	fil à ligaturer(kg)
Béton propreté (200 kg/m^3)	m^3	1,683	1,346	0,673	7	
Beton arme du pilier (350 kg/m^3)	m^3	4,05	3,24	1,62	29	0,5
Béton armé du radier (350 kg/m^3)	m^3	0,972	0,777	0,388	7	1
Revêtement du pilier (400 kg/m^3)	m^3	0,019		0,019	1	
Total			**5,364**	**2,701**	**44**	**1,5**
Total y compris les pertes			**6,168**	**3,106**	**45**	**1,5**

Tableau 26 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour borne fontaine

Coffrage

Surface latérale a coffrer=(L+l)*2*e*n
Surface d'une planche =3,5m*0,15m

Nombre de planche=Surface totale à coffrer/Surface d'une planche

Désignation	L=D	l	n	e	Surface total à coffrer (m^2)	nombre de planche	clous = 0.15kg *S à coffrer
	m	m		m	S latérale		
Beton arme du pilier (350 kg/m3)	0,3	0,3	9	1,2	12,96	25	2
Béton armé du radier (350 kg/m3)	2	1,5	9	0,15	9,45	18	1,5
Total					**22,41**	**43**	**3,5**
Total y compris les pertes						**49**	**4,5**

VI.2.8. Ouvrages de stockages.

Comme nous l'avons fait pour la BF, nous allons aussi laisser 1 m de part et d'autre pour avoir de l'espace de travail.

1. 1Réservoir de 10 m^3

Désignation	Formule	unité	L=D (m)	l(m)	h(m)	e(m)	Q
Décapage de la terre végétale	L*l*e	m^3	6	6		0,3	10,8
Terrassement	(D^2*π)/4*e	m^3	5		1		19,625
Béton propreté	(D^2*π)/4*e	m^3	4,2			0,05	0,692
dalle de couverture	(D^2*π)/4*e	m^3	4,2			0,14	1,938
Béton armé du radier	(D^2*π)/4*e	m^3	4,2			0,3	4,154
Armatures (φ12 ; St =12 cm pour radier	[(L/St+1)*l]* 2 /12	Pces	4,2	4,2			23ø 12
Armatures (φ8 ; St =20 cm pour couverture	[(L/St+1)*l]* 2 /12	Pces	4,2	4,2			14ø 8
maçonnerie de moellon pour élévation	D*π*h*e	m^3	4		1,85	0,4	9,294
volume du mortier	(30% du volume de la maçonnerie)	m^3					2,788
Volume des moellons	V tot-V mortier	m^3					6,506
Revêtement intérieur du Fond	(D^2*π)/4*e	m^3	3,2			0,02	0,160
Revêtement intérieur du mur	D*π*h*e	m^3	3,2		1,85	0,02	0,371

Récapitulation des quantités de matériaux

La composition du béton armé :

- Gravier :0,8 m^3/ m^3
- Sable: 0,4 m^3/ m^3
- Ciment: dosé suivant la nature de l'ouvrage
- Fil à ligaturer=n*(R^2*3,14*12*7850)*0,05kg (5% du poids des armatures)

Désignation	Unite	Q	Gravier (m^3)	sable (m^3)	ciment (sac)	fil à ligaturer(Kg)
Béton propreté (200 kg/m^3)	m^3	0,692	0,553	0,276	3	
dalle de couverture (350 kg/m3)	m^3	1,938	1,550	0,775	14	4
Béton armé du radier (350 kg/m3)	m^3	4,154	3,323	1,661	30	13
mortier de maçonnerie (300 kg/m3)	m^3	2,788		2,788	17	
Revêtement intérieur du Fond (400 kg/m3)	m^3	0,16		0,16	2	
Revêtement intérieur du mur (400 kg/m3)	m^3	0,371		0,371	3	
Total			**5,427**	**6,032**	**69**	**17**
Total y compris les pertes			**6,241**	**6,937**	**70**	**19**

Tableau 27 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour le réservoir de $10m^3$

Coffrage

Surface plane à coffrer = (D^2*3,14)/4
Surface latérale à coffrer=D*3,14*e

Surface d'une planche =3,5m*0,15m

Nombre de planche=Surface totale à coffrer/Surface d'une planche

Désignation	L=D	L	e	Surface total à coffrer (m^2)		nombre de planche	clous = 0.15kg *S à coffrer
	m	m	m	S plane	S latérale		
dalle de couverture (350 kg/m3)	4,2		0,14	13,847	1,846	30	15
Béton armé du radier (350 kg/m3)	4,2		0,30		5,275	11	1
Total				**13,847**	**7,121**	**41**	**16**
Total y compris les pertes						**46**	**18**

