



DSPACE

<https://dspace.org/>

Projet d'alimentation en eau potable en milieu rural : cas du réseau Nyandago II de la commune Mutimbuzi en province Bujumbura

Nahishakiye, Egide; Ndibanje, Pacifique; Sous la direction du : Ir Nduwimana Donatien

2017-05

UB, ITS

<https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2342>

UNIVERSITE DU BURUNDI



INSTITUT TECHNIQUE SUPERIEUR

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

**PROJET D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE EN MILIEU
RURAL : CAS DU RESEAU NYANDAGO II DE LA
COMMUNE MUTIMBUZI EN PROVINCE BUJUMBURA**

Par :

NAHISHAKIYE Egide

et

NDIBANJE Pacifique

Sous la Direction :

Ir. NDUWIMANA Donatien

Projet de fin d'études présenté et défendu
publiquement dans le but d'obtenir un diplôme
d'Ingénieur industriel en Génie Civil

Bujumbura, Mai 2017

DEDICACE

A Dieu Tout Puissant ;
 A mes chers parents ;
 A mes sœurs ;
 A mes oncles et tantes ;
 A mes cousins et cousines ;
 A la famille BANGIRUBWENGE J.M. Vianney ;
 A tous ceux qui me sont chers ,
 A mon collègue NDIBANJE Pacifique

NAHISHAKIYE Egide.

A Dieu Tout Puissant ;
 A mes chers parents ;
 A mes frères et sœurs ;
 A mes oncles et tantes ;
 A mes cousins et cousines ;
 A la famille HASABINDERO Adolphe ;
 A tous ceux qui me sont chers ;
 A mon collègue NAHISHAKIYE Egide

NDIBANJE Pacifique.

Nous dédions ce travail.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous éprouvons un vif plaisir et une agréable joie d'exprimer publiquement notre gratitude à toute personne qui, de près ou de loin aurait contribué à son élaboration.

Nos vifs remerciements sont en premier lieu lancés à Dieu Tout Puissant qui nous a créé et nous a donné l'opportunité de fréquenter l'école jusqu'à l'**UNIVERSITE DU BURUNDI**, et qui nous a offert un bon état de santé pendant toute la période de nos études.

Deuxièmement nos remerciements sont adressés à Mr l'Ir **NDUWIMANA Donatien**, Directeur de ce travail, qui, malgré ses multiples occupations professionnelles, n'a ménagé aucun effort pour la réalisation de ce travail. Qu'il trouve ici, la satisfaction de ses efforts.

Nos remerciements vont aussi à l'endroit des enseignants qui nous ont guidés depuis l'école primaire et surtout aux professeurs de la **FSA/TTS** plus particulièrement ceux du département de **Génie Civil**. Qu'ils trouvent ici l'expression du couronnement de leurs efforts.

Nous adressons encore nos sincères remerciements au personnel de la **AHAMR** pour les informations combien enrichissantes qu'ils nous ont fournies.

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

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AEP: Alimentation en eau potable

AHAMR: Agence burundaise de l'hydraulique rurale

CD : Chambre de départ

CE: Chambre d'équilibre

CP: Chambre de purge

CV : Chambre de ventouse.

CO.CO: Collège Communal

D: Diamètre

DE: Diamètre extérieur

DI: Diamètre intérieur

DIN : Deutsche Institut fur Normung

EP: Ecole primaire.

GC: Génie civil

H : Hauteur

IGEBU: Institut Géographique du Burundi

ISTEEBU: Institut des Statistiques et d'Etudes Economiques du Burundi

MEM: Ministère de l'Energie et Mines

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PAEMR: Projet d'Alimentation en Eau en Milieu Rural

R: Réservoir

REGIDESO : Régie de l'eau et d'électricité

TEM : Temps d'exécution moyen

TVA : Taxe sur les Valeurs Ajoutées

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Concentrations limites dans une eau potable d'après l'OMS.....	2
Tableau 2: Effectifs de la population à desservir.....	7
Tableau 3: Accroissement moyen (entre 1990 et 2008) de la population en commune MUTIMBUZI	7
Tableau 4: Population projetée(2036)	8
Tableau 5: Consommations spécifiques selon les normes de l' OMS.....	8
Tableau 6. Consommation journalière de la population (2016 et 2036).....	8
Tableau 7. Récapitulatif des besoins actuels et futurs	10
Tableau 8. Récapitulatif des besoins futurs	11
Tableau 9. Capacité du réservoir R1	22
Tableau 10. Capacité du réservoir R2.....	23
Tableau 11. Capacité du réservoir R3.....	23
Tableau 12. Récapitulatif des dimensions des réservoirs	24
Tableau 13 : Calculs hydrauliques.....	47
Tableau 14. Matériaux du réservoir de 5m ³	51
Tableau 15. Matériaux du réservoir de 10m ³	52
Tableau 16. Matériaux du réservoir de 25m ³	53
Tableau 17. Matériaux des chambres de vannes et de sectionnement.....	54
Tableau 18. Matériaux des chambres de vannes pour les bornes fontaines	55
Tableau 19. Matériaux de la chambre de ventouse.....	56
Tableau 20. Matériaux de la chambre de purge.....	57
Tableau 21. Matériaux des bornes fontaines	58
Tableau 22. Matériaux des chambres d'équilibre.....	59
Tableau 23. Matériaux de canalisation	59
Tableau 24. Matériaux de captage	59
Tableau 25. Récapitulatif des matériaux	60
Tableau 26. Dévis quantitatif et estimatif des prix	62
Tableau 27. Planning des travaux.....	64

LISTE DES FIGURES

Fig.1. Carte géographique de la commune Mutimbuzi	4
Fig.2. Carte topographique de la zone du projet.....	5
Fig.3. Schéma de source d’affleurement	12
Fig.4. Schéma de source de déversement	13
Fig.5. Schéma de source d’émergence	13
Fig.6. Vue en plan et coupe de chambre de départ.....	15
Fig 7. Schéma de principe adopté pour le captage	17
Fig.8. Schéma d’un réseau de distribution type gravitaire	18
Fig.9 Schéma d’un réseau de distribution par pompage.....	19
Fig.10. Schéma du réservoir de 5 m ³	30
Fig.11 Schéma du réservoir de 10m ³	34
Fig.12. Schéma du réservoir de 25m ³	38
Fig.13. Vue en plan et coupe de chambre de vannes et de sectionnement	39
Fig.14. Vue en plan et coupe de chambre de purge.....	40
Fig.15. Vue en plan et coupe de la chambre de ventouse.....	41
Fig.16. Vue en plan et coupe de la chambre de vannes pour BF	42
Fig.17. Vue en plan et coupe de borne fontaine	42
Fig.18. Schéma illustratif de l’équation de Bernoulli.....	45
Fig.19. Schéma de fonctionnement du réseau	48
Fig.20. Diagramme de Gantt	64

RESUME

Personne n'ignore que l'eau joue un rôle de première place dans la vie des êtres vivants et en particulier pour l'être humain. En peu de mots on dira que, sans eau, la vie ne serait pas définie.

Motivés par son importance indispensable, nous avons voulu que notre travail de fin d'études porte sur l'étude d'adduction en eau potable des collines KIGUNGA, TENGA et RUBIRIZI toutes de la commune MUTIMBUZI et des collectivités se trouvant sur la colline RUBIRIZI à savoir : E.P RUBIRIZI, CO.CO RUBIRIZI, Eglise RUBIRIZI, Marché RUBIRIZI et Marché KANYINYA.

Le réseau du projet est de longueur de 7567m ; prend départ sur la colline KIGUNGA de la commune MUTIMBUZI et s'arrête sur la colline RUBIRIZI de cette même commune.

La source a un débit de 2,4 litres et les besoins en eau sont égaux à 0,712 litre.

Il est à signaler que l'eau qui alimentera toute la zone du projet est totalement gravitaire.

Notre projet possède les ouvrages suivants :

- 1 chambre de départ ;
- 1 chambre de ventouse et 1 chambre de purge ;
- 3 réservoirs de stockage ;
- 3 chambres de vanne
- 2 chambres d'équilibre

Les conduites du réseau seront en PVC avec des diamètres extérieurs de 50 cm et 40cm et ayant respectivement comme pressions nominales 10 bars.

Le dimensionnement et les calculs hydrauliques nous ont permis de déterminer le cout global du projet qui est estimé à cent septante-deux millions trois vingt mille cent cinquante-cinq francs Burundais (172 320 155 FBU).

Finalement, vue la carence de l'eau potable dans notre zone du projet, on sollicite au gouvernement et aux bailleurs de fonds de faire une contribution particulière afin que le projet soit exécuté pour que la vie de cette population soit sauvée.

TARLE DES MATIERES

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	v
RESUME	vi
IABLE DES MATIERES.....	vii
CHAP I. INTRODUCTION GENERALE	1
I 1. Généralités	1
I.2. Présentation du sujet	1
I.3. Qualité de l'eau potable	1
I.4. Analyses des aspects bactériologiques	1
I.5. Analyses des aspects physico-chimiques.....	2
I.6. Différentes sources susceptibles d'alimentation en eau potable.....	3
CHAP II: DESCRIPTION DE LA ZONE DU PROJET	4
II .1. Situation géographique.....	4
II.2. Localisation de la zone du projet.....	5
CHAP III. EVALUATION DES BESOINS EN EAU	6
III.1. Introduction.....	6
III.2. Détermination de la population à desservir.....	6
III.2.1. Population actuelle(2016).....	6
III .2.2. Population à l'horizon de planification.....	7
III 2.3. Calcul du taux de croissance annuelle	7
III 3. Quantité d'eau nécessaire.....	8
III.4. Estimation des besoins en eau (2016 et 2036).....	8
III.5. Besoins en eau maximum	9
III.5.1. La production de pointe	9
III.5.2. Pertes d'eau potable	9
III.5.3. Récapitulatif des besoins.....	9
CHAP IV. LE CAPTAGE DE L'EAU.....	12
IV.1. Introduction.....	12

IV.2. Types des sources	12
IV.3.Détermination du débit d'une source.....	14
IV.4. Les ouvrages de captage	14
IV.4.1.Chambre de captage	14
IV.4.2.Chambre de départ	14
IV.5. Principe adapté pour le captage	16
IV.5.1. Terrassement	16
IV.5.2. Construction	16
IV.6. Protection de la zone de captage.....	17
CHAP V. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET CALCULS HYDRAULIQUES...	18
V.1.Introduction	18
V.2. Stockage de l'eau	19
V.2.1. Types des réservoirs.....	19
V.2.2. Emplacement des réservoirs	20
V.2.3. Principe de construction des réservoirs	20
V.2.4.Les différents éléments d'un réservoir et leurs rôles	20
V.3.Capacité des réservoirs.....	21
V.3.1. Capacité théorique	22
V.3.2.Capacité pratique	22
V.4. Dimensionnement des réservoirs	23
V.4.1. Calcul du diamètre du réservoir	24
V.4.2. Hauteur	24
V.5. Dimensionnement proprement dit des éléments du réservoir.....	25
V.5.1. Introduction	25
V.5.2. Dimensionnement du réservoir de 5m ³	25
V.5.2.1. La dalle de couverture	25
V.5.2.2. Le radier.....	27
V.5.3. Dimensionnement du réservoir de 10m ³	30
V.5.3.1. Dalle de couverture.....	30
V.5.3.2. Dimensionnement du radier	32
V.5.4. Dimensionnement du réservoir de 25m ³	34
V.5.4.1. Dalle de couverture.....	34

V.5.4.2. Dimensionnement du radier	36
V.6. Ouvrages de transport	38
V.6.1. Quelques ouvrages de transports	39
V.6.1.1. La chambre de vanne et de sectionnement (chambre de répartition)	39
V.6.1.2. La chambre de purge	40
V.6.1.3. La chambre de ventouse	40
V.6.1.4. La chambre de vannes pour les bornes fontaines	41
V.6.1.5. Les raccords	42
V.6.1.6. Bornes fontaines	42
V.6.1.7. Chambre d'équilibre	43
V.7. Dimensionnement des conduites	43
V.7.2. Calculs hydrauliques	46
CHAP VI. EVALUATION DU COUT DU PROJET ET PLANNING DES TRAVAUX	49
VI.1. Introduction	49
VI.2. Devis descriptif	49
VI.2.1. Captage	49
VI.3. Devis quantitatif et calcul des prix	50
VI.4. Devis quantitatif et estimatif	60
VI.4. Devis quantitatif et estimatif	60
VI.5. Planning des travaux	63
CHAP VII : CONCLUSION ET RECOMMANDATION	65
VII.1. Conclusion	65
VII.2. Recommandations	65
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	66
ANNEXES	67

CHAP I. INTRODUCTION GENERALE

I.1.Généralités

Partout dans le monde, l'eau reste indispensable à la vie de l'homme et de tous les autres êtres vivants. Sans cette ressource en qualité et en quantité suffisante, les travaux quotidiens de l'homme seraient pratiquement impossibles. Vu que cette ressource est beaucoup influente sur la santé, la sécurité alimentaire ainsi que le développement socio-économique, on est obligé de déployer autant d'efforts afin de satisfaire les besoins en eau des bénéficiaires soit en qualité requise et en quantité suffisante. Comme la consommation de l'eau insalubre est à base de plusieurs maladies d'origine hydrique qui sont la plupart des fois mortelles, l'eau à consommer devrait être potable ; donc répondant à un certain confort et plaisir à boire.

I.2.Présentation du sujet

Personne ne peut ignorer que l'eau est la vie et source de bonne santé pour tous les êtres vivants : boire, se laver, faire la cuisine, faire la vaisselle, abreuver les animaux, etc

Au Burundi, la plupart de la population vivant à la campagne est dépourvue de toute source aisément accessible d'eau saine. La situation actuelle de notre pays n'est pas tout à fait bonne malgré d'importants potentiels en eau dont dispose la majorité de tout le territoire.

Notre travail portera sur l'ADDUCTION EN EAU POTABLE EN MILIEU RURAL Cas du réseau KIGUNGA, TENGA, RUBIRIZI alimentées à partir de la source NYANDAGO II de débit égal à 2,4 l/sec ; de la commune MUTIMBUZI en province BUJUMBURA.

I.3. Qualité de l'eau potable

Une eau potable qui est une eau qui ne porte pas atteinte à la santé de celui qui la consomme doit être incolore, inodore, avec température comprise entre 9 et 12°C, limpide et exempte de toute saveur désagréable. Comme ces aspects ne sont pas suffisants pour caractériser une eau potable c'est pour cette raison qu'il faut des analyses avec des appareils plus précis permettant de déterminer une eau potable par analyse des aspects physiques, chimiques et bactériologiques de l'eau.

