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

Etude d'alimentation en eau potable d'un quartier résidensiel moyen stading de Gahaga

Ndikumana, Gérard; Nzoyihera, Thérence; Sous la direction de : Ir Daniel Ngendakuriyo

2012-01
UB, ITS
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2343

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

UNIVERSITE DU BURUNDI
INSTITUT TECHNIQUE SUPERIEUR
DEPARTEMENT DU GENIE-CIVIL

SUJET : « *ETUDE D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE D'UN QUARTIER RESIDENSIEL MOYEN STANDING DE GAHAGA* »

Par :

NDIKUMANA Gérard
NZOYIHERA Thérence

Sous la direction de :

Ir Daniel NGENDAKURIYO

Projet de fin d'études universitaires
Présenté et défendu publiquement
en vue de l'obtention du grade
d'Ingénieur Industriel en Génie Civil

Bujumbura, Janvier 2012

DEDICACE

A l'Eternel Dieu Tout Puissant ;

A mes regrettés parents à qui, le destin n'a pas permis d'avoir le plaisir d'assister à l'aboutissement de tant d'années de leurs efforts ;

A mes regrettés frère et sœur : Elie et Clotilde qui m'ont quittés très tôt ;

A mes frères et sœurs ;

A mes cousins et cousines ;

A la famille KARIBU Albin ;

A mon collègue NZOYIHERA Thérence ;

A tous mes amis et connaissances ;

Nous dédions ce travail.

A Dieu Tout Puissant ;

A me regretté père qui m'a quitté si tôt ;

A ma chère mère ;

A la famille NIJENAHAGERA Athanase ;

A mes frères et sœurs ;

A mes cousins et cousines ;

A mon collègue NDIKUMANA Gérard ;

A tous mes amis et connaissances ;

Nous dédions ce travail.

REMERCIEMENTS

Le fruit de notre travail découle de combinaison de plusieurs intervenants en plus de nos efforts fournis.

Nous voudrions remercier en premier lieu le Dieu Tout Puissant qui nous a gardé en bonne santé durant tout notre travail jusqu'à l'heure actuelle.

Nos vifs et sincères remerciements sont adressés en second lieu à nos familles qui nous ont soutenues moralement et matériellement.

Nos reconnaissances vont aussi à l'endroit de l'Ingénieur Daniel NGENDAKURIYO, directeur de notre travail qui, malgré ses multiples obligations, s'est disponibilisé pour nous faire profiter de son expérience en acceptant de diriger ce travail.

Nous remercions également tous les professeurs de l'Ecole Primaire à l'Université du Burundi, plus particulièrement ceux de l'Institut Technique Supérieur, département du Génie Civil, pour la formation tant morale que scientifique dont ils nous ont fait bénéficiés.

Aux autorités communales de BUKEYE et ceux de la direction de l'Hydraulique, qu'ils trouvent ici, notre reconnaissance pour la documentation et les informations qu'ils nous ont fournies.

Nous profitons également de cette occasion pour remercier tous les étudiants de l'Université du Burundi et ceux du campus Kiriri en particulier, avec lesquels notre séjour a été agréable.

Enfin, toute personne qui nous a été d'une façon ou d'une autre, favorable pour l'aboutissement de ce travail, nous lui restons reconnaissants.

A tous, nous vous disons grand merci.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....i

REMERCIEMENTS.....ii

TABLES DES MATIERES.....iii

CHAPITRE I: INTRODUCTION GENERALE.....1

I.1. Introduction.....1

I.2. Présentation du sujet.....1

I.3. Motivation du sujet.....2

I.4 Situation géographique.....2

CHAPITRE II : EVALUATION DES BESOINS.....3

II.1. Effectif à desservir.....3

II.1 .1 Zone d'habitation.....3

II.1.2. Zones des équipements publics.....4

II.2. Evaluation des besoins en eau potable.....4

II.2.1 besoins privés.....5

II.2.2. Besoins collectifs.....5

II .2.3 Besoins totaux.....5

II.4. Reserve d'incendie.....5

II.5. Evaluation du débit de production.....6

CHAPITRE III : CALCULS HYDROLIQUES ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES 7

III.1. Source à capter et le mode de transport 7
III.2. Nature des sources 7
A. Classification des sources 7
B. Quelques définitions 9
III.4. Protection des ouvrages 13
III.5. Réservoir d'eau 14
III.5.1. Généralité 14
III.5.2. Classification des réservoirs 14
III.5.2.1. La position du réservoir par rapport au sol 15
III.5.2.2. La forme de la cuve 15
III.5.2.3. Selon le mode de fermeture 15
III.5.2.4. Selon la complexité de la construction 15
III.5.2.5. Selon l'usage 15
III.5.2.6. Selon la nature du liquide conserve 16
III.6. Capacité des réservoirs 16
III.6.1. Généralité 16
III.6.2. Le débit d'entrée 16
III.6.3. Le débit de sortie 16
III.6.4. Calcul des capacités des réservoirs 17
III.6.5. Résultats des calculs des capacités du réservoir 19
III.6.6. Principe de construction 20
III.6.7. Dimensionnement du réservoir circulaire 21
III.6.8. Calcul des dimensions du réservoir. 21
III.6.9. Détermination de l'extremum de s(d) 22
III.6.10. Dimensionnement du réservoir 23
III.6.10.1. Calcul des dimensions des éléments du réservoir 24

III.7. Fontainerie d'équipement du réservoir 39
III.7.1. La conduite d'adduction 39
III.7.2. conduite de distribution 39
III.7.3. La conduite de vidange 39
III.7.4.La conduite du trop plein 40

CHAPITRE IV : RESEAU DE DISTRIBUTION 41

IV.1. Généralités 41
IV.2. Dimensionnement de la conduite 41
IV.2.1. Calcul du débit d'adduction 41
IV.2.2. Vitesse d'écoulement 41
IV.2.4. Calcul du diamètre de la conduite 42
IV.2.4.1. Calcul de perte de charge linéaire 42
IV.3. Réseau de distribution 44
IV.3.1. Types de réseaux 44
IV.3.2. Choix du réseau à utiliser 44
IV.3.3. Description du réseau 45
IV.4. Calcul du réseau de distribution 45
IV.4.1 Principe de calcul 45
IV.4.2. Calcul du réseau maillé 45
IV.4.2.1. Lois des nœuds 45
IV.4.2.2. Lois des mailles 46
IV.4.3. Répartition des débits de départ 47
IV.4.3.1. Choix du diamètre de départ 47
IV.4.3.2. Répartitions des débits à l'intérieur des mailles 48
IV.4.5. Les appareils accessoires des réseaux 58
IV.4.6. Branchements 58

CHAP V : ESTIMATION DU COUT DU PROJET 59

V.1. Généralités 59
V.2. Métré de travaux de canalisation 59
V.3. Coupe d'une tranchée de canalisation 60
V.4. Tableau de métré des canalisations 61
V.5. Spécification relative aux canalisations 61
V.5.1. a. spécification relative aux fouilles de canalisations 61
V.5.1. b. Spécifications relative aux poses des tuyaux 62
V.5.1. c. Spécifications relative au remblayage 62
V.6. Spécification relatives aux travaux de Génie-civil 62
V.6.1. Précautions à prendre dans l'exécution des chambres de vannes 62
V.7. Métré des tuyauteries d'alimentation et volume des fouilles de canalisation de hauteur=1m 63
V.7.1. Volume des fouilles de canalisation de hauteur =1m 63
V.7.2. Chambre de visite 64
V.7.3. Coupe de dalle en B.A 64
V.7.4. Volume du mortier pour les joints 65
V.7.5. Volume du mortier pour enduit intérieur 65
V.7.6. Volume du béton pour regard de visite 66
V.7.7. Quantité des aciers pour dallette 66
V.7.8. Synthèse des matériaux pour les chambres de visite 67
V.7.9. Calcul des matériaux du réservoir 68
V.7.9.1. Calcul de la quantité du béton 68
V.7.9.2. Détermination de la quantité d'aciers 70
V.7.9.3. Tableaux Récapitulatifs de quantités des matériaux 72
V.7.10. Estimation globale du cout du projet 75

CHAPITRE VI : PLANNING DU PROJET **78**

VI.1. Planning d'exécution des travaux **78**

VI.2. Durée et main d'œuvre des tâches du projet **79**

VI.3. Planning des activités selon GANT **80**

CHAPITRE VII : ENTRETIEN ET GESTION DU RESEAU **81**

VII.1. Introduction **81**

VII.2. Maintenance et Entretien **81**

VII.2.1. Zone de captage **81**

VII.2.2. Les ouvrage de stockage et le réseau de distribution **82**

CHAPITRE VIII : RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION GENERALE **83**

VIII.1. Recommandations **83**

VIII .2. Conclusion générale **84**

BIBLIOGRAPHIE **85**

ANNEXES **86**

Annexe 1 ..... **87**

Annexe 2 ..... **88**

Annexe 3 ..... **89**

Annexe 4 ..... **90**

CHAPITRE I: INTRODUCTION GENERALE

I.1. Introduction

L'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie humaine et végétale. Malheureusement elle n'est pas répartie de façon uniforme. Bien que l'eau ne soit pas un aliment, elle est d'une grande importance. Pour l'homme et les animaux qui meurent en quelque jour s'ils en manquent et aussi la production agricole baisse.

Bien que l'eau soit indispensable, elle peut être la cause de certains dégât comme :

- Lesinondations ;
- Le transport des déchets qui provoquent la pollution à grande échelle.

C'est à ce moment que l'homme doit savoir comment maitriser ces phénomènes naturels pour permettre sa survie ainsi que celle des animaux et des plantes face à ces derniers .Mais l'eau telle qu'elle est trouvée dans la nature, elle n'a pas toujours les qualités nécessaires pour être consommée ;il faut qu'elle soit potable.

La distribution de l'eau potable sera l'objet principal de notre travail en tenant compte des problèmes liés à la qualité de l'eau, mais aussi à ceux liés à la croissance rapide de la population qu'on observe particulièrement dans les pays en voie de développement dont notre pays fait partie.

I.2. Présentation du sujet

Notre travail concerne l'étude d'alimentation en eau potable d'un quartier résidentiel moyen standing de GAHAGA.

Il sera aussi nécessaire de se proposer et de dimensionner le réseau d'alimentation de ce quartier. En définitive, on aura à déterminer le coût du projet en spécifiant les différentes activités à faire et les matériaux à utiliser pour pouvoir estimer leur coût global.

I.3. Motivation du sujet

L'eau donne la vie mais elle peut aussi bien l'ôter .Une eau potable est celle qui peut être consommée sans risque de nuire à la santé du consommateurElle ne doit pas comporter de germes pathogènes et doit être exempte des quantités excessives des matières organiques. Ce n'est pas une eau chimiquement pure, ne contenant que de l'hydrogène et de l'oxygène seulement mais renferme d'autres substances minérales provenant de la croute terrestre. L'eau étant d'une grande importante l'accroissement de la population doit être prévu avec une étude d'alimentation en eau potable.

C'est dans cette optique que nous avons choisi notre sujet : « **ETUDE D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE D'UN QUARTIER RESIDENTIEL MOYEN STANDING DE GAHAGA ».**

La mise en place d'un système d'alimentation en eau potable bien équipée est bien exécutée dans les différents coins du pays constitue l'élément primordial dans le développement socio-économique de la population fondé sur les avantages relatifs à la santé, les avantages économiques, etc.

En principe, l'utilisation de l'eau potable engendre :

-Une augmentation des activités économiques pouvant réduire le chômagedans la région ;

-Réduction du taux de mortalité et augmentation de l'espérance de vie ;

-Economie des soins médicaux.

I.4 Situation géographique

Situe à l'EST de la crête Congo Nil, il se développe sur les plateaux centraux dont l'altitude moyenne est environ 1850m.

- A l'OUEST, il y a la route qui mène vers Musema ;
- Au SUD, la route qui mène vers Mbuye et prolonge vers le rond-point du centre Bukeye ;
- A l'Est, la commune Mbuye ;
- Au NORD se trouve Musema.

CHAPITRE II : EVALUATION DES BESOINS

Pour assurer des besoins des populations, l'eau est un bien indispensable qui doit être disponible en quantité et en qualité suffisante .Il est en effet impératif que toute étude d'alimentation en eau potable débute par une évaluation des besoins en eau de la population à desservir.

Ces besoins sont entre autres :

-Les Besoins domestiques ;

-Les Besoins de la végétation ;

-Les Besoins des équipements collectifs ;

-Les Besoins du service de lutte contre l'incendie ;

-Les Besoins industriels et commerciaux.

II.1. Effectif à desservir

Une période variant entre 20 ans et 30 ans est prise comme horizon de planification selon la durée de vie du réseau de distribution. Au cours de cette période, il ya une augmentation de consommation suite à la courte distance d'approvisionnement en eau. L'augmentation de la population et l'amélioration du niveau de vie entrainent aussi l'augmentation des besoins en eau.

II.1 .1 Zone d'habitation

Pour évaluer les effectifs à desservir dans les zones d'habitation, nous nous sommes servis du plan sur une superficie de 21 ha.

En prenant 8 personnes par ménage, l'effectif initial sera :

E_0=212 ménages *8 personnes/ménage=1696 personnes

Pour notre travail, nous avons pris une période de vie du réseau de 20 ans ;l'horizon de notre travail est donc fixer à l'an 2032.

En utilisant le taux de croissance de la population de la ville de Bukeyede 2,7% donné par les services concernes, l'effectif au bout de cette période est donner par la loi exponentielle suivante :

$E = E_0 (1+r)^n$

Où E : Effectifs de la population après n années ;
E_0 : Effectifs initial de la population ;
n : Période de vie du réseau ;
r : Taux de croissance annuel.

Donc pour une période de 20 ans, l'effectif sera :
$E=1696(1+0.027)^{20}=2889.579 \approx 2890$

II.1.2. Zones des équipements publics

Le quartier Gahaga possède :

-1 centre de santé ;
-3 écoles primaires ;
-2 écoles secondaires ;
-paroisse catlolique ;
-Terrain de jeux ;
-Espace vert de superficie de 1000m².

II.2. Evaluation des besoins en eau potable

Les besoins en eau potable sont généralement classés en trois catégories à savoir :

- Les besoins privés ;
- Les besoins collectifs ;
- Les besoins industriels ;
- Réserve d'incendie.

II.2.1 besoins privés

Ces sont des besoins domestiques en eau potable dont la quantité est déterminée en fonction du niveau de vie de la population. En considérant une consommation de 250 litres par jour et par habitant comme donnée de base, la consommation en eau potable dans les ménages pour le quartier GAHAGA sera donc : 250l/jr/hab.*2890=722500l/Jr.

II.2.2. Besoins collectifs

Au quartier GAHAGA, on a un projet de construire les infrastructures suivantes :

- Centre de santé :
  C=20 patients*50l/patient/jr=1000l/jr
- Ecole primaire :
  C=6 classes*3=18 classes de 80 écoliers*10l/jr=14400l/jr
- Ecoles secondaires :
  C=7 classes*2=14 classes de 80 élevées*10l/jr=11200l/jr (externats)
- Terrain de jeux :
  C=3l/jr*100 personnes=300l/jr
- Espace vert :
  C=5l/jr*100=500l/jr
- paroisse :
  C=200l/jr*15 abbé=3000l/jr

II .2.3 Besoins totaux

Les besoins totaux en eau potable pour GAHAGA seront :

Besoinsprivés+besoins collectifs=722500l/jr+30400l/jr=752.9m^3/jr=752900l/jr.

II.4. Reserve d'incendie

La réserve d'incendie doit pouvoir lutter contre l'incendie qui durerait deux heures avec une pompe débutant 30m^3/h. Il faut donc disponibiliser dans le réservoir une quantité d'eau au moins égale à 60m^3.

II.5. Evaluation du débit de production

Pour déterminer le débit de production, nous allons tenir compte des besoins en eau au bout d'une période de planification fixe auxquels s'ajoutent les pertes inévitables dues au transport et à la distribution de l'eau. A La Regideso, ces pertes sont estimées à 25%.le débit sera donc :

752900l/j*1.25=941125l/j=10,08/s.

CHAPITRE III : CALCULS HYDRAULIQUES ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES

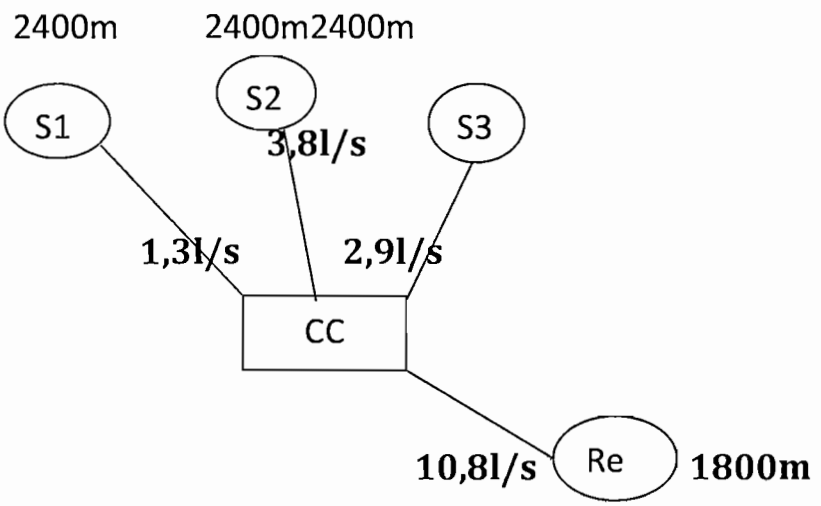
III.1. Source à capter et le mode de transport

Les sources à capter sont celles de l'ISAGA situer dans la montagne ISAGA qui est au nord –Est du centre, GAHAGA, plus précisément en haut de la colline TUKUZA. Ces sources sont au nombre de trois (3).

Le mode de transport que nous préconisons est le système gravitaire car ces sources se trouvent à une altitude de 2400m tandis que le centre de GAHAGA se situe à une altitude de 1840m. Nous préférons adopter ce mode de transport non seulement à cause des contraintes naturelles ; mais aussi ce système coûte moins cher par rapport au système de pompage. La quantité d'eau à capter est donc fonction du degré de perméabilité du sol qui dépend généralement de la nature des couches qui forment le sol.

Nous signalons aussi qu'il est très nécessaire de savoir la hauteur de la nappe, le sens d'écoulement du liquide qui est donc l'eau, la variation des débits ,la façon dont l'eau sort de la montagne pour pouvoir donc décider de la nature de la source, de la forme et dimension de l'ouvrage de captage.

Profil en long



III.2. Nature des sources

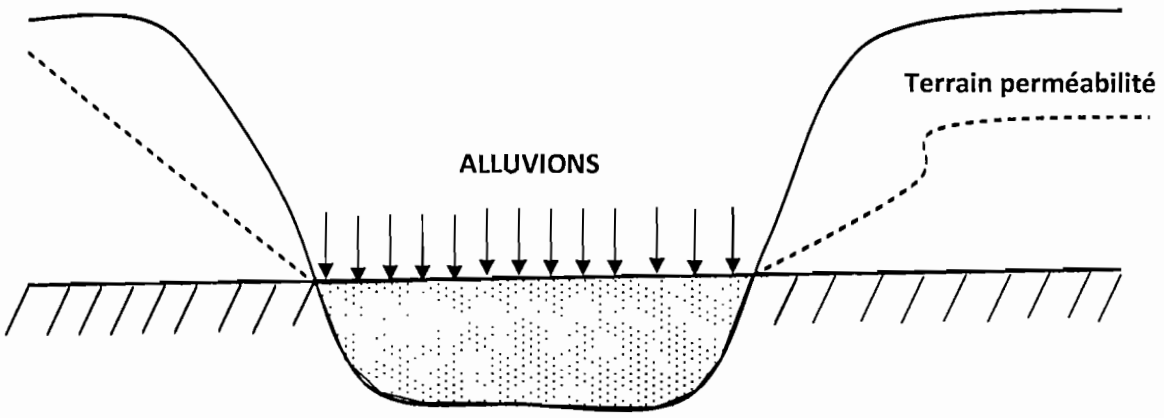
La source constitue l'exutoire de la nappe phréatique ou gisement. Son débit varie selon la nature du terrain dans lesquels l'eau circule. La perméabilité du terrain, la porosité des grains constituant le sol et le degré de rétention de l'eau à la source.

A. Classification des sources

Dans la nature, les sources se présentent sous trois formes principales :

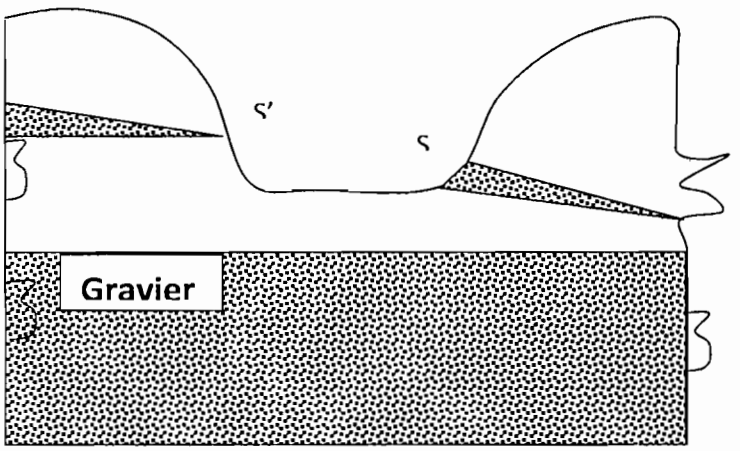
1. Source d'affleurement

C'est -à-dire 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 compacté et imperméable.



Ces sources sont plus abondantes du côté ou la nappe est alimentée. Elles tarissent rarement, leur débit est souvent important .Ce sont les plus intéressantes à capter

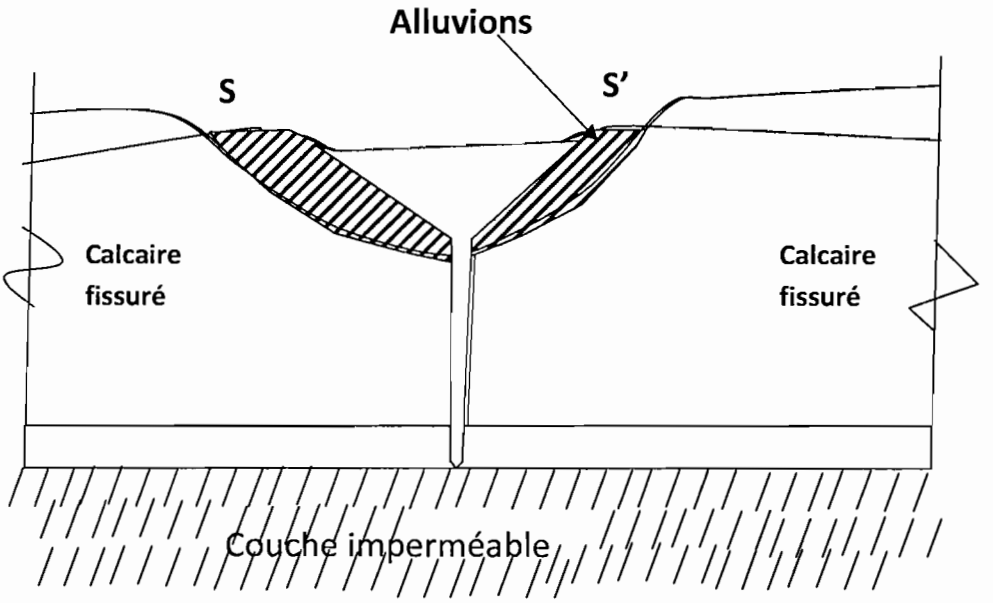
2. Source de déversement



On les rencontre dans les roches fissurées en surface (granites et calcaires), lorsque le réseau de fissures rencontre la surface du sol dans le vallon.