2. 2 Réservoir de 15 m^3

Désignation	Formule	Unite	L=D (m)	l(m)	h(m)	e(m)	Q
Décapage de la terre végétale	L*l*e*n	m^3	6,3	6,3		0,30	23,814
Terrassement	(D^2*π)/4*e*n	m^3	5,3		1		44,101
Béton propreté	(D^2*π)/4*e*n	m^3	4,5			0,05	1,589
dalle de couverture	(D^2*π)/4*e*n	m^3	4,5			0,14	4,450
Béton armé du radier	(D^2*π)/4*e*n	m^3	4,5			0,30	9,537
Armatures (φ14 ; St =11,5 cm pour radier	[(L/St+1)*l]*2 /12*n	Pces	4,5	4,5			54ø 14
Armatures (φ8 ; St =20 cm pour couverture	[(L/St+1)*l]*2 /12*n	Pces	4,5	4,5			54ø 8
maçonnerie de moellon pour élévation	D*π*h*e*n	m^3	4,3		2	0,40	21,603
volume du mortier	(30% du volume de la maçonnerie)	m^3					6,480
Volume des moellons	V tot-V mortier	m^3					15,122
Revêtement intérieur du Fond	(D^2*π)/4*e*n	m^3	3,5			0,02	0,384
Revêtement intérieur du mur	D*π*h*e*n	m^3	3,5		2	0,02	0,879

Récapitulation des quantités de matériaux

La composition du béton armé :

- Gravier :0,8 m^3/ m^3
- Sable: 0,4 m^3/ m^3
- Ciment: dosé suivant la nature de l'ouvrage
- Fil à ligaturer=n*(R^2*3,14*12*7850)*0,05kg (5% du poids des armatures)

Désignation	unité	Q	Gravier (m^3)	sable (m^3)	ciment (sac)	fil à ligaturer(Kg)
Béton propreté (200 kg/m^3)	m^3	1,589	1,271	0,635	7	
dalle de couverture (350 kg/m3)	m^3	4,450	3,560	1,780	32	5
Béton armé du radier (350 kg/m3)	m^3	9,537	7,629	3,814	67	20
mortier de maçonnerie (300 kg/m3)	m^3	6,48		6,480	39	
Revêtement intérieur du Fond (400 kg/m3)	m^3	0,384		0,384	4	
Revêtement intérieur du mur (400 kg/m3)	m^3	0,879		0,879	8	
Total			**12,460**	**13,973**	**157**	**25**
Total y compris les pertes			**14,329**	**16,069**	**161**	**29**

Tableau 28 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour le réservoir de $15m^3$

Coffrage

Surface plane a coffrer =(D^2*3,14)/4
Surface laterale a coffrer=D*3,14*e

Surface d'une planche =3,5m*0,15m

Nombre de planche=Surface totale a coffrer/Surface d'une planche

Désignation	L=D	L	e	Surface total à coffrer (m^2)		nombre de planche	clous = 0.15kg *S à coffrer
	m	m	m	S plane	S latérale		
dalle de couverture (350 kg/m3)	4,5		0,14	15,896	1,978	35	17
Béton armé du radier (350 kg/m3)	4,5		0,30		4,239	9	1
Total				**15,896**	**6,217**	**44**	**18**
Total y compris les pertes						**49**	**23**

3. 1Réservoir de 20 m^3

Désignation	Formule	Unite	L=D (m)	l(m)	h(m)	e(m)	Q
Décapage de la terre végétale	L*l*e	m^3	6,6	6,6		0,30	13,068
Terrassement	(D^2*π)/4*e	m^3	5,6		1		24,617
Béton propreté	(D^2*π)/4*e	m^3	4,8			0,05	0,904
dalle de couverture	(D^2*π)/4*e	m^3	4,8			0,14	2,532
Béton armé du radier	(D^2*π)/4*e	m^3	4,8			0,30	5,425
Armatures (φ14 ; St =9 cm pour radier	[(L/St+1)*l]*2 /12	Pces	4,8	4,8			39⌀ 14
Armatures (φ8 ; St =20 cm pour couverture	[(L/St+1)*l]*2 /12	Pces	4,8	4,8			19⌀ 8
maçonnerie de moellon pour élévation	D*π*h*e	m^3	4,6		2,2	0,40	12,710
volume du mortier	(30% du volume de la maçonnerie)	m^3					3,813
Volume des moellons	V tot-V mortier	m^3					8,897
Revêtement intérieur du Fond	(D^2*π)/4*e	m^3	3,8			0,02	0,226
Revêtement intérieur du mur	D*π*h*e	m^3	3,8		2,2	0,02	0,525

Récapitulation des quantités de matériaux

La composition du béton armé :