I.4. Analyses des aspects bactériologiques

Lors des analyses, on doit vérifier s'il y aurait des germes tels que :

Le Bacille de coli ; L'Enterocoque ; Le Clostridium sulforeducteur ;
Les Bactérophages fécaux ; Etc...

1.5. Analyses des aspects physico-chimiques

L'eau potable remplit certaines normes. D'après l'OMS, les normes sont les suivantes :

Caractéristiques	Unité	Valeurs limites
Turbidité	NTU	5
Valeur de pH	-	6.5 à 9.2
Conductibilité	$\mu\text{S}/\text{cm}$	700
Matières en suspension(MES)	mg/l	500
Fer (Fe^{2+})	mg/l	0.3
Dureté	mg/l	20 à 30
Sodium(Na)	mg/l	20
Ammoniaque(NH_4)	mg/l $\mu\mu$	1.0
Calcium (Ca^{2+})	mg/l	75
Température	$^{\circ}\text{C}$	9 à 12
Sulfates (SO_4^{2-})	mg/l	200
Gaz carbonique(CO_2)	mg/l	-
Nitrite (NO^-)	mg/l	25
Potassium (K^+)	mg/l	10
Phosphates (PO_4^-)	mg/l	7
Magnésium	mg)/l	50
Oxygène(O_2)	% de saturation	20
Demande chimique en O_2DCO	mg/l	5/ KMnO_4
Chlorures (Cl^-)	mg/l	200

Tableau 1. Concentrations limites dans une eau potable d'après l'OMS

I.6. Différentes sources susceptibles d'alimentation en eau potable

On peut distinguer :

- Les eaux souterraines : Ce sont toutes les eaux se trouvant sur la surface du sol dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol.
Elles proviennent de l'infiltration des eaux de pluies.
- Les eaux de pluies : L'eau de pluie est légèrement acide, polluée ou sans pollution, en raison de sa teneur de dioxyde de carbone (CO₂) toujours présent dans l'atmosphère. L'eau de pluie est naturellement acide (PH de 5 à 6) ; la valeur diffère selon les régions.
- les eaux de surfaces : Par opposition aux eaux souterraines, l'eau de surface est celle qui se trouve sur ou proche de la surface du sol.
Dans une zone donnée, il s'agit essentiellement des cours d'eau, des lacs et des eaux de ruissellement qui s'y trouvent.

Elle est limitée :

- Au Nord par les communes MPANDA et MUZINDA de la province BUBANZA ;
- Au Sud par la mairie de BUJUMBURA et le lac Tanganyika ;
- A l’Est par les communes MUBIMBI et ISARE et à l’Ouest par la RDC.

II.2. Localisation de la zone du projet

L’objet de notre zone d’étude va se réaliser sur les collines KIGUNGA, TENGA et RUBIRIZI qui se trouvent dans la commune MUTIMBUZI en province Bujumbura rural.

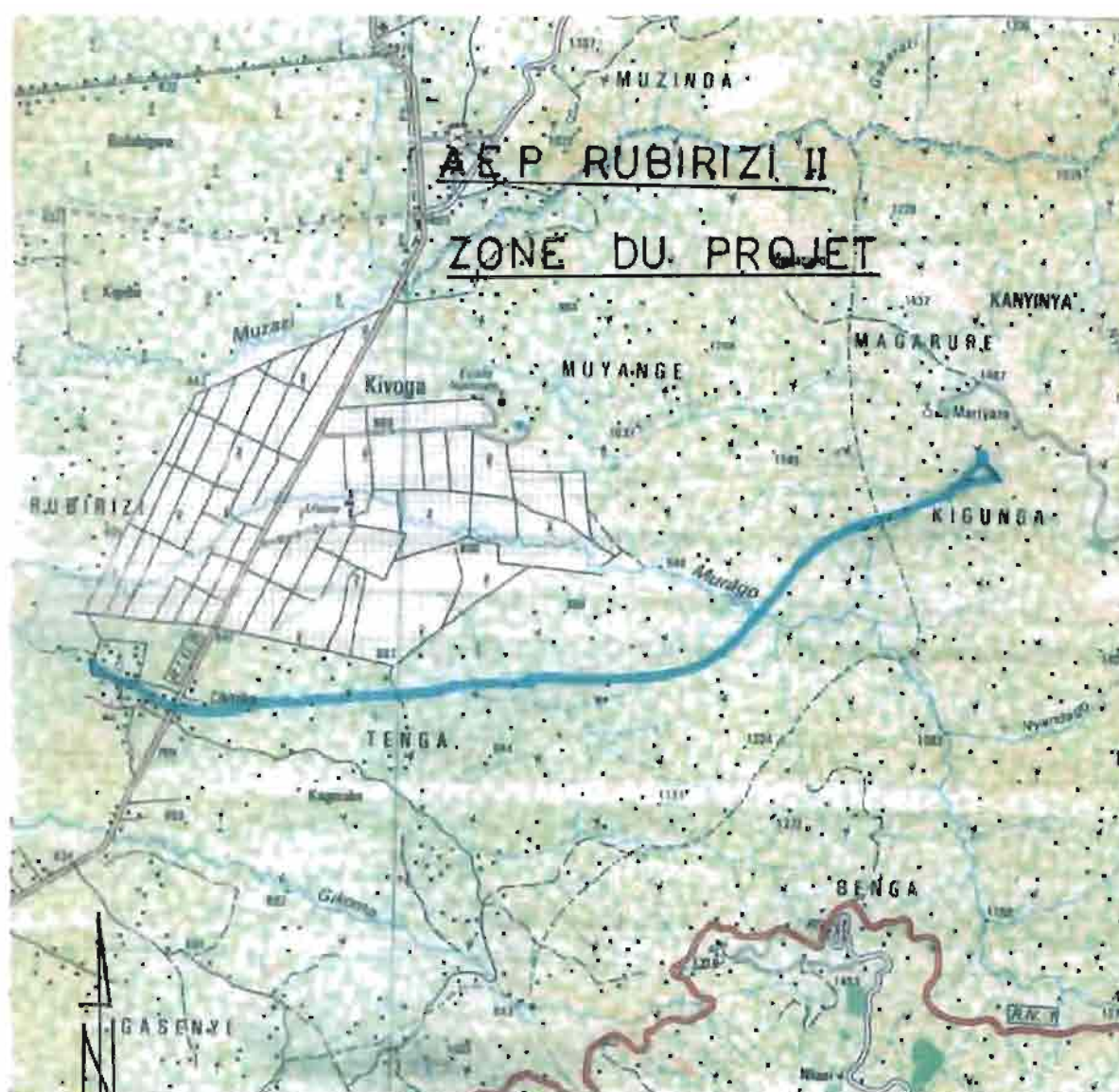


Fig. 2 : Carte topographique de la zone du projet

CHAP III. EVALUATION DES BESOINS EN EAU

III.1. Introduction

Toute étude du projet d'alimentation en eau potable ne saurait être correctement menée sans avoir estimé au préalable la population bénéficiaire. L'objectif du système d'alimentation en eau potable est de satisfaire au maximum possible les besoins en eau de la population considérée pendant une période bien définie qui est estimée comme la durée de vie du réseau. Cette durée est fixée à 20 ans. En plus, on doit avoir des informations nécessaires et suffisantes concernant les équipements et les établissements publics où la consommation en eau est élevée. Ces derniers sont en général les usines, les écoles, les centres de santé, les hôpitaux...et afin de bien estimer la quantité d'eau nécessaire à produire.

III.2. Détermination de la population à desservir

D'après les sources de l'ISTEEBU, le nombre moyen de personnes par ménage appelé aussi taille moyenne est évalué à 4,7 personnes pour l'ensemble du pays. Le nombre varie peu entre les provinces, hormis Bujumbura rural, Bururi et MAKAMBA dont la moyenne dépasse 5 personnes, raison pour laquelle nous avons adopté une taille moyenne de 6 personnes par ménage.

III.2.1. Population actuelle(2016)

Selon les données fournies par l'ISTEEBU, nous avons le nombre de ménages pour la population actuelle des collines et sous collines du présent projet. L'effectif de la population actuelle à desservir est donné par le tableau suivant :

Collines	MENAGES	EFFECTIF 2016
KIGUNGA	49	294
TENGA	32	192
RUBIRIZI	87	522
Sous total1	168	1008
Collectivités		
EP RUBIRIZI	1	600
COCO RUBIRIZI	1	515
CDS RUBIRIZI	1	8
Eglise RUBIRIZI	1	350

Marché RUBIRIZI	1	500
Marché KANYINYA	1	400
Sous total 2		2373
TOTAL		3381

Tableau 2: Effectifs de la population à desservir

III.2.2. Population à l'horizon de planification

Pour notre projet, l'horizon de planification est de 20 ans et cette étude se base sur la population projetée.

La population projetée est calculée par la formule suivante :

$$P_n = P_0 (1+r)^n \quad (\text{III.1})$$

Avec : P_n : population après n années

P_0 : population actuelle

r : taux de croissance de la population

n : durée de vie du projet

III.2.3. Calcul du taux de croissance annuelle

Ce taux de croissance annuelle est trouvé sur base des données fournies par l'ISTEEBU qui montre l'accroissement moyen entre 1990 et 2008 en Commune MUTIMBUZI.

Commune	Population en 1990	Population en 2008	Taux de croissance de la population
MUTIMBUZI	43557	69525	2,36%

Tableau 3: Accroissement moyen (entre 1990 et 2008) de la population en commune MUTIMBUZI

Ce taux va nous permettre de déterminer la population à desservir au terme de 20 ans qui est l'horizon de planification. Le taux de croissance r est déduit de la formule :

$$P_n = P_0 (1+r)^n \Leftrightarrow \frac{P_n}{P_0} = (1+r)^n \Leftrightarrow \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} = 1+r$$

$$r = \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1 \quad (\text{III.2})$$

Le taux de croissance r entre 1990 et 2008 est :

$r = \sqrt[20]{\frac{69525}{43557}} - 1$; $r = 0,0236$ donc 2,36% ; D'où le taux moyen de croissance pour la commune MUTIMBUZI est égal à 2,36%.

Projection de la population en 2036

Collines	MGES	EFF 2016	EFF 2036
KIGUNGA	49	294	421
TENGA	32	192	275
RUBIRIZI	87	522	746
Sous total 1	168	1008	1442
Collectivités			
EP RUBIRIZI		600	858
COCO RUBIRIZI		515	736
CDS RUBIRIZI		8	12
Eglise RUBIRIZI		350	501
Marché RUBIRIZI		500	715
Marché KANYINYA		400	572
Sous total 2		2373	3394
TOTAL		3381	4836

Tableau 4: Population projetée(2036)

III.3. Quantité d'eau nécessaire

Les normes de consommation utilisées se référant à la consommation d'eau potable en milieu rural au Burundi. Ces normes sont les suivants :

Type de consommateur	U	Dotation
Domestique		
BP (branchement privé)	l/j/p	60
BF (bornes fontaines)	l/j/p	20
Etablissements scolaire/universitaire		
Elève/étudiant interne	l/j/p	40
Elève/étudiant externe	l/j/p	5
Hôpital	l/j/lit	150
Marché	l/j/p	3
Eglise	l/j/p	3

Tableau 5: Consommations spécifiques /normes de l' OMS

III.4. Estimation des besoins en eau (2016 et 2036)

1.Collines	SITUATION EN 2016				SITUATION EN 2036		
	MGES	EFF	Qs	Qj moy	EFF	Qj moy	
			l/j/p	l/j		l/j	m ³ /j
KIGUNGA	49	294	20	5880	421	8420	8,42
TENGA	32	192	20	3840	275	5500	5,5
RUBIRIZI	87	522	20	10440	746	14920	14,92
Sous total1	168	1008		20160	1442	28840	28,84
2.Equipements							
E P RUBIRIZI		600	5	3000	858	4290	4,29
COCO RUBIRIZI		515	5	2575	736	3680	3,68
CDS RUBIRIZI		8	150	1200	12	1800	1,8
Eglise RUBIRIZI		350	3	1050	501	1503	1,503
Marché RUBIRIZI		500	3	1500	715	2145	2,145
Marché KANYINYA		400	3	1200	572	1716	1,716
Sous total 2		2373		10525	3394	15134	15,134
TOTAL		3381		30685	4836	43974	43,974

Tableau 6. Consommation journalière de la population (2016 et 2036)

III.5. Besoins en eau maximum

III.5.1. La production de pointe

Tenant compte des activités quotidiennes des populations, on remarque l'augmentation ou la diminution de la population selon la nature des activités entre autre les jours de congé, les dimanches, les jours de marché, les jours de meeting, les travaux de constructions, etc...d'où la variation des besoins de consommation.

La production de pointe est donnée par la relation suivante :

$$Q_{jp} = Q_{jmoy} * (1 + c) \quad (III.3)$$

Avec : Q_{jp} = production journalière de pointe.

Q_{jmoy} = besoins moyens journaliers

C = facteur de production de pointe qui varie de 10% à 25%.

Prenons $C = 15\%$ pour notre projet

III.5.2. Pertes d'eau potable

Par perte d'eau, il faut entendre la différence entre la quantité d'eau produite et consommée (facturée). Cette différence est souvent le résultat de plusieurs facteurs à savoir :

- Les fuites aux joints des tuyaux ;
- Les fuites sur les corps même des tuyaux ;
- Les fuites des robinets-vannes ;
- Les faux relevés des compteurs : ils ne sont pas fréquents mais ne sont pas à exclure ;
- Les fuites aux bouches de levage ou incendie, etc.

On calcule les pertes d'eau par la formule suivante :

$$\text{Pertes} = Q_{jmoy} * \left[\left(\frac{1}{1-p} \right) - 1 \right] \Leftrightarrow \text{Pertes} = Q_{jmoy} * \left(\frac{p}{1-p} \right) \quad (III.4)$$

Avec : Q_{jmoy} = besoins journaliers moyens

p = pourcentage de perte d'eau qui varie de 0,2 à 0,5

Pour notre réseau, nous allons considérer 0,25 comme coefficient de perte.