Elles ont un débit généralement faible et peuvent facilement tarir. Elles sont peu intéressantes à capter.

3. 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 une ou plusieurs fractures, ou on peut voir l'eau bouillonner. Elle apparait le plus en fond de vallée.

N.B : il est conseillé de les observer pendant plusieurs saisons avant de décider de les capter.

B. Quelques définitions

- **La porosité d'un sol**

C'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. Elle varie en général entre 26% et 47%. Etant donné que l'eau occupe les vides du terrain, la porosité représente la quantité totale d'eau que peut emmagasiner un terrain.

- **degré de perméabilité**

La perméabilité caractérisée la facilité de circulation de l'eau au travers d'un terrain. Elle dépend de plusieurs facteurs dont les principaux sont : la grosseur des grains, la forme (arrondie ou aplatie), le mode d'enchevêtrement et la porosité.

C'est en bref, la vitesse de circulation de l'eau au travers d'un terrain.

Quelques valeurs du coefficient de perméabilité [k]

Gravier m/s	Gravier+Sable m/s	Sable m/s	Argile m/s
1.10^{-2} à 1.10^{-2}	$0,5.10^{-2}$ à 1.10^{-2}	1.10^{-4} à 30.10^{-2}	1.10^{-7} à 1.10^{-10}

Classification d'après G.CASTANY

.Très bonne perméabilité : $10^{-2}<k<1$

.Bonne perméabilité : $10^{-5}<k<10^{-2}$

.Mauvaise :$10^{-9}<k<10^{-5}$

.Terrain imperméable : $k<10^{-9}$

(K en m/s)

- **Degré de rétention du terrain :**

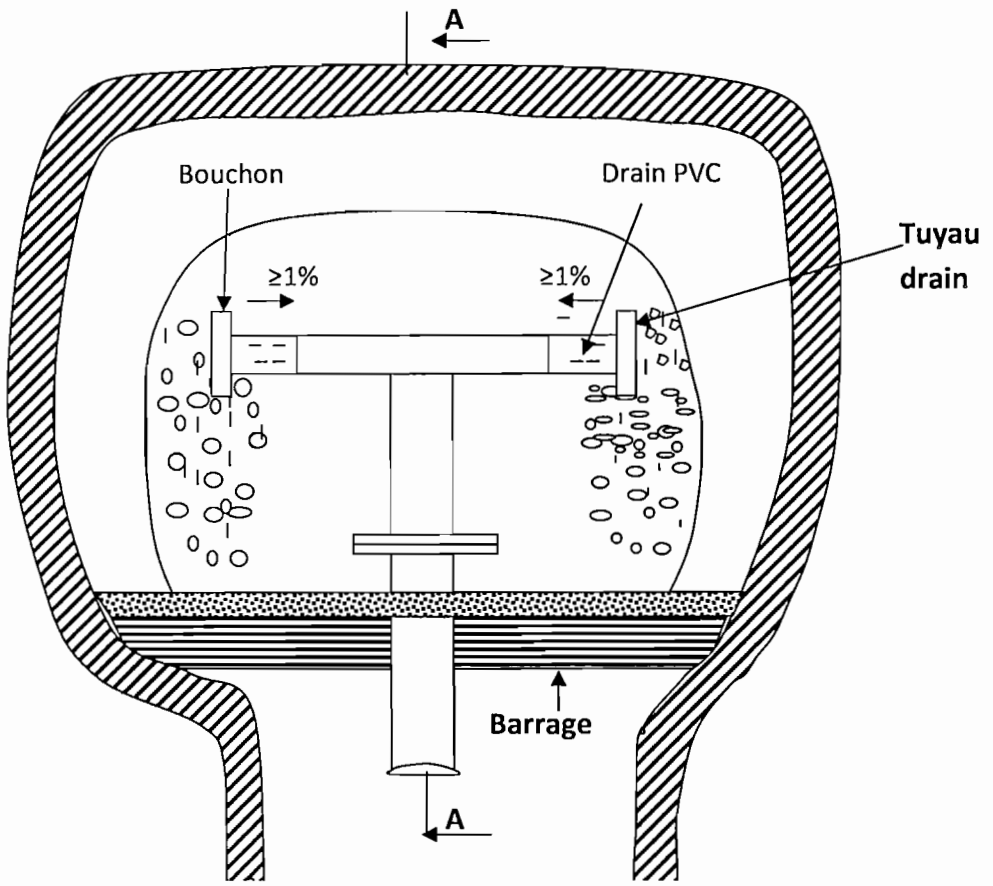
L'eau emmagasinée dans un terrain n'est pas disponible en totalité. Une partie est retenue par le terrain lui-même par capillarité ou par absorption. Elle très forte pour les argiles et diminue pour les sables et les graviers. Le terrain faisant objet de notre étude est rocheux et fissurés. La circulation de l'eau y est facile, mais la rétention y est moindre.

Les observations que nous avons fait sur les sources captées pendant quelques mois seulement, nous avons constaté que le débit varie d'une façon remarquable en fonction des saisons.

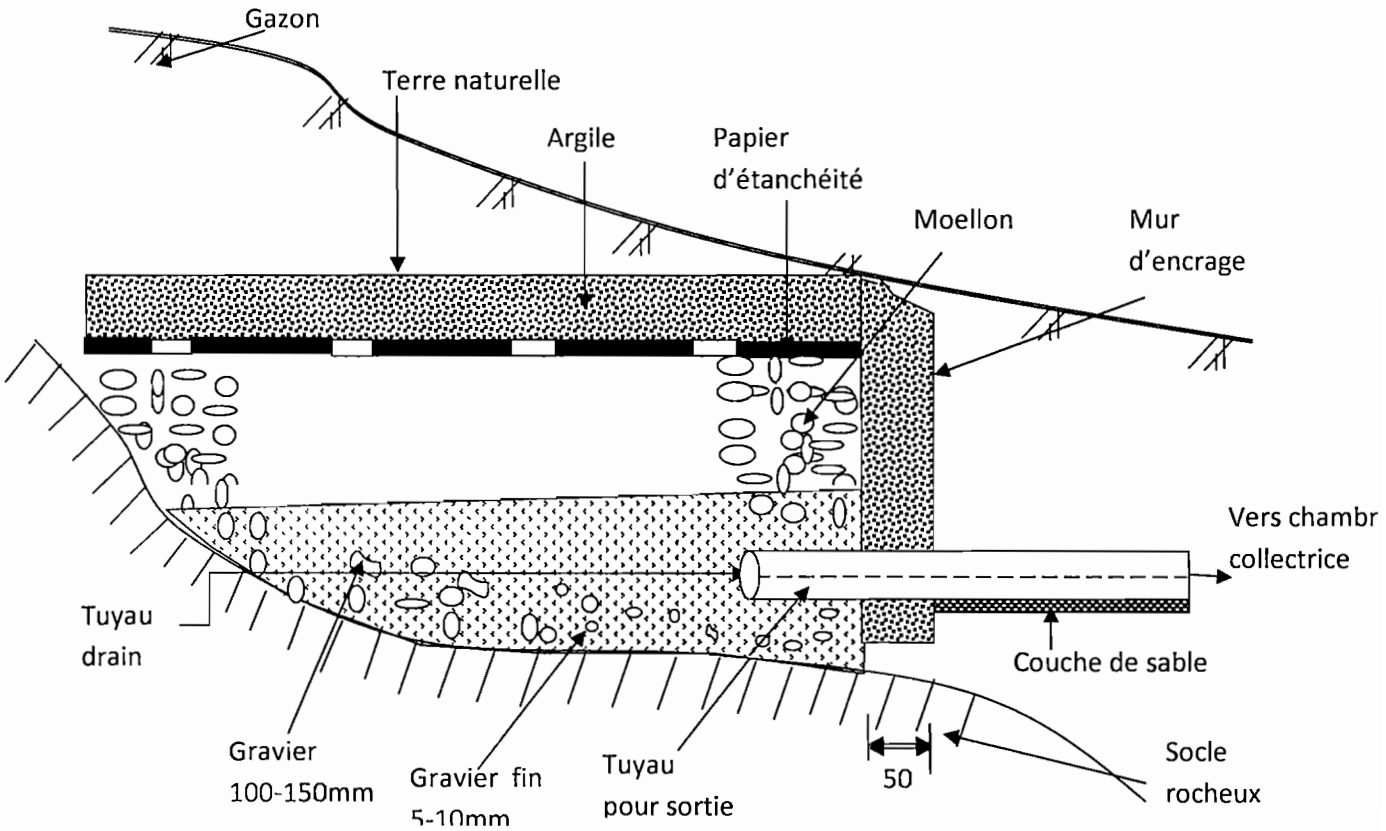
III.3. Principe de captage

On creusera une tranchée (galerie) à l'endroit où se trouve l'eau ; on prévoit des matériaux drainant et pose par-dessus les tuyaux perforés qui achemineront à l'endroit de l'ouvrage de collecte. Il faudra étanchéiser les parois par les matériaux appropries.Dans le but de couper le maximum de filet liquide possible, la galerie captante pourra être faite dans une direction perpendiculaire au sens d'écoulement souterrain et parallèlement au fond de la vallée.

Captage transversal



Coupe A-A



III.4. Protection des ouvrages

La protection consiste en deux éléments importants :

a)La protection contre les eaux de ruissellement ;

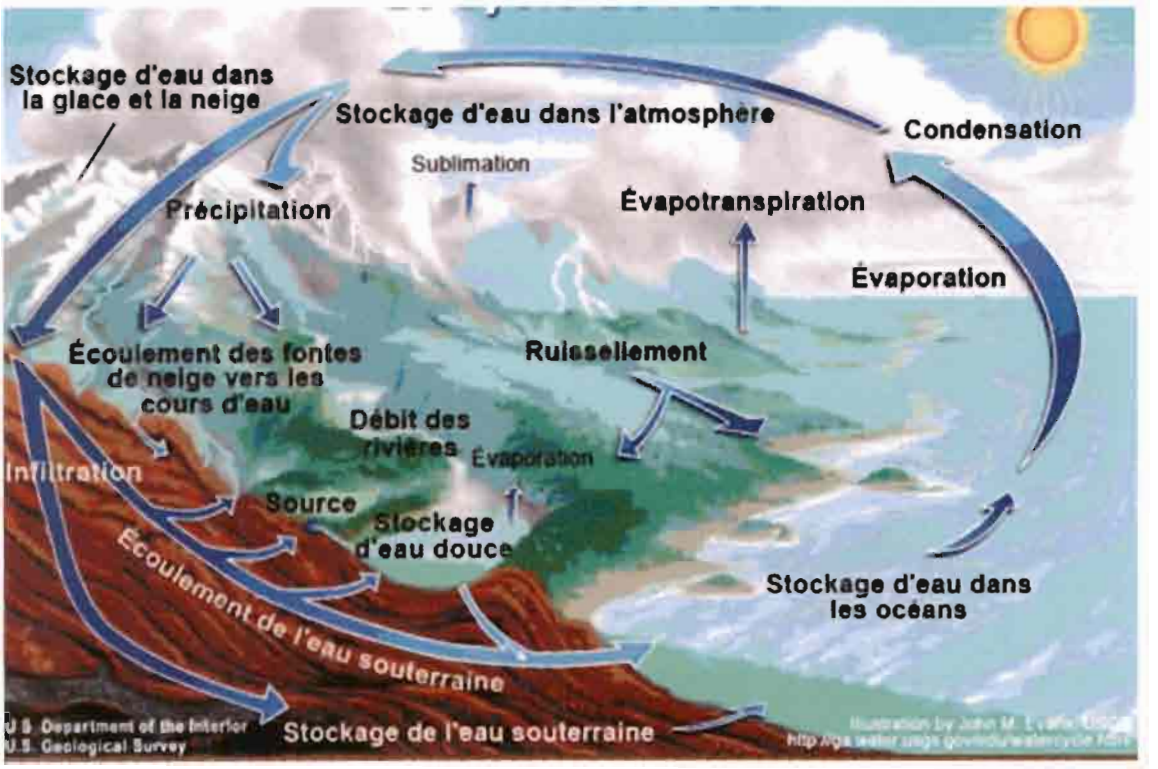
b) La protection contre les accès du bétail dans la zone du captage.

Pour cette première protection, il s'agit de creuser une tranchée en tête de la zone de captage pour éviter la destruction des ouvrages par l'eau de ruissellement non orientée .Il faudra planter du gazons dans le périmètre du captage.

Pour cette deuxième protection consiste à ériger une clôture entourant le périmètre de captage par des tubes métalliques ceintures par des fils barbelés.

Le schéma du cycle de l'eau montre comment l'eau ruisselle et s'infiltre dans la terre et forme la nappe phréatique d'où la naissance des sources nécessaires à capter pour l'alimentation en eau potable.

Schémas du cycle de l'eau



III.5. Réservoir d'eau

III.5.1. Généralité

Un réservoir est un ouvrage contenant un liquide et ce dernier est généralement de l'eau, soit potable, soit usée. Les autres liquides le plus couramment sont :Les hydrocarbures, l'huile, etc.

Dans l'adduction et la distribution de l'eau, la construction des réservoirs de stockage est devenue une obligation afin d'assurer la sécurité de la distribution en cas de panne de courte durée est compenser les fluctuations de la consommation.

Un réservoir a aussi l'objet de la mise en réserve d'un volume d'eau utilisable pour des cas spéciaux tel que l'incendie, coupure d'électricité, rupture des conduites.

A part les rôles cités ci- haut, il remplit aussi :

-La régularité dans le fonctionnement de la pompe ;

-La régularité de pressions en différent point de puisage.

III.5.2. Classification des réservoirs

Les réservoirs peuvent être classes selon :

-La position du réservoir par rapport au sol ;

-La forme de la cuve ;

-Le mode de fermeture ;

-La complexité de la construction ;

-L'usage ;

-La nature du liquide.

III.5.2.1. La position du réservoir par rapport au sol

Ces réservoirs peuvent être soit posés sur le sol, soit légèrement enterrés soit sur superstructure, soit sur des pylônes de grande hauteur ou sur des bâtiments.

III.5.2.2. La forme de la cuve

Les formes de la cuve peuvent être nombreuses selon le concepteur :

- Le réservoir carré ;

-Le réservoir rectangulaire ;

-Le réservoir circulaire ;

-Le réservoir de la forme quelconque.

III.5.2.3. Selon le mode de fermeture

Les réservoirs peuvent être découvert ou munis d'une couverture chargée de diverses façons.

III.5.2.4. Selon la complexité de la construction

Les réservoirs peuvent être simples ou complexes et formés des réservoirs multi simples ou même superposés.

III.5.2.5. Selon l'usage

Il y a :

-Unréservoir d'emmagasinement lorsqu'il s'agit d'un liquide divers ;

-Bassin (de traitement ou de sport) ;

-Cuve a gazomètre.

III.5.2.6. Selon la nature du liquide conserve

On peut citer :

-Un réservoir d'eau ;

-Un réservoir d'hydrocarbure ;

-Citerne a produit noirs (goudron, bitume) ;

-Cuves à vin, bière.

III.6. Capacité des réservoirs

III.6.1. Généralité

Un des rôles à tirer des réservoirs est l'appui qu'ils doivent apporter pendant les heures de pointe des jours de plus forte consommation.

Pour y arriver, ils doivent pouvoir stocker l'eau qui arrive en trop-plein et le cuve destine a la distribution et ce stockage est favorable durant les heures ou la consommation en eau est minimale, c'est-a dire pendant la nuit. Le volume du réservoir doit correspondre au moins au quart de la consommation journalière du réseau qu'il dessert.

D'une façon générale, la capacité du réservoir est estimée en tenant compte des variations de débit à l'entrée comme à la sortie.

III.6.2. Le débit d'entrée

Le débit d'entrée est tenu compte des besoins en eau potable .Ce débit est constant et il est fonction du temps.

III.6.3. Le débit de sortie

Le débit de sortie est le volume d'eau qui doit couvrir le bassin journalier de la population en aval d'un réseau de distribution d'eau. Il faut, ajouter les pentes d'eau dans le réservoir dues aux fuites au niveau des joints, des robinetteries en mauvais étant, etc.

Ce débit est fonction du temps :

$Q_s=f(t)$

Ces variations sont dues au fait quelques activités peuvent changer dans le temps.

III.6.4. Calcul des capacités des réservoirs

Le calcul de la capacité du réservoir tiendra compte des besoins en eau et des répartitions journalières des débits de consommation.

Le calcul peut se faire soit :

-Graphiquement

-Analytiquement

1. Principe de calcul

$Vol.E=\int_0^t QE(t)dt$

$Vol.S=\int_0^t QS(t)dt$

$Rés=\int_0^t (QE-QS)\,dt$

La capacité du réservoir est égale au volume qui entre diminue du volume qui sort pour un intervalle de temps donné. L'intervalle pris comme référence est de 24heures.

QE(t) : débit instantané qui entre

QS(t) : débit instantané qui sort

Vol. E : volume de l'eau entrant

Vol.S : volume de l'eau sortant

Rés : capacité du réservoir

N.B : En pratique, la capacité du réservoir sera égale a 1,5*volume journalier.

Dans la suite de calculs, nous allons regrouper les réservoirs suivant les besoins journaliers déjà calcules. Les coefficients horaires tenant compte des variations horaires de consommations sont différents en fonction de la destination du réservoir.

2 Estimation des coefficients horaires

a) Réservoirs pour les citadins

Temps en heure	0-2	2-6	6-7	7-12	12-14	14-19	19-22	22-24
Coefficients horaires	0,1	0,4	2,1	1,1	1,5	1,7	0,2	0,02

Dans le tableau suivant nous allons utiliser les symboles suivants :

Ch. : coefficient horaire

VS : volume sortie

VS.P :

volume sortie partiel

QE : débit entrée

QS : débit sorti

V.S.C : volume sortie cumule

V.E.P : volume d'entrée partiel

V.E.C : Volume d'entrée cumule

Ainsi donc, dans la poursuite de nos calculs, nous allons les utiliser de la manière suivante:

$QE=0,0108m^3/s=38,88m^3/h$

QS=QE*coefficient horaire

V.E.P=QE.t

V.S.P=QS.t

En voici donc le tableau récapitulatif :

Temps[h]	ch.	QE [m^3/h]	QS [m^3]	VEP [m^3]	VEC [m^3]	VSP [m^3]	VSC [m^3]	VEC-VES
0-2	0,1	38,88	3,968	79,36	79,36	7,936	7,936	71,424
2-6	0,4	38,88	15,472	158,72	238,08	61,888	69,824	168,256
6-7	2,1	38,88	81,228	39,68	277,76	81,228	151,052	126,735
7-12	1,1	38,88	44,548	198,4	476,16	222,74	373,792	102,368
12-14	1,5	38,88	59,52	79,36	555,52	119,04	492,832	62,688
14-19	1,7	38,88	67,456	198,4	683,92	337,28	830,112	-119,192
19-22	0,2	38,88	7,936	277,76	961,68	23,808	853,92	107,76
22-24	0,0	38,88	0	79,36	1041,04	0	853,92	187,12

Capacité théorique =|187, 12|+|-119,192|=306,312m^3

Capacité pratique =306,312m^3*1,5=459,468 ≈460m^3

III.6.5. Résultats des calculs des capacités du réservoir

a. Capacité théorique

Le volume utile du réservoir serait donne par la somme du grand volume et le plus petit volume des différentes soustractions entre le volume d'entrée cumulée et le volume de sorti cumule (VEC-VSC). Pour le réservoir, nous avons trouvé la capacité théorique de 306,312 m^3

Dans les chapitres précédents, nous avons évalué les besoins en eau potable pour le centre de GAHAGA.

Apres avoir collecté les eaux des sources, nous avons pu constater le débit d'entrée QE 10,8l/s. Le débit de sortie est variable .Pour évaluer la capacité du réservoir, il est important de connaitre la répartition dans le temps du débit de distribution.

L'existence de cette variation est due aux activités changeantes dans le temps. Pour tenir compte des fluctuations, il faut appliquer au débit horaire moyen, un coefficient horaire.

b. Capacité théorique du réservoir

Comme il est difficile d'estimer la capacité pratique du réservoir, à moins d'être à mesure d'avoir à sa disposition une statistique bien complète de connaître avec précision les modalités de la distribution, il est conseille en alimentation urbaine et pour réserver l'avenir sans pour autant exagérer le temps.

III.6.6. Principe de construction

Les réservoirs doivent être conduits en matériaux durables .Ils doivent être couverts à l'abri des contaminations, des eaux souterraines d'infiltration, des pluies et des poussières.

Ils doivent être aérés toute en restant a l'abri du froid et de chaleur et de plus, visitable .Il sera bon de prévoir un compartimentage pour faciliter le nettoyage. Dans les réservoirs d'entrées, ce compartimentage conduit à prévoir deux cuves identiques dont l'ensemble fait la capacité totale. Dans les réservoirs surélevés, on aménage deux cuves concentriques.

Ils doivent en outre comporter une chambre de manœuvre ou sont ressembles les organes de réglage nécessaires Les réservoirs de plusieurs milliers de mètre cubes destiner a l'alimentation de grande ville sont du type enterre ou semi-enterré, tout au plus avec radier au niveau du sol. Leur section est, soit circulaire, soit rectangulaire. On les construit en béton armé ordinaire ou précontraint.

Le sol de fondation doit faire l'objet d'étude approfondis, tant du point de vue de la capacité portante que du drainage des eaux qu'il est normale de rencontrer dans les fouilles.

En plus l'élévation en maçonnerie de moellons ou de mortier de ciment dosée a 250kg/m^3, munie d'une couche d'étanchéité à l'intérieur (paroi en contacte avec l'eau) et à l'extérieur pour les parties enterrées. Le couvercle est réaliser en dalle de béton armée dosée a 350kg/m^3.On laissera une couverture pour la visite a l'intérieur.

L'étanchéiste pourra être réalisé par l'utilisation des produit plastique ne donnant pas de goût a l'eau et de bande de caoutchouc incorpores au béton. Il n'est pas nécessaire que le mastic d'étanchéité règne sur toute l'épaisseur de la dalle.

III.6.7. Dimensionnement du réservoir circulaire

Nous allons distinguer trois grandes parties du réservoir à savoir :

-La couverture (dalle) ;

- les parois circulaires ;

-le radier.

III.6.8. Calcul des dimensions du réservoir.

La hauteur d'eau doit varier entre 3et 6m d'après André DUPOND (tome II).Néanmoins, elle peut atteindre 8m dans les conditions exceptionnelles .Dans la recherche des dimensions, deux procèdes sont à distinguer :

1. Supposer la hauteur du réservoir et le diamètre intérieur serra trouver par la formule de FOULADOSSA.

Supposons la hauteur du réservoir

$$\mathbf{D=\frac{\sqrt{4*v}}{\sqrt{\pi}*h}}$$

Où v=volume d'eau dans le réservoir

h=hauteur d'eau dans le réservoir

$$\mathbf{D=\frac{\sqrt{4*460}}{\sqrt{3,14}*4}=12m}$$

2. Chercher la surface du réservoir, le volume étant connu :

$V= (\prod * d^2 * h)/4$

Où d=diamètre intérieur

h=hauteur du cylindre

$v= (\prod * d^2 * h)/4=460m^3$

Les facteurs d et h dont dépend le volume peuvent prendre plusieurs valeurs alors que le volume reste constant.