- Gravier :0,8 m^3/ m^3
- Sable: 0,4 m^3/ m^3
- Ciment: dosé suivant la nature de l'ouvrage
- Fil à ligaturer=n*(R^2*3,14*12*7850)*0,05kg (5% du poids des armatures)

Désignation	unité	Q	Gravier (m^3)	sable (m3)	ciment (sac)	fil à ligaturer(Kg)
Béton propreté (200 kg/m^3)	m^3	0,904	0,723	0,361	4	
dalle de couverture (350 kg/m3)	m^3	2,532	2,025	1,012	18	5
Béton armé du radier (350 kg/m3)	m^3	5,425	4,340	2,170	38	20
mortier de maçonnerie (300 kg/m3)	m^3	3,813		3,813	23	
Revêtement intérieur du Fond (400 kg/m3)	m^3	0,226		0,226	2	
Revêtement intérieur du mur (400 kg/m3)	m^3	0,525		0,525	5	
Total			**7,088**	**8,108**	**90**	**25**
Total y compris les pertes			**8,152**	**9,324**	**93**	**29**

Tableau 29 : Récapitulatif des quantités de matériaux pour le réservoir de $20m^3$

Coffrage

Surface plane a coffrer =(D^2*3,14)/4
Surface latérale a coffrer=D*3,14*e

Surface d'une planche =3,5m*0,15m

Nombre de planche=Surface totale à coffrer/Surface d'une planche

Designation	L=D	L	e	Surface total à coffrer (m^2)		nombre de planche	clous = 0.15kg *S à coffrer
	M	m	m	S plane	S latérale		
dalle de couverture (350 kg/m3)	4,8		0,14	18,086	2,110	39	19
Béton armé du radier (350 kg/m3)	4,8		0,30		4,521	9	1
Total				**18,086**	**6,631**	**48**	**20**
Total y compris les pertes						**54**	**23**

VI.3. Devis quantitatif et estimatif

N°	Désignation de l'ouvrage	Unité	Quantité	PU(Fbu)	P.T (Fbu)
I	Installation du chantier	-	FF	-	1500000
	Sous-total 1				**1500000**
II	**Captage**				
	Décapage	m^3	67,5	4000	270000
	Fouille	m^3	30	5000	150000
	Drain captant (PVC Ø63)	ml	2	16000	32000
	Moellons	m^3	4	30000	120000
	Sable	m^3	1,38	20000	27600
	Ciment	sacs	9	28000	252000
	Gravier filtrant	m^3	10,8	25000	270000
	Piquet	pièce	20	10000	200000
	Fil de fer barbelé	ml	180	2000	360000
	Etanchéité en plastique	m^2	20	2000	40000
	Matériaux en remblai	m^3	13,2	2000	26400
	Engazonnement	m^2	225	300	67500
	Sous-total 2				**1815500**
III	**Chambre de depart**				
	Décapage	m^3	17,014	4000	68056
	Fouille	m^3	34	5000	170000
	Moellons	m^3	15	30000	450000
	Gravier	m^3	18	25000	450000
	Sable	m^3	18	20000	360000
	Ciment	sac	190	28000	5320000
	Armatures Ø18	pièce	62	65000	4030000
	Armatures Ø8	pièce	42	9500	399000
	Fil à ligaturer	kg	68	3000	204000
	Planches	pièce	92	4000	368000
	Clous	kg	36	3000	108000
	Tuyauterie et accessories	FF	-	-	800000
	Sous-total 3				**12727056**
IV	**Chambre de purges**				
	Décapage	m^3	11	4000	44000
	Fouille	m^3	10	5000	50000

	Briques cuites	pièce	4792	50	239600
	Gravier	m^3	2	30000	60000
	Sable	m^3	3	20000	60000
	Ciment	sac	25	28000	700000
	Armatures $Ø_8$	pièce	16	9500	152000
	Armatures $Ø_6$	pièce	16	7500	120000
	Fil à ligaturer	kg	8	3000	24000
	Planches	pièce	20	4000	80000
	Clous	kg	8	4000	32000
	Tuyauteries et accessories	-	FF	-	800000
	Sous total 4				**2361600**
V	**Chambres de ventouses**				
	Décapage	m^3	21	4000	84000
	Fouille	m^3	17	5000	85000
	Briques cuites	pièce	10591	50	529550
	Gravier	m^3	4	30000	120000
	Sable	m^3	6	20000	120000
	Ciment	sac	46	28000	1288000
	Armatures $Ø_8$	pièce	24	9500	228000
	Armatures $Ø_6$	pièce	24	7500	180000
	Fil à ligaturer	kg	2	3000	6000
	Planches	pièce	18	4000	72000
	Clous	kg	2	4000	8000
	Tuyauteries et accessories	-	FF	-	800000
	Sous-total 5				**3448550**
VI	**Réservoirs**				
	Décapage	m^3	47,68	4000	190728
	Fouille	m^3	88,34	5000	441719,5
	Moellons	m^3	33,31	30000	999424,32
	Gravier	m^3	28,72	25000	718083
	Sable	m^3	32,33	20000	646631,2
	Ciment	sac	323,2	28000	9050437,2
	Armatures $Ø_{14}$	pièce	93	40000	3720000
	Armatures $Ø_{12}$	pièce	23	23000	529000