III.5.3. Récapitulatif des besoins

Ainsi, les besoins maximaux de 2036 en tenant compte des pertes de la production de pointe sont déterminés de la façon ci-contre :

$$Q_{j.max} = (Q_{jp} + \text{pertes}) \quad (III.5)$$

1.Collines	SITUATION EN 2016				SITUATION EN 2036					
	MENAGES	EFFECTIF	Qs	Qj,moy	EFFECTIF	Qj,moy	Qj,pointe	Pertes	Vj	Qmax
			I/j/p	I/j		I/j	I/j	I/j	I/s	
KIGUNGA	49	294	20	5880	421	8420	9683	2105	11788	0,491 0,136
TENGA	32	192	20	3840	275	5500	6325	1375	7700	0,321 0,089
RUBIRIZI	87	522	20	10440	746	14920	17158	3730	20888	0,870 0,242
Sous total	168	1008		20160	1442	28840	33166	7210	40376	1,682 0,467
2. Equipements										
EP RUBIRIZI	1	600	5	3000	858	4290	4933,5	1072,5	6006	0,250 0,070
CO.CO RUBIRIZI	1	515	5	2575	736	3680	4232	920	5152	0,215 0,060
CDS RUBIRIZI	1	8	150	1200	12	1800	2070	450	2520	0,105 0,029
Eglise RUBIRIZI	1	350	3	1050	501	1503	1728,45	375,75	2104,2	0,088 0,024
Marché RUBIRIZI	1	500	3	1500	715	2145	2466,75	536,25	3003	0,125 0,035
Marché KANYINYA	1	400	3	1200	572	1716	1973,4	429	2402,4	0,1 0,027
Sous total2		2373		10525	3394	15134	17404,1	3783,5	21187,6	0,883 0,244
TOTAL		3381		30685	4836	43974	50570,1	10993,5	61563,6	2,565 0,712

Tableau 7. Récapitulatif des besoins actuels et futurs

Collines	Catégories	Q_{max}		
		l/j	l/s	m^3/h
KIGUNGA	Villageois	11788	0,136	0,491
TENGA	Villageois	7700	0,089	0,321
RUBIRIZI	EP RUBIRIZI	6006	0,07	0,25
	CO.CO RUBIRIZI	5152	0,06	0,215
	CDS RUBIRIZI	2520	0,029	0,105
	Eglise RUBIRIZI	2104,2	0,024	0,088
	Marché RUBIRIZI	3003	0,035	0,125
	Marché KANYINYA	2402,4	0,027	0,1
TOTAL GENERAL		40675,6	0,47	1,695

Tableau 8. Récapitulatif des besoins futurs

CHAP IV. LE CAPTAGE DE L'EAU

IV.1. Introduction

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

Le captage concerne soit des eaux superficielles (rivières, lacs, mers) ; soit des eaux souterraines (sources, nappes aquifères).

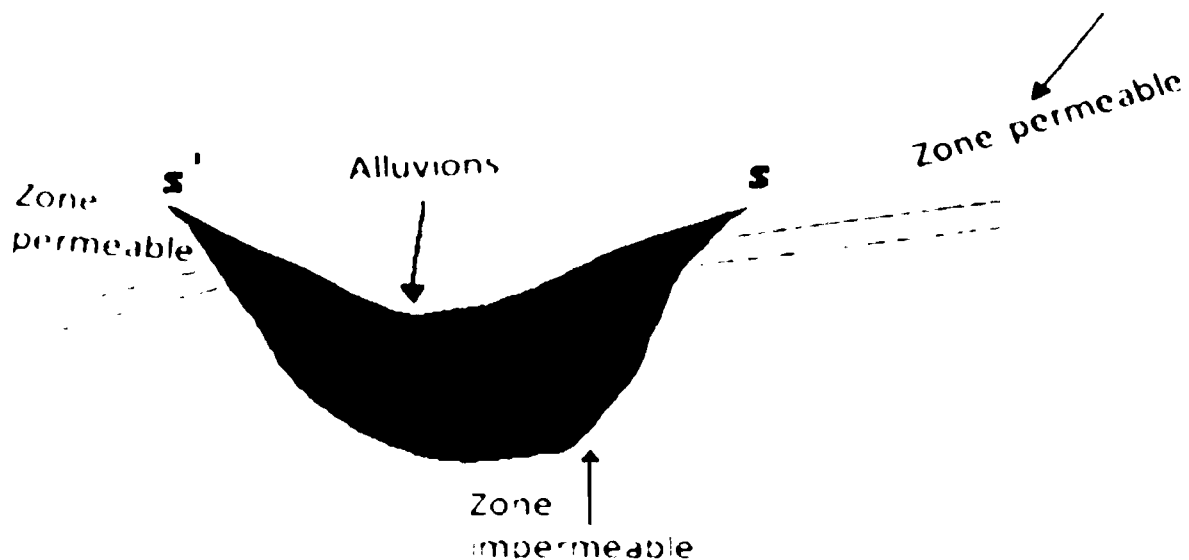
IV.2. Types des sources

Dans la nature, on distingue 3 types de sources :

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

1° Sources d'affleurement.

Les sources d'affleurement sont le résultat de l'apparition de l'eau le long de la surface topographique de l'assise imperméable qui supporte la nappe.



S et S' : Sources d'affleurement

Fig. 3 Schéma de source d'affleurement

2° Sources de déversement

Quand la vallée est ouverte dans des formations fissurées en surface seulement, comme dans le granit, l'eau apparaît au point de rencontre des fissures. Ce sont des sources de déversement. Leur débit est ordinairement faible.

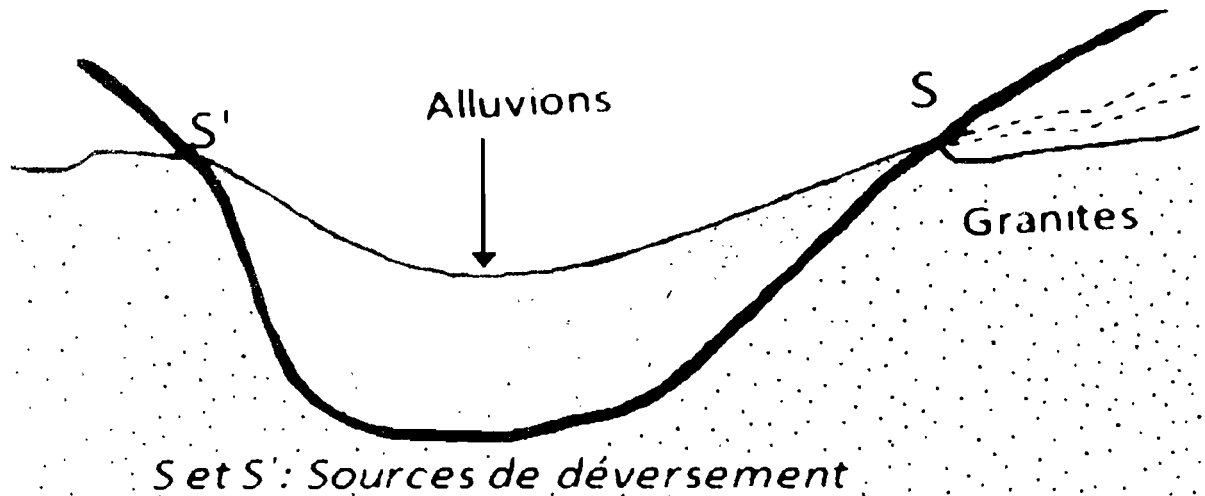


Fig. 4. Schéma de source de déversement

Il est à signaler qu'il est conseillé de les observer sur une longue période en termes de saison avant de prendre une décision définitive de son captage et surtout pendant la saison sèche.

3° Sources d'émergence

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

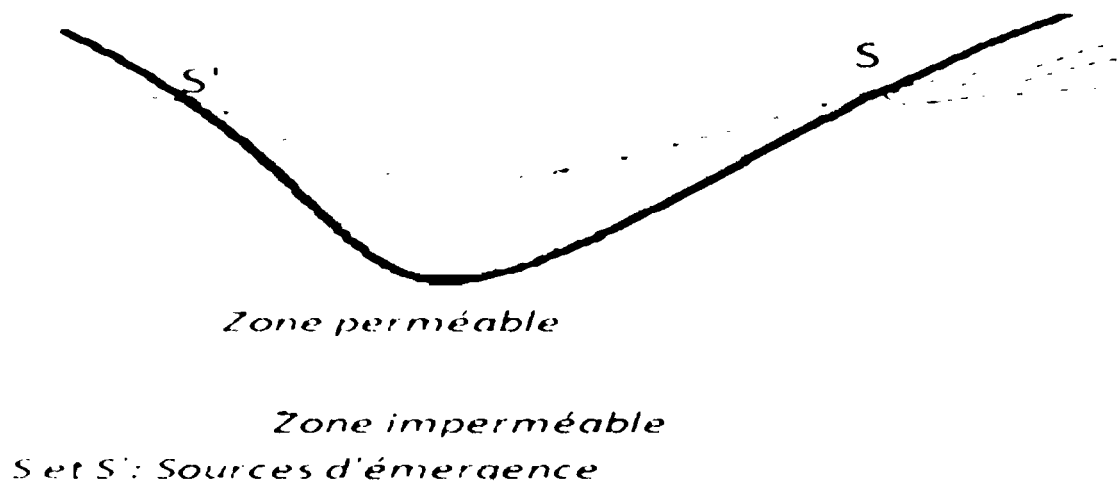


Fig.5. Schéma de source d'émergence

IV.3 Détermination du débit d'une source

Avant de capter une source il est nécessaire de vérifier son débit pour savoir s'il est suffisant à l'alimentation. Deux méthodes peuvent être utilisées pour déterminer le débit d'une source :

- A l'aide d'un débitmètre qui est un appareil moderne muni d'un chronomètre dont le rôle est le comptage du temps lors de mesurage.

$$Q = \text{volume récipient} \div \text{temps mis pour remplir ce récipient}$$

- A l'aide d'un seau et d'une montre (chronomètre). Cette méthode est moins précise et exige des effets répétitifs (3 essais au minimum) pour plus de précision.

IV.4. Les ouvrages de captage

On distingue :

- La chambre de captage
- La chambre de départ
- La chambre collectrice

IV.4.1. Chambre de captage

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

IV.4.2. Chambre de départ

C'est un ouvrage construit souvent en moellons et est destiné à accueillir les eaux de la chambre de captage. Elle est souvent compartimentée pour pouvoir décanter les particules (sable) dans le premier compartiment ; l'eau passe ensuite au-dessus du seuil plat pour se déverser dans le second compartiment pour le départ.

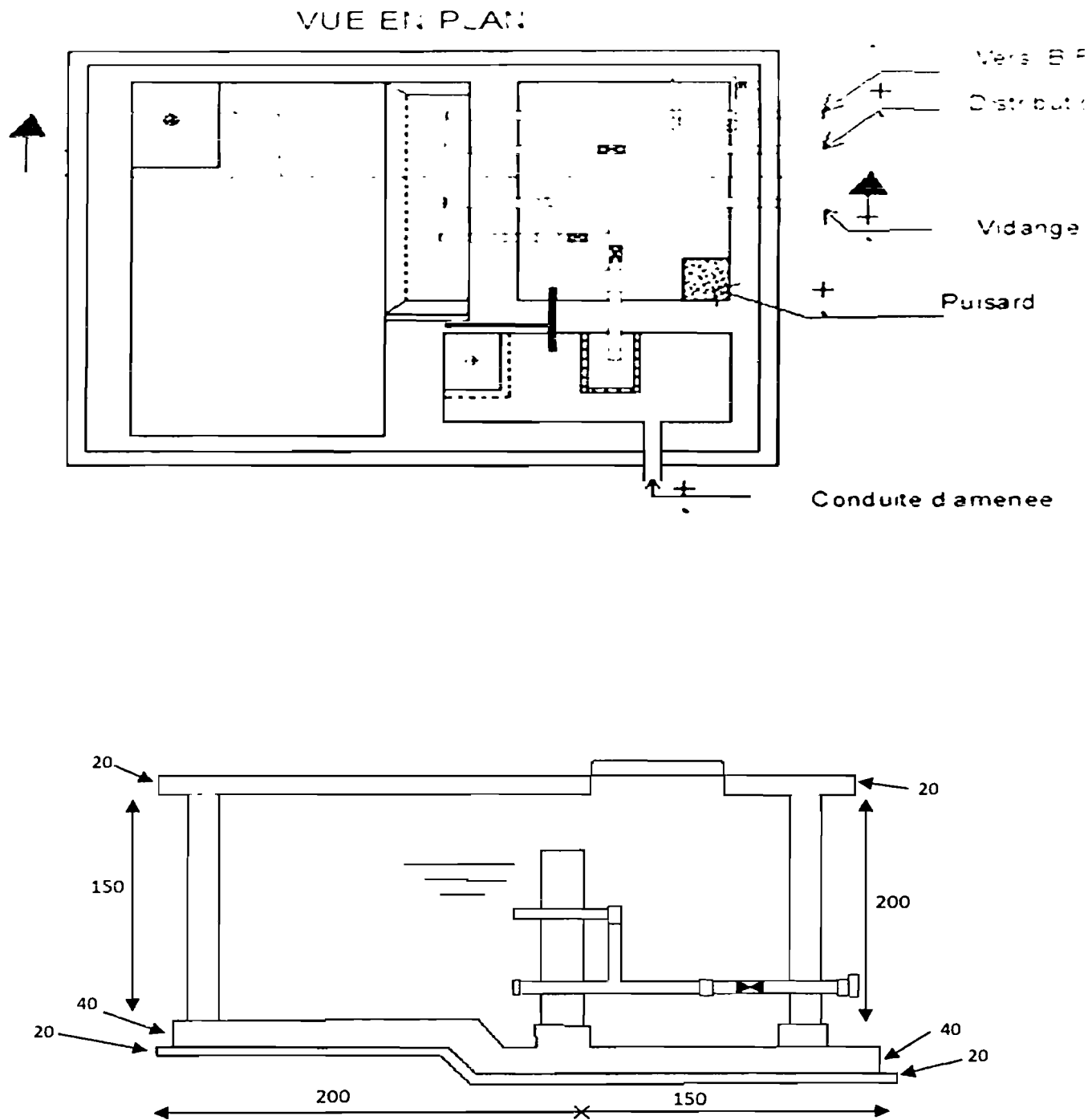


Fig. 6. Vue en plan et coupe de chambre de départ

IV.5. Principe adapté pour le captage

Pour faire un bon captage, on doit tenir compte de plusieurs paramètres entre autres :

- L'origine et la quantité d'eau qui est fonction du terrain et de sa perméabilité ;
- Le sens d'écoulement des filets liquides ;
- La nature de la source ;
- La quantité de l'eau ;
- La hauteur de la nappe ;
- Etc.

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

IV.5.1. Terrassement

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

IV.5.2. Construction

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

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

IV.5.2.1. Drainage

C'est la partie qui permet à l'eau de la source d'être recueillie et dirigée vers le barrage. Il doit être suffisamment grand pour assurer un passage aisé de l'eau et garantir le débit suffisant. Le drainage est constitué d'un drain perforé ou de pierres sèches, la base doit être étanche et avoir une pente de 1 à 2%.

Après la pose du drain et du massif filtrant, on remblaiera avec des matériaux filtrants jusqu'au niveau du toit de la nappe. Ensuite la partie ovale de la fouille sera barrée par une imperméable constituée d'un bouchon d'argile stabilisée (remblai limono-argileux compactés).