Les dimensions économiques sont celles pour lesquelles où la somme des surfaces latérales et de base est minimale d'où l'économie de la matière utilisée pour la construction, relations suivantes :

$S_1=\prod*d*h$

$S_2= (\prod*d^2*2)/4=\prod*d^2/2$

La surface total est. $s=s_1+s_2= (\prod*d*h) + (\prod*d^2)/2$ (1)

Le volume du réservoir est constante égale a $\prod*d^2/4=460m^3$

La hauteur vaut :

$h=4*v/\prod*d^2=4*460/\prod*d^2=1840/\prod*d^2$ (2)

En remplaçant (1) dans (2) on a :

$S=\prod*d\ [1840/\prod*d^2] +\prod*d^2/2$

$S=\prod*d^2/2+1840/d$

Nous obtenons une fonction s dont nous voulons déterminer le minimum.

III.6.9. Détermination de l'extremum de s(d)

Pour déterminer l'extremum de la fonction s (d) on cherche les valeurs de d pour lesquelles la dérivée première s'(d) s'annule.

Nous allons d'abord chercher la dérivée première de s (d).

$S (d) =\prod*d^2/2+1840/d$

$S' (d) =\prod*d-1840/d^2 \quad (d\neq0)$

$S' (d) =0\rightarrow\prod*d-1840/d^2=0$

$\prod*d=1840/d^2$

$\prod*d^3=1840$

$D'=\sqrt[3]{1840/\prod}=8, 36\approx8$

Si d=6, $s(6)=3,14*6-1840/6^2=-32,27$

Si d=12, $s(12)=3,14*12-1840/12^2=24,9$

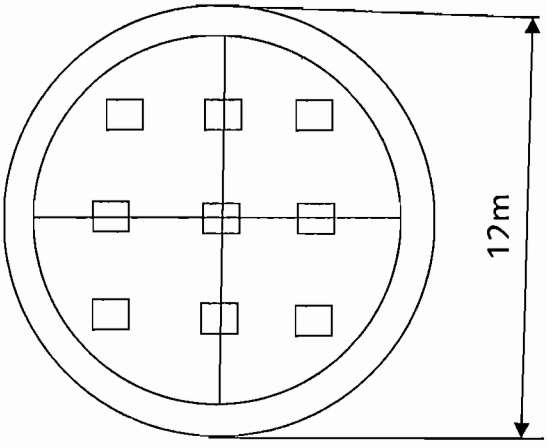
La dérivée s (d) s'annule en passant du négatif au positif, l'extremum trouvé est donc un minimum. Nous adoptons donc pour le réservoir un diamètre intérieur de 12m.

La hauteur $h=1840/\prod*d^2=1840/3,14*12^2=4,6m\approx5m$

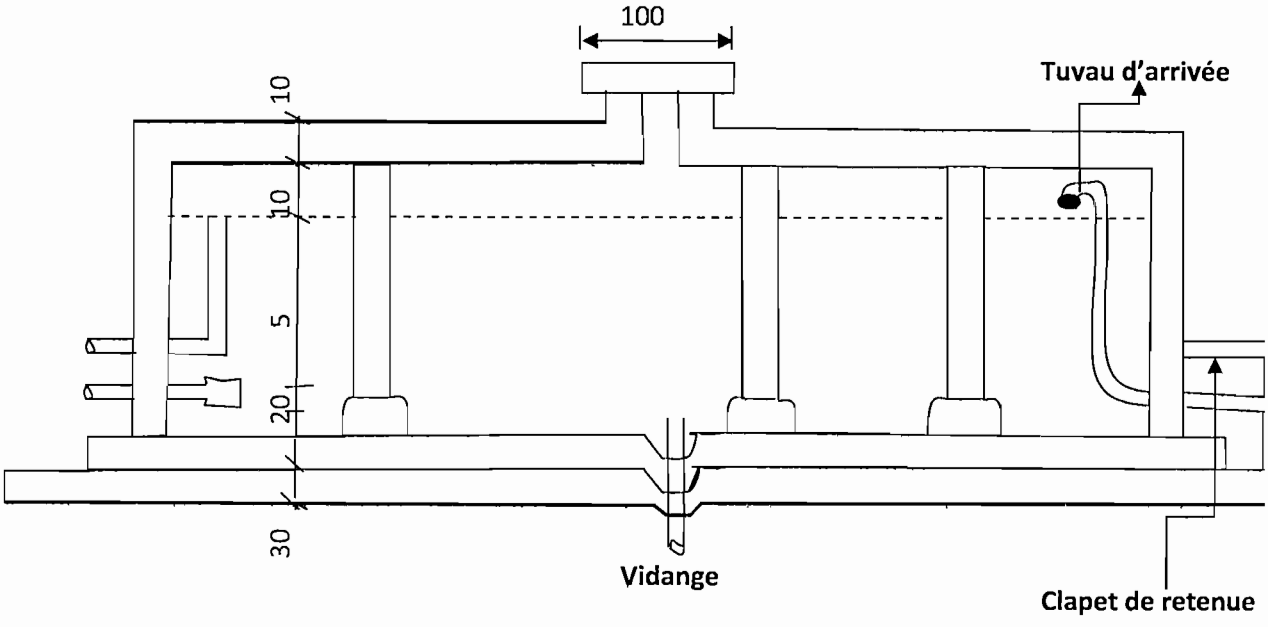
Les dimensions réelles du réservoir seront donc 12m de diamètre et de 5m de hauteur.

III.6.10. Dimensionnement du réservoir

VUE EN PLAN



Coupe du réservoir



III.6.10.1. Calcul des dimensions des éléments du réservoir

A. La dalle de couverture

La dalle de couverture est un élément horizontal qui repose sur les poteaux et les poutres et qui a une petite épaisseur, de forme carrée de 3m de cote :

L_X=L_Y=3m. Nous nous fixons les dimensions de structure en béton.

-Diamètre intérieur de la cuve : 12m

-Epaisseur en hauteur de la paroi :e_1=10cm

-Epaisseur en bas de la paroi :e_2=20cm

-Epaisseur de la dalle :e_3=12cm

-Epaisseur de radier :e_4=20cm

-Epaisseur du béton de propreté :e_5=30cm

La section du poteau supportant la dalle :s_1=20cm*20cm

La section de la poutre supportant la dalle :s_2=20cm*30cm

B. Calcul des armatures

1. Dalle de couverture

L_X=L_Y=3m

Nous admettons une dalle carre de 3m de cote.

a.Calcul des charges

a. charges permanentes

G=a*b*e*δ

a:largeur de la bande considéré ;

b : longueur de la bande considéré ;

e : épaisseur de la dalle ;

δ : Masse volumique du béton (daN/m^3).

G= (3*1*0,12*2500) daN=900daN.

b. surcharges

$q=150daN/m^2$

$Q=150daN/m^2*1m*3m=450daN$

c. Calcul des moments selon la règle de CAQUOT

Moment du aux charges permanentes et aux surcharges

$Pu=1,35G+1,5Q$

P_U= (1,35*900*1,5*450) daN=1890daN

P_{UI}= (charge par unité de surface)

=1890daN/3=630daN/ml

$M_{OX}=\mu_y*P_{UI}*L_x^2$

$M_{OY}=\mu_y*\mu_x$

$\alpha=L_X/L_Y=3/3=1$; on a : $\mu_x=0,0423$

$\mu_Y=1$

$M_{ox}=M_{OY}$= $(0,0423*630*3^2)=239,841daNm$

Le moment en travée : $M_T\geq1,25*M_{OX}-(M_{WX}+M\alpha)/2$

$M_T\geq 1,25M_{ox}-(0,15+0,5)/2$

$M_T\geq1,25M_{OX}-0,325M_{OX}$

$M_T\geq0,925M_{OX}\geq239,841daNm\approx240daNm$

d. Calcul des armatures

Nous allons utiliser des aciers à haute adhérence de limite élastique

Fe=400Mpa

Concernant le calcul des armatures de ferraillages, on prend une portion de section

br=1m+h. En plus, il faut respecter les dispositions constructives :

Ø=1/10 de la hauteur (épaisseur de la dalle).

Pour question d'ordre pratique nous utiliserons pour toute la dalle la même des aciers (sur appui et en travée).On utilisera le moment maximal de 240daNm.

e. Calcul a l'état limite

$\sigma'_{bc}=0.6f_{c28}$

$\sigma's$=min (0.5fe, 110n)

H=1,6(pour les aciers a haute adhérence)

σ'_{bc}=0.6*25Mpa=15Mpa

$\sigma's$=min (0. 5*400,110*1. 6)

$\sigma's$=min (200,176)

Soit$\sigma's$=176Mpa

$\alpha_r=\frac{15\sigma_{bc}}{\sigma'_s+\sigma'_{bc}}=\frac{15*15}{176+15*15}$=0.561

$M_{rb}=\frac{\alpha_r}{2}(1-\frac{\alpha_r}{3})b_O d^2\sigma'_{bc}$ avec d=0.9h=0.9*0.12m=0.109m

$M_{rb}=\frac{0.561}{2}$(1-0.561)*(1*0.109^2*15.10^5)daN=3990daN

M_{serv}=435danN< M_{rb}=3990daNm

$\alpha_{Serv=15(1-}\sqrt{1-\frac{8}{3}M_{serv)}}$

$M_{serv}*\frac{M_{serv}}{b_O d^2\sigma'_{bc}}=\frac{240}{1*0.109^2*15.10^5}$=0.013

$\alpha_{serv}=15(1-\sqrt{1-\frac{8}{3}*0.013})$=0.31

σ s=15$\sigma'_{bc}(\frac{(1-\alpha_{serv})}{\alpha_{serv}}=15*15\left(\frac{1-0.31}{0.31}\right)=500Mpa$

$\sigma's<\sigma s$; z=d $(1-\frac{\alpha_{serv}}{3})$ =0.109(1-0. 31) =0.090m

$A_{serv}=\frac{M_{serv}}{Z\sigma_s}=\left(\frac{240}{0.090*500*10^5}\right)m^2$=5.3*10^{-5}m^2=0.53cm^2*2=1.06cm^2

Choix des aciers: 5Ø6 avec S=1,41cm^2, écartement 20cm.



Avec :

M_{rb}=moment résistant du béton

M_{serv}=moment de service

σ'_b=contrainte du béton

σ's=contrainte des aciers

f_{c28}=résistance du béton a l'âge de 28 jours

fe=résistance des aciers

n=coefficient de fissuration relatif a l'armature

d=épaisseur de la dalle avec enrobage

A=section des aciers

2. Poutre

a. Calcul des charges

b : largeur de la poutre : 20cm=0.2m

h : hauteur de la poutre : 30cm=0.3m

L : longueur de la bande considérée=3m

γ_b=poids volumique du béton

***charge uniforme**

G_1=b*h*l*γ_b=(0.2*0.3*3*2500)=450daN/ml

P_u=G_1*1.35=450*1.35=607.5daN/ml

P_{ul}=p_u/l=607.5daN/ml/3ml=202.5m

***charge uniforme**

G_2=b*a*e*γ_b=$\frac{(3*3*0.2)}{2} * 2500 = 2250 daN/ml$

G=G_1+G_2=450+2250=2700daN

***charge d'exploitation**

q=150daN/m^2

Q=$\frac{3*3}{2} * 150 = 675daN/ml$

b. Calcul des moments

Mo=$\frac{p_{ui*l^2}}{8} + \frac{p_{uil^2}}{48} = \frac{202.5(3)^2}{8} + \frac{202.5(3)^2}{48} = 265.78125daNm$

Pour une marge de sécurité, nous prenons le moment en travée

M_T=265.78125daNm

$M_{T=}M_0$=265.78125daNm

Le moment sur les appuis(M_A)

M_A=0.5*M_0=0.5*265.78125=132.89daNm

c. Calcul des armatures

Nous allons calcul les armatures à l'état limite de service car les poutres sont exposées à une forte humidité.

σ'_{bc}=0.6f_{c28}
$\sigma' s$=min (0.6f_{c28}=0.6*25Mpa=15Mpa

$\sigma' s$ =min (0.5fe, 110n)=176Mpa

α_r=$\frac{15*\sigma'_{bc}}{\sigma' s+15_{\sigma'_{bc}}}$=$\frac{15*15}{176+15*15}$=0.561

M_{rb}=$\frac{1}{2}\alpha_{r\left(1-\frac{\alpha_r}{3}\right)b_{0d^2}}\sigma'_{bc}$

Avec d=0.9*0.3m=0.27m

M_{rb}=$\frac{1}{2}0.561\left(1-\frac{0.561}{3}\right) * 0.2 * (0.27)^2$*$15.10^5$daN=4987daNm

M_{serv}< M_{rb} ou M_{serv}=265.78daNm

M_{serv}=$\frac{M_{serv}}{b_{od^2}\sigma'_{bc}}$=$\frac{265.78}{0.2*(0.27)^2*15*10^5} = 0.012$

$\alpha_{serv=}$15(1-$\sqrt{1-\frac{8}{3}\mu serv)} = 15(1-\sqrt{1-\frac{8}{3}*0.012)} = 14.7$

$$\sigma s = 15\sigma_{bc}\left(\frac{1-\alpha_{serv}}{\alpha_{serv}}\right) = 15*15\left(\frac{1-14.7}{14.7}\right)Mpa = 209.69Mpa$$

$$\sigma s > \sigma' s = 176Mpa; 209.69Mpa > 176Mpa$$

$Z=d(1-\frac{\alpha_r}{3}) = 0.27\left(1-\frac{14.7}{3}\right) = 1.053$

$A_{serv}=\frac{M_{serv}}{Z\sigma'_s} = \frac{265.78}{1.053*176.10^5} = 1.4341060176.10^{-5}m^2 \approx 1.4cm^2 * 2 = 2.8cm^2$

Choix des armatures: $10\emptyset_6 avec une ecartement de\ 10\ cm$

3. Poteaux supportant la dalle

a. Calcul de la charge

Dalle : $Q_1=L*l*h*\gamma = 3*3*0.12*2500 = 2700daN$

Surcharge : Q2=150daN*3=450daN/m

Poutre : $Q_3=b_o*h*L*2*\gamma_b = 0.2*0.3*3*2*2500 = 900daN$

Poids propre du poteau : Q_4= (0.2*0.2*4.5*2500) daN=450daN

$N_{serv}=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4$=2700+450+900+450=4500daN

Section du poteau : B= (0.2*0.2)m^2=0.04m^2

Section réduite=Br= (0.2-0.02)*(0.2-0.02) m^2=0.0324m^2

b. Calcul des armatures

La section des armatures du poteau est donnée par la formule :

$A\geq \frac{1}{0.85}\left(\beta N_{serv} - \frac{Br.f_{bu}}{0.9}\right)$

Avec A: section des aciers;

$$\sigma s: contrainte\ des\ aciers;$$

N_{serv} : effort normal ;

β : Coefficient lie au flambement ;

F_{bu} : résistance caractéristique de calcul de béton a la compression ;

Br. : section de béton réduite.

$\beta = 1 + 0.2\left(\frac{\gamma}{35}\right)^2$ ou γ *est l'elancement*

$$\gamma = \frac{l_{f\sqrt{12}}}{\alpha}$$

Avec l_f longueur de flambement

$l_f=0.5l_o$

$l_f=0.5*4.4=2.2m$

$$\gamma = \frac{2.2\sqrt{12}}{0.2} = 38.10$$

$\beta = 1 + 0.2(\frac{38.06}{35})^2$=1.421

$f_{bu}=\frac{0.85f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0.85*25Mpa}{1.5} = 14.166m \approx 14.17m.$

$$\sigma s = \frac{fe}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15}Mpa = 347.8Mpa$$

$A=\frac{1}{0.85*348.5.10^5} = (1.421 * 4500 - \frac{0.0324*14.17.10^5}{0.9} = -1.8293.10^{12}m^2$

La section est négative, ce qui montre que le béton seul peut supporter la dalle. Horizontaux, nous allons utiliser les aciers $4\emptyset_{10}$et un cadre de $\emptyset_6$tous les 20 cm.

4. paroi circulaire.

a. Calcul de l'effort de traction dans la paroi.

L'épaisseur en haut de la paroi : 10cm

L'épaisseur en bas de la paroi : 20cm

Hauteur de l'eau : 5m

Diamètre intérieur : d=12m

Epaisseur moyenne : $e=\frac{e_{o+e_1}}{2} = \frac{10+20}{2} = 15cm$

$$\frac{h^2}{ed} = \frac{5^2}{0.2 * 12} = 10.41$$

La traction dans la paroi est donnée par : T=$\gamma * \delta * h * r$ ou

γ: $coefficient\ de\ traction$;

δ: $poids\ volumique\ d'eau$

H : hauteur de l'eau dans le réservoir ;

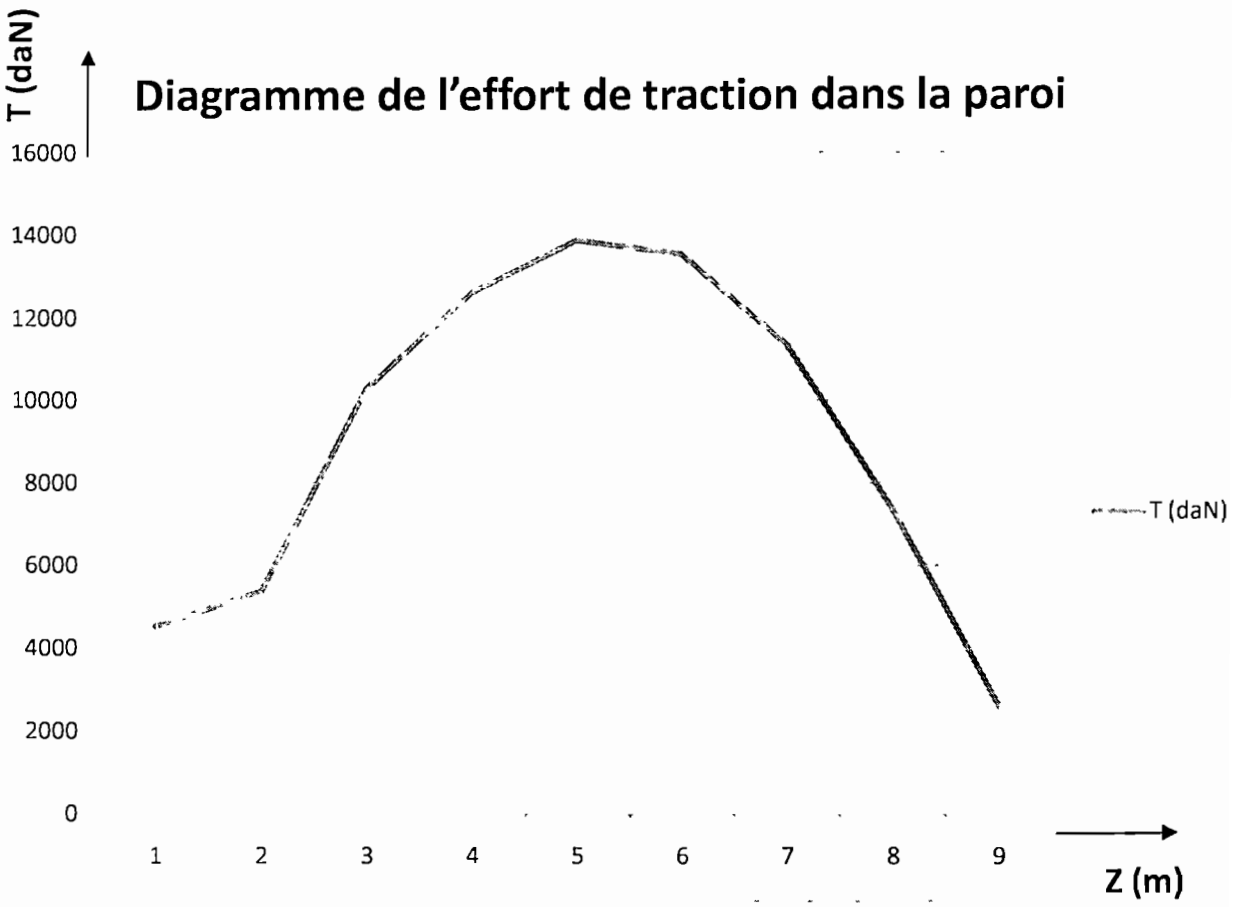
r : rayon du réservoir ;

T : traction dans la paroi ;

La valeur de γ est donnée dans le tableau suivant la profondeur Z du haut vers le bas dans le réservoir et suivant la hauteur de l'eau.