	Armatures Ø8	pièce	87	9500	826500
	Fil à ligaturer	kg	75,28	3000	225851
	Planches	pièce	148,51	4000	594061
	Clous	kg	60,99	4000	243962
	Tuyauteries et accessories	-	FF	-	800000
	Sous-total 6				**18986399**
VII	**Travaux de canalisation**				
	Fouille de canalization	m^3	3440,25	4000	13761000
	Lit de sable de pose	m^3	934,80	2000	1869600
	Pose des conduits	ml	7645	1500	11467500
	Sous total 7				**27098100**
VIII	**Tuyauterie**				
	Tuyaux PVC $Ø_{50}$	pièce	1102	14000	15428000
	Tuyaux PVC $Ø_{40}$	pièce	237	10500	2488500
	AG 2"	pièce	5	18000	90000
	Accessoires de tuyauteries	-	FF	-	1000000
	Sous total 8				**18916500**
IX	**Chambre de vanne pour BF**				
	Décapage	m^3	16	4000	64000
	Fouille	m^3	19	5000	95000
	Briques cuites	pièce	11672	50	583600
	Gravier	m^3	4	25000	100000
	Sable	m^3	6	20000	120000
	Ciment	sac	50	28000	1400000
	Armatures $Ø_8$	pièce	27	9500	256500
	Armatures $Ø_6$	pièce	27	7500	202500
	Fil à ligaturer	kg	10	3000	30000
	Planches	pièce	24	4000	96000
	Clous	kg	2	4000	8000
	Tuyauteries et accessories				800000

	Sous-total 9				**3755600**
X	**Bornes fontaines**				
	Décapage	m^3	42	4000	168000
	Fouille	m^3	11	5000	55000
	Ciment	sac	45	28000	1260000
	Sable	m^3	4	20000	80000
	Gravier	m^3	6	25000	150000
	Armature $Ø_6$	pièce	54	7500	405000
	Armature Ø8	pièce	9	9500	85500
	Clous	kg	5	4000	20000
	Planches	pièce	50	4000	200000
	Fil à ligaturer	kg	12	3000	36000
	Robinets	pièce	9	7000	63000
	Tuyauterie et accessories	-	FF	-	1000000
	Sous-total 10				**3459500**
	Nettoyage du chantier et mise en route	-	FF		800000
	Sous total 11				**800000**
	Total (1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11)				**94868805**
	Main d'œuvre (30%)				**28460641**
	Imprévus (15%)				**14230320**
	Total hors TVA				**137559767**
	TVA (18%)				**24760758,1**
	Total général				**162320526**

Nous disons une somme de cent soixante deux millions trois cent vingt milles cinq cent vingt six francs burundais.

VI.4. Planning des travaux

Il est indispensable de planifier la succession et la durée des travaux afin d'assurer une meilleure organisation et une meilleure utilisation de la main d'œuvre.

La planification a pour but de déterminer les étapes du déroulement des travaux. donc d'établir le calendrier des tâches. Une planification bien faite permet donc d'épargner de l'argent mais également du temps.

Il existe différents types de planning. mais pour notre projet. nous préférons néanmoins le graphique de GANTT appelé également la méthode de planning classique à barres horizontales.

Cette méthode est très simple au niveau de sa présentation et au niveau de sa lecture. Il s'agit d'un graphique à deux entrées :