IV.5.2.2. Barrage

Le barrage est construit à l'opposé de l'arrivée de l'eau dans le captage. Il permet à l'eau d'entrer dans la conduite d'alimentation de la galerie de contrôle. On coulera la fondation du barrage directement contre le sol de l'excavation afin qu'elle soit solide avec le sol.

On peut construire le barrage soit en maçonnerie, soit en béton à partir de la fondation et toujours en béton pour garantir une étanchéité.

Coupe transversale et longitudinale :

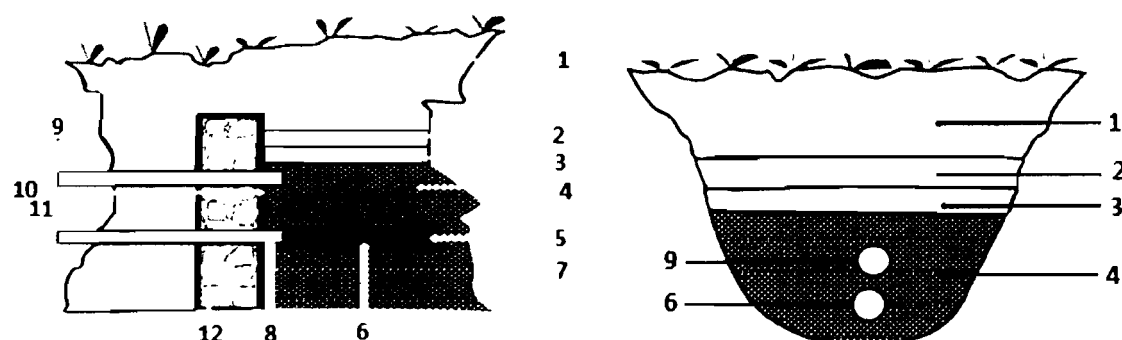


Fig.7. Schéma de principe adopté pour le captage

Légende :

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

IV.6. Protection de la zone de captage

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

- L'accès aux animaux domestiques et sauvages à l'intérieur de la zone de captages ;
- Les eaux de ruissellement pendant la saison de pluies.

Pour le faire il faut :

- Eriger une clôture entourant tout le périmètre de la zone de captage par des tubes métalliques ceinturés par des fils barbelés ;
- Creuser une tranchée en tête de la zone de captage pour orienter ces eaux à l'intérieur de cette zone.
- Il faut aussi planter du gazon sur toute la surface de cette zone.

CHAP V. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET CALCULS HYDRAULIQUES

V.1.Introduction

Comme on a déjà fait la détermination des besoins en eau de tous les bénéficiaires du réseau, on peut procéder aux calculs hydrauliques et aux dimensionnements des ouvrages hydrauliques afin que la quantité d'eau fournie puisse arriver à tous les bénéficiaires qui le souhaitent.

Lors de la planification d'un réseau, on cherchera le tracé le plus direct entre la source et le réservoir. De préférence, ce tracé empruntera la proximité des voies publiques afin de faciliter l'approvisionnement des chantiers ainsi que les réparations.

Pour le système d'adduction, on a 2 choix :

1°. Système gravitaire :

Ce système d'alimentation est utilisé lorsque le point de captage est situé au point haut à celui du réservoir ou d'un quartier. C'est un système le plus économique et pratiquement les conduites ne subissent pas des coups de bélier.



Fig.8. : Schéma d'un réseau de distribution type gravitaire

- **H** : hauteur correspondant à la différence entre la cote du niveau minimal du réservoir et la cote ($Z+h+P$)
- **P** : pression minimale de distribution au point le plus haut à desservir
- **Z** : cote du sol au droit du point le plus haut à desservir
- **h** : hauteur du point le plus haut à desservir par rapport au sol

2°. Système de pompage :

C'est un système qui est sollicité lorsque le point de captage de l'eau se situe à un niveau relativement inférieur par rapport du lieu à desservir. On utilise une pompe qui refoule l'eau jusqu'à un niveau haut.

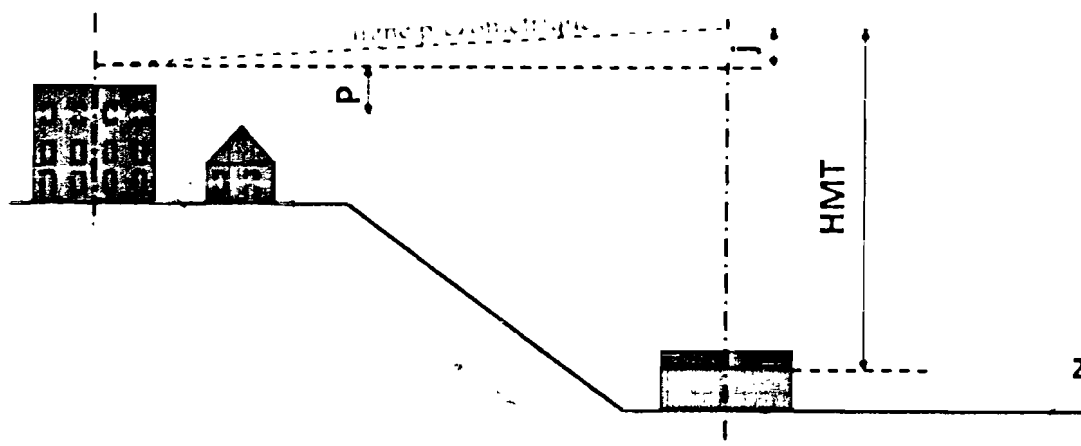


Fig.9. : Schéma d'un réseau de distribution par pompage

- **HMT** : hauteur manométrique total
- **j** : pertes de charge
- **P** : pression minimal

Comme notre source KIGUNGA se trouve à une altitude supérieure à celle des endroits de puisage et qu'un système d'alimentation est dicté par la topographie du lieu de captage, du cheminement de l'eau captée et du lieu à desservir alors nous adopterons **un système gravitaire**

V.2. Stockage de l'eau

Le stockage se fait au moyen des réservoirs bien dimensionnés suivant le débit entrant qu'ils disposent. Les réservoirs ont le rôle de la mise en réserve d'un volume d'eau utilisable pendant les heures de pointe et dans le cas d'une panne dans le réseau ou d'incendie.

V.2.1. Types des réservoirs

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

- Réservoir métallique ;

- Réservoir en béton armé ;
- Réservoir en maçonnerie.

Suivant le mode d'établissement et de pose :

- Réservoir enterré ;
- Réservoir semi-enterré ,
- Réservoir surélevé.

Suivant la forme :

- Réservoir cylindrique ;
- Réservoir parallélépipédique ;
- Réservoir quelconque.

Les réservoirs de notre projet seront cylindriques, réalisés en béton-armé pour le radier et dalle de couverture et en maçonneries de moellons pour les parois.

V.2.2. Emplacement des réservoirs

Pour pouvoir placer des réservoirs alimentés par un réseau d'alimentation en eau potable, il faut voir l'endroit où la consommation est la plus forte. Il est recommandé de placer les réservoirs tenant aussi compte des altitudes de la zone du projet.

D'une manière générale, un réservoir doit être placé à l'endroit élevé c'est à dire une altitude supérieure à celle du point de puisage pour permettre à l'eau d'y arriver facilement.

V.2.3. Principe de construction des réservoirs

Vu qu'il existe plusieurs types, le choix de l'un ou de l'autre type de réservoir dépend de la nature du liquide et de l'emplacement de matériaux durables et étanche. Il est aussi à noter que les réservoirs doivent être couverts à l'abri de toute sorte de contamination (les eaux souterraines de l'infiltration, les eaux de pluie et des poussières).

Un revêtement à l'intérieur du réservoir doit être réalisé avec beaucoup de précautions au moyen d'un ciment également riche dosé entre 350 et 400 kg/m³.

V.2.4. Les différents éléments d'un réservoir et leurs rôles

Les éléments d'un réservoir sont :

- La conduite d'alimentation: qui part de la source captée vers le réservoir de stockage. Son bout est muni d'un limiteur de débit et d'une vanne à flotteur à l'arrivée en cas d'adduction gravitaire ou d'un dispositif qui permet l'arrêt du moteur dans le cas où l'adduction s'effectue par pompage ;
- La conduite de distribution: qui part de quelques centimètres (15 à 20 cm) au-dessus du radier pour que les dépôts dus à la décantation ne soient pas canalisés dans la conduite vers le point de puisage.

Le départ est placé de préférence du côté opposé de celui d'arrivée. Sur le départ de la conduite, un robinet vanne est installé dans le but d'isoler cette dernière en cas de panne;

- Une conduite de trop plein qui permet d'éliminer sans causer des dégâts la quantité d'eau excédentaire au niveau prévu dans le réservoir ;
- Un système de vidange: qui est une conduite installée en bas du réservoir sur le radier. Elle a pour rôle d'évacuer les dépôts et peut être connectée à la conduite du trop-plein. Elle est munie d'un robinet vanne qu'on ouvre pendant le vidange et qu'on ferme juste après le nettoyage;
- Un système d'aération qui est fait d'un dispositif ressemblant à une cheminée ou un trou qui sort de la couverture du réservoir et permet l'oxygénation de l'eau;
- Une échelle d'accès : qui doit être prévue à l'intérieur et à l'extérieur ; l'accès à l'intérieur est facilité par un trou appelé trou d'homme. Ce trou est placé sur la couverture supérieure.

V.3.Capacité des réservoirs

La variation horaire des consommations suivant la catégorie des bénéficiaires est un facteur important qui influence la capacité du réservoir.

Tenant compte des populations dans un milieu rural, on a des coefficients horaires qui nous sont fournis par la REGIDESO.

Ces coefficients horaires sont donnés dans le tableau suivant :

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

Des formules suivantes sont utilisées pour compléter le tableau ci-dessous afin de déterminer la capacité théorique des réservoirs :

$$V_s = Q_E * Ch$$
$$V_{SP} = V_s * T$$
$$V_{SC} = \sum V_{SP}$$
$$V_{EP} = Q_E \cdot T$$
$$V_{EC} = \sum V_{EP}$$

Avec T : l'emps en heure ; Ch : Coefficient horaire ;

Q_E : Débit entrant en m³/s ; V_s : Vol sortant en m³ ;

V_{SP} : Vol sortant partiel en m³ ; V_{EP} : Vol entrant partiel en m³ ;

V_{SC} : Vol sortant cumulé en m³ ; V_{EC} : Vol entrant cumulé en m³.

V.3.1. Capacité théorique

La capacité théorique du réservoir est égale à la différence $V_{ec}-V_{sc}$ pendant 24h ;on tient compte des coefficients horaires de pointe puis on les applique au débit moyen de consommation.

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

- Les moments où les gens sont occupés par des travaux champêtres ;
- Les heures où les élèves et écoliers sortent de leurs classes ;
- Les moments où les marchés sont à leurs pleins.

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

Soit : Q_e quantité d'eau entrant dans le réservoir par unité de temps

Q_s : quantité d'eau sortant dans le réservoir par unité de temps

Pendant les heures de pointe $Q_s > Q_e$ (heures de consommation en eau maximale)

Pendant les heures creuses $Q_s < Q_e$ (heures de consommation en eau minimale)

Capacité théorique = grand supplément + | grand déficit|

V.3.2.Capacité pratique

La capacité pratique est égale à la capacité théorique affectée d'un coefficient de pointe. Ce coefficient est égal à 1.5 en milieu rural.

Capacité pratique=capacité théorique*1.5

V.3.2.1. Capacité du réservoir R1 de la colline Kigunga et Kanyinya ($Q_e=0,591 \text{ m}^3/\text{h}$)

Période	Ch	T	$Q_e(\text{m}^3/\text{h})$	$V_{ep}(\text{m}^3)$	$V_{ec}(\text{m}^3)$	$Q_{sp}(\text{m}^3/\text{h})$	$V_{sp}(\text{m}^3)$	$V_{sc}(\text{m}^3)$	$V_{ec}-V_{sc}(\text{m}^3)$
0h-2h	0	2	0,591	1,182	1,182	0	0	0	1,182
2h-6h	0,35	4	0,591	2,364	3,546	0,20685	0,8274	0,8274	2,7186
6h-7h	2,5	1	0,591	0,591	4,137	1,4775	1,4775	2,3049	1,8321
7h-12h	1,2	5	0,591	2,955	7,092	0,7092	3,546	5,8509	1,2411
12h-14h	1,7	2	0,591	1,182	8,274	1,0047	2,0094	7,8603	0,4137
14h-19h	1,9	5	0,591	2,955	11,229	1,1229	5,6145	13,4748	-2,2458
19h-22h	0,3	3	0,591	1,773	13,002	0,1773	0,5319	14,0067	-1,0047
22h-24h	0,15	2	0,591	1,182	14,184	0,08865	0,1773	14,184	0

Tableau 9. Capacité du réservoir R1

Capacité théorique = $1 \text{ m}^3 * 2,7186 + |-2,2458| = 4,9644 \text{ m}^3$

Capacité pratique = $1 \text{ m}^3 * 4,9644 * 1,5 = 7,4466 \text{ m}^3$, soit un réservoir de 10 m^3

V.3.2.2. Capacité du réservoir R2 de la colline Tenga ($Q_e=0,321\text{ m}^3/\text{h}$)

Période	Ch	T	$Q_e(\text{m}^3/\text{h})$	$V_{ep}(\text{m}^3)$	$V_{ec}(\text{m}^3)$	$Q_{sp}(\text{m}^3/\text{h})$	$V_{sp}(\text{m}^3)$	$V_{sc}(\text{m}^3)$	$V_{ec}-V_{sc}(\text{m}^3)$
0h-2h	0	2	0,321	0,642	0,642	0	0	0	0,642
2h-6h	0,35	4	0,321	1,284	1,926	0,11235	0,4494	0,4494	1,4766
6h-7h	2,5	1	0,321	0,321	2,247	0,8025	0,8025	1,2519	0,9951
7h-12h	1,2	5	0,321	1,605	3,852	0,3852	1,926	3,1779	0,6741
12h-14h	1,7	2	0,321	0,642	4,494	0,5457	1,0914	4,2693	0,2247
14h-19h	1,9	5	0,321	1,605	6,099	0,6099	3,0495	7,3188	-1,2198
19h-22h	0,3	3	0,321	0,963	7,062	0,0963	0,2889	7,6077	-0,5457
22h-24h	0,15	2	0,321	0,642	7,704	0,04815	0,0963	7,704	0

Tableau 10. Capacité du réservoir R2

Capacité théorique = $1\text{ m}^3 * 1,4766 + |-1,2198| = 2,6964\text{ m}^3$

Capacité pratique = $1\text{ m}^3 * 2,6964 * 1,5 = 4,0446\text{ m}^3$, soit un réservoir de 5 m^3

V.3.2.3. Capacité du réservoir R3 de la colline Rubirizi ($Q_e=1,653\text{ m}^3/\text{h}$)

Période	Ch	T	$Q_e(\text{m}^3/\text{h})$	$V_{ep}(\text{m}^3)$	$V_{ec}(\text{m}^3)$	$Q_{sp}(\text{m}^3/\text{h})$	$V_{sp}(\text{m}^3)$	$V_{sc}(\text{m}^3)$	$V_{ec}-V_{sc}(\text{m}^3)$
0h-2h	0	2	1,653	3,306	3,306	0	0	0	3,306
2h-6h	0,35	4	1,653	6,612	9,918	0,57855	2,3142	2,3142	7,6038
6h-7h	2,5	1	1,653	1,653	11,571	4,1325	4,1325	6,4467	5,1243
7h-12h	1,2	5	1,653	8,265	19,836	1,9836	9,918	16,3647	3,4713
12h-14h	1,7	2	1,653	3,306	23,142	2,8101	5,6202	21,9849	1,1571
14h-19h	1,9	5	1,653	8,265	31,407	3,1407	15,7035	37,6884	-6,2814
19h-22h	0,3	3	1,653	4,959	36,366	0,4959	1,4877	39,1761	-2,8101
22h-24h	0,15	2	1,653	3,306	39,672	0,24795	0,4959	39,672	0

Tableau 11. Capacité du réservoir R3

Capacité théorique = $1\text{ m}^3 * 7,6038 + |-6,2814| = 13,8852\text{ m}^3$

Capacité pratique = $1\text{ m}^3 * 13,8852 * 1,5 = 20,8278\text{ m}^3$, soit un réservoir de 25 m^3

V.4. Dimensionnement des réservoirs

Les réservoirs comportent trois grandes parties principales :

- La dalle ;
- Les parois ;
- Le radier.