T=$\gamma * 1000 * 5 * 6 = \gamma * 30000$.

z/h	z	γ	T (daN)
0.09	0.45	0.145	4530
0.15	0.90	0.179	5370
0.23	1.35	0.343	10290
0.31	1.80	0.420	12608
0.39	2.25	0.462	13860
0.47	2.70	0.451	13530
0.55	3.15	0.378	11340
0.63	3.60	0.244	7320
0.71	4.05	0.086	2580



b. Traction dans les viroles, aciers tordus

La paroi est subdivisée en virole horizontale de hauteur régulière et chaque virole est soumise à un effort de traction. La section des aciers est déterminée par la formule :$A_t=\frac{T}{\sigma_a}$

Avec A_t=la section des aciers de traction

σ_a =Contrainte limite dans les aciers

Aciers à haute adhérence (acier HA),σ_a: $1600\ a2750\ bars$

1bar=$10^5 p_a$=10^5N/m^2

Soit $\sigma_a = 250Mpa = 250MN/m^2$=2500daN/cm^2 (aciers HA)

1er virole : 0 à 0.45m

T=1daN*$(\frac{4350+0}{2}) = 2175daN$

A_t=1cm^2*$\frac{2175}{2500} = 0.87cm^2$*2=1.74cm^2

Choix des armatures : $7\emptyset_6$; écartement est : 16cm

2eme virole : 0.45 à0.9m

T=1daN*$(\frac{5370+4350}{2}) = 4860daN$

A_t=1cm^2*$\frac{4860}{2500} = 1.94$cm^2

Choix des armatures : $7\emptyset_6$; écartement est : 14.5cm

3emevirole :0.9à1.35m

T=1daN*$(\frac{10290+5370}{2})$=7830daN

A_t=1cm^2*$(\frac{7830}{2500}) = 3.132$cm^2

Choix des armatures : $7\emptyset_8$; écartement est : 16cm

4eme virole : 1.35 à1.8m

T=1daN*$(\frac{12600+10290}{2}) = 11445daN$

A_t=1cm^2*$(\frac{11445}{2500})$=4.578cm^2

Choix des armatures : $10\emptyset_8$; écartement est : 11cm

5eme virole : 1.8 à 2.25m

T=1daN*$(\frac{12600+13860}{2})$=13230daN

A_t=1cm^2*$(\frac{13230}{2500})$=5.292cm^2

Choix des armatures : $11\emptyset_8$; écartement est : 9.5cm

6eme virole 2.25 à 2.70m

T=1daN*$(\frac{13860+13530}{2})$=27390 daN

A_t=1cm$^{2*(\frac{27390}{2500})}$=10.95cm^2

Choix des armatures : $7\emptyset_{14}$; écartement est : 14cm

7eme virole : 2.70 a 3.15 m

T=1daN*$(\frac{13530+11340}{2})$ =12435daN

A_t=1cm^2*($\frac{12435}{2500}$) =4.974cm^2

Choix des armatures : 10$\emptyset_8$ écartement 10cm

8eme virole :3.15 a3.60 m

T=1daN*($\frac{11340+7320}{2}$) =9330daN

A_t=1cm^2*($\frac{9330}{2500}$) =3.732cm^2

Choix des armatures : 13$\emptyset_6$; écartement est : 7,5cm

9eme virole : 3.60 a 4.05 m

T=1daN*($\frac{7320+2580}{2}$) =4950 daN

A_t=1cm^2*($\frac{4950}{2500}$) =1.98 cm^2

Choix des armatures : 7$\emptyset_{6;}$ écartement est : 14cm

10eme virole

T=1daN*($\frac{2580+0}{2}$)=1290 daN

A_t=1cm^2*($\frac{1290}{2500}$) =0.516cm^2*4=2.064cm^2

Choix des armatures : 7$\emptyset_6$; écartement est : 13,5cm

c. Les aciers verticaux de traction dans la paroi verticale est donnée par la formule suivante :

$$\sigma_{b=}\frac{T}{b.e.15A} \leq \sigma_{b\ admissible}$$

Où T : traction dans les viroles ;

b : largeur de la bande (1m) ;

A : section des aciers ;

e : épaisseur moyenne de la paroi ;

σ_b : Contrainte admissible du béton

T=27390 daN

Si on prend une section de $6cm^2$

$$\sigma_{b=\frac{27390}{1*15*15*6}}=20.28<\sigma_{b\ adm=15Mpa}$$

Choix des armatures : $10\emptyset_{16}$

d. Moment de flexion vertical

Il est donnépar la formule suivante :

M=$\gamma' * \delta * h^2$avec :γ':coefficient du moment de flexion ;

δ: Masse volumique de l'eau ;

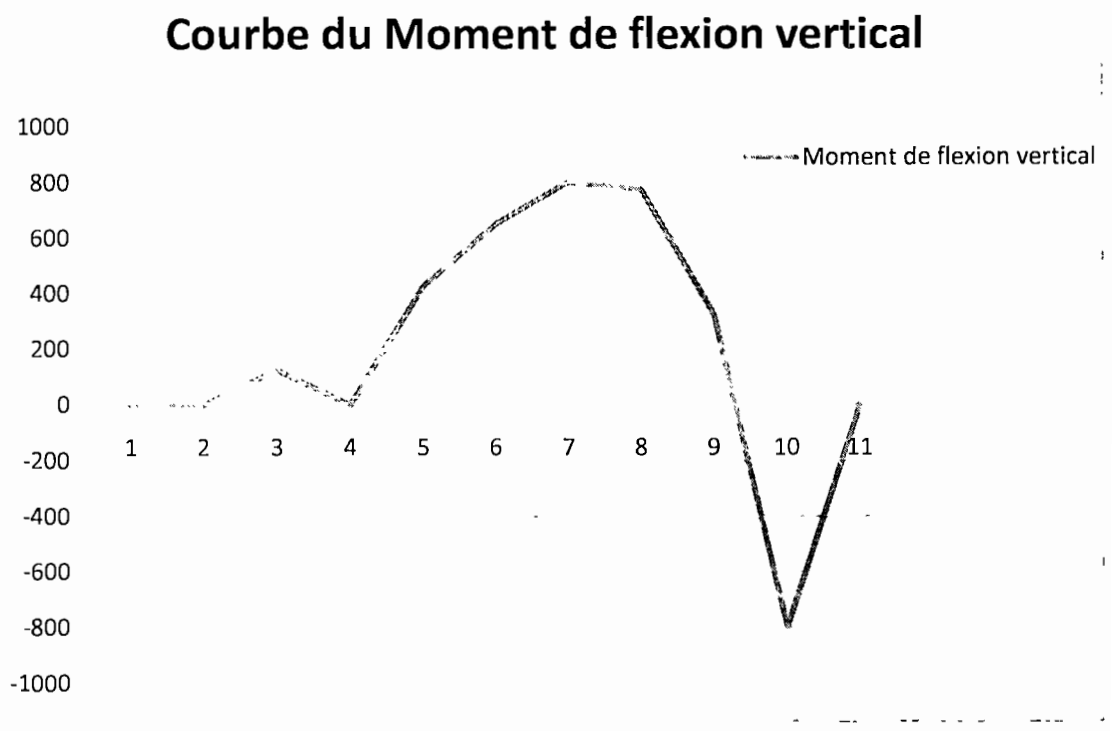
h : Hauteur total de l'eau ;

M=($\gamma' * 1000 * 5^3$)daNm = $\gamma' * 125000$daNm

La valeur de γ'est donnee dans le tableau

Tableau des valeurs du moment de flexion vertical

z/h	Z	γ'	M (daN)
0	0	0	0
0.07	0.45	0.00023	28.75
0.15	0.9	0.0010	125
0.23	1.35	0.0019	237.5
0.31	1.80	0.0034	425
0.39	2.25	0.0052	650
0.47	2.70	0.0064	800
0.55	3.15	0.0062	775
0.63	3.60	0.0026	325
0.71	4.05	-0.0064	-800
0.78	4.5	-0.0235	-2937.5



5. Radier

a. Charge sur le pourtour du radier

1°.Dalle

$G_1 = (D^2 - d^2)\frac{\pi}{2} e.\gamma_b$

Où D : diamètre de la dalle

d : diamètre de la dalle supportée par les poteaux

e : épaisseur de la dalle

γ_b =masse volumique du béton

$G_1 = [(12^2)-(8^2)]*\frac{3.14}{4}*0.12*2500=18840daN$

2°.Charge sur la paroi

$G_2=\pi * D * \frac{e_1+e_2}{2} H\gamma_b$

Où e_1, e_2 :epaisseur de la paroi en haut et en bas

H : hauteur de la paroi

G_2=3.14*12*$\frac{0.1+0.2}{2}$ *5*2500=70650daN

Enduit sur la dalle

G_3= (D^2- d^2)$\frac{\pi}{4} e_o\gamma_b$ =(12^2- 8^2)*$\frac{3.14}{4}$ *0.025*2300=3611daN

e_o: épaisseur de l'enduit

Enduit sur la paroi :$G_4=\pi * D * H * e_o\gamma_b$

D_4=3.14*12*5*0.025*2300=10833daN

3°. Surcharge sur dalle

G_5= (D^2- d^2)*$\frac{\pi}{4}$*p

G_5= (12^2- 8^2)*$\frac{3.14}{4}$ * 75=4710daN

P: surcharge par m^2

p=75daN/m^2

4°. Poutre

G_6=L*b*h*γ*n_2

Où L: longueur de la poutre supportée par paroi
b : largeur de la poutre
n_2 : Nombre de poutre
h : hauteur de la poutre

L =$\frac{5}{2}$=2.5m

G= 2.5*0.2*0.3*8*2500=3000daN

Charge total

Q_1=18840+70650+3611+10833+4710=108644daN

b. Surcharge sur le radier

*dalle =$d^2\frac{\pi}{4}e\gamma_b$=15o72

*surcharge =$d^2\frac{\pi}{4}$p=$8^2 * \frac{3.14}{4} * 75$ =3768daN

*poutre : h*b*L*$n * \gamma_b$=0.3*0.2*8*8=9600daN

*poteau : $a^2 * H * n * n_b$

=$(0.2)^2 * 5 * 12 * 2500daN = 6000daN$

Charge totale Q_2= (3768+15072+9600+6000=34440daN

Charge sur radier : 34440daN+108644daN=143084daN

La sous pression :$p_1=\frac{Q}{S}=\frac{Q}{D^{2*}\frac{\pi}{4}}$

=$\frac{143084}{12^{2*}\frac{3.14}{4}}$=1265.78daN

La pression totale de l'eau par m^2

$P_2=\gamma_{eau} * H_{eau}$=1000*4daN/$m^2$=4000daN

La pression totale sur le radier : 1265.78+4000=5265.78daN/m^2

c. Charge totale sur le sol

$Q=Q_1+Q_2$=143084daN

Pression total de l'eau sur le radier :

$P_2=\frac{\pi*D^2}{4}*\gamma_w*H_{eau}=*\frac{3.14*12^2}{4}$*1000*4=452160daN

Charge du béton arme radier :$Q_3=\frac{\pi*D^2}{4}e_b * \gamma_b=\frac{3.14*12^2}{4} * 0.2 * 2500$ =56520 daN

Charge du béton de propriété : $Q_4=\frac{\pi*D^2}{4}e_b*\gamma_b=\frac{3.14*12^2}{4} * 0.2 *$ 2200=49737.6daN

Charge totale sur le sol :

Q_5=143084+452160+56520+49737.6=701501.6 daN

d. Pression sur le sol

$$P_{S=}\frac{Q_S}{S=}=\frac{Q_S}{\frac{D^2\pi}{4}}=\frac{701501.6}{\frac{12^2*3.14}{4}}=6205.7820\ daN/m^2$$

e. Calcul des armatures

La section des aciers sur une section de $1m^2$ est de

$$A_x = \frac{Q_{S*e}}{S * \sigma_a}$$

Avec Q_S =: charge totale sur le sol ;

e= : épaisseur du radier ;

s =surface du radier ;

σ_a=contrainte admissible du radier estimée à $3478000N/m^2$

$$A_{x=}\frac{701501.6}{\frac{12^2*3.14}{4*3478000}}=2.10349068.10^{-4}cm^2$$

$=2.1cm^2*2=4.2cm^2$

Choix des armatures du radier quadrillage de $15\emptyset_6$ écartement =6.5cm

III.7. Fontainerie d'équipement du réservoir

Le réservoir doit être muni d'une conduite :

- d'adduction ;

-de distribution ;

-de vidange ;

-de trop plein.

III.7.1. La conduite d'adduction

La conduite d'adduction a son débouche dans le réservoir, doit pour s'obturer quand l'eau atteint dans le réservoir son niveau maximal. Puisque l'adduction s'effectue par gravitation.

III.7.2. conduite de distribution

Le départ de la conduite de distribution s'effectue a 0.15 ou 0.20m au dessus du radier en vue d'éviter d'introduire dans la distribution des boues ou des sables qui éventuellement pourraient se décanter dans le réservoir .Il est important de mettre en place un robinet sur le départ de la conduite pour permettre d'isole le réservoir en cas de rupture de la conduite principal de distribution.

III.7.3. La conduite de vidange

La conduite de vidange doit partir ou point le plus bas du réservoir afin de pouvoir évacuer les dépôts. A cet effet, le radier est règle en pente vers l'orifice de la conduite.

Ce dernier étant obture à l'aide, soit d'une soupape de vidange pour des réservoirs dont le font est accessible, soit d'une bande de font pour des réservoirs dont le font est inaccessible.

III.7.4.La conduite du trop plein

Cette conduite devra évacuer la totalité du débit arrivant au réservoir pour pouvoir empêcher l'eau de dépasser un niveau déterminé . Elle est déterminée généralement par un simple bout a emboîtement.

CHAPITRE IV : RESEAU DE DISTRIBUTION

IV.1. Généralités

Le réseau de distribution est l'ensemble de canalisation située en aval du réservoir très souvent l'eau sont de ce dernier par une seul conduite qui prolonge a travers le site a alimenter en formant les conduites dites primaires sur lesquelles sont branches des conduites de diamètre moindre dites secondaires et sur ces derniers sont branches des conduites tertiaires de diamètre inferieurs etc.les conduites de distribution doivent être établies le long des rues de la localité.

IV.2. Dimensionnement de la conduite

IV.2.1. Calcul du débit d'adduction

Pour calcul le diamètre du débit d'adduction, on va tenir compte du débit de pointe dont elle est appelée à transiter. Le débit de pointe est donne par : $Q = Q_{moy} *$ coefficient de pointe.

D'après les observations faites dans les services de l'hydraulique, le coefficient de pointe qu'il faut utilise dans notre site est de 1.5. Notre quartier d'étude sera une zone de résidence comprenant les équipements nécessaires. Nous allons considérer le débit de production trouvé au chapitre II qui est égal à 941,125m^3/jour, soit encore le débit de pointe de 10,8littre par seconde.

IV.2.2. Vitesse d'écoulement

Les conduites devront transites le plus forts débit instantanés en tenant compte le débit de pointe totale.la vitesse de l'eau dans la conduite sera de l'ordre de 0.6 a 1.4m/s. pour notre cas, nous le fixons a 1m/s.

La nature de la conduite d'adduction sera fabriquée en pvc dont le coefficient de rugosité absolu **k** est 10^{-4}si l'on désire avoir une bonne sécurité et pour tenir compte de l'accroissement éventuel de la consommation.

IV.2.4. Calcul du diamètre de la conduite

Le diamètre doit être capable d'écouler le débit Q avec une vitesse acceptable ainsi que les pertes de charger correspondant par mètre linéaire.la perte de charge totale doit être telle qu'à l 'extrémité de la conduite, il reste ou sol une pression nécessaire. Pour notre cas, l'étude montre que le débit Q à l'écoulement est de $0.0067m^3/s$ de ce débit, on tire le diamètre a l'aide de la formule générale suivante : Q=v*s ou Q : est le débit de pointe ;

V : la vitesse d'écoulement ;

S : la section de la conduite.

La section est le rapport de la formule :

$S=\frac{\pi d^2}{4}$ or $Q=\frac{V\pi d^2}{4}$

$d=\sqrt{\frac{4*Q}{\pi*V}}$ (6) Or Q = 10,8l/s

$d=\sqrt{\frac{4*0.011}{3.14*1}}$ =124mm

On choisit le diamètre normalise de

D=125mm

A cette valeur : $V=\frac{Q}{s}=\frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}}=\frac{4Q}{\pi d^2}=\frac{4*0.0108}{3.14*0.25^2}$ =0.224m/s (7)

IV.2.4.1. Calcul de perte de charge linéaire

a. Principe de calcul

Dans le calcul de la perte de charge linéaire, on utilise la formule universelle suivante : $j=\frac{\lambda*V^2}{2*g*D}$ (8)

Où V : vitesse de liquide en m /s

g : accélération gravitationnelle égale à $9.81m/s^2$

D : diamètre de la conduite

λ : Coefficient de friction qui est fraction de :

- La nature de la conduite ;
- Du diamètre de la conduite ;
- Du degré de l'usure de la conduite ;
- De la viscosité cinématique de l'eau.

Le coefficient λ peut être déterminé de deux façons différentes :

1°. Calcul itération a l'aide de la formule de COLEBROOK

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}}=-2\log\left(\frac{k}{3.7D}+\frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}}\right) \qquad (9)$$

Avec D : diamètre de la conduite en m

K : coefficient de rugosité absolue des parois de la conduite dépendant du type des matériaux en m

Re : nombre de REYNOLDS relatif au «d» écoulement

$$Re=\frac{VD}{v}$$

Où v: coefficient de viscosité cinématique du liquide considéré.

2°. Par la méthode graphique a l'aide de l'abaque de MOODY.

Cette consiste de l'eau en une représentation graphique de la formule de COLEBROOK variable pour des matériaux dont le coefficient de rugosité absolu K est compris entre 0,05mm et 10mm.

Par cette méthode, λ est déterminé en fonction du rapport K/D et du nombre de REYNOLDS.

La méthode graphique nous semble le plus court par rapport au calcul itératif, raison pour laquelle nous allons l'utiliser dans nos calculs.

b. Des pertes de charge linéaire à **l'aide de l'abaque de calcul MOODY**

La viscosité cinématique de l'eau est généralement égale à $10^{-6}m^2/s$

$$Re=\frac{0,224*0,125}{10^{-6}}=5,6.10^{-4}$$

La valeur est de 2.10^{-3}m pour une conduite posée depuis plusieurs années, elle est de 10^{-4} pour une conduite nouvellement posée.

Pour le cas qui nous concerne, les conduites ne sont pas encor posées ce qui nous pousse à considérer $L=10^{-4}m$

La viscosité relative sera donc $K/D = 10^{-4}m/0.125m=10^{-3}$

Avec Re et K/D, en utilisant le diagramme de MOODY, on trouve : $\lambda = 0.037$

$J=\frac{0.037*(0.224)^2}{2*9.81*0.125} = 0.00038 m/m$

Perte de charge totale=J=j*L=0.00038*20=0.0076m

IV.3. Réseau de distribution

IV.3.1. Types de réseaux

Il existe trois principaux types de réseau de distribution à savoir :

-Le réseau ramifié ;

-Le réseau maillé ;

-Le réseau mixte qui est une combinaison des deux premiers.

a. Le réseau ramifié: ce réseau présente l'avantage d'être économique mais manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture car il n'y a pas d'alimentation en retour.

b. Le réseau maille : permet au contraire, une alimentation en retour, donc de palier a l'inconvénient que présenter le réseau ramifié. En raison de la sécurité qu'il procure, le réseau maillé doit être préfère au réseau ramifie mais il y a l'inconvénient d'être très cher.

c. Le réseau mixte : qui est une combinaison des deux premiers.

IV.3.2. Choix du réseau à utiliser

Le réseau qui va desservir le quartier GAHAGA sera compose de deux mailles et quelques conduites qui se ramifient aux mailles pour assurer le service en route.

IV.3.3. Description du réseau

Pour simplifie les calculs, le réseau sera compose par deux mailles ayant deux conduites dites primaires sur lesquelles seront branchées les conduites secondaires comme forment un réservoir ramifie. Les conduites dites tertiaires qui longeront les routes, de desserte, jusqu'aux usages seront branchées sur les secondaires.

IV.4. Calcul du réseau de distribution

IV.4.1 Principe de calcul

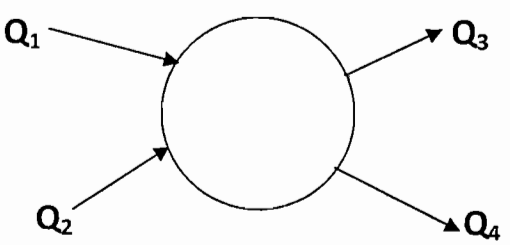
Le calcul des conduites se fait après avoir reparti les débits fictifs sur les différents tronçons du réseau .Le choix du diamètre de la conduite est fonction du débit de pointe du tronçon considère et se lit dans la table de COLEBROOK, ce choix tient compte de la vitesse passant dans la conduite et celle-ci varie de 0.6m/s à 1.4m/s

IV.4.2. Calcul du réseau maillé

Le calcul d'un réseau maillé se fait par approximation successive selon la méthode itérative de HARDY CROSS qui repose sur deux lois suivantes :

IV.4.2.1. Lois des nœuds

En un nœud quelconque de la conduite, la somme des débits qui arrivent à ce nœud est égale à la somme des débits qui en partent.



Les débits qui arrivent à un nœud possèdent le signe positif et ceux qui en partent possèdent le signe négatif.

$Q_2+Q_2=-Q_3-Q_4$

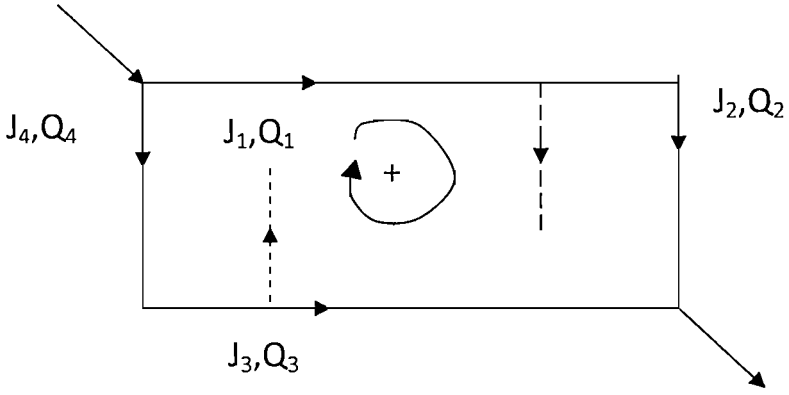
$Q_1+Q_2+Q_3+Q_3$

$$\sum_{i=1}^{n} Q_{i=0}$$

IV.4.2.2. Lois des mailles

Le long d'un circuit oriente et ferme, la somme algébrique des pertes de charge est nulle $\sum ji = 0$ pour chaque tronçons,les débits et les pertes de charges sont exprimées positivement si l'écoulement se fait dans le sens des aiguilles d'une montre et négativement si l'écoulement se fait dans le sens contraire.

Néanmoins, la deuxième loi n'est pas respecte a 100% l'erreur inferieur a 0.1 est acceptable.



La méthode de HARDY CROSS que nous allons utiliser pour l'équilibrer, la maille consiste à se fixer une répartition arbitraire des débits dans chaque maille en respectant la loi des nœuds.

A partir d'une répartition quelconque des débits, ils faut ensuite déterminer les pertes de charges dans les différents conduites la répartition arbitraire des débits initiaux sera modifie en appliquant les débits correctifs Dq_i donne par la formule suivante :$Dq_i=-\frac{\sum j_i}{2\frac{\sum j_i}{Q_i}}$

Où :j_i la perte de charge linéaire dans les tronçons i dans la maille considérée

Q_i : le débit circulant dans les tronçons i dans la même maille.

NB : j_i et Q_i sont de même signe dans chaque tronçons et par conséquent $\frac{j_i}{Qi}$ est positif.

Equilibres de la maille

Une maille est équilibrée, quand la somme des pertes de charges, $\sum_{i=1}^{n} j_i$, se rapproche de zéro le long du tronçon fermé.

Dans nos calculs ultérieurs, nous retiendrons : $\sum_{i=1}^{n} j_i < 0.1$ car elle se rapproche de zéro

IV.4.3. Répartition des débits de départ

Le débit d'adduction affecte par le coefficient de pointe est réparti dans toutes les mailles de façons que les débits en routes et les débits d'extrémités soient en quantité suffisante, mais tout en respectant la loi des nœuds.

IV.4.3.1. Choix du diamètre de départ

La vitesse de l'eau dans chaque conduite est de 1m/s. Connaissant alors le débit dans la conduite ainsi que sa vitesse, la relation Q=V.S nous donne le diamètre correspondant.