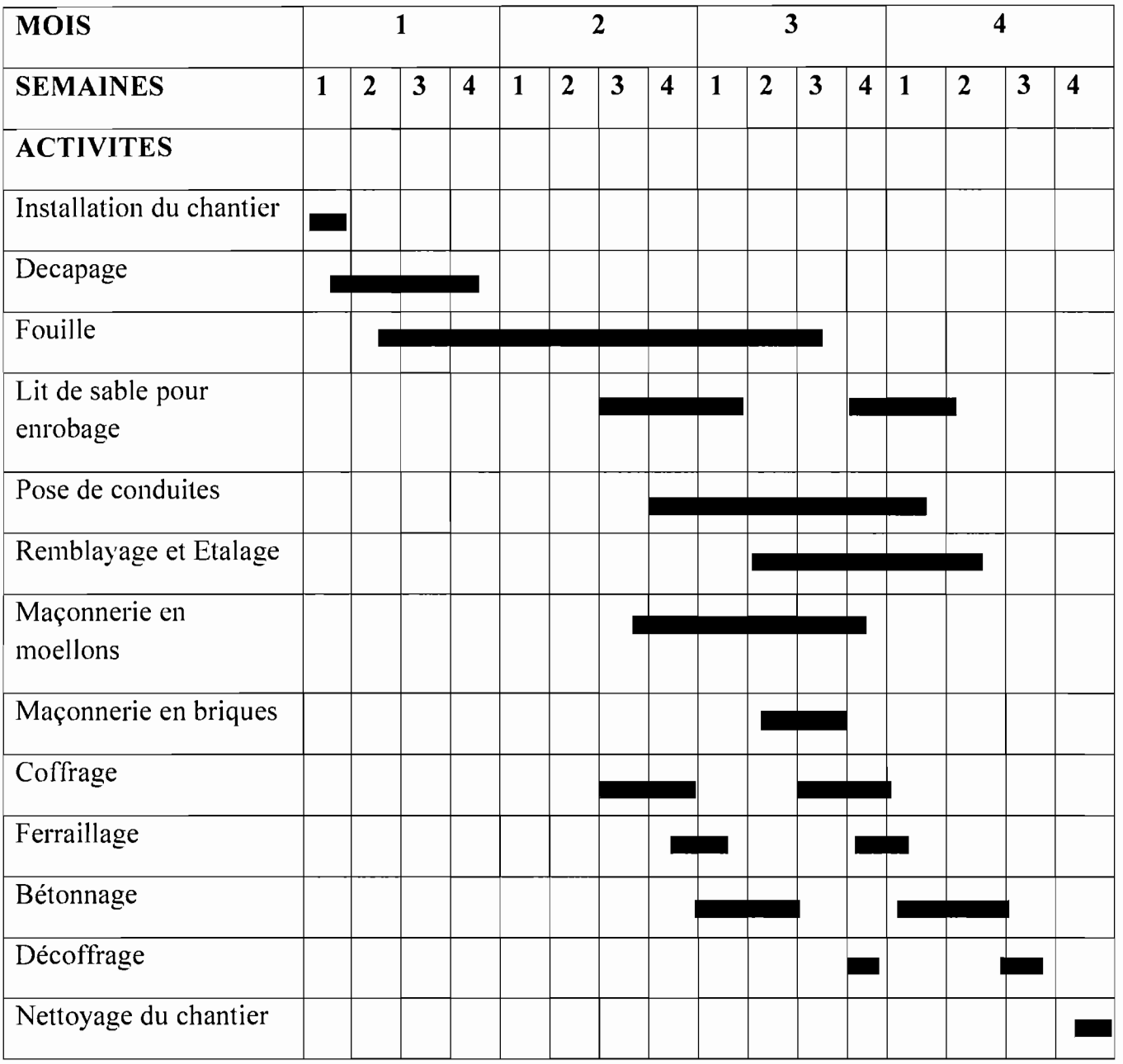
- En ordonnée : désignation des phases des travaux dans l'ordre technique de leur déroulement :
- En abscisse : les époques prévues pour l'exécution de ces travaux.

VI.4.1.Planification des taches

Désignation des travaux		Unité	Qté	TEM (h/U)	T(h)	Sem. /ouvrier	Sem. fixées	Effectifs
								Ouvriers
Installation du chantier		-	FF	-	-	-	1	-
Décapage de la terre végétale		m^3	204.99	3.5	717.48	17.93	3	6
Fouille de la canalisation et ouvrages du G.C		m^3	3628.25	5.2	18866.94	471.67	10	48
Pose du lit de sable pour enrobage		m^3	934.82	2.5	2337.05	58.42	6	10
Pose des conduites		ml	7645.00	0.5	3822.5	95.56	6	16
Remblayage et étalage		m^3	2352.56	5.5	12939.13	323.47	5	65
Maçonnerie	En moellons	m^3	52.37	20	1047.50	26,18	5	6
	En briques	m^3	14.62	15	219.36	5.48	1	6
Coffrage		m^2	120.07	2	240,15	6,00	4	2
Ferraillage		kg	151.40	0.3	45.42	1,13	2	1

Bétonnage	m^3	98,67	20	1973.51	49.33	4	13
Decoffrage	m^2	120.07	0.3	36.02	0.90	1	1
Nettoyage et mise en œuvre	-	FF	-	-	-	1	-

VI.4.2. Graphique de Gantt



CHAP.VII : CONCLUSIONS GENERALES ET RECOMMANDATIONS

VII.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 tout le débit de notre source, donc on va laisser quelques quantités pour l'environnement

VII.2. Conclusion générale

L'eau est un élément indispensable pour le bien être de l'homme et pour le développement socio-économique harmonieux. La population burundaise connaît le manque de l'eau potable bien que notre pays dispose d'un potentiel en eau élevé.