Pour notre projet nous avons 3 réservoirs ; de 5 m^3 , de 10 m^3 et de 25 m^3 .

V.4.1. Calcul du diamètre du réservoir

Ayant déjà déterminé le volume de chaque réservoir, nous proposons d'utiliser la formule de FONLLADOSA suivante :

$$D = 1,405 \sqrt[3]{V} \quad \text{Avec : } D: \text{ diamètre du réservoir intérieur en m} \\ V : \text{ volume du réservoir en m}^3$$

V.4.2. Hauteur

➤ La hauteur utile (H_u)

Toujours selon FONLLADOSA, la hauteur utile est déterminée de la manière suivante :

$$H_u = 0,46D \quad \text{Avec } H_u : \text{ hauteur utile} \\ D : \text{ diamètre intérieur}$$

➤ La hauteur libre (H_l)

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

➤ La hauteur totale du réservoir (H_t)

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

$$H_t = H_u + H_l \quad \text{Avec } H_t : \text{ hauteur totale} \\ H_u : \text{ hauteur utile} \\ H_l : \text{ hauteur libre}$$

Tableau récapitulatif des dimensions des réservoirs

Réservoir de	D.intérieur (m)	Epaisseur parois(m)	D.extérieur (m)	H. utile(m)	H. libre(m)	H. totale(m)	Epaisseur radier(cm)
5m ³	2,4	0,4	3,2	1,104	0,3	1,404	30
10m ³	3,02	0,4	3,82	1,38	0,3	1,68	30
25m ³	4,1	0,4	4,9	1,88	0,3	2,18	30

Tableau12. Récapitulatif des dimensions des réservoirs

N.B. L'épaisseur de la paroi est comprise entre 0,3et 0,4m. Pour notre cas, nous prenons une épaisseur de 0.4 m.

V.5. Dimensionnement proprement dit des éléments du réservoir

V.5.1. Introduction

- Le radier et la dalle de couverture du réservoir seront réalisés en béton armé dosé à 350 kg/m^3 et les parois en maçonnerie de moellon avec un mortier de ciment dosé à 250 kg/m^2
- les parois intérieures c'est-à-dire en contact avec l'eau seront revêtues d'une couche d'étanchéité.
- les parois extérieures en contact avec le sol seront recouvertes d'un enduit bitumineux et celles visibles seront rejointoyées.
- les échelles intérieures et extérieures seront nécessaires dans le but de faciliter l'entretien du réservoir.

Pour notre cas, le dimensionnement consistera à déterminer les armatures nécessaires pour le couvercle et pour le radier.

V.5.2. Dimensionnement du réservoir de 5m^3

V.5.2.1. La dalle de couverture

- La dalle de couverture est du type planché-dalle. Elle protège l'eau contre les intempéries et d'autres éléments nuisibles à l'eau potable. Lors de son pré dimensionnement on a :
 - Le poids propre appelé charge permanente G . Elle est composée du béton de $250\text{Kg}/\text{m}^3$ mais pour la chape elle est de $22\text{KN}/\text{m}^3$.
 - Les surcharges appelées charges d'exploitation $Q : 1\text{KN}/\text{m}^2 * 2 = 2\text{KN}/\text{m}^2$, car on suppose que deux personnes puissent assurer l'entretien au-dessus de la couverture.

Les calculs sont faits selon la norme DIN 1045.

Comme la dalle est circulaire elle sera calculée comme un carré dont le coté est égal au diamètre du cercle.

❖ Hauteur

$$L_x = L_y = D_{\text{ext}} + 2 \min(e/3, D_{\text{ext}}/40)$$

$$= 3,2 + 2 * 0,08$$

$$= 3,36\text{m}$$

$$\alpha = L_x / L_y = 1 \text{ Car } L_x = L_y$$

Si $0,4 \leq \alpha \leq 1$: on a une dalle bidirectionnelle

Si $\alpha < 0,4$: on a une dalle unidirectionnelle

Pour notre cas nous avons une dalle bidirectionnelle car $\alpha = 1$

$$h \geq \frac{\alpha * l}{35} = 1 * 3,36 / 35 = 0,096\text{m} \text{ soit } 10\text{cm}$$

❖ **Epaisseur**

$$d = h + e + \frac{1}{2} \phi 10 \quad \text{On se donne un enrobage de 1,5cm}$$

$$d = 10 + 1,5 + \frac{1}{2} = 12 \text{cm}$$

❖ **Calcul des charges**

$$g = \gamma_b \cdot d$$

Avec γ_b : poids volumique du béton = 25KN/m³

$$g = 25 \text{KN/m}^3 \cdot 0,12 = 3 \text{KN/m}^3$$

Charge totale : $q = g + p + \Delta_g$

Avec p : charge d'exploitation

Δ_g : revêtement

$$q = 3 \text{KN/m}^2 + 2 \text{KN/m}^2 + 1,5 \text{KN/m}^2$$

$$q = 6,5 \text{KN/m}^2$$

❖ **Calcul des sollicitations**

$$l_x = l_y = 3,36 \text{m}, l_x / l_y = 1 \rightarrow f_x^0 = f_y^0 = 20$$

$$M_{tx} = M_{ty} = q \frac{l_x^2}{f_x^0} = q \frac{l_y^2}{f_y^0}$$

$$M_{tx} = M_{ty} = 6,5 \cdot \frac{3,36^2}{20} = 3,67 \text{KNm/m}$$

❖ **Calcul des armatures**

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

Pour B25, $f_{cu} = 17500 \text{KN/m}^2$

$$m_{sx} = \frac{3,67}{1 \cdot 0,1^2 \cdot 17500} = 0,02$$

$$\omega_2 = 0,037$$

$$m_{sy} = \frac{M_{ty}}{b h^2 f_{cu}}$$

avec $h' = h - 1 \text{ cm}$.

$$h' = 10 \text{ cm} - 1 \text{ cm} = 9 \text{ cm}$$

$$m_{sy} = \frac{3,67}{1 + 0,09^2 + 17500} = 0,025$$

Et par interpolation

$$\omega_2 = 0,046$$

❖ Section des armatures

$$A_{sx} = \omega_2 * \frac{b * h}{f_e / f_{cu}} = 0,037 * \frac{1 * 0,1}{24} = 0,00015 \text{ m}^2/\text{m} = 1,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{sy} = \omega_2 * \frac{b * h}{f_e / f_{cu}} = 0,046 * \frac{1 * 0,09}{24} = 0,00017 \text{ m}^2/\text{m} = 1,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Choix: ϕ_8 $s_t = 20 \text{ cm}$ $A_{seff} = 2,51 \text{ cm}^2/\text{m}$

V.5.2.2. Le radier

L'épaisseur du radier est estimée dans l'intervalle de 20 à 40 cm. Ici, nous considérons $d = 30 \text{ cm}$.

$$d = 0,3 \text{ m}; \quad h = d + 0,05; \quad h = 0,25 \text{ m}$$

❖ Calcul des charges

• Poids propre du radier :

$$q_1 = \gamma_b * d + \gamma_e$$

Avec γ_b : poids volumique du béton = 25 KN/m^3

γ_e : poids volumique de l'enduit = $0,7 \text{ KN/m}^3$

d : épaisseur du radier

$$q_1 = 25 \text{ KN/m}^3 * 0,3 \text{ m} + 0,7 \text{ KN/m}^3$$

$$q_1 = 8,2 \text{ KN/m}^2$$

• Surcharges d'exploitation :

Poids de la dalle de couverture

$$P_1 = q_2 * \frac{l_x^2}{2} = 6,5 * \frac{3,36^2}{2} = 36,69 \text{ KN}$$

- **Poids du mur :**

$$P_2 = \gamma_{\text{mur}} * (D_{\text{ext}}^2 * 3,14/4 - D_{\text{int}}^2 * 3,14/4) * H_t$$

$$P_2 = 22,6 \text{ KN/m}^3 * (8,03 - 4,52) \text{ m} * 1,4 \text{ m}$$

$$P_2 = 111,05 \text{ KN}$$

- **Poids de l'enduit et de l'étanchéité :**

$$P_3 = \gamma_{\text{enduit}} * D_i * H_t * \pi$$

$$P_3 = 0,7 \text{ KN/m}^2 * 2,4 \text{ m} * 3,14 * 1,4 \text{ m}$$

$$P_3 = 7,38 \text{ KN}$$

- **Pression hydrostatiques :**

$$q_2 = \gamma_{\text{eau}} * h_u$$

$$\text{avec } \gamma_{\text{eau}} = 10 \text{ KN/m}^3$$

$$q_2 = 10 \text{ KN/m}^3 * 1,104 \text{ m}$$

$$q_2 = 11,04 \text{ KN/m}^2$$

- **Pression totale exercée sur le radier :**

$$q_3 = p_1 + p_2 + p_3 / S$$

$$\text{Or } S = (D_{\text{ext}}^2 + 0,6) * \pi / 4 - (D_{\text{int}}^2 * \pi / 4)$$

$$q_3 = 38,97 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Or : } q_3 > q_2$$

$$q_{\text{totale}} = q_1 + q_3$$

$$q = 8,2 \text{ KN/m}^2 + 38,97 \text{ KN/m}^2$$

$$q = 47,17 \text{ KN/m}^2$$

- ❖ **Calcul des sollicitations**

$$l_x / l_y = 1 \rightarrow f_x^0 = f_y^0 = 20$$

$$M_{tx} = M_{ty} \cdot \frac{l_x^2}{f_x^0} \cdot \frac{l_y^2}{f_y^0}$$

$$M_{tx} = M_{ty} = 47,17 \cdot \frac{3,36^2}{20} = 26,62 \text{ KNm/m}$$

M_{tx} : moment en travée dans le sens des x

M_{ty} : moment en travée dans le sens des y

f_x^0 et f_y^0 : coefficient proposé par PIERRE et MARTENS dans les annexes

❖ Calcul de la section des armatures

$$h = h_x = 0,25 \text{ m}$$

$$h_y = h_x - 1 \text{ Cm} = 0,25 \text{ m} - 0,01 \text{ m} = 0,24 \text{ m}$$

$$m_{sy} = \frac{M_{tx}}{bh^2 f_{cu}}$$

$$\text{Pour B25, } f_{cu} = 17500 \text{ KN/m}^2$$

$$m_{sy} = \frac{26,62}{1 \cdot 0,24^2 \cdot 17500} = 0,026$$

Et par interpolation

$$\omega_2 = 0,047$$

$$m_{sx} = \frac{M_{ty}}{bh'^2 f_{cu}}$$

$$m_{sx} = \frac{26,62}{1 \cdot 0,25^2 \cdot 17500} = 0,02$$

$$\omega_2 = 0,037$$

❖ Section des armatures

$$A_{sx} = \omega_2 \cdot \frac{b \cdot h}{f_e / f_{cu}} = 0,037 \cdot \frac{1 \cdot 0,25}{24} = 0,00038 \text{ m}^2/\text{m} = 3,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{sy} = \omega_2 \cdot \frac{b \cdot h}{f_e / f_{cu}} = 0,047 \cdot \frac{1 \cdot 0,24}{24} = 0,0047 \text{ m}^2/\text{m} = 4,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Choix: } \phi_{8st} = 10,5 \text{ cm} \quad A_{seff} = 4,79 \text{ cm}^2/\text{m}$$