$Q=V.S$ $\quad S=\frac{Q}{V}$ $\quad$ Avec $S=\frac{\pi d^2}{4}=\frac{Q}{V}$ $\quad$ D'où $d=\sqrt{\frac{4*Q}{\pi*V}}$

IV.4.3.2. Répartitions des débits à l'intérieur des mailles

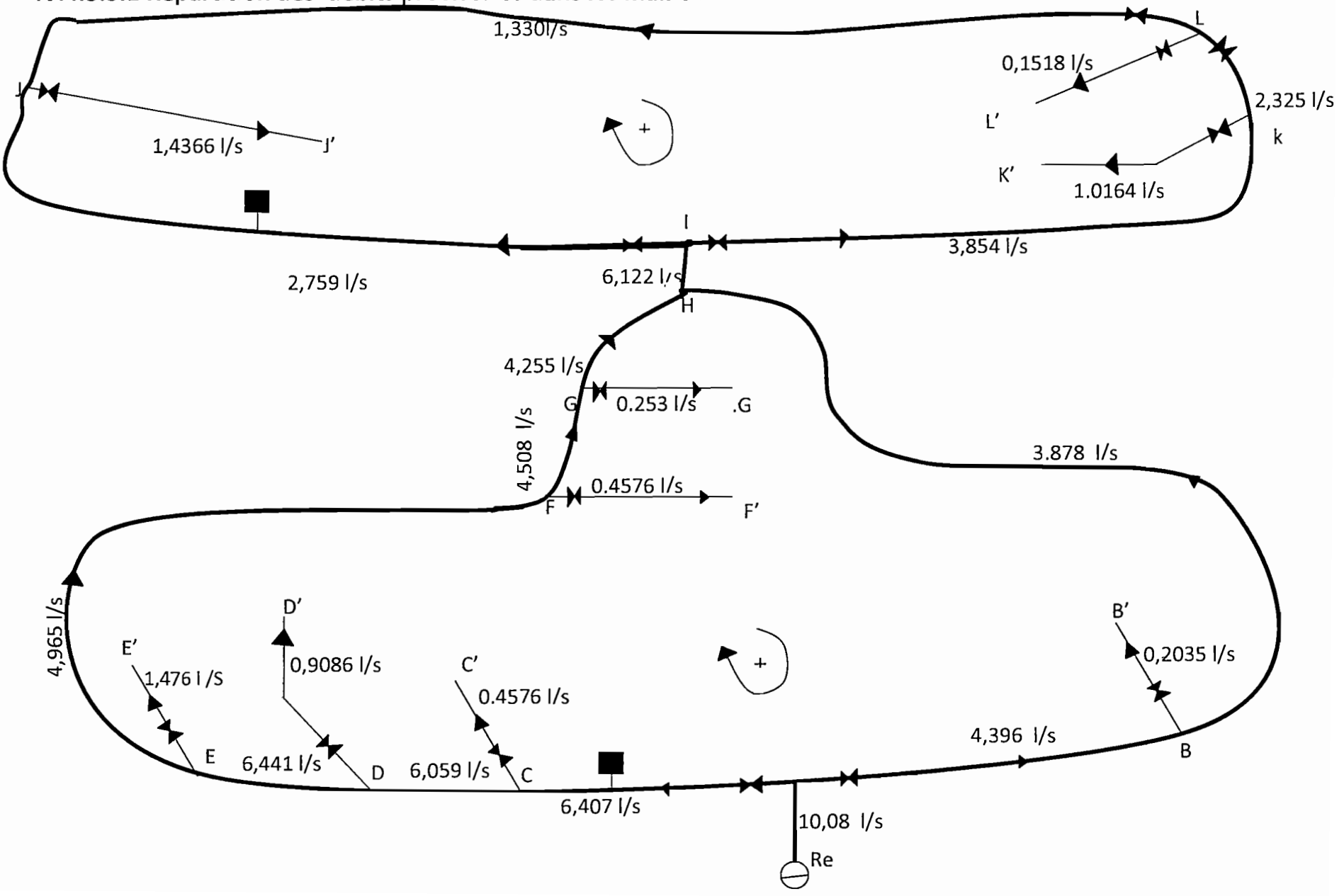
2.1. Consommation journalière par tronçon

Tronçon	Parcelle résidentiel de chaque tronçon	Consommation totale journalière l/j	Débit consomme l/s
R-A	_	_	_
A-B	_	_	_
B-B'	4p	8000	0.0925
B-H	25p	50000	0.575
A-C	_	_	_
C-C'	9p	18000	0.208
C-D	_	_	_
D-D'	7p+c.s+Ep.	49600	0.413
D-E	_	_	_
E-E'	29p	58000	0.671
E-F	31p	62000	0.717
F-F'	9p	18000	0.208
F-G	_	_	_
G-G'	5p	10000	0.115
G-H	Espace vert	500	0.0578
H-I	_	_	_
I-J	20p	40000	0.462
J-J'	22p+ES+TJ	56500	0.653
J-L	18P+Espace vert	36300	0.420
L-L'	3p	6000	0.069
I-K	10p	20000	0.231
K-K'	20p	4000	0.462
K-L	_	_	_

2.2. Affectation des débits sur le réseau

Tronçon	D mm	L en m	Consommation journalière par tronçon Q en l/s	Débit journalière affecté au tronçon Q+p en l/s	Débit d'extrémité p en l/s	Débit de calcul qc en l/s	Coefficient de pointe Cp	Débit de pointe Qp en l/s
R-A	150	20	0	3.914	3.914	3.914	2.253	11.02
A-B	125	50	0	1.578	1.578	1.578	2.678	4.507
B-B'	40	105	0.0925	0.0925	0	0.050	4	0.203
A-C	100	795	0	2.609	2.609	2.609	2.394	6.517
C-C'	150	16	0.208	0.208	0	0.112	4	0.457
C-D	40	110	0	2.427	2.427	2.427	2.422	6.059
B-H	125	115	0.575	0.575	0	0.316	4	4.508
D-D'	40	175	0.413	0.413	0	0.227	4	0.908
D-E	125	90	0	2.0738	2.0738	2.073	2.485	6.441
E-E'	60	390	0.671	0.671	0	0.369	4	1.476
E-F	125	1085	0.717	1.837	1.120	1.515	2.622	4.965
F-F'	40	105	0.208	0.208	0	0.112	4	0.457
F-G	100	65	0	1.348	1.348	1.348	2.674	3.878
G-G'	40	95	0.115	0.115	0	0.063	4	0.253
G-H	100	110	0.0578	0.0578	1	1.031	3.299	4.255
H-I	125	174	0	1.951	1.951	1.951	2.510	6.122
I-J	100	470	0.462	0.462	0.2969	0.551	4	2.759
J-J'	60	260	0.653	0.653	0	0.359	4	1.436
J-L	40	630	0.420	0.500	0.1	0.266	4	1.330
L-L'	40	52	0.069	0.069	0	0.030	4	0.151
I-K	80	310	0.231	1.1399	0.9089	1.036	2.976	3.854
K-K'	40	205	0.462	0.462	0	0.254	4	1.016
K-L	60	65	0	0.465	0.465	0.465	4	2.325

IV.4.3.3.1 Répartition des débits provisoires dans les mailles



MAILLE I

1ère Itération

Troncons	Debit Q_1 (l/s)	Diametre	Longueur L (m)	Perte de charge unitaire j (m/ml)	Perte de charge totale J= j*L (m)	J/Q_1
A-C	6.407	125	16	0.002874248	0.04598796	0.007056615
C-D	6.059	125	115	0.002532748	0.291265979	0.048071625
D-E	6.0410	125	90	0.002517721	0.226594934	0.037509507
E-F	4.965	125	1085	0.001740172	1.888086476	0.38027925
F-G	4.508	100	65	0.00436613	0.283798473	0.062954408
G-H	4.255	100	110	0.003956464	0.435211049	0.102282268
A-B	-4.396	125	50	-0.001463751	-0.07318755	0.016242244
B-H	-3.878	100	795	-0.003354207	-2.666594565	0.687621084
					0.431162756	**1.342017002**

ΔQ1= -0.1606398

2è Itération

Tronçons	Débit Q_1 (l/s)	Diamètre	Longueur L (m)	Perte de charge unitaire j (m/ml)	Perte de charge totale J= j*L (m)	J/Q_1
A-C	6.2464	125	16	0.002734297	0.043748755	0.006882674
C-D	5.8984	125	115	0.002400229	0.27602628	0.046797122
D-E	5.8804	125	90	0.002385601	0.21470412	0.03651207
E-F	4.8044	125	1085	0.00166401	1.805451031	0.375794271
F-G	4.3474	100	65	0.004060506	0.263932873	0.060711067
G-H	4.0944	100	110	0.003663365	0.402970145	0.098420786
A-B	-4.5566	125	50	-0.001569977	-0.078498874	0.016821284
B-H	-4.0386	100	795	-0.003564334	-2.833645219	0.701633555
					0.094689111	**1.343572828**

ΔQ2= -0,03523

Maille II **1ère Itération**

Tronçons	Débit Q_1 (l/s)	Diamètre	Longueur L (m)	Perte de charge unitaire j (m/ml)	Perte de charge totale J= j*L (m)	J/Q_1
I-J	2.7590	80	470	0.005383078	2.530046766	0.917015863
I-K	-3.8547	100	310	-0.003314023	-1.027346988	0.266518014
K-L	-2.3250	80	65	-0.003911084	-0.254220451	0.109342129
L-J	-1.3300	60	630	-0.0057796	-3.641148102	2.73770534
					-2.392668775	**4.030581346**

ΔQ1=0.296814

2è Itération

Tronçons	Débit Q_1 (l/s)	Diamètre	Longueur L (m)	Perte de charge unitaire j (m/ml)	Perte de charge totale J= j*L (m)	J/Q_1
I-J	3.0558	80	470	0.006441167	3.02734858	0.990684718
I-K	-3.5579	100	310	-0.002823308	-0.875225486	0.245995957
K-L	-2.0282	80	65	-0.003046603	-0.198029188	0.097638591
L-J	-1.0332	60	630	-0.003666852	-2.310116561	2.23591623
					-0.356022655	**3.570235496**

ΔQ2= 0.04985983

3è Itération

Tronçons	Débit Q_1 (l/s)	Diamètre	Longueur L (m)	Perte de charge unitaire j (m/ml)	Perte de charge totale J= j*L (m)	J/Q_1
I-J	3.1057	80	470	0.006653075	3.126945273	1.006849107
I-K	-3.5080	100	310	-0.002802981	-0.868923988	0.247696007
K-L	-1.9783	80	65	-0.002953852	-0.192000354	0.097051937
L-J	-0.9833	60	630	-0.003436601	-2.165058462	2.201771189
					-0.099037531	**3.55336824**

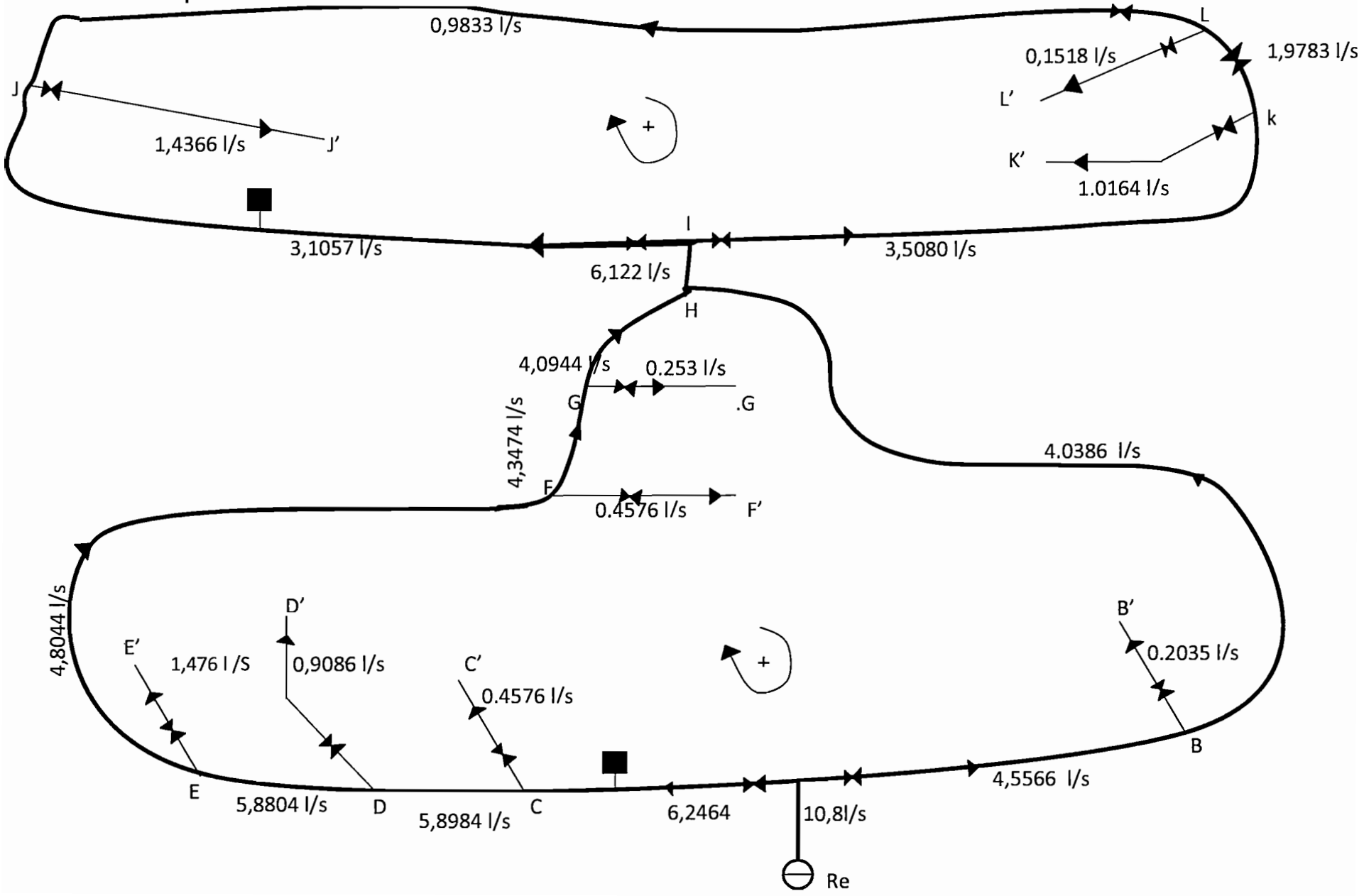
ΔQ3= 0.01393573

CALCUL DES RESEAUX RAMIFIES

1ère iteration

Tronçons	Débit Q_1 (l/s)	Diamètre	Longueur L (m)	Perte de charge unitaire j (m/ml)	Perte de charge totale J= j*L (m)
B-B'	0.2035	40	105	0.001386929	0.145627542
C-C'	0.458	40	110	0.006169843	0.678682752
D-D'	0.9086	40	175	0.021205336	3.710933728
E-E'	1.476	60	390	0.00698959	2.725940171
F-F'	0.4576	40	105	0.006169843	0.647833536
G-G'	0.253	40	95	0.002179187	0.207022777
J-J'	1.436	60	260	0.006615884	1.720129823
L-L'	0.151	40	52	0.000763624	0.039708422
K-K'	1.0164	40	205	0.025745793	5.277887506
Re-A	10.8	150	20	0.003072337	0.061446748
H-I	6.122	125	174	0.002585691	0.449910277

IV.4.3.3.2. Répartition des débits définitifs dans les mailles



IV.4.5. Les appareils accessoires des réseaux

Les appareils hydrauliques qui complètent l'équipement du réseau sont :

-les robinets ;

-les vannes ;

-les ventouses ;

-les bouches d'incendie.

Les robinets sont posés en vue de permettre d'isolement de divers tronçons de canalisation.ils sont situés sur les tuyaux de petit diamètre au sur les parcours d'une longue conduite afin de pouvoir réparer u tronçon éventuellement accidenté. Les bouches d'incendie sont prévues pour lutter contre un éventuel incindie.les vannes sont prévues pour isoles les différents tronçons en cas de besoin. Elles sont situées sur les conduites principales de différence dans la chambre de visite .les ventouses sont prévues aux points les plus hauts du réseau pour éliminer l'air qui peut être emmagasine afin de permettre le fonctionnement de réseau.

IV.4.6. Branchements

Les branchements d'eau aux abonnes constituent les canalisations et ouvrages situes entre la canalisation publique de distribution et le point de livraison de l'eau a l'abonné.ils sont constitués par :

-Des prises de branchements souvent réalisées à l'aide de tés ou des manchons à tubulures ;

-un tronçon de prise en charge et arrêt ;

-un robinet d'arrêt à moins ;

-une pièce de raccordement de la canalisation ou compteur ;

-un compteur.

CHAP V : ESTIMATION DU COUT DU PROJET

V.1 : Métré

V.1.1. Généralités

L'estimation du coût du projet consiste à évaluer les ouvrages d'un projet en comptabilisant à la fois les matériaux, main d'œuvre et argent permettant son exécution. C'est au métreur de pouvoir établir des devis avant l'exécution en détaillant tous les travaux à exécuter. L'établissement des devis doit donc être fait par des personnes qualifies, ayant le pouvoir d'imaginer tous les ouvrages qui sont à exécuter sans en ajouter d'inutiles ni omettre ceux qui sont nécessaires.

Il existe trois types de devis à savoir :

-Devis quantitatifs qui donnent les quantités d'un ouvrage ;

-Devis estimatifs qui appliquent les prix à ces quantités ;

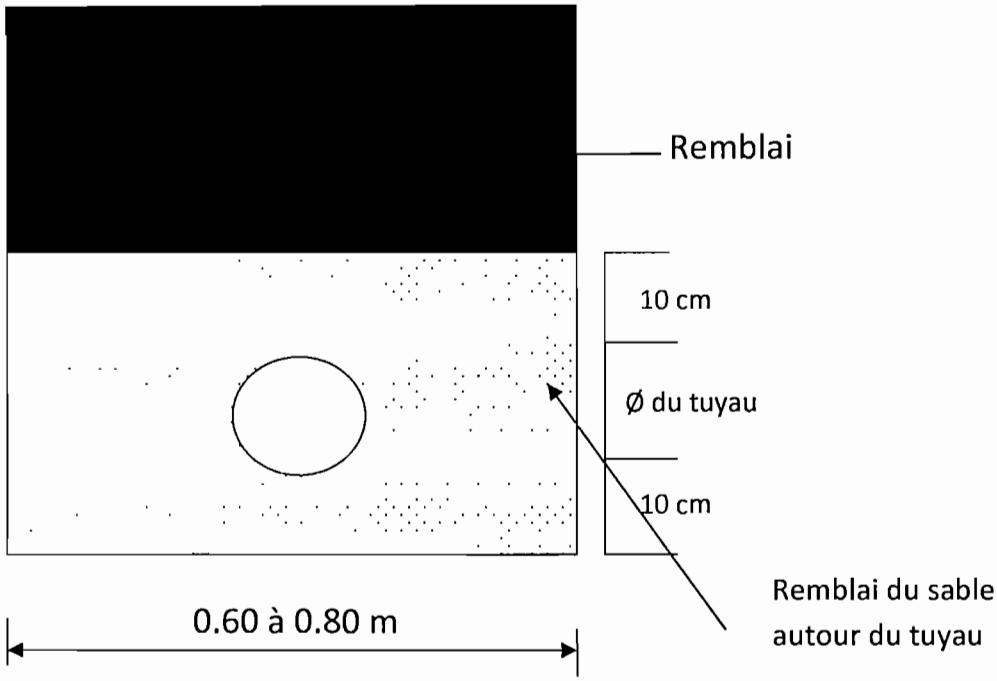
-Devis descriptifs qui usent des plans pour donner la certitude sur le volume des travaux à exécuter.

Après avoir déterminé les quantités des différents ouvrages nécessaires, le métreur leur affecte des prix officiels sur le marché donnant ainsi à l'entrepreneur un montant qu'il va présenter au maitre d'ouvrage.

V.1.2. Métré de travaux de canalisation

Pour canalisation, nous proposons une tranchée de 0,60m de largeur avec une hauteur d'environ 1m pour un tuyau ayant un diamètre inferieur ou égal à 100mm et une largeur de la tranchée de 0,80m pour un tuyau de diamètre supérieur à 100mm. Pour la stabilité des tuyaux, nous préconisons une épaisseur de 10cm de sable.

V.1.3. Coupe d'une tranchée de canalisation



Le métré des canalisations apparaît dans le tableau ci-dessous récapitulant pardiamètredes conduites, les longueurs des tuyaux, largeur de la tranchée, les volumes des conduites, les cubes d'excavation les volumes des sables de pose et d'enrobage, les volumes des déblais excédentaires et des remblais.

Les formules utilisées sont :

Volumes des conduites :$V_c = \frac{1}{4}(\pi * D *^2 L)$

Cube d'excavation :$V_T = H*L*l$

Volume de sable de pose et d'enrobage :$V_s = L\ (H'*l - \frac{\pi * D^2}{4})$

Volume des remblais :$V_R = V_T - V_d$

Volume des déblais excédentaires :$V_d = (V_c - V_s)\ f$

Avec :

L : longueur du tuyau(m)
D : diamètre du tuyau(m)
H : hauteur de la tranchée (1m)
l : largeur de la tranchée (0,6 à 0,8m)
H'=D+0.2m
f=coefficient de foisonnement du sol (1.25)

V.1.4. Tableau de métré des canalisations

D(m)	L(m)	l(m)	$V_c(m^3)$	$V_T(m^3)$	$V_s(m^3)$	$V_d(m^3)$	$V_R(m^3)$	Longueur d tuyaux+pert 10 %
250	20	0.8	0.98125	16	6.21875	9	7	22
125	1530	0.8	18.76640	1224	322.734	426.875	797.125	1683
100	1280	0.6	10.048	768	220.352	288	480	1408
80	535	0.6	2.68784	321	87.19216	112.35	208.65	589
60	1280	0.6	1.152	768	196.0627	246.518	521.482	1408
40	8 47	0.6	1.0638	508.2	120.904	152.459	355.741	932
Total	5492		34.6992	3605.2	953.463	1235.202	2369,998	6042

V.1.5. Spécification relative aux canalisations

V.1.5.1. a. spécification relative aux fouilles de canalisations

Les branches seront abolies en chaque point à la profondeur telle que la hauteur de couverture au dessus de la génératrice supérieure soit ou moins à 0,60m.

La largeur de la tranchée sera en tout point suffisant pour qu'il soit aisé d'y placer les tuyaux et pièces spéciales d'y effectuer les remblais autour des tuyaux et d'y confectionner les points.

Pour les ouvrages courants et regards, les fouilles sont exécutés avec une sur largeur théorique de 0,5m par rapport au parement extérieur une des sable est prévue au fond des canalisations pour assurer la stabilité des tuyaux et le drainage des eaux des tranchées.

V.1.5.1. b. Spécifications relative aux poses des tuyaux

Les tuyaux sont descendus soigneusement dans les tranchées et posés bien dans le prolongement les uns des autres, en facilitant leur alignement au moyen des cotés provisoires constitués à l'aide des nattes de terre tassés. A chaque arrêt de travail, les extrémités des tuyaux seront obturées pour éviter l'introduction des corps étrangers.

V.1.5.1. c. Spécifications relative au remblayage

La mise en place du remblai surmontant la canalisation devra s'effectuer avec la terre des déblais dégagés de tous les éléments susceptible de porte atteinte aux conduites. On procédera à un dommage des remblais à la main par couches successives de 0.30m.

V.1.6. Spécification relatives aux travaux de Génie-civil

V.1.6.1. Précautions à prendre dans l'exécution des chambres de vannes

Les chambres de vannes doivent avoir des dimensions qui permettent la manœuvre. Les parois sont exécutées en maçonnerie des briques bien cuite, le mortier doit être dosé. On prévoit un couvercle en béton armé de faible épaisseur qu'on peut soulever quand on veut faire la fermeture ou l'ouverture des vannes. On peut même utiliser un couvercle métallique.