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 d'autres chercheurs de pouvoir identifier d'autres sources en vue d'alimenter d'autres collines de RUTANA qui ne sont pas encore alimentées.

VII.3. Recommandations

Les recommandations sont d'une importance capitale, nous connaissons que tout ouvrage non entretenu se détériore très rapidement. Nous recommandons :

1. Au gouvernement :

- D'engager et former un personnel local qui pourra suivre et veiller sur l'entretien pour intervenir à temps ;
- De mettre en place une politique de gestion des réseaux dont l'objectif est :
  - → D'assurer le bon fonctionnement du réseau
  - → De contrôler la quantité et la qualité de l'eau.
  - → D'évaluer et rentabiliser au maximum toutes les ressources en eau potable pour alimenter d'autres zones rurales dépourvues d'eau potable.
  - → Dépanner le réseau à temps en cas de panne
  - → De mettre en place une politique d'entretient notamment les différents appareils du réseau (réservoirs, conduites, vannes, ventouses, etc.).

2. A la régie communale d'eau et à la population :

- De protéger le réseau une fois mis en place.
- De bien entretenir et réparer à temps le réseau.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Ouvrages généraux

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

SKATT : Manuel technique pour l'approvisionnement en eau des zones rurales, St. Gall, 1985

2. Mémoire

. NDAYISABA Patrice et NDAYISABA Denise : Etudes du réseau d'alimentation en eau potable de MUTIMIRE en commune GIHETA de la province GITEGA. Projet de fin d'étude, Université du Burundi 2010.

. 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. Projet de fin d'étude, Université du Burundi 2012.

ANNEXES

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

1 Dimensions nominales de barres d'acier

diamètre nominal ϕ mm	périmètre U cm	section A_s cm²	poids au mètre G kg/m
6	1,89	0,283	0,222
8	2,51	0,503	0,395
10	3,14	0,785	0,617
12	3,77	1,13	0,888
14	4,40	1,54	1,21
16	5,03	2,01	1,58
18	5,65	2,54	2,00
20	6,28	3,14	2,47
22	6,91	3,80	2,98
25	7,85	4,91	3,85
28	8,80	6,16	4,83

2 Sections nominales pour un ensemble de 1 à 10 barres

diamètre ϕ_s (mm)	nombre de barres 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0,3	0,6	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,5	2,8
8	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
10	0,8	1,6	2,4	3,1	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9
12	1,1	2,3	3,4	4,5	5,7	6,8	7,9	9,1	10,2	11,3
14	1,5	3,1	4,6	6,2	7,7	9,2	10,8	12,3	13,9	15,4
16	2,0	4,0	6,0	8,0	10,1	12,1	14,1	16,1	18,1	20,1
18	2,5	5,1	7,6	10,2	12,7	15,3	17,8	20,4	22,9	25,5
20	3,1	6,3	9,4	12,6	15,7	18,8	22,0	25,1	28,3	31,4
22	3,5	7,0	11,4	15,2	19,0	22,8	26,6	30,4	34,2	38,0
25	4,9	9,8	14,7	19,6	24,6	29,5	34,4	39,3	44,2	49,1
28	6,2	12,3	18,5	24,6	30,8	36,9	43,1	49,3	55,4	61,6