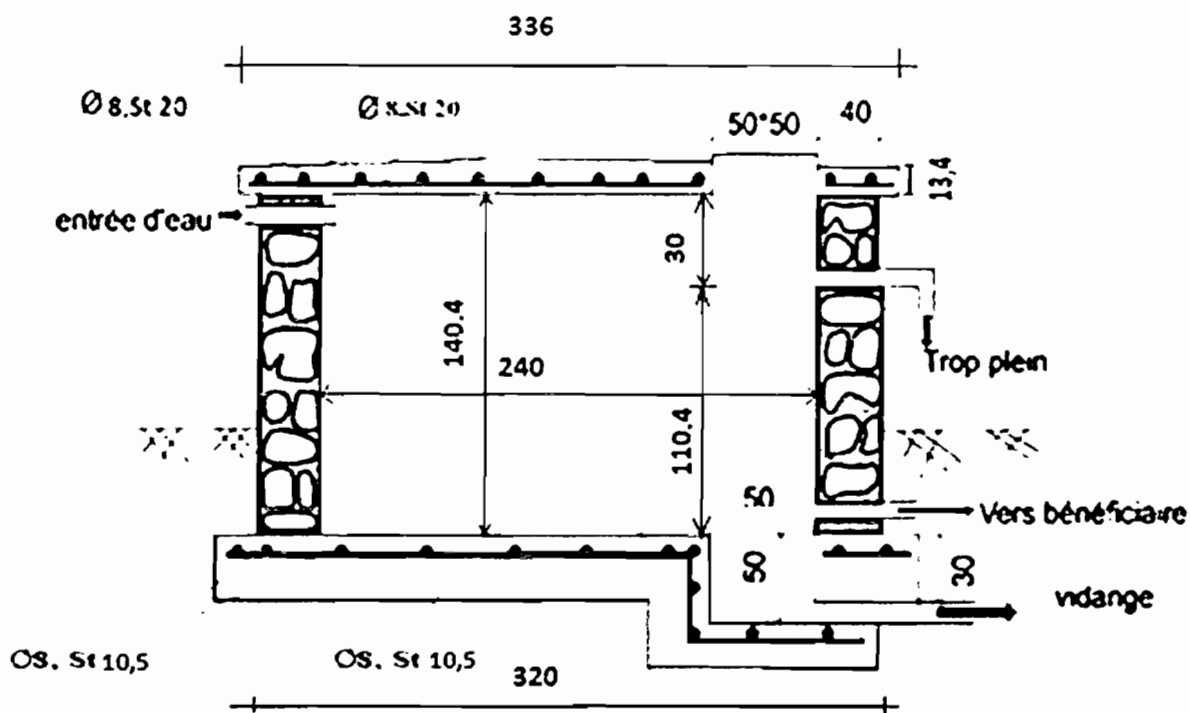


Fig.10 Schéma du réservoir de 5 m³

V.5.3. Dimensionnement du réservoir de 10m³

V.5.3.1. Dalle de couverture

❖ Hauteur :

$$L_x = L_y = D_{ext} + 2 \min(e/3, D_{ext}/40)$$

$$L_x = L_y = 3,82 + 2 * 0,09 = 4,01 \text{ m}$$

$$\alpha = L_x / L_y = 1$$

$$h \geq \frac{\alpha * l}{35} = \frac{4,01}{35} = 0,114 \text{ m} \text{ soit } 11,4 \text{ cm}$$

❖ Epaisseur :

$$d = h + e + \Phi_{10}/2 = 11,4 \text{ cm} + 1,5 \text{ cm} + 0,5 \text{ cm} = 13,4 \text{ cm}$$

❖ Calcul des charges

$$\text{Poids de la dalle } g_1 = \gamma_d * d = 25 \text{ KN/m}^3 * 0,134 \text{ m}$$

$$g_1 = 3,35 \text{ KN/m}^2$$

Avec γ_c : poids volumique du béton

d: épaisseur de la dalle

Charge totale $q=p+g$

Avec q. charge totale

g: charge permanente

p: charge d'exploitation

$$q = 3,35 \text{ KN/m}^2 + 2 \text{ KN/m}^2 + 1,5 \text{ KN/m}^2 = 6,85 \text{ KN/m}^2$$

❖ Calcul des sollicitations

$$l_x = l_y = 1 \rightarrow f_x^0 = f_y^0 = 20$$

$$M_{tx} = M_{ty} = q \frac{l_x^2}{f_x^0} = q \frac{l_y^2}{f_y^0}$$

$$M_{tx} = M_{ty} = 6,85 * \frac{4,01^2}{20} = 5,5 \text{ KNm/m}$$

Calcul des armatures

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

$$\text{Pour B25, } f_{cu} = 17500 \text{ KN/m}^2$$

$$m_{sx} = \frac{5,5}{1 * 0,114^2 * 17500} = 0,024$$

$$\text{par interpolation } \omega_2 = 0,044$$

$$m_{sy} = \frac{M_{ty}}{b h'^2 f_{cu}} \quad \text{avec } h' = h - 1 \leftrightarrow h' = 11,4 \text{ cm} - 1 \text{ cm} = 10,4 \text{ cm}$$

$$h' = 10,4 \text{ cm} = 0,104 \text{ m}$$

$$m_{sy} = \frac{5,5}{1 * 0,104^2 * 17500} = 0,029$$

$$\text{par interpolation } \omega_2 = 0,53$$

$$A_{sx} = \omega_2 * \frac{b * h}{f_e / f_{cu}} = 0,044 * \frac{1 * 0,114}{24} = 0,000209 \text{ m}^2/\text{m} = 2,09 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{sy} = \omega_2 * \frac{b * h}{f_e / f_{cu}} = 0,053 * \frac{1 * 0,104}{24} = 0,000229 \text{ m}^2/\text{m} = 2,29 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Choix ϕ_8 $s_c=20\text{cm}$ $A_{seff}=251\text{cm}^2/\text{m}$

V.5.3.2. Dimensionnement du radier

❖ Calcul des charges

Poids propre du radier

$$q_1 = \gamma_b \cdot d + \gamma_e$$

$$q_1 = 25\text{KN/m}^3 \cdot 0,3\text{ m} + 0,7\text{KN/m}^3 = 8,2\text{KN/m}^2$$

❖ Surcharges d'exploitation

• Poids de la dalle de couverture:

$$P_1 = \frac{l_x^2}{q_2} = 6,85 \cdot \frac{4,01^2}{2} = 55,07\text{KN}$$

• Poids du mur :

$$P_2 = \gamma_{\text{mur}} \cdot (D_{\text{ext}}^2 \cdot 3,14/4 - D_{\text{int}}^2 \cdot 3,14/4) \cdot H_t$$

$$P_2 = 22,6\text{ KN/m}^3 \cdot 5,28\text{m}^2 \cdot 1,68\text{m}$$

$$P_2 = 163,26\text{KN}$$

• Poids de l'enduit et de l'étanchéité :

$$P_3 = \gamma_{\text{enduit}} \cdot D_i \cdot \pi \cdot H_t$$

$$P_3 = 0,7\text{KN/m}^2 \cdot 3,02\text{m} \cdot 3,14 \cdot 1,68 = 11,15\text{KN}$$

• Pression hydrostatique :

$$q_2 = \gamma_{\text{eau}} \cdot h_u$$

$$q_2 = 10\text{KN/m}^3 \cdot 1,38\text{m} = 13,8\text{KN/m}^2$$

• Pression totale exercée sur le radier :

$$q_3 = p_1 + p_2 + p_3/S$$

$$\text{Or } S = (D_{\text{ext}}^2 + 0,6) \cdot \pi/4 - (D_{\text{int}}^2 \cdot \pi/4)$$

$$q_3 = 48,11\text{KN/m}^2$$

$$q_{\text{tot}} = q_1 + q_3$$

$$q_{tot} = 8,2 \text{ KN/m}^2 + 48,11 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{tot} = 56,31 \text{ /m}^2$$

❖ Calcul des sollicitations

$$l_x/l_y = 1 \text{ d'où } f_x^0 = f_y^0 = 20$$

$$M_{tx} = M_{ty} = q_{20} \frac{l_x^2}{20} = 56,31 \text{ KN/m}^2 * (4,01 \text{ m})^2 / 20$$

$$M_{tx} = M_y = 45,27 \text{ KNm/m}$$

❖ Calcul de la section des armatures

$$m_{sx} = \frac{M_{tx}}{bh^2 f_{cu}},$$

$$\text{Pour B25, } f_{cu} = 17500 \text{ KN/m}^2$$

$$m_{sx} = \frac{45,27}{1 * 0,25^2 * 17500} = 0,041$$

$$\text{par interpolation, } \omega_2 = 0,076$$

$$m_{sy} = \frac{M_{ty}}{bh'^2 f_{cu}}$$

$$\text{avec } h' = h - 1 \leftrightarrow h' = 25 \text{ cm} - 1 \text{ cm} = 24 \text{ cm}$$

$$h' = 24 \text{ cm} = 0,24 \text{ m}$$

$$m_{sy} = \frac{45,27}{1 * 0,24^2 * 17500} = 0,044$$

$$\text{par interpolation, } \omega_2 = 0,082$$

❖ Sections des armatures

$$A_{sx} = \omega_2 * \frac{b * h}{f_e / f_{cu}} = 0,076 * \frac{1 * 0,25}{24} = 0,00079 \text{ m}^2/\text{m} = 7,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{sy} = \omega_2 * \frac{b * h}{f_e / f_{cu}} = 0,082 * \frac{1 * 0,24}{24} = 0,00082 \text{ m}^2/\text{m} = 8,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Choix: } \emptyset_{8st} = 6 \text{ cm} \quad A_{seff} = 8,38 \text{ cm}^2/\text{m}$$

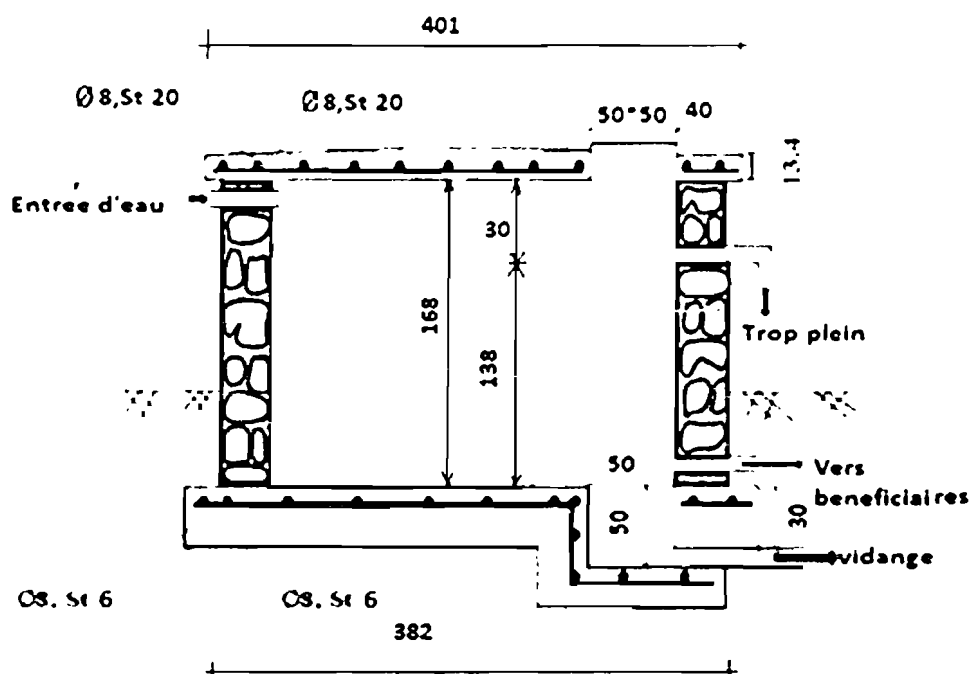


Fig.11 schéma du réservoir de 10m³

V.5.4. Dimensionnement du réservoir de 25m³

V.5.4.1. Dalle de couverture

❖ Hauteur :

$$L_x = L_y = D_{ext} + 2 \min(e/3, D_{ext}/40)$$

$$L_x = L_y = 4,9 + 2 * 0,1 = 5,1$$

$$\alpha = L_x / L_y = 1$$

$$h \geq \frac{\alpha * l}{35} = \frac{1 * 5,1}{35} = 0,145 \text{ m soit } 14,5 \text{ cm}$$

❖ Epaisseur de la dalle :

$$d = h + e + \Phi_{10}/2 = 14,5 \text{ cm} + 1,5 \text{ cm} + 0,5 \text{ cm} = 16,5 \text{ cm}$$

❖ Calcul des charges

Poids de la dalle $g_l = \gamma_d \cdot d = 25 \text{ KN/m}^3 \cdot 0.165 \text{ m}$

$$g_l = 4.12 \text{ KN/m}^2$$

Avec γ_d : poids volumique du béton

d : épaisseur de la dalle

Charge totale $q = p + g$

Avec q : charge totale

g : charge permanente

p : charge d'exploitation

$$q = 4.12 \text{ KN/m}^2 + 2 \text{ KN/m}^2 + 1.5 \text{ KN/m}^2 = 7.52 \text{ KN/m}^2$$

❖ Calcul des sollicitations

$$l_x = l_y = 1 \rightarrow f_x^0 = f_y^0 = 20$$

$$M_{lx} = M_{ly} = q \frac{l_x^2}{f_x^0} = q \frac{l_y^2}{f_y^0}$$

$$M_{lx} = M_{ly} = 7.52 \cdot \frac{5.1^2}{20} = 9.77 \text{ KNm/m}$$

❖ Calcul des armatures

$$m_{sx} = \frac{M_{lx}}{b h^2 f_{cu}},$$

Pour B25, $f_{cu} = 17500 \text{ KN/m}^2$

$$m_{sx} = \frac{9.77}{1 \cdot 0.145^2 \cdot 17500} = 0.018$$

par interpolation $\omega_2 = 0.033$

$$m_{sy} = \frac{M_{ly}}{b h'^2 f_{cu}} \quad \text{avec } h' = h - 1 \leftrightarrow h' = 14.5 \text{ cm} - 1 \text{ cm} = 13.5 \text{ cm}$$

$$h' = 13.5 \text{ cm} = 0.135 \text{ m}$$

$$m_{sy} = \frac{9.77}{1 \cdot 0.135^2 \cdot 17500} = 0.03$$

par interpolation $\omega_2 = 0.055$

❖ Sections des armatures

$$A_{sx} = \omega_2 * \frac{b * h}{f_e / f_{cu}} = 0.033 * \frac{1 * 0.145}{24} = 0.000199 \text{ m}^2/\text{m} = 1.9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{sv} = \omega_2 * \frac{b * h}{f_s / f_{cu}} = 0.055 * \frac{1 * 0.135}{24} = 0.0003 \text{ m}^2/\text{m} = 3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Choix: ϕ_8 $s_t = 16.5 \text{ cm}$ $A_{seff} = 3.05 \text{ cm}^2/\text{m}$

V.5.4.2. Dimensionnement du radier

$$d = 0.3 \text{ m}$$

$$h = 0.3 \text{ m} - 0.05 \text{ m} = 0.25 \text{ m}$$

❖ Calcul des charges

• Poids propre du radier :

$$q_1 = \gamma_b * d + \gamma_e$$

$$q_1 = 25 \text{ KN/m}^3 * 0.3 \text{ m} + 0.7 \text{ KN/m}^3 = 8.2 \text{ KN/m}^2$$

❖ Surcharges d'exploitation :