V.1.7. Métré des tuyauteries d'alimentation et volume des fouilles de Canalisation de hauteur=1m

V.1.7.1. Volume des fouilles de canalisation de hauteur =1m

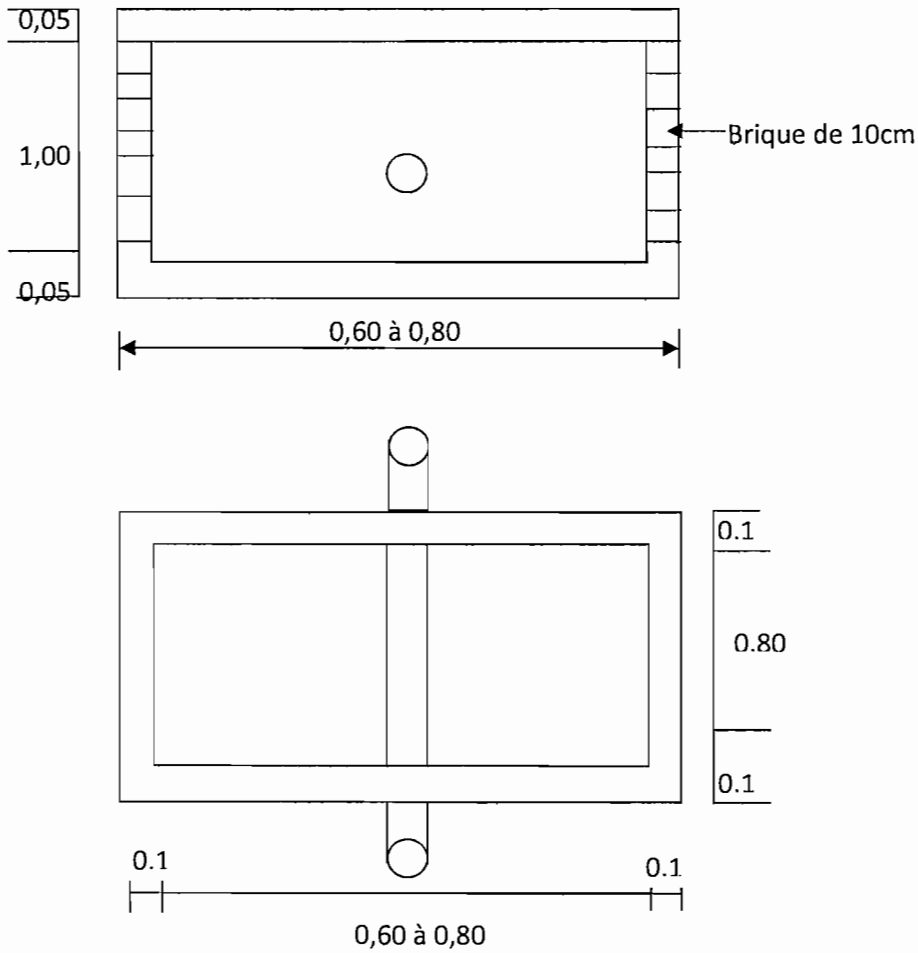
N° de la maille	Tronçon	Diamètre (mm)	Longueur(m)	Largeur(m)	Volume (m^3)
I		>à100			
	A-C		16	0.8	12.8
	C-D		115		92
	D-E		90		72
	E-F		1085		868
	A-B		50		40
	Total		1356		1084.8
II	H-I	>à100	174	0.8	139.2
	Total		174	0.8	139.2
I		≤à100			
	F-G		65		39
	G-H		110	0.6	66
	B-H		795		477
	B-B′		105		63
	C-C′		110		66
	D-D′		175		105
	E-E′		390		234
	F-F′		105		63
	G-G′		95		57
	Total		1950		1170
II	I-J	≤ à100	470		282
	I-K		310		186
	K-L		65	0.6	39
	L-J		630		378
	J-J′		260		156
	L-L′		52		31.2
	K-K′		205		123
	Total		1992		1195.2

Volume total des fouilles = (139.2+1084.8+1170+1195.2) m^3=14346m^3

V.1.7.2. Chambre de visite

Pour la construction des chambres de visite, on considère les matériaux couramment utilisés à savoir les briques cuites de 20*10*5 pour un mur d'épaisseur de 10cm et 1cm pour les joins.La base du regard à une épaisseur de 5cm et de dal lette en B.A (couvercle de chambre de visite d'épaisseur de 5cm également).

V.1.7.3. Coupe de dalle en B.A



Pour les tranchées dont les diamètres des tuyaux sont supérieur à 100mm. La base du regard a comme longueur développée (1+0.8)*2=3.6m. La hauteur=1.10m -(0.05+0.05)=1m.

Les nombres des briques (diamètre 20*10*5) pour une murette de 10cm d'épaisseur avec 1cm pour joint en béton est calculé comme suit :

1brique $*\frac{1m^2}{0.21*0.6m^2}$ =80 briques

Or notre maçonnerie a comme surface totale égale à$1m^2 \times 3.6 * 1 = 3.6m^2$.

Le nombre de brique par chambre de regard dont le diamètre du tuyau est supérieur à 100mm est de $3.6m^2 \times 80$ briques $/m^2$=288 briques.

Nous avons 7 chambres de visites pour les tuyaux de diamètre supérieur à 100 m (type 1). Pour les tranchés de canalisation dont le diamètre est inférieur ou égal à 100mm. La base du regard a pour longueur développée (1+0.06)*2=3.2m.la hauteur de la maçonnerie est de 1m.

Nombre de brique = 80 briques/m^2*(3.2m*1m)=256 briques.

Nous avons 5 chambres de visites pour les tuyaux de diamètre inférieur ou égal à 100mm (type 2).

Le nombre total de briques pour les 12 chambres de visite sera :(288 briques*7)+(256 briques*5)=3296 briques.

V.1.7.4. Volume du mortier pour les joints

-volume de briques+joints =3.6*1*0.1= 0.36m^3 (type 1)

-volume de briques+ joints=3.2*1*0.1= 0.32m^3 (type 2)

-volume des briques =0.2*0.1*0.5*288= 0.288m^3(type 1)

-volume des briques =0.2*0.1*0.5*256=0.256m^3(type2)

-volume du mortier dans les joints = (0.36- 0.288) +(0.32-0.256)=0.136m^3

V.1.7.5. Volume du mortier pour enduit intérieur

Nous avons : $1m^3*288*0.21*0.6*0.02= 0.0726m^3$ (type 1)

Nous avons : $1m^3*256*0.21*0.6*0.02=0.0645m^3$ (type 2)

Pour chaque chambre de visite, le volume du mortier nécessaire devient :

$(0.072+0.0726)m^3=0.1445m^3$(type 1)

Nous avons :$(0.064+0.0645)m^3=0.1285m^3$(type 2)

Pour les 12 chambres de visites, nous avons :

$(0.1445*7)m^3+(0.1285*5)m^3=1.654m^3$

Nous proposons un dosage de 250 kg de ciment et $1m^3$de sable dans $1m^3$de mortier.

V.1.7.6. Volume du béton pour regard de visite

Volume du dal lette couvercle : $type_1$:$1m^3$1*0.05*=$0.05m^3$

: type $_2$: $1m^3*0.08*1*0.05=0.04m^3$

Volume du béton du regard : type $_1$:$1m^3*0.6*0.8*0.05=0.024m^3$

:$type_2$:$1m^3*0.4*0.8*0.05=0.016m^3$

Volume total du béton pour chaque regard devient :

Type $_1$:$1m^3*(0.05*0.024)=0.074m^3$

$Type_2$:$1m^3*(0.04*0.016)=0.056m^3$

Pour les regards prévues : il faut un volume du béton est à :

$1m^3*(0.074*7) + (0.056*5)=0.798m^3$

Un dosage à effectuer est de 300kg de ciment ; $0.4m^3$de sable et $0.8m^3$ de gravier dans $1m^3$de béton.

V.1.7.7. Quantité des aciers pour dallette

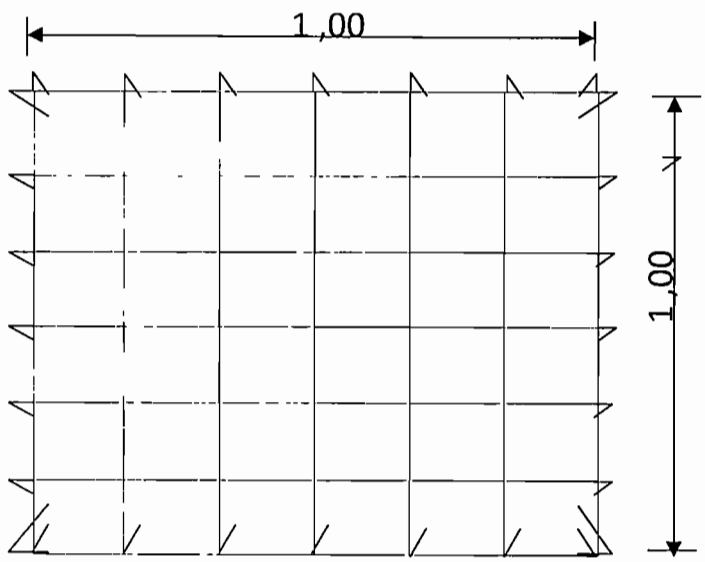
Nous avons 7 dallettes de (1m*1m) et 5 outres de (1m*0.8m) et un espacement de 20 cm.

Nombre de barres d'aciers sur 7dallettes :7barres d'aciers de $1m^3$;

On a : 1m*7*7=49m d'aciers soit 7barres d'aciers de diamètre 8mm de longueur de 12m. Le nombre de barres d ; aciers sur les 5 dallettes : 5m de barres d'aciers ;

On a : 1m*5*5=25m d'aciers soit 5 barres d'aciers de diamètre 8mm de longueur de12m.

Nombre total de barres d'aciers =12 barres d'aciers de $Ø_8$ de 12m.



V.1.7.8. Synthèse des matériaux pour les chambres de visite

Pour les chambres de visite, on a :

- ciment =1kg*(250*1.654) + (300*0.798)=652.9kg soit 14 sacs de ciment de 50 kg.

-sable =$1m^3$*(1*1.654) + (0.4*0.798)=$1.9732m^3$

-gravier =$1m^3$*0.8*0.798=$0.6384m^3$

Aciers pour dallette, on doit commander 12barres d'aciers de $\emptyset_8$ de12m de longueur.

Nombre de briques =3296 briques

V.1.7.9. Calcul des matériaux du réservoir

V.1.7.9.1. Calcul de la quantité du béton

a) paroi : $R^2*\pi*H- r^2*\pi*H$

$=6^2*3.14*5 -5.5^2*3.14*5=90.3m^3$

Nous proposons pour $1m^3$de béton un dosage de 350kg de ciment ; $0.4m^3$ de sable et $0.8m^3$de gravier.

Sable =$1m^3$*0.4*$90.3m^3$=$36.12m^3$

Gravier=$1m^3$*0.8*$90.3m^3$=$72.24m^3$

Ciment =350kg/m^3*$90.3m^3$=31.605kg soit 633 sacs de ciments

b) Radier de fondation : $\frac{12^2}{4} * 3.14 * 0.2$ =$22.60m^3$

Dosage nécessaire :

Sable : $0.4m^3/m^3$

Gravier : $0.8m^3/m^3$

Ciment : $350kg/m^3$

Sable $=1m^3*0.4*22.60=9.04m^3$

Gravier$=1m^3*0.8*22.60 =18.08m^3$

Ciment $=1m^3*1kg *350*22.60 =7910kg$ soit 159 sacs de ciments.

c) béton de propreté : $1m^3*\frac{12^2}{4} * 3.14 * 0.3 =33.910m^3$

Dosage nécessaire :

- sable :$0.4m^3/m^3$
- Gravier :$0.8m^3/m^3$
- Ciment : $150kg/m^3$
- Sable $=1m^3*0.4m^3*33.90m^3=13.564m^3$
- Gravier $=1m^3*0.8m^3*33.90m^3=27.128m^3$
- Ciment $=1kg*150kg/m^3*33.90m^3=5086.5kg$ soit 102 sacs de ciments.

d) la dalle de couverture $=1m^3*\frac{11.4^2}{4} * 3.14 * 0.12 = 12.24m^3$

Dosage nécessaire :

- gravier :$0.8m^3/m^3$
- Sable :$0.4m^3/m^3$
- Ciment : $350kg/m^3$
- Sable $=1m^3*0.4*12.24m^3=4.896m^3$
- Gravier $=1m^3*0.8*12.24m^3=9.792m^3$
- Ciment $=1kg*350*12.24=4284kg$ soit 86 sacs de ciments.

e) les poteaux :

Le nombre de poteaux s'élève à 9

La hauteur d'un poteau =5m

Largeur d'un poteau =0.2m

Longueur d'un poteau =0.2m

Le volume du béton =$1m^3$ *0.2*0.2*5*9 =$1.8m^3$

Dosage nécessaire :

- sable =$0.4m^3/m^3$
- Gravier=$0.8m^3/m^3$
- Ciment =$350kg/m^3$
- Sable =$1m^3$*0.4*$1.8m^3$=$0.72m^3$
- Gravier =$1m^3$*0.8*$1.8m^3$=$1.44m^3$
- Ciment =1kg *$350kg/m^3$*$1.8m^3$=630 kg soit 13 sacs de ciment.

f) poutre pour nervure :

Longueur développé = (11.4*3.14) + (11.4*3-0.2*9) =68.196 m

Volume total =$1m^3$*68.196*0.2*0.3 =$4.09m^3$

Dosage nécessaire :

- sable =$0.4m^3/m^3$
- Gravier =$0.8m^3/m^3$
- Ciment =$350kg/m^3$
- Sable =$1m^3$*0.4*4.09 =$1.63m^3$
- Gravier =$1m^3$*0.8*4.09 =$3.872m^3$
- Ciment =1kg*350*4.09 =1431..5kg soit 29 sacs de ciments.

Au total, nous avons :

- Ciment :(633+159+102+86+13+29) =1022 sacs
- Sable :(36.12 + 9.04 + 13.564 + 4.896 +0.72 + 1.63 =$65.97m^3$
- Ciment :(72.24 + 18.08 + 27.128 + 9.792 + 1.44 + 3.872 =$132.552m^3$

Les pertes sont estimées à 10%

V.1.7.9.2. Détermination de la quantité d'aciers

1. Dalle de la couverture

Nous avons $5Ø_8$ par mètre linéaire suivant les méridiennes, ce qui fait :

5*π*11.4m de $Ø_8$ =178.98 soit 15 barres de $Ø_8$ de 12 m de longueur ($15Ø_8$)

2. Poutre pour nervure

Ayant 10 $\emptyset_8$ par mètre linéaire, la longueur développée =

(11.4*3+11.4*3-0.2*9) 66.6m

On a : 66.6*3 =199.8m

Le nombre d'aciers =$\frac{199.8}{12} = 16.65 \approx 17\emptyset_6$

Pour les cadres :

Longueur développée d'un cadre =[(20+30)*2 +18]cm =118cm =1.18m

Par mètre linéaire, on a 5 cadres.

Le nombre total des cadres =$\frac{199.8}{5} = 39.96 \approx 40$ cadres

La longueur totale des cadres =1.18m*40 =47.2 m soit $4\emptyset_6$ de 12m.

3. Poteaux

La longueur total des poteaux =9*5.4 =48.6m

La longueur total des barres d'aciers =1m*5*5.4*9 =243m

Soit alors $20.25 \approx 21\emptyset_{10}$ pour les barres d'aciers de 12m

Le nombre de cadres =$\frac{48.6}{0.20} = 243$ cadres

Longueur développée =243*[(20+30)*2 +18] cm =238.14 cm

Soit alors $19.845 \approx 20\emptyset_{10}$ de 12m de longueur

4. le radier

Nous avons trouvé 15 $\emptyset_6$ par m, soit un quadrillage de 15 $\emptyset_6$ dans m^2

La longueur développée par m^2=6m/m^2

Surface du radier =$\frac{\pi*12^2}{4}$ =113.04m^2

Longueur total =6m/m^2*113.04m^2 =678.24m

Soit alors $57\emptyset_6$ de 12m de longueur

La paroi verticale

On aura pour les barres longitudinales :

1ere virole : $7\emptyset_6 * \pi * 11.2 = 20\emptyset_6$ de 12m

2ème virole : $7\emptyset_6 * \pi * 11.2 = 20\ \emptyset_6$ de 12m

3ème virole : $7\emptyset_8 * \pi * 11.2 = 21\ \emptyset_8$ de 12m

4ème virole : $10\ \emptyset_8 * \pi * 11.2 = 30\ \emptyset_8$ de 12m

5ème virole : $11\ \emptyset_8 * \pi * 11.2 = 33\ \emptyset_8$ de 12m

6ème virole : $7\emptyset_{14} * \pi * 11.2 = 21\ \emptyset_{14}$ de 12m

7ème virole : $10\emptyset_{14} * \pi * 11.2 = 30\ \emptyset_8$ de 12m

8ème virole : $13\emptyset_{16} * \pi * 11.2 = 38\ \emptyset_6$ de 12m

9ème virole : $7\emptyset_6 * \pi * 11.2 = 21\emptyset_6$ de 12m

10ème virole : $7\emptyset_6 * \pi * 11.2 = 21\ \emptyset_6$ de 12m

Pour les barres verticales dans la paroi intérieure sont de $11\emptyset_8$

La longueur total à ferrailler =11.2*3.14 =35.168m

Nombre d'aciers =396m *5.4 =2138.4m

Soit $179\emptyset_8$ de 12 m de longueur

Pour la paroi verticale, il faut : $121\emptyset_6, 114\emptyset_8, 21\emptyset_{14}$

V.1.7.9.3. Tableaux Récapitulatifs de quantités des matériaux

a. Tableaux récapitulatifs des quantités : ciment, sable, graviers, briques

	Ciment (nombre de sacs)	Sable en m^3	Graviers en m^3	Briques
Tranchées de canalisation	-	953.463	-	-
Chambre de visite	14	1.9732	0.6384	3296
Paroi	633	36.12	72.24	-
Radier de canalisation	159	9.04	18.08	-
Béton de propreté	102	13.564	27.128	-
Dalle de couverture	86	4.896	9.792	-
Poutre pour nervure	29	1.63	3.872	-
Poteaux	13	0.72	1.44	-
Total +pertes de 10%	1139.6	1123.546	146.50944	3625.6

b. Tableaux Récapitulatifs des armatures

	$\emptyset_6$	$\emptyset_8$	$\emptyset_{10}$	$\emptyset_{12}$	$\emptyset_{14}$	$\emptyset_{16}$
Dalle de couverture	-	15	-	-	-	-
Poutre pour nervure	17	-	-	-	-	-
Paroi verticale	121	114	-	-	21	-
Radier de fondation	57	-	-	-	-	-
Radier de la face intérieur verticale	-	33	-	-	-	-
Dallette pour chambre de visite	-	12	-	-	-	-
poteaux	-	-	20	-	-	-
Longueur des aciers +perte de 10%	2574	2296.8	264	-	277.2	-
Poids au ml/kg	0.222	0.394	0.616	0.887	1.208	1.577
Masse des aciers en kg	571.428	904.9392	162.624	0.887	334.8576	1.577
Masse total des aciers en kg	**1976.3128**					

c. Tableaux Récapitulatif des longueurs des tuyaux

Diamètre	Tronçon	Longueur du tronçon	Total partielle +perte de 10%	Largeur du tronçon
250	Source Réservoir	5000	5500	0.80
150	Re-A	20	22	0.80
125	A-C D-E C-D E-F A-B H-I	16 90 115 1085 50 125	1629.1	0.80
100	F-G G-H B-H I-K	65 110 795 310	1408	0.60
80	I-J K-L	470 65	588.5	0.60
60	L-J J-J' E-E'	630 260 390	1408	0.60
40	B-B' C-C' D-D' F-F' G-G' L-L' K-K '	105 110 175 105 95 52 205	931.7	0.60

V.2 : PLANNING DU PROJET

V.2.1. Planning d'exécution des travaux

Le planning est un élément essentiel dans le domaine de construction car on doit travail en fonction des conditions du milieu naturel. En effet, certains travaux peuvent se faire simultanément, d'autre successivement, ce qui peut engendrer des problèmes de temps et d'espace.la disponibilité et la circulation des ouvriers ,le stockage et l'utilisation des matériaux et l'approvisionnement peuvent entraîner les situations difficiles lorsque le planning fait défaut ou lorsqu' il est inadéquat. Le planning a donc comme objectif de prévoir, d'organiser le travail, de programmer, de le lancer et de suivre son état d'avancemment.il existe beaucoup de méthodes de présentation du planning mais la méthode choisie pour être utilise dans notre projet est celle du planning classique (graphique de GANTT).

C'est la méthode la plus simple pour la présentation du planning et cela aussi bien au niveau de son établissement qu'au niveau de sa lecture.il s'agit donc d'un graphique à deux entrées :

-En ordonnée(y) : désignant des phases des travaux dans l'ordre technique de leur déroulement

-En abscisse (X) : les époques prévues pour l'exécution de ces travaux.ces époques sont synthétisées par des barres horizontales placées en fonction des tâches et de longueur proportionnelle à la durée.

V.2.2. Durée et main d'œuvre des tâches du projet

Désignation de la tâche	unité	quantité	TEM (h/u)	Durée(h)	Durée en semaine	Main d'œuvre
Axes et fouilles des canalisations	m^3	3589.2	3	10767	6	45
Mise en place du lit de sable	m^3	953.463	1 .5	1430.1945		
Pose des conduites	ml	34.6992	0.07	2.428	2	31
Enrobage et remblayage	m^3	3323.461	2.5	8308.6	3	70
Maçonnerie en brique	m^3	87.19	15	1307.85	2	17
Evacuation des déblais excédentaires	m^3	1235.202	0.5	617.60	2	8
coffrage	m^2	402.84	2	805.68	2	11
ferraillage	kg	1976.3128	0.3	592.8	1	15
Coulage et mise en place du béton	m^3		10			

VI.2.3. Planning des activités selon GANT

Temps / Activité	1èr Mois				2ème Mois				3ème Mois				4ème Mois			
	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s	1s	2s	3s	4s
1. Installation du chantier																
2. Implantation des axes et fouilles des canalisations																
3. Pose des conduites																
4. Remblayage																
5. Maçonnerie en brique																
6. Evacuation des déblais excédentaires																
7. Ferraillage																
8. Coffrage																
9. Bétonnage																
10. Nettoyage																

V.7.10. Estimation globale du cout du projet

º	Description des travaux	Unité	Quantité	P U	P
I	INSTALLATION ET IMPLANTATION	Ff	-	-	500000
II	TERRASSEMENT				
1	Décapage de la terre végétale pour les ouvrages de Génie civil		68824	2000	137648
2	Fouille pour les ouvrages de Génie civil		315128		1890768
III	**FOULLE POUR POSE DES TUYAUX**				
1	Caniveaux dont le diamètre des tuyaux est supérieur à 100 mm	ml	8559.1	2200	18830020
2	Caniveaux dont le diamètre des tuyaux est inferieur à 100mm	ml	2928.2	2200	6442040
IV	**POSE DES TUYAUX**				
1	Sable de stabilité	m^3	953.463	11000	10488093
2	Pose des tuyaux dont le diamètre est supérieur à 100mm	ml	8559.1	2000	17118200
3	Pose des tuyaux dont le diamètre est inferieur à 100mm	Ml	2928.2	2000	5856400

V	**ACHAT DES TUYAUX ET LEUR TRANSPORT**				
1.	Tuyaux de diamètre 250	6m	834	20000	16680000
2.	Tuyaux de diamètre 150	6m	4	18000	72000
3.	Tuyaux de diamètre 125	6m	247	15000	3705000
4.	Tuyaux de diamètre 100	6m	214	12000	2568000
5.	Tuyaux de diamètre 80	6m	90	10000	900000
6.	Tuyaux de diamètre 60	6m	214	9000	1926000
7.	Tuyaux de diamètre 40	6m	142	8000	1136000
VI	**COÛT DU CAPTAGE**	Ff		120000000	120000000
VII	**RESERVOIR DE STOCKAGE**				
	-ciment	Sac	1022	25000	25550000
	-sable	m^3	65.97	10000	659700
	-Gravier	m^3	132.552	23350	3095090
	ACIERS				
	$\emptyset_6$	pièce	195	8000	1560000
	$\emptyset_8$	pièce	174	9000	1566000
	$\emptyset_{10}$	pièce	20	9500	190000
	$\emptyset_{12}$	pièce	-	-	-
	$\emptyset_{14}$	pièce	21	17000	357000
	$\emptyset_{16}$	pièce	-	-	-

VIII	**CHAMBRE DE VISITE** -Ciment -Sable -Gravier -Aciers $\emptyset_8$ -briques	 Sac m^3 m^3 Pièce Pièce	 14 1.9732 0.6384 12 3296	 25000 10000 23350 9000 40	 350000 19732 14907 108000 131840
IX	**RESERVOIR D'AIR**	Ff		6700000	6700000
X	**BOUCHES D'INCENDIE**	Pièce	2	12600000	25200000
XI 1 2	**VANNE ET ROBINET** Vannes de stationnement pour des tuyaux dont le diamètre est supérieur à100mm Vannes de stationnement pour des tuyaux dont le diamètre est inferieur à100mm	 Pièce Pièce	 7 5	 450000 400000	 3150000 2000000
XII	**STABILISATION DES TUYAUX APPERENTS**	Ff	-	2000000	2000000
XIII	**NETTOYAGE ET ENTRETIER DU CHANTIER**	Ff		1200000	1200000
XIV	**SOUS -TOTAL**				376202438
XV	**IMPREVUS DE 15%**				**56430366**
XVI	**TOTAL**				**432632804**

Nous disons quatre cent trente-deux millions six cent trente-deux mille huit cent quatre francs bu.