3 Nombre maximal de barres par nappe dans la largeur b_o, pour un enrobage des cadres de 2 cm

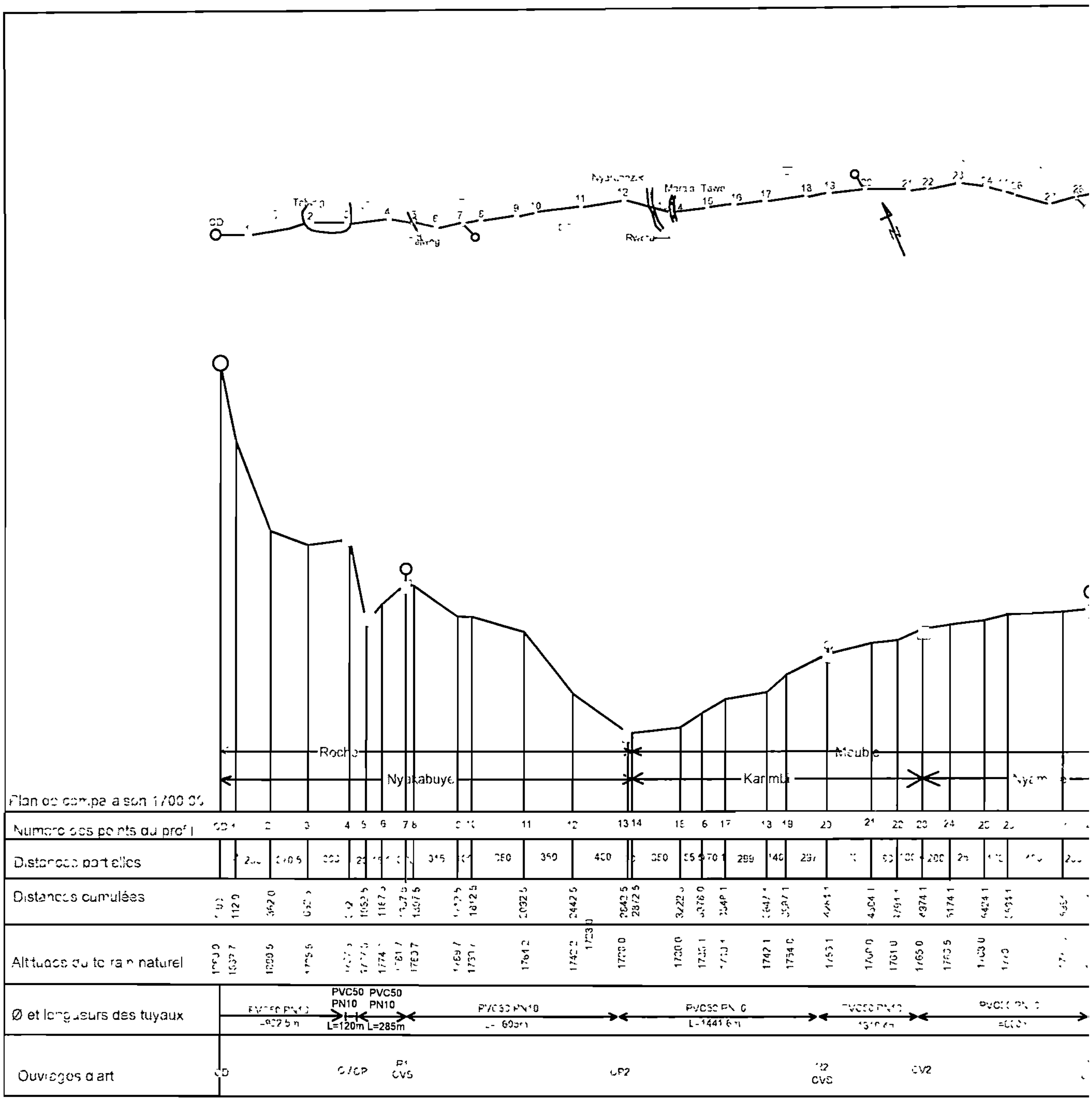
largeur de nappe b_o en cm	diamètre ϕ_s (mm) 10	12	14	16	18	20	22	25	28
10	2	2	1	1	1	1	1	1	1
15	3	3	3	3	2	2	2	2	2
20	5	5	(5)	4	4	3	3	3	3
25	7	6	6	(6)	5	(5)	4	4	(4)
30	(9)	8	7	7	(7)	6	(6)	5	4
35	10	(10)	9	8	8	(8)	7	6	5
40	12	11	10	10	9	9	8	7	6
45	(14)	(13)	12	11	(11)	10	9	8	7
50	15	14	13	(13)	12	11	10	9	8
55	(16)	17	16	15	(15)	14	12	11	10

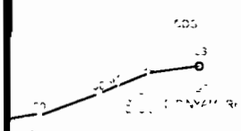
Nombre maximal de barres n_{max} : ϕ_s : 8 mm | ϕ_s : 10 mm

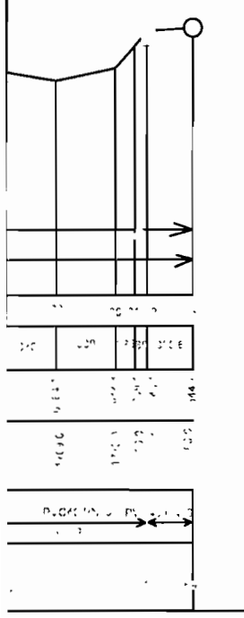
4 Sections des barres (en cm²/m) en fonction de l'écartement, pour 1 m de largeur de dalle