• Poids de la dalle de couverture:

$$P_1 = \frac{l_1^2}{q_2} = 7.52 * \frac{5.1^2}{2} = 94.37 \text{ KN}$$

• Poids du mur :

$$P_2 = \gamma_{mur} * (D_{ext}^2 * 3.14/4 - D_{int}^2 * 3.14/4) * H_t$$

$$P_2 = 22.6 \text{ KN/m}^3 * 5.65 \text{ m}^2 * 2.18 \text{ m}$$

$$P_2 = 278.36 \text{ KN}$$

• Poids de l'enduit et de l'étanchéité :

$$P_3 = \gamma_{enduit} * D_i * \pi * H_t$$

$$P_3 = 0.7 \text{ KN/m}^2 * 4.1 \text{ m} * 3.14 * 2.18 = 19.6 \text{ KN}$$

• Pression hydrostatique :

$$q_2 = \gamma_{eau} * h_u$$

$$q_2 = 10 \text{ KN/m}^3 * 1.88 \text{ m} = 18.8 \text{ KN/m}^2$$

• **Pression total exercée sur le radier :**

$$q_3 = p_1 + p_2 + p_3 / S$$

$$\begin{aligned} \text{Or } S &= (D_{\text{ext}}^2 + 0,6) * \pi / 4 - (D_{\text{int}}^2 * \pi / 4) \\ &= [(4,9)^2 + 0,6] * 3,14 / 4 - [(4,1)^2 * 3,14 / 4] \text{ m}^2 = 6,12 \text{ m}^2 \\ q_3 &= (94,37 \text{ kN} + 278,36 \text{ kN} + 19,6 \text{ kN}) / 6,12 \text{ m}^2 \\ &= 64,11 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_{\text{tot}} = q_1 + q_3$$

$$q_{\text{tot}} = 8,2 \text{ kN/m}^2 + 64,11 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{tot}} = 72,31 \text{ kN/m}^2$$

❖ **Calcul des sollicitations**

$$I_x / I_y = 1 \text{ d'où } f_x^0 = f_y^0 = 20$$

$$M_{tx} = M_{ty} = q_{20} \frac{l_x^2}{20} = 72,31 \text{ kN/m}^2 * (5,1 \text{ m})^2 / 20$$

$$M_{tx} = M_{ty} = 94,04 \text{ kNm/m}$$

❖ **Calcul de la section des armatures**

$$m_{sx} = \frac{M_{tx}}{bh^2 f_{cu}} ,$$

$$\text{Pour B25, } f_{cu} = 17500 \text{ kN/m}^2$$

$$m_{sx} = \frac{94,04}{1 * 0,25^2 * 17500} = 0,085$$

$$\text{par interpolation } \omega_2 = 0,164$$

$$m_{sy} = \frac{M_{ty}}{bh'^2 f_{cu}}$$

$$\text{avec } h' = h - 1 \leftrightarrow h' = 25 \text{ cm} - 1 \text{ cm} = 24 \text{ cm}$$

$$h' = 24 \text{ cm} = 0,24 \text{ m}$$

$$m_{sy} = \frac{94,04}{1 * 0,24^2 * 17500} = 0,093$$

$$\text{par interpolation } \omega_2 = 0,181$$

Les types de tuyaux fréquemment utilisés sont:

- Tuyaux en matière plastique (polychlorure de Vinyle PVC)
- Tuyau en fonte
- tuyaux en acier
- Tuyau en béton

En ce qui concerne le présent projet, nous envisageons d'utiliser les conduites en PVC (Polychlorure de Vinyle) pour des pressions pouvant aller jusqu'à 10bars (PN10).

Lorsque les pressions sont supérieures à 16 bars, on prévoit des conduites en acier ou en fonte ductile ou même occasionnellement des PVC 25 bars (PN25).

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

V.6.1.Quelques ouvrages de transports

V.6.1.1. La chambre de vanne et de sectionnement (chambre de répartition)

C'est un ouvrage permettant de répartir le débit dans les différents branchements du tronçon en cas de forte pression d'eau.

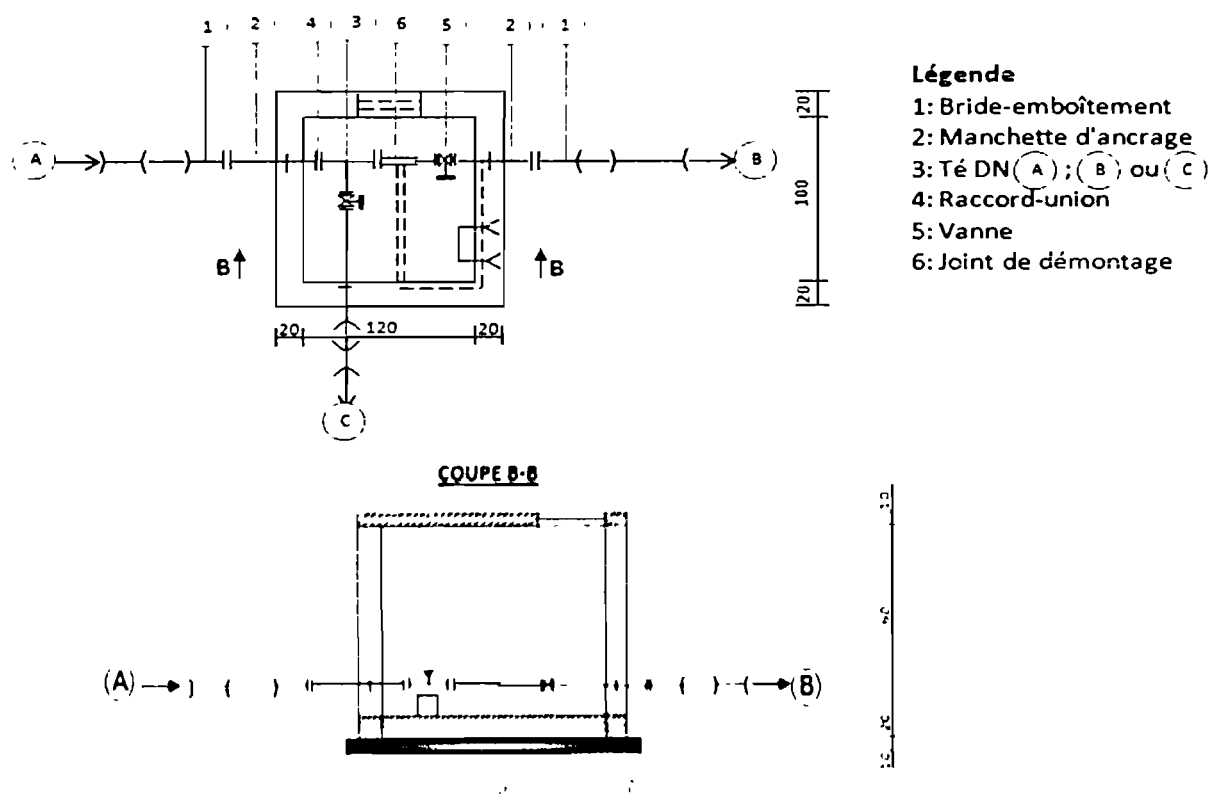


Fig.13. vue en plan et coupe de chambre de vannes et de sectionnement

V.6.1.2. La chambre de purge

Cet ouvrage est placé au niveau plus bas du réseau pour permettre la vidange et le nettoyage des conduites. L'évacuation se fait vers l'égout voisin ou dans les fossés des routes. Il est conçu avec des vannes.

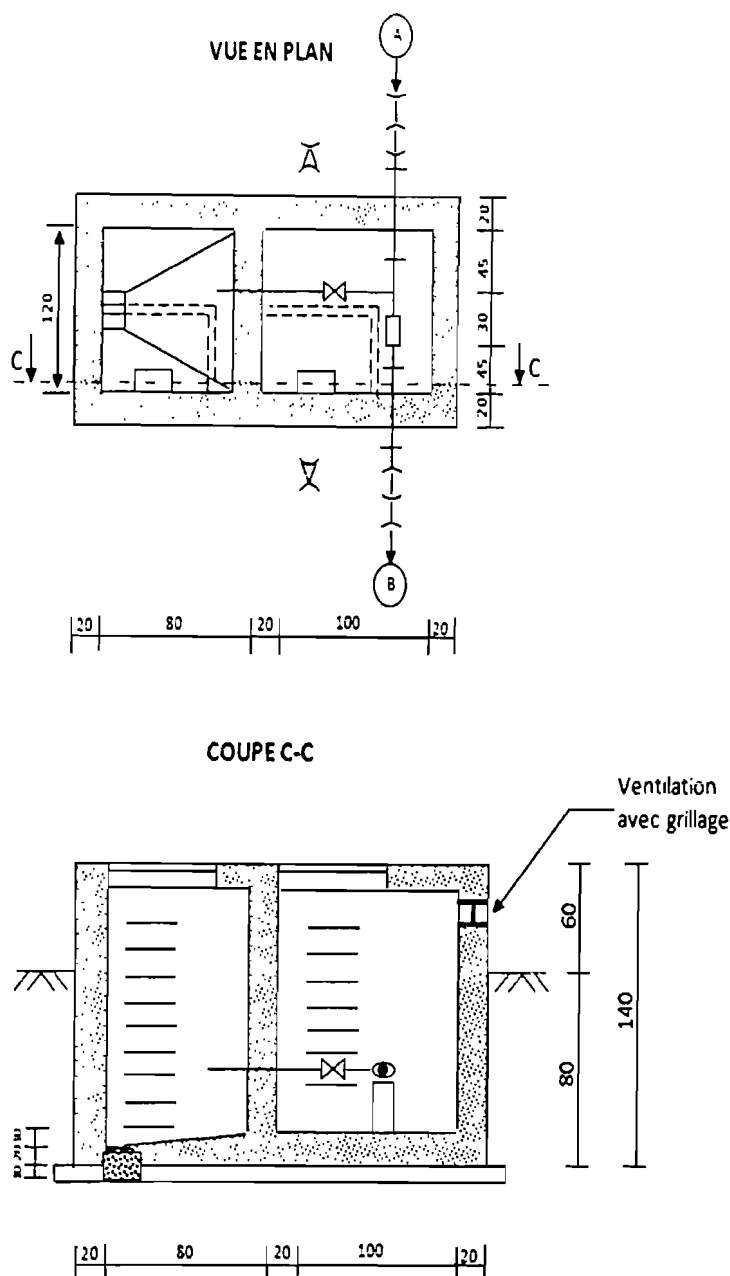


Fig.14. Vue en plan et coupe de chambre de purge

V.6.1.3. La chambre de ventouse

C'est un ouvrage construit comme celui de purge mais cette fois-ci installé aux différents points hauts du réseau pour éliminer de l'air contenu dans les conduites.

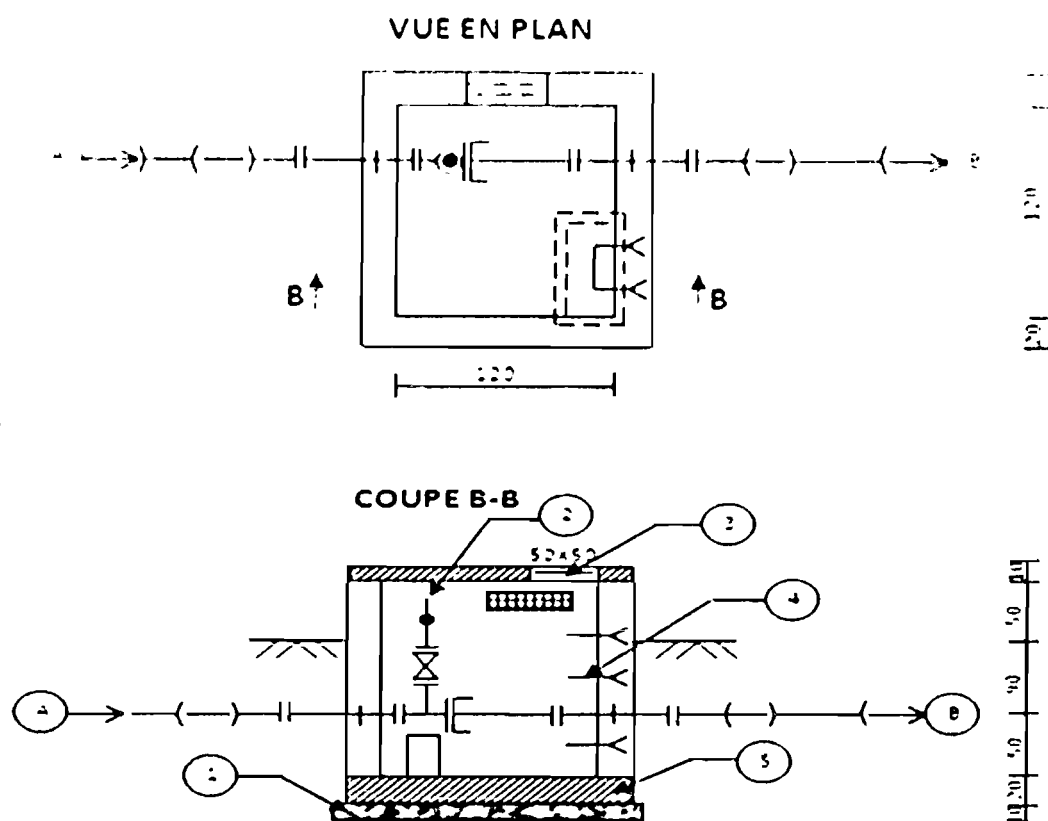


Fig .15.Vue en plan et coupe de la chambre de ventouse

Légende :

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

V.6.1.4. La chambre de vannes pour les bornes fontaines

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

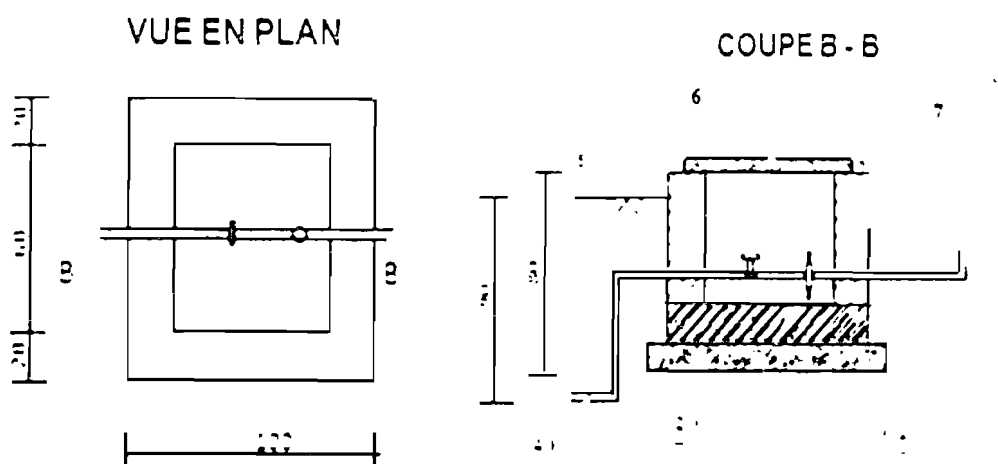


Fig .16.Vue en plan et coupe de la chambre de vannes pour BF

Légende :

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

V.6.1.5. Les raccords

Ils ont un double rôle :

- Changer les directions (coudes) ;
- La diminution ou l'augmentation de diamètre (cône ou réducteur).