CHAPITRE VI : PERENISATION DU SYSTEME D'ALIMENTATION

VI.1. Introduction

Tout ouvrage bien entretenu est obligatoirement durable. Pour une adduction d'eau potable, il s'avère obligatoire de faire un entretien régulier des divers ouvrages et installations hydrauliques. Une adduction qui est entretenue inconvenablement cause des problèmes que ça soit à la santé des consommateurs ou à la production souhaitable lors de l'étude.

En effet, si l'entretien est négligé, on risque de perdre toutes les efforts fournis lors de l'exécution ainsi que l'investissement occasionné, ce qui ne permet pas au réseau d'atteindre sa durée de vie. Néanmoins des dispositions seront prises pour fournir une eau potable à la population et couvrant toute la période projetée. Il faudra mener des contrôles et entretiens réguliers pour réussir à cette mission.

VI.2. Maintenance et Entretien

L'entretien et la maintenance des ouvrages hydrauliques sont obligatoires et suivant la nature de l'ouvrage. Chaque ouvrages peut exiger son entretien pour fournir une remplissant les normes de potabilité.il faut analyser les ouvrages de l'amont jusqu'à l'aval.

VI.2.1. Zone de captage

Comme on a déjà détaillé au chapitre III comment il faut protéger cette zone, il faudra aussi éviter le développement de tout élément qui entrainerait la pollution dans la zone de captage. Il faut assurer périodiquement la maintenance du drain et du massif filtrant. Il faut curer périodiquement le fossé creusé jusqu'en aval du captage pour éviter le ruissellement des eaux vers cette zone.

VI.2.2. Les ouvrage de stockage et le réseau de distribution

Sachant que les ouvrages jouent un grand rôle, on doit s'assurer périodiquement de leur état et surtout concernant :

- Le nettoyage pour améliorer la qualité de l'eau ;
- L'état d'aération dans l'ouvrage ;
- Vérification de la qualité de l'eau stockée ;
- Traitement régulier ;
- Remplacement de tout élément défectueux ;
- Renouvellement de l'enduit d'étanchéité ;
- La rénovation des canalisations manifestant des fuites.

Enfin, pour assurer le bon entretien et la maintenance souhaitée, il faut fournir des efforts de part et d'autre que ça soit du côté de l'administration ou du côté des ouvrages du réseau. Le service de l'hydraulique rural en collaboration avec les autorités locales doit organiser la population pour arriver à un entretien permanant. Si non les infrastructures bien construites vont disparaître, ce qui entrainera une perte de part des investisseurs et aussi de la population à cause de l'ignorance ou de négligence.

CHAPITRE VII : RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION GENERALE

VII.1. Recommandations

Nous ne pouvons pas terminer notre travail de fin d'étude sans donner quelques recommandations jugées nécessaires.

En effet, nous avons remarqué combien est durable une infrastructure bien entretenue, pour une adduction male entretenue en plus de la détérioration rapide des ouvrages, elle peut nuire à la santé des consommateurs.

Pour cela, il faut :

- Protéger la zone de captage et le milieu environnant comme indiqué dans le chapitre III et suivre l'évolution des phénomènes géologiques et morphologiques qui peuvent survenir ;
- Sensibiliser les bénéficiaires pour prendre en main la gestion de l'ouvrage obtenu ;
- Que l'Administration organise la population en créant des comites de gestion de l'ouvrage ;
- Former certaines personnes pour suivre l'entretien et la maintenance à temps ;
- Faire des contributions périodiques de la part de la population d'une somme pour l'achat des matériels ou pièces détériorés sans attendre l'intervention de l'Etat.

VII .2. Conclusion générale

Nous avons vu que l'eau joue un rôle primordial dans la vie et certains disent même que l'eau égale la vie. L'eau potable est un facteur de développement social et économique dans la région.

Notre travail de fin d'étude sur l'alimentation en eau potable du quartier résidentiel moyen standing de GAHAGA en commune de Bukeye va résoudre le problème de pénurie d'eau potable régnant dans ce quartier démuni d'aucune infrastructure d'alimentation en eau potable.

Cependant, nous espérons qu'une fois ce projet réalisé, les habitants de ce quartier vont bénéficier de l'eau potable en quantité suffisante avec réduction des parcours qu'ils faisaient avant pour la recherche de l'eau .Comme c'est un projet très vaste et nécessaire nous demandons une contribution particulière du gouvernement et toute organisation pour l'exécution de ce projet. Nous invitons d'autres chercheurs qui peuvent mener d'autres compléments et d'autre contributions sur ce projet en vue d'agrémenter la vie des populations de ce quartier.

BIBLIOGRAPHIE

I. OUVRAGES

1. DUPONT A., Hydraulique urbaine : hydrologie, captage et traitement des eaux, Eyrolles, Paris, 1986.
2. DUPONT A., Hydraulique urbaine : ouvrages de transports, élévation et distribution des eaux, Eurolles, Paris, 1979-1981.
3. GOMELLA C., et GUERREE H., Distribution des eaux dans les agglomérations urbaines et rurales, Eyrolles, Paris, 1980.
4. GUERRIN A. et LAVAUR R.C., Traité de béton armé, réservoir, château d'eau, piscines, Paris, 1970-1977.

II. Projets de fin d'Etudes

1. KABANGUTSI E. et MUKURARINDA E., Contribution à l'étude sur l'amélioration de distribution de l'eau potable en Mairie de Bujumbura, horizon 2004-2024.
2. BIGIRIMANA B. et HAKIZIMANA J.B., Etude à la contributiond'adduction d'eau potable à BUHINYUZA, Province KARUZI, ITS, Université du BURUNDI, décembre 2005.
3. MASUMBUKO J.D., Etude d'alimentation d'adduction du centre de MUREKE, ITS, Université du BURUNDI, Septembre 2007.
4. CSHAHAYO Edouard, Etude d'un système d'alimentation en eau potable pour le quartier GASENYI Nord / Bujumbura, UB, ITS, 2003.
5. MUCOWINTORE J.C., projet d'alimentation en eau potable du quartier KANYOSHA V Planche 3/3, Bujumbura, UB, ITS, 2005.

ANNEXES

ANNEXE 1

VITESSE MOYENNE EN METRES	DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,250 m Section de la conduite 0,0490375 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,300 m Section de la conduite 0,070686 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,350 m Section de la conduite 0,0962115 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,400 m Section de la conduite 0,125664 m²		
	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débi en litres/se
	$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$	
0,01			0,490 9			0,706 9			0,962 1			1,25
0,05	0,000 017	0,000 022	2,454 4	0,000 014	0,000 018	3,534 3	0,000 011	0,000 014	4,810 6	0,000 010	0,000 012	6,28
0,10	0,000 050	0,000 081	4,908 7	0,000 048	0,000 064	7,068 6	0,000 039	0,000 052	9,621 1	0,000 033	0,000 044	12,56
0,15	0,000 122	0,000 175	7,363 1	0,000 097	0,000 139	10,602 9	0,000 081	0,000 112	14,431 7	0,000 068	0,000 094	18,84
0,20	0,000 204	0,000 305	9,817 5	0,000 163	0,000 241	14,137 2	0,000 135	0,000 195	19,242 3	0,000 115	0,000 164	25,13
0,25	0,000 303	0,000 469	12,271 9	0,000 244	0,000 370	17,671 5	0,000 203	0,000 298	24,052 9	0,000 172	0,000 253	31,41
0,30	0,000 424	0,000 668	14,726 2	0,000 339	0,000 527	21,205 8	0,000 282	0,000 425	28,863 4	0,000 239	0,000 360	37,69
0,35	0,000 563	0,000 902	17,180 6	0,000 450	0,000 711	24,740 1	0,000 374	0,000 574	33,674 0	0,000 317	0,000 485	43,98
0,40	0,000 720	0,001 173	19,635 0	0,000 574	0,000 925	28,274 4	0,000 477	0,000 747	38,484 6	0,000 406	0,000 631	50,26
0,45	0,000 890	0,001 477	22,089 4	0,000 712	0,001 164	31,808 7	0,000 594	0,000 941	43,295 2	0,000 506	0,000 795	56,54
0,50	0,001 080	0,001 815	24,543 7	0,000 864	0,001 431	35,343 0	0,000 721	0,001 157	48,105 7	0,000 615	0,000 978	62,83
0,55	0,001 286	0,002 188	26,998 1	0,001 031	0,001 725	38,877 3	0,000 860	0,001 396	52,916 3	0,000 732	0,001 180	69,11
0,60	0,001 512	0,002 594	29,452 5	0,001 215	0,002 046	42,411 6	0,001 009	0,001 657	57,726 9	0,000 858	0,001 400	75,39
0,65	0,001 753	0,003 034	31,906 9	0,001 411	0,002 393	45,945 9	0,001 172	0,001 942	62,537 5	0,000 996	0,001 640	81,68
0,70	0,002 013	0,003 511	34,361 2	0,001 622	0,002 769	49,480 2	0,001 348	0,002 252	67,348 0	0,001 146	0,001 899	87,96
0,75	0,002 294	0,004 024	36,815 6	0,001 845	0,003 170	53,014 5	0,001 533	0,002 584	72,158 6	0,001 305	0,002 177	94,24
0,80	0,002 586	0,004 573	39,270 0	0,002 079	0,003 603	56,548 8	0,001 730	0,002 940	76,969 2	0,001 472	0,002 473	100,53
0,85	0,002 896	0,005 159	41,724 4	0,002 326	0,004 064	60,083 1	0,001 936	0,003 320	81,779 8	0,001 648	0,002 790	106,81
0,90	0,003 226	0,005 781	44,178 7	0,002 588	0,004 556	63,617 4	0,002 153	0,003 722	86,590 3	0,001 832	0,003 128	113,09
0,95	0,003 571	0,006 440	46,633 1	0,002 866	0,005 076	67,151 7	0,002 383	0,004 147	91,400 9	0,002 026	0,003 485	119,3
1 00	0,003 935	0,007 136	49,087 5	0,003 157	0,005 624	70,686 0	0,002 626	0,004 595	96,211 5	0,002 233	0,003 861	125,6
1,05	0,004 315	0,007 867	51,541 8	0,003 461	0,006 200	74,220 3	0,002 878	0,005 065	101,022 1	0,002 447	0,004 257	131,9
1,10	0,004 712	0,008 634	53,996 2	0,003 778	0,006 804	77,754 6	0,003 142	0,005 559	105,832 6	0,002 672	0,004 672	138,2
1,15	0,005 123	0,009 437	56,450 6	0,004 110	0,007 438	81,288 9	0,003 417	0,006 077	110,643 2	0,002 905	0,005 106	144,5
1,20	0,005 555	0,010 276	58,905 0	0,004 453	0,008 099	84,823 2	0,003 701	0,006 616	115,453 8	0,003 147	0,005 560	150,7
1,25	0,006 002	0,011 150	61,359 3	0,004 808	0,008 787	88,357 5	0,003 998	0,007 179	120,264 4	0,003 399	0,006 033	157,0
1,30	0,006 464	0,012 060	63,813 7	0,005 177	0,009 504	91,891 8	0,004 304	0,007 765	125,074 9	0,003 659	0,006 525	163,3
1,35	0 006 944	0,013,005	66,268 1	0,005 561	0,010 249	95,426 1	0,004 623	0,008 373	129,885 5	0,003 929	0,007 037	169,6
1,40	0,007 441	0,013 986	68,722 5	0,005 957	0,011 022	98,960 4	0,004 952	0,009 005	134,696 1	0,004 208	0,007 567	175,9
1 45	0,007 956	0 015,002	71,176 9	0,006 365	0,011 823	102,494 7	0,005 291	0,009 660	139,506 7	0,004 498	0,008 117	182,2
1,50	0 008 486	0,016 055	73,631 2	0,006 785	0,012 653	106,029 0	0,005 642	0,010 338	144,317 2	0,004 796	0,008 687	188,4
1 55	0 009 033	0,017 144	76,085 6	0,007 217	0,013 511	109,563 3	0,006 004	0,011 039	149,127 8	0,005 107	0,009 276	194,7
1 60	0,009 593	0,018 267	78,540 0	0,007 659	0,014 397	113,097 6	0,006 375	0,011 762	153,938 4	0,005 425	0,009 884	201,0
1,65	0,010 169	0,019 423	80,994 4	0,008 123	0,015 311	116,631 9	0,006 760	0,012 509	158,749 0	0,005 752	0,010 512	207,3
1,70	0,010 759	0,020 622	83,448 7	0,008 602	0,016 252	120,166 2	0,007 155	0,013 278	163,559 5	0,006 087	0,011 158	213,6
1,75	0 011 364	0,021 854	85,903 1	0,009 090	0,017 223	123,700 5	0,007 560	0,014 071	168,370 1	0,006 431	0,011 825	219,9
1,80	0,011 989	0,023 120	88,357 5	0,009 595	0,018 221	127,234 8	0,007 979	0,014 886	173,180 7	0,006 783	0,012 509	226,1
1,85	0,012 629	0,024 422	90,811 8	0 010 106	0,019 247	130,769 1	0,008 403	0,015 725	177,991 3	0,007 143	0,013 214	232,4
1,90	0,013 285	0,025 760	93,266 2	0,010 635	0,020 302	134,303 4	0,008 842	0,016 586	182,801 8	0,007 516	0,013 938	238,7
1,95	0 013 954	0 027 133	95,720 6	0,011 170	0,021 384	137,837 7	0,009 286	0,017 470	187,612 4	0,007 898	0,014 681	245,0
2,00	0,014 639	0,028 543	98,175 0	0,011 723	0,022 495	141,372 0	0,009 745	0,018 378	192,423 0	0,008 288	0,015 444	251,3
2 05	0,015 345	0,029 988	100,629 3	0,012 288	0,023 633	144,906 3	0,010 214	0,019 309	197,233 6	0,008 686	0,016 226	257,6
2 10	0 016 067	0 031 469	103,083 7	0,012 865	0,024 801	148,440 6	0,010 693	0,020 262	202,044 1	0,009 092	0,017 027	263,9
2 15	0,016 804	0,032 985	105,538 1	0,013 461	0,025 996	151,974 9	0,011 188	0,021 239	206,854 7	0,009 513	0,017 848	269,1
2 20	0 017 564	0,034 537	107,992 4	0,014 070	0,027 218	155,509 2	0,011 693	0,022 237	211,665 3	0,009 942	0,018 687	276,4
2 25	0,018 341	0,036 126	110,446 8	0 014 691	0,028 470	159,043 5	0,012 209	0,023 261	216,475 9	0,010 380	0,019 547	282,7
2 30	0,019 133	0,037 748	112,901 2	0,015 324	0,029 749	162,577 8	0,012 734	0,024 305	221,286 4	0,010 826	0,020 425	289,0
2 35	0 019 940	0,039 407	115,355 5	0 015 969	0,031 057	166 112 1	0,013 270	0,025 373	226,097 0	0,011 280	0,021 322	295,
2 40	0 020 763	0,041 103	117 809 9	0 016 627	0 032 393	169 646 4	0,013 816	0,026 465	230,907 6	0,011 744	0,022 240	301,
2 45	0,021 600	0 042 833	120,264 3	0 017 296	0 033 756	173 180 7	0,014 371	0,027 579	235,718 2	0,012 215	0,023 176	307,
2 50	0,022 453	0,044 598	122 718 7	0 017 982	0,035 148	176 715 0	0,014 945	0,028 716	240,528 7	0,012 695	0,024 131	314,
								0,041 351	288 634 5	0,017 971	0,034 749	376

ANNEXE2

VITESSE MOYENNE EN METRES

DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,450 m — Section de la conduite 0,1590435 m²			DIAMETRE DE LA [illegible] 0,500 m — Section de la conduite 0,19635 m²					
Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		[illegible]
$k = 10^{-4}$	$k = 2,10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2,10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2,10^{-3}$	
		1,590 4			1,963 5			2 827 4
0,000 008	0,000 010	7,952 2	0,000 007	0,000 009	9,817 5	0 000 006	0 000 007	14 137 2
0,000 029	0,000 037	15,904 3	0,000 025	0,000 033	19,635 0	0,000 020	0,000 026	28 274 4
0,000 059	0,000 081	23,856 5	0,000 052	0,000 070	29,452 5	0,000 041	0,000 056	42 411 6
0,000 099	0,000 141	31,808 7	0,000 088	0,000 123	39,270 0	0,000 068	0 000 095	56,548 8
0,000 149	0,000 217	39,760 9	0,000 131	0,000 189	49,087 5	0,000 105	0,000 149	70,686 0
0,000 207	0,000 309	47,713 0	0,000 182	0,000 270	58,905 0	0,000 146	0,000 212	84 823 2
0,000 275	0,000 418	55,665 2	0,000 242	0,000 365	68,722 5	0,000 193	0,000 287	98,960 4
0,000 352	0,000 543	63,617 4	0,000 310	0,000 474	78 540 0	0,000 247	0,000 372	113,097 6
0,000 438	0,000 684	71,569 6	0,000 386	0,000 597	88,357 5	0,000 307	0,000 469	127 234 8
0,000 533	0,000 841	79,521 7	0,000 469	0,000 735	98,175 0	0,000 372	0,000 577	141,372 0
0,000 636	0,001 016	87,473 9	0,000 560	0,000 887	107,992 5	0,000 443	0,000 697	155,509 2
0,000 746	0,001 206	95,426 1	0,000 658	0,001 053	117,810 0	0,000 521	0,000 827	169,646 4
0,000 865	0,001 412	103,378 3	0,000 763	0,001 233	127,627 5	0,000 605	0,000 969	183,783 6
0,000 994	0,001 634	111,330 4	0,000 875	0,001 427	137,445 0	0,000 695	0,001 122	197,920 8
0,001 131	0,001 872	119,282 6	0,000 995	0,001 635	147,262 5	0,000 790	0,001 287	212,058 0
0,001 276	0,002 127	127,234 8	0,001 123	0,001 856	157,080 0	0,000 890	0,001 463	226,195 2
0,001 429	0,002 399	135,187 0	0,001 258	0 002 093	166,897 5	0,000 996	0,001 651	240,332 4
0,001 589	0,002 688	143,139 1	0,001 400	0,002 343	176,715 0	0,001 107	0,001 849	254,469 6
0,001 757	0,002 991	151,091 3	0,001 548	0,002 606	186,532 5	0,001 221	0,002 059	268,606 8
0,001 936	0,003 313	159,043 5	0,001 704	0,002 885	196,350 0	0,001 341	0,002 279	282,744 0
0,002 122	0,003 652	166,995 7	0,001 869	0 003 180	206,167 5	0 001 472	0 002 513	296 881 2
0,002 316	0,004 008	174,947 8	0,002 040	0,003 491	215,985 0	0 001 609	0 002 758	311 018 4
0,002 520	0,004 382	182,900 0	0,002 219	0,003 815	225,802 5	0,001 750	0 003 014	325,155 6
0,002 730	0,004 771	190,852 2	0,002 405	0 004 154	235,620 0	0,001 897	0,003 282	339,292 8
0,002 948	0,005 177	198,804 4	0,002 596	0,004 508	245,437 5	0,002 049	0,003 561	353 430 0
0,003 174	0,005 599	206,756 5	0,002 794	0,004 876	255,255 0	0 002 208	0,003 852	367,567 2
0 003 408	0,006 038	214,708 7	0,003 000	0,005 255	265 072 5	0 002 372	0 004 154	381 704 4
0,003 650	0,006 494	222,660 9	0,003 213	0 005 654	274,890 0	0 002 541	0 004 467	395,841 6
0 003 901	0,006 965	230,613 1	0,003 436	0,006 065	284 707 5	0,002 715	0,004 792	410,078 8
0,004 162	0,007 454	238,565 2	0,003 665	0 006 491	294 525 0	0,002 896	0 005 123	424 116 0
0 004 430	0,007 960	246,517 4	0,003 902	0,006 931	304,342 5	0,003 082	0 005 476	438 253 2
0,004 706	0,008 481	254,469 6	0,004 144	0,007 385	314,160 0	0,903 273	0,005 835	452,390 4
0,004 990	0,009 020	262,421 8	0,004 393	0,007 854	323,977 5	0 003 469	0,006 205	466,527 6
0,005 280	0,009 574	270,373 9	0,004 649	0,008 337	333,795 0	0,003 673	0 006 587	480,664 8
0,005 578	0,010 147	278,326 1	0,004 911	0,008 835	343 612 5	0,003 870	0 006 980	494,802 0
0,005 883	0,010 734	286,278 3	0,005 179	0,009 347	353 430 0	0,004 090	0,007 384	508 939 2
0,006 194	0,011 338	294,230 5	0,005 456	0,009 873	363,247 5	0 004 309	0,007 800	523,076 4
0,006 518	0,011 960	302,182 6	0,005 741	0,010 414	373 065 0	0,004 533	0,008 228	537,213 6
0,006 848	0,012 598	310,134 8	0,006 031	0,010 970	382,882 5	0 004 761	0 008 666	551 350 8
0,007 186	0,013 252	318,087 0	0,006 328	0 011 540	392,700 0	0,004 995	0 009 117	565 488 0
0,007 530	0,013 923	326,039 2	0,006 632	0 012 124	402 517 5	0,005 234	0,009 578	579,625 2
0,007 887	0,014 611	333,991 3	0,006 946	0,012 723	412,335 0	0,005 477	0 010 051	593 762 4
0 005 252	0,015 315	341,943 5	0,007 266	0 013 335	422,152 5	0,005 729	0 010 536	607 899 6
0,008 623	0,016 035	349,895 7	0,007 593	0,013 963	431,970 0	0 005 986	0 011 031	622,036 8
0,009 003	0,016 773	357,847 9	0,007 927	0 014 605	441 787 5	0 006 249	0 011 539	636 174 0
0,009 389	0,017 526	365,800 0	0,008 267	0 015 261	451 605 0	0,006 516	0,012 057	650 311 2
0,009 783	0,018 296	373,752 2	0,008 613	0 015 932	461,422 5	0 006 788	0 012 587	664,448 4
0,010 184	0,019 083	381,504 4	0,008 966	0,016 617	471 240 0	0 007 066	0 013 126	678,585 6
0,010 593	0,019 887	389,656 6	0,009 325	0,017 317	481,057 5	0,007 353	0,013 681	692,722 8
0,011 008	0,020 706	397,608 7	0,009 697	0,018 030	490 875 0	0,007 645	0 014 245	705,860 0
0,015 607	0,029 817	477,130 5	0,013 762	0,025 964	589,05	0,010 841	0 020 513	848 232
0,021 035	0,040 585	556,652 3	0,018 519	0,035 340	687 225	0,014 610	0 027 920	953,604
0 027 034	0,053 009	636,174	0 023 976	0,046 158	785,4	0,018 893	0 036 467	1.130 976
0,000 864	0,001 425	477,521 2						
0,000 952	0,001 579	502 656 7						
0 001 044	0,001 741	527 792 2						
0,001 139	0,001 910	552 927 7						
0,001 239	0 002 088	578 063 4						
0,001 341	0 002 274	603,187 2						
0,001 448	0,002 467	628 333 0						
0,001 559	0,002 668	653,452 8						
0,001 673	0,002 877	678 595 6						
0 001 791	0 003 095	703,738 4						
0,001 914	0,003 319	728 851 2						
0,002 041	0,003 552	753 984 0						
0 002 174	0 003 793	779 116 8						
0,002 309	0 004 042	804 249 6						
0,002 449	0 004 298	829,382 4						
0,002 593	0 004 563	854 515 2						
0,002 740	0 004 835	879,648 0						
0,002 890	0 005 115	904,780 8						
0,003 044	0 005 403	929,913 6						
0,003 202	0,005 699	955,046 4						
0,003 363	0 006 003	980 179 2						
0,003 530	0,006 315	1 005 312 0						
0,003 700	0,006 635	1 030 444 8						
0,003 875	0 006 963	1 055 577 6						
0,004 052	0,007 298	1 080 710 4						
0 004 234	0 007 641	1 105 843 2						
0,004 419	0 007 993	1 130 976 0						
0,004 611	0,008 352	1 156 108 8						
0 004 806	0,008 719	1 181 241 6						
0,005 006	0,009 094	1 206 374 4						
0,005 209	0,009 477	1 231 507 2						
0,005 416	0,009 867	1 256 640 0						
0,007 695	0,014 209	1 527 969						
0 010 357	0,019 340	1 753 297						
0 013 405	0 025 261	2 010 624						