écartement s (cm)	diamètre (mm) 6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	nombre de barres par m.
6,0	4,71	8,38	13,09	18,85	25,66	33,52	42,41	52,36	63,36	81,80	102,67	16,7
6,5	4,35	7,73	12,08	17,40	23,68	30,95	39,15	48,33	58,48	75,54	94,77	15,4
7,0	4,04	7,18	11,22	16,16	21,99	28,73	36,36	44,87	54,30	70,14	88,00	14,3
7,5	3,77	6,70	10,47	15,08	20,52	26,81	33,93	41,88	50,81	65,47	82,13	13,4
8,0	3,53	6,28	9,82	14,14	19,24	25,14	31,81	39,26	47,51	61,38	77,00	12,5
8,5	3,33	5,91	9,24	13,31	18,11	23,66	29,94	36,95	44,72	57,78	72,47	11,8
9,0	3,14	5,59	8,73	12,57	17,10	22,34	28,28	34,90	42,23	54,56	68,44	11,1
9,5	2,98	5,29	8,27	11,90	16,20	21,17	26,79	33,06	40,01	51,68	64,84	10,5
10,0	2,83	5,00	7,85	11,31	15,39	20,11	25,45	31,41	38,01	49,10	61,60	10,0
10,5	2,69	4,79	7,48	10,77	14,66	19,15	24,24	29,91	36,20	46,76	58,67	9,5
11,0	2,57	4,57	7,14	10,28	13,99	18,28	23,14	28,55	34,55	44,64	56,00	9,1
11,5	2,46	4,37	6,83	9,84	13,39	17,49	22,13	27,31	33,05	42,70	53,57	8,7
12,0	2,36	4,19	6,54	9,42	12,83	16,76	21,21	26,17	31,67	40,92	51,33	8,3
12,5	2,26	4,02	6,28	9,05	12,32	16,09	20,36	25,13	30,41	39,28	49,28	8,0
13,0	2,17	3,87	6,04	8,70	11,84	15,47	19,58	24,16	29,24	37,77	47,38	7,7
13,5	2,09	3,72	5,82	8,38	11,40	14,90	18,85	23,27	28,18	36,37	45,63	7,4
14,0	2,02	3,59	5,61	8,08	11,00	14,38	18,18	22,44	27,15	35,07	44,00	7,1
14,5	1,95	3,47	5,42	7,80	10,62	13,87	17,55	21,66	26,21	33,86	42,48	6,9
15,0	1,89	3,35	5,24	7,54	10,26	13,41	16,97	20,94	25,34	32,73	41,07	6,7
15,5	1,82	3,24	5,07	7,30	9,93	12,97	16,42	20,27	24,52	31,68	39,74	6,5
16,0	1,77	3,14	4,91	7,07	9,62	12,57	15,90	19,64	23,76	30,69	38,50	6,3
16,5	1,71	3,05	4,76	6,85	9,33	12,19	15,42	19,04	23,04	29,76	37,33	6,1
17,0	1,66	2,96	4,62	6,65	9,05	11,83	14,97	18,48	22,36	28,88	36,24	5,9
17,5	1,62	2,87	4,49	6,46	8,79	11,49	14,54	17,95	21,72	28,06	35,20	5,7
18,0	1,57	2,79	4,36	6,28	8,55	11,17	14,14	17,45	21,12	27,28	34,22	5,6
18,5	1,53	2,72	4,25	6,11	8,32	10,87	13,76	16,94	20,55	26,54	33,30	5,4
19,0	1,49	2,65	4,13	5,95	8,10	10,58	13,39	16,54	20,01	25,84	32,42	5,3
19,5	1,45	2,58	4,03	5,80	7,89	10,31	13,05	16,11	19,49	25,18	31,59	5,1
20,0	1,41	2,51	3,93	5,65	7,69	10,05	12,72	15,71	19,01	24,55	30,80	5,0

Tableau 5.3 : Barres d'acier ; diamètres nominaux, masses, sections


Roche
Nyakabuye
Distances cumulées
Altitudes du terrain naturel
Ø et longueurs des tuyaux
PVC50
PN10
L=120m
PVC50
PN10
L=285m
Ouvrages d'art
CVS
CV2





Légende

CP Chambre de purge
CV Chambre de ventouse
CVS Chambre de vanne de sectionnement
R Reservoir

REPUBLIQUE DU BURUNDI

MINISTERE DE L'ENERGIE ET MINE

AGENCE BURUNDAISE DE L'HYDRAULIQUE RURALE

DIRECTION TECHNIQUE DE L'AGENCE BURUNDAISE DE L'HYDRAULIQUE RURALE

PROJET D'ADDUCTION D'EAU POTABLE DE NYAMURE II

Commune Rutana

Province Rutana

Source kakiranzi II

Debit 1 6l/s

PROFIL EN LONG ET PLAN DE SITUATION

Leve et dressé par	Echelles	Date
AHP	1000 / 1/2000	Septembre 2014