ANNEXE3

VITESSE MOYENNE EN METRES	DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,100 m Section de la conduite 0,007854 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,125 m Section de la conduite 0,012272 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,150 m Section de la conduite 0,0176725 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,200 m Section de la conduite 0,031416 m²		
	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.
	$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$	
0,01			0,078 5			0,122 7			0,176 7			0,314 2
0,05			0,392 7			0,613 6	0,000 034		0,883 6	0,000 024	0,000 030	1,570 8
0,10	0,000 191		0,785 4	0,000 144	0,000 207	1,227 2	0,000 114	0,000 163	1,767 1	0,000 079	0,000 110	3,141 6
0,15	0,000 388	0,000 604	1,178 1	0,000 291	0,000 449	1,840 8	0,000 232	0,000 352	2,650 7	0,000 162	0,000 238	4,712 4
0,20	0,000 643	0,001 054	1,570 8	0,000 486	0,000 783	2,454 4	0,000 387	0,000 612	3,534 3	0,000 270	0,000 413	6,283 2
0,25	0,000 956	0,001 622	1,963 5	0,000 726	0,001 204	3,068 0	0,000 578	0,000 941	4,417 9	0,000 400	0,000 636	7,854 0
0,30	0,001 335	0,002 312	2,356 2	0,001 009	0,001 712	3,681 6	0,000 801	0,001 336	5,301 4	0,000 557	0,000 903	9,424 8
0,35	0,001 763	0,003 120	2,748 9	0,001 330	0,002 311	4,295 2	0,001 059	0,001 810	6,185 0	0,000 736	0,001 217	10,995 6
0,40	0,002 248	0,004 060	3,141 6	0,001 701	0,003 004	4,908 8	0,001 351	0,002 347	7,068 6	0,000 940	0,001 581	12,566 4
0,45	0,002 786	0,005 111	3,534 3	0,002 104	0,003 785	5,522 4	0,001 674	0,002 948	7,952 2	0,001 169	0,001 989	14,137 2
0,50	0,003 370	0,006 281	3,927 0	0,002 548	0,004 656	6,136 0	0,002 031	0,003 622	8,835 7	0,001 421	0,002 443	15,708 0
0,55	0,004 009	0,007 584	4,319 7	0,003 037	0,005 618	6,749 6	0,002 421	0,004 374	9,719 3	0,001 692	0,002 945	17,278 8
0,60	0,004 707	0,009 006	4,712 4	0,003 560	0,006 668	7,363 2	0,002 842	0,005 187	10,602 9	0,001 986	0,003 491	18,849 6
0,65	0,005 447	0,010 543	5,105 1	0,004 120	0,007 804	7,976 8	0,003 293	0,006 070	11,486 5	0,002 298	0,004 080	20,420 4
0,70	0,006 245	0,012 215	5,497 8	0,004 726	0,009 037	8,590 4	0,003 777	0,007 028	12,370 0	0,002 642	0,004 734	21,991 2
0,75	0,007 090	0,014 000	5,890 5	0,005 369	0,010 356	9,204 0	0,004 289	0,008 054	13,253 6	0,002 996	0,005 433	23,562 0
0,80	0,007 985	0,015 912	6,283 2	0,006 059	0,011 769	9,817 6	0,004 834	0,009 155	14,137 2	0,003 376	0,006 181	25,132 8
0,85	0,008 931	0,017 951	6,675 9	0,006 765	0,013 279	10,431 2	0,005 411	0,010 329	15,020 8	0,003 784	0,006 979	26,703 6
0,90	0,009 930	0,020 108	7,068 6	0,007 531	0,014 878	11,044 8	0,006 017	0,011 572	15,904 3	0,004 212	0,007 824	28,274 4
0,95	0,010 980	0,022 402	7,461 3	0,008 332	0,016 567	11,658 4	0,006 652	0,012 883	16,787 9	0,004 658	0,008 717	29,845 2
1,00	0,012 080	0,024 822	7,854 0	0,009 166	0,018 349	12,272 0	0,007 316	0,014 268	17,671 5	0,005 122	0,009 659	31,416 0
1,05	0,013 233	0,027 365	8,246 7	0,010 047	0,020 228	12,885 6	0,008 009	0,015 722	18,555 0	0,005 619	0,010 648	32,986 8
1,10	0,014 431	0,030 033	8,639 4	0,010 962	0,022 201	13,499 2	0,008 732	0,017 247	19,438 6	0,006 139	0,011 686	34,557 6
1,15	0,015 673	0,032 829	9,032 1	0,011 913	0,024 268	14,112 8	0,009 487	0,018 852	20,322 2	0,006 680	0,012 774	36,128 4
1,20	0,016 955	0,035 746	9,424 8	0,012 901	0,026 424	14,726 4	0,010 271	0,020 527	21,205 8	0,007 241	0,013 909	37,699 2
1,25	0,018 301	0 038 785	9,817 5	0,013 921	0,028 670	15,840 0	0,011 086	0,022 273	22,089 3	0,007 821	0,015 092	39,270 0
1,30	0,019 692	0,041 950	10,210 2	0,014 988	0,031 010	15,953 6	0,011 933	0,024 091	22,972 9	0,008 424	0,016 324	40,840 8
1,35	0,021 142	0,045 237	10,602 9	0,016 089	0,033 440	16,567 2	0,012 813	0,025 978	23,856 5	0,009 047	0,017 603	42,411 6
1,40	0,022 637	0,048 651	10,995 6	0,017 231	0,035 964	17,180 8	0,013 726	0,027 939	24,740 1	0,009 695	0,018 931	43,982 4
1,45	0,024 197	0,052 187	11,388 3	0,018 406	0,038 578	17,794 4	0,014 667	0,029 970	25,623 7	0,010 362	0,020 307	45,553 2
1,50	0,025 803	0,055 849	11,781 0	0,019 615	0,041 285	18,408 0	0,015 642	0,032 072	26,507 2	0,011 049	0,021 737	47,124 0
1,55	0,027 456	0,059 638	12,173 7	0,020 857	0,044 086	19,021 6	0,016 646	0,034 248	27,390 8	0,011 756	0,023 206	48,694 8
1,60	0,029 149	0,063 544	12,566 4	0,022 140	0,046 973	19,635 2	0,017 684	0,036 491	28,274 4	0,012 480	0,024 726	50,265 6
1,65	0,030 890	0,067 581	12,959 1	0,023 458	0,049 957	20,248 8	0,018 752	0,038 809	29,158 0	0,013 232	0,026 297	51,836 4
1,70	0,032 671	0,071 735	13,351 8	0,024 805	0,053 028	20,862 4	0,019 846	0,041 195	30,041 5	0,014 001	0,027 913	53,407 2
1,75	0,034 514	0,076 021	13,744 5	0,026 200	0,056 196	21,476 0	0,020 970	0,043 656	30,925 1	0,014 790	0,029 581	54,978 0
1,80	0,036 397	0,080 423	14,137 2	0,027 625	0,059 450	22,089 6	0,022 129	0,046 184	31,808 7	0,015 597	0,031 294	56,548 8
1,85	0,038 324	0,084 952	14,529 9	0,029 097	0,062 798	22,703 2	0,023 317	0,048 785	32,692 2	0,016 424	0,033 056	58,119 6
1,90	0,040 296	0,089 608	14,922 6	0,030 588	0,066 240	23,316 8	0,024 533	0,051 459	33,575 8	0,017 268	0,034 868	59,690 4
1,95	0,042 347	0,094 385	15,315 3	0,032 126	0,069 772	23,930 4	0,025 777	0,054 202	34,459 4	0,018 141	0,036 727	61,261 2
2,00	0,044 446	0,099 290	15,708 1	0,033 714	0,073 397	24,544 0	0,027 062	0,057 018	35,343 0	0,019 032	0,038 635	62,832 0
2,05	0,046 589	0,104 315	16,100 7	0,035 334	0,077 112	25,157 6	0,028 374	0,059 905	36,226 5	0,019 942	0,040 591	64,402 8
2,10	0,048 777	0,109 468	16,493 4	0,036 990	0,080 921	25,771 2	0,029 716	0,062 863	37,110 1	0,020 882	0,042 596	65,973 6
2,15	0,051 010	0,114 742	16,886 1	0,038 678	0,084 820	26,384 8	0,031 085	0,065 892	37,993 7	0,021 841	0,044 648	67,544 4
2,20	0,053 285	0,120 138	17,278 8	0,040 437	0,088 808	26,998 4	0,032 497	0,068 991	38,877 2	0,022 831	0,046 748	69,115 2
2,25	0,055 608	0,125 665	17,671 5	0,042 236	0,092 894	27,612 0	0,033 941	0,072 165	39,760 8	0,023 843	0,048 899	70,686 0
2,30	0,057 970	0,131 310	18,064 2	0,044 068	0,097 067	28,225 6	0,035 411	0,075 406	40,644 4	0,024 873	0,051 095	72,256 8
2,35	0,060 377	0,137 081	18,456 9	0,045 960	0,101 333	28,839 2	0,036 911	0,078 720	41,527 9	0,025 924	0,053 340	73,827 6
2,40	0,062 828	0,142 978	18,849 6	0,047 890	0,105 692	29,453 8	0,038 441	0,082 107	42,411 5	0,026 981	0,055 635	75,398 4
2,45	0,065 320	0,148 998	19,242 3	0,049 858	0,110 142	30,066 4	0,039 998	0,085 564	43,295 1	0,028 071	0,057 978	76,969 2
2,50	0,065 853	0,155 139	19,635 0	0,051 862	0,114 682	30,680 0	0,041 583	0,089 090	44,178 7	0,029 180	0,060 367	78,540 0
3,00	0,096 333	0,223 402	23,562 0	0,073 580	0,165 143	36,816	0,059 023	0,128 291	53,014 5	0,041 400	0,086 929	94,248 0
3,50	0,129 559	0,304 073	27,489 0	0,098 802	0,224 777	42,952	0,079 296	0,174 618	61,850 3	0,055 757	0,118 320	109,956
4,00	0,167 589	0,397 158	31,416 0	0,128 004	0,293 587	49,088	0,102 433	0,228 073	70,686 0	0,072 051	0,154 541	125,664

ANNEXE 4

VITESSE MOYENNE EN METRES	DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,040 m. Section de la conduite 0,0012566 m². Charges par mètre de longueur de conduite k = 10⁻⁴	k = 2.10⁻³	Débit en litres/sec.	DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,050 m. Section de la conduite 0,0019635 m². Charges par mètre de longueur de conduite k = 10⁻⁴	k = 2.10⁻³	Débit en litres/sec	DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,060 m. Section de la conduite 0,00282744 m². Charges par mètre de longueur de conduite k = 10⁻⁴	k = 2.10⁻³	Débit en litres/sec.	DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,080 m. Section de la conduite 0,0050265 m². Charges par mètre de longueur de conduite k = 10⁻⁴	k = 2.10⁻³	Débit en litres/sec.
0,01			0,012 5			0,019 6			0,028 3			0,050 3
0,05			0,062 8			0,098 2			0,141 4			0,251 3
0,10			0,125 6			0,196 3			0,282 7	0,000 256		0,502 7
0,15			0,188 4			0,294 5	0,000 753		0,424 1	0,000 520		0,754 0
0,20	0,002 115		0,251 3	0,001 590		0,392 7	0,001 249		0,565 5	0,000 863	0,001 438	1,005 3
0,25	0,003 138		0,314 0	0,002 358		0,490 9	0,001 856		0,706 9	0,001 280	0,002 213	1,256 6
0,30	0,004 329		0,376 9	0,003 248		0,589 0	0,002 557	0,004 713	0,848 2	0,001 775	0,003 154	1,508 0
0,35	0,005 694		0,439 6	0,004 281	0,008 237	0,687 2	0,003 364	0,006 354	0,989 6	0,002 336	0,004 263	1,759 3
0,40	0,007 242		0,502 4	0,005 451	0,010 690	0,785 4	0,004 277	0,008 262	1,131 0	0,002 994	0,005 539	2,010 6
0,45	0,008 966	0,018 576	0,565 2	0,006 708	0,013 458	0,883 6	0,005 289	0,010 406	1,272 3	0,003 702	0,006 969	2,262 0
0,50	0,010 861	0,022 868	0,628 0	0,008 115	0,016 587	0,981 7	0,006 412	0,012 803	1,413 7	0,004 467	0,008 568	2,513 3
0,55	0,012 895	0,027 640	0,690 8	0,009 668	0,020 046	1,079 9	0,007 633	0,015 466	1,555 1	0,005 339	0,010 347	2,764 6
0,60	0,015 116	0,032 856	0,753 8	0,011 340	0,023 826	1,178 1	0,008 961	0,018 374	1,696 5	0,006 274	0,012 290	3,015 9
0,65	0,017 493	0,038 512	0,816 4	0,013 118	0,027 924	1,276 3	0,010 388	0,021 530	1,837 8	0,007 280	0,014 396	3,267 2
0,70	0,020 072	0,044 652	0,879 2	0,015 013	0,032 374	1,374 4	0,011 907	0,024 955	1,979 2	0,008 353	0,016 680	3,518 6
0,75	0,022 793	0,051 212	0,942 0	0,017 030	0,037 128	1,472 6	0,013 523	0,028 612	2,120 6	0,009 450	0,019 120	3,769 9
0,80	0,025 647	0,058 227	1,004 8	0,019 213	0,042 210	1,570 8	0,015 223	0,032 522	2,261 9	0,010 646	0,021 733	4,021 2
0,85	0,028 681	0,065 742	1,067 6	0,021 509	0,047 658	1,669 0	0,017 034	0,036 682	2,403 3	0,011 910	0,024 515	4,272 6
0,90	0,031 845	0,073 703	1,130 4	0,023 948	0,053 429	1,767 1	0,018 959	0,041 084	2,544 7	0,013 249	0,027 458	4,523 9
0,95	0,035 190	0,082 110	1,193 2	0,026 496	0,059 524	1,865 3	0,020 968	0,045 771	2,686 1	0,014 651	0,030 590	4,775 2
1,00	0,038 546	0,090 981	1,256 6	0,029 155	0,065 955	1,963 5	0,023 064	0,050 715	2,827 4	0,016 119	0,033 895	5,026 6
1,05	0,042 143	0,100 299	1,319 4	0,031 916	0,072 710	2,061 7	0,025 257	0,055 909	2,968 8	0,017 644	0,037 367	5,277 9
1,10	0,046 021	0,110 081	1,382 2	0,034 782	0,079 801	2,159 8	0,027 556	0,061 361	3,110 2	0,019 241	0,041 011	5,529 2
1,15	0,050 052	0,120 327	1,445 1	0,037 750	0,087 229	2,258 0	0,029 941	0,067 073	3,251 6	0,020 906	0,044 828	5,780 5
1,20	0,054 224	0,131 019	1,507 9	0,040 884	0,094 980	2,356 2	0,032 418	0,073 033	3,392 9	0,022 635	0,048 811	6,031 9
1,25	0,058 535	0,142 157	1,570 7	0,044 152	0,103 054	2,454 4	0,034 975	0,079 242	3,534 3	0,024 420	0,052 961	6,283 2
1,30	0,063 011	0,153 760	1,633 5	0,047 549	0,111 465	2,552 5	0,037 615	0,085 709	3,675 7	0,026 273	0,057 283	6,534 5
1,35	0,067 647	0,165 809	1,696 3	0,051 090	0,120 200	2,650 7	0,040 392	0,092 426	3,817 0	0,028 181	0,061 772	6,785 8
1,40	0,072 428	0,178 322	1,759 2	0,054 745	0,129 271	2,748 9	0,043 257	0,099 401	3,958 4	0,030 145	0,066 434	7,037 2
1,45	0,077 423	0,191 281	1,822 0	0,058 509	0,138 665	2,847 1	0,046 204	0,106 624	4,099 8	0,032 175	0,071 261	7,288 5
1,50	0,082 570	0,204 704	1,884 6	0,062 386	0,148 396	2,945 2	0,049 255	0,114 106	4,241 2	0,034 261	0,076 262	7,539 8
1,55	0,087 865	0,218 591	1,947 4	0,066 373	0,158 463	3,043 4	0,052 392	0,121 848	4,382 5	0,036 478	0,081 436	7,791 1
1,60	0,093 293	0,232 907	2,010 5	0,070 459	0,168 841	3,141 6	0,055 606	0,129 828	4,523 9	0,038 753	0,086 769	8,042 5
1,65	0,098 874	0,247 704	2,073 3	0,074 658	0,179 568	3,239 7	0,058 908	0,138 076	4,665 3	0,041 093	0,092 283	8,293 7
1,70	0,104 657	0,262 931	2,136 2	0,078 953	0,190 606	3,337 9	0,062 308	0,146 564	4,806 6	0,043 490	0,097 955	8,545 1
1,75	0,110 597	0,278 639	2,199 0	0,083 420	0,201 993	3,436 1	0,065 796	0,155 320	4,948 0	0,045 952	0,103 807	8,796 5
1,80	0,116 671	0,294 775	2,260 8	0,088 020	0,213 691	3,534 3	0,069 359	0,164 314	5,089 4	0,048 489	0,109 818	9,047 8
1,85	0,122 893	0,311 375	2,323 6	0,092 732	0,225 725	3,632 4	0,073 003	0,173 568	5,230 8	0,051 089	0,116 003	9,299 1
1,90	0,129 260	0,328 440	2,386 4	0,097 557	0,238 096	3,730 6	0,076 759	0,183 080	5,372 1	0,053 751	0,122 360	9,550 5
1,95	0,135 764	0,345 951	2,449 9	0,102 487	0,250 790	3,828 8	0,080 625	0,192 841	5,513 5	0,056 472	0,128 884	9,801 8
2,00	0,142 410	0,363 926	2,513 2	0,107 526	0,263 821	3,927 0	0,084 576	0,202 861	5,6549	0,059 253	0,135 580	10,053 1
2,05	0,149 244	0,382 347	2,576 0	0,112 669	0,277 175	4,025 1	0,088 607	0,213 129	5,796 3	0,062 118	0,142 443	10,304 4
2,10	0,156 222	0,401 232	2,638 8	0,117 920	0,290 865	4,123 3	0,092 722	0,223 656	5,9376	0,065 046	0,149 479	10,555 8
2,15	0,163 337	0,420 564	2,701 6	0,123 271	0,304 879	4,221 5	0,096 914	0,234 432	6,0790	0,068 032	0,156 680	10,807 1
2,20	0,170 586	0,440 342	2,764 5	0,128 772	0,319 217	4,319 7	0,101 266	0,245 457	6,2204	0,071 078	0,164 049	11,058 4
2,25	0,178 048	0,460 601	2,827 3	0,134 336	0,333 904	4,417 9	0,105 710	0,256 749	6,3617	0,074 187	0,171 597	11,309 7
2,30	0,185 708	0,481 290	2,888 8	0,140 046	0,348 901	4,516 0	0,110 234	0,268 282	6,5031	0,077 350	0,179 304	11,561 0
2,35	0,193 518	0,502 442	2,951 6	0,145 863	0,364 235	4,614 2	0,114 844	0,280 072	6,6445	0,080 574	0,187 184	11,812 4
2,40	0,201 476	0,524 058	3,015 8	0,151 786	0,379 905	4,712 4	0,119 540	0,292 122	6,7859	0,083 857	0,195 238	12,063 7
2,45	0,209 576	0,546 121	3,078 6	0,157 870	0,395 899	4,810 6	0,124 318	0,304 420	6,9272	0,087 196	0,203 457	12,315 0
2,50	0,217 815	0,568 630	3,141 2	0,164 058	0,412 217	4,908 7	0,129 176	0,316 967	7,0686	0,090 591	0,211 842	12,566 4
3,00	0,307 923	0,818 833	3,769 8	0,233 035	0,593 597	5,890 5	0,183 110	0,456 436	8,4823	0,128 731	0,305 056	15,079 5
3,50	0,414 432	1,114 518	4,398 1	0,312 190	0,807 948	6,872 3	0,246 110	0,621 258	9,8960	0,172 875	0,415 213	17,592 8
4,00	0,536 204	1,455 703	5,026 4	0,404 498	1,055 283	7,854 0	0,318 732	0,811 442	11,309 8	0,224 268	0,542 321	20,106 0