V.6.1.6. Bornes fontaines

Sont des ouvrages alimentés à partir du réservoir d'accumulation sur le réseau. C'est un ouvrage servant de puisage d'eau pour la population. Le manœuvre d'un bouton ou d'un volant ouvre un clapet et l'eau s'écoule par le dégorgeoir.

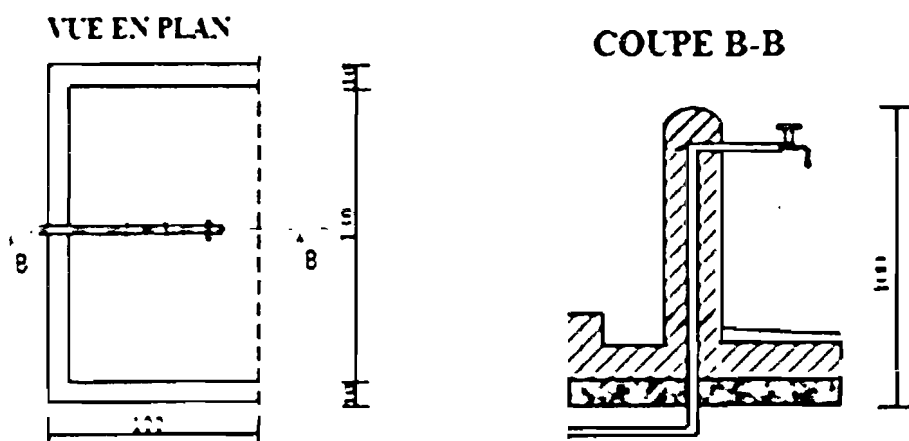


Fig.17. Vue en plan et coupe de borne fontaine

V.6.1.7. Chambre d'équilibre

Une chambre d'équilibre ou chambre de brise charge est un ouvrage hydraulique essentiel à la régularisation des débits d'acheminement de l'eau entre un bassin d'accumulation et une centrale hydraulique. Son intérêt est d'autant plus important que la hauteur de chute est élevée et que le système d'adduction est long.

Une chambre d'équilibre peut avoir les mêmes dimensions qu'une chambre de vanne. Pour notre cas elles ont les mêmes dimensions.

V.7. Dimensionnement des conduites

Dans les calculs hydrauliques, un plan systématique sera suivi tel qu'il est présenté dans les étapes suivantes :

- le débit est déterminé par les besoins des consommateurs
- se fixer un diamètre normalisé
- calculer la vitesse V et vérifier si elle est comprise entre 0,3 et 1.5m/s sinon changer le diamètre normalisé jusqu'à ce que la condition soit remplie
- Avec le diamètre et la vitesse, on détermine les pertes de charges unitaires

$$j = \lambda v^2 / (2 * g * D) \quad (V.1)$$

Avec : j les pertes de charges unitaires m/ml

λ : coefficient de pertes de charges

v : vitesse en m/s

g : accélération de la pesanteur (9.81 m/s²)

D : diamètre de la conduite en m

Le λ peut être déterminé par plusieurs formules .

- D'abord on détermine le nombre de Reynold qui caractérise le type d'écoulement du fluide en mouvement

$$Re = (V * D) / \gamma \quad (V.2)$$

Avec : V : vitesse en m/s

γ : viscosité cinématique en m² /s

Re : le nombre de Reynold

.Pour : $Re \leq 2000$, il s'agit de l'écoulement laminaire

$Re > 4000$, il s'agit de l'écoulement turbulent

$2000 < Re \leq 4000$, il s'agit de l'écoulement transitoire

- Ensuite, on détermine λ :

$$\rightarrow \text{Pour l'écoulement laminaire, } \lambda = 64 / Re \quad (V.3)$$

Et pour les écoulements turbulents dans les conduites lisses, on utilise l'équation de Blasius : $\lambda = 0,3164 / Re^{0,25}$ (V.4)

$$\rightarrow \text{par la formule de Colebrook : } \lambda = 1 / (1,74 + 2 * \log(D / 2 * \epsilon))^2 \quad (V.5)$$

Avec : ϵ : rugosité relative = 0,003

→ par la formule de Colebrook et White :

$$1/\sqrt{\lambda} = -2 \log((K/3,7D) + (2,51/(Re*\sqrt{\lambda}))) \quad (V.6)$$

Avec K : rugosité absolue

$$\text{➤ La perte de charge en un tronçon considéré : } J = j * L \quad (V.7)$$

Avec J : perte de charge en un tronçon considéré

L : longueur du tronçon considéré

➤ La charge hydraulique ou la cote piézométrique

➤ En fin on détermine la pression à partir de la cote piézométrique en utilisant la relation suivante :

Pression au sol = cote piézométrique = cote du sol

Le théorème de Bernoulli appliqué entre deux sections quelconques 1 et 2 de même débit permet d'écrire :

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + j_{1-2} \quad (V.8)$$

Où : j_{1-2} perte de charge totale engendré dans le tronçon 1-2

Z_i = énergie potentielle

$\frac{p}{\gamma}$ = énergie due à la pression

$\frac{v^2}{2g}$ = énergie cinétique

La somme de ces trois termes s'exprime en m d'eau. On a :

- p en (N/m² = pascal)
- γ : poids volumique en N/m³
- V : vitesse en m/s
- g : accélération de la pesanteur en m/s²

Pratiquement, dans les calculs, le terme $\frac{v^2}{2g}$ est négligé car elle est faible. On a : pression au sol = cote piézométrique – cote du sol

V.7.1. Interprétation géométrique de l'équation de Bernoulli

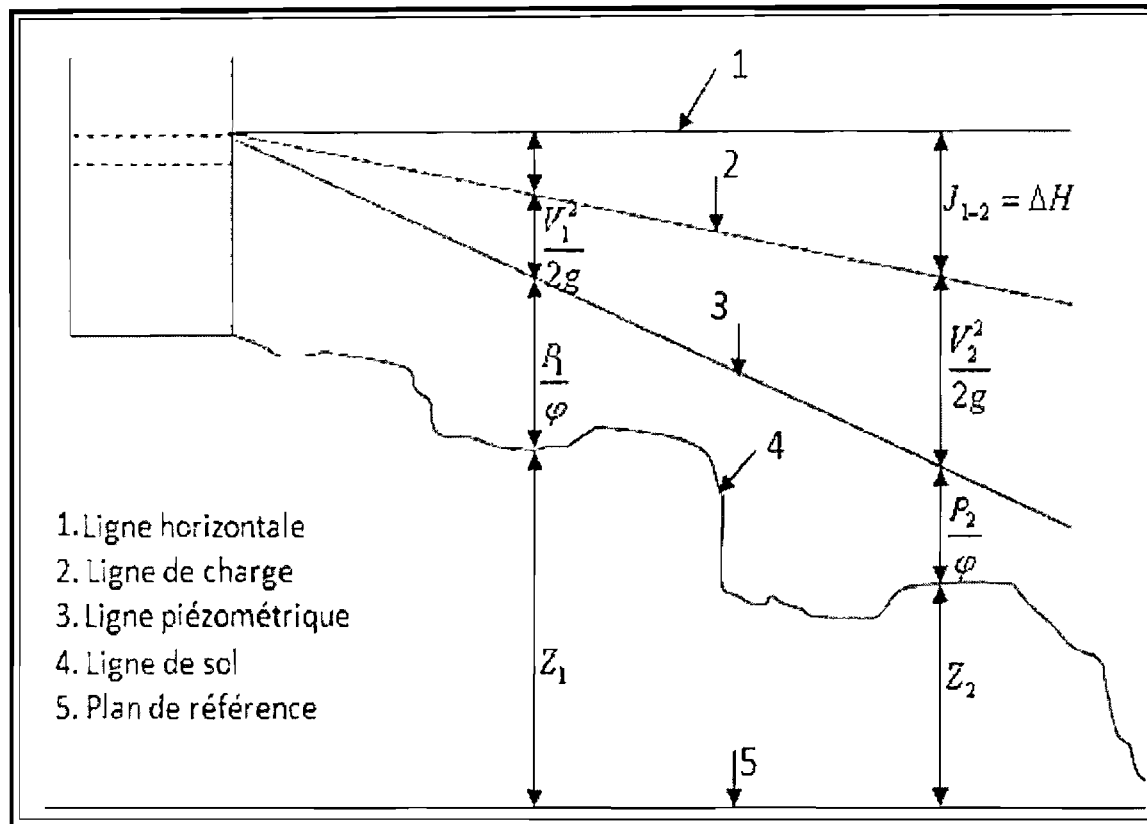


Fig.18. Schéma illustratif de l'équation de Bernoulli

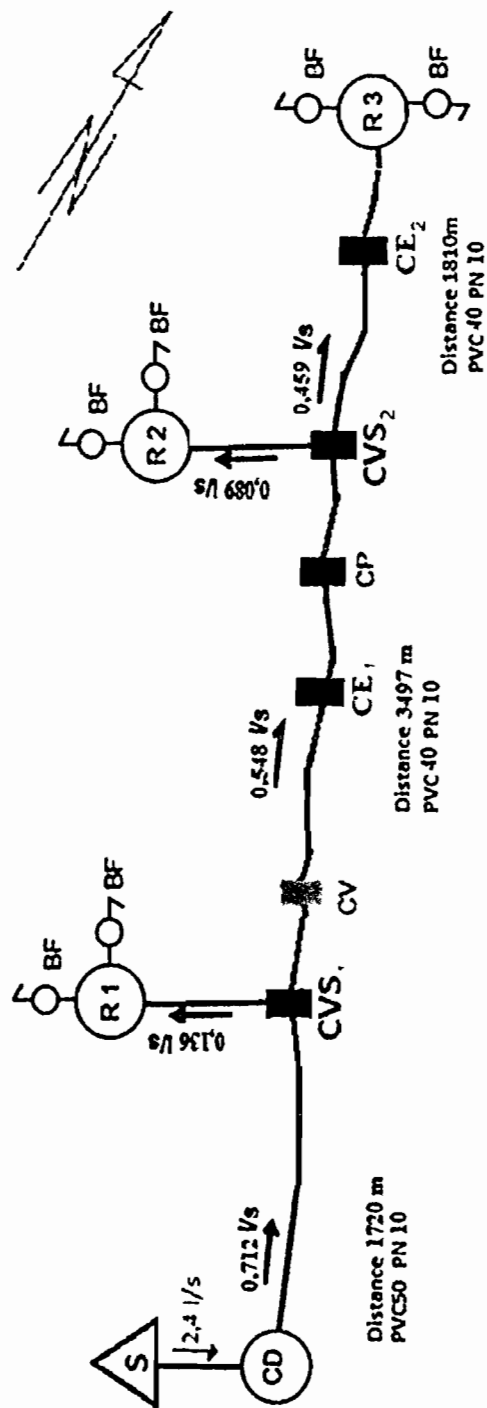
V.7.2.Calculs hydrauliques

Tronçons	Alt du TN(m)		Lp(m)	débit(m³/s)	D.calculé(m)	Conduite				V(m/s)	Re	λ	J(m)	J(m)	H.plézométrique (m)		P.dynamique(mcE)	
	Amont	aval				Type	D.E.(mm)pce	Dl(m)	P.N (bar)						amont	aval	amont	aval
CD-1	1381	1354	200	0,000712	0,04	PVC	50	0,0448	10	0,45	20245,68	0,0265	0,0062	1,23	1381	1379,77	0	25,77
1-2	1354	1350	20	0,000712	0,04	PVC	50	0,0448	10	0,45	20245,68	0,0265	0,0062	0,12	1379,77	1379,65	25,77	29,65
2-3	1350	1350	410	0,000712	0,04	PVC	50	0,0448	10	0,45	20245,68	0,0265	0,0062	2,52	1379,65	1377,12	29,65	27,12
3-4	1350	1342	390	0,000712	0,04	PVC	50	0,0448	10	0,45	20245,68	0,0265	0,0062	2,4	1377,12	1374,72	27,12	32,72
4-5	1342	1340	200	0,000712	0,04	PVC	50	0,0448	10	0,45	20245,68	0,0265	0,0062	1,23	1374,72	1373,49	32,72	33,49
5-6	1340	1336	300	0,000712	0,04	PVC	50	0,0448	10	0,45	20245,68	0,0265	0,0062	1,85	1373,49	1371,64	33,49	35,64
6-R1	1336	1332	400	0,000712	0,04	PVC	50	0,0448	10	0,45	20245,68	0,0265	0,0062	2,46	1371,64	1369,18	35,64	37,18
R1-8	1332	1330	300	0,000548	0,03	PVC	40	0,036	10	0,54	19391,37	0,0268	0,011	3,3	1369,18	1365,88	37,18	35,88
8-CV	1330	1332	190	0,000548	0,03	PVC	40	0,036	10	0,54	19391,37	0,0268	0,011	2,09	1365,88	1363,79	35,88	31,79
CV-10	1332	1320	312	0,000548	0,03	PVC	40	0,036	10	0,54	19391,37	0,0268	0,011	3,43	1363,79	1360,36	31,79	40,36
10-11	1320	1308	400	0,000548	0,03	PVC	40	0,036	10	0,54	19391,37	0,0268	0,011	4,4	1360,36	1355,96	40,36	47,96
11-12	1308	1290	520	0,000548	0,03	PVC	40	0,036	10	0,54	19391,37	0,0268	0,011	5,72	1355,96	1350,24	47,96	60,24
12-13	1290	1270	320	0,000548	0,03	PVC	40	0,036	10	0,54	19391,37	0,0268	0,011	3,52	1350,24	1346,72	60,24	76,72
13-CE1	1270	1252	300	0,000548	0,03	PVC	40	0,036	10	0,54	19391,37	0,0268	0,011	3,3	1346,72	1252	76,72	0
CE1-15	1252	1229	350	0,000548	0,03	PVC	40	0,036	10	0,54	19391,37	0,0268	0,011	3,85	1252	1248,15	0	19,15
15-CP	1229	1229	204	0,000548	0,03	PVC	40	0,036	10	0,54	19391,37	0,0268	0,011	2,24	1248,15	1245,91	19,15	16,91
CP-17	1229	1233	351	0,000548	0,03	PVC	40	0,036	10	0,54	19391,37	0,0268	0,011	3,86	1245,91	1242,04	16,91	9,04
	1233	1233	250	0,000548	0,03	PVC	40	0,036	10	0,54	19391,37	0,0268	0,011	2,75	1242,04	1239,29	9,04	6,79

R2-19	1232,5	1222	160	0,000459	0,03	PVC	40	0,036	10	0,45	16242,04	0,028	0,0081	1,29	1239,29	1238	6,79	16
19-20	1222	1176	250	0,000459	0,03	PVC	40	0,036	10	0,45	16242,04	0,028	0,0081	2,02	1238	1235,99	16	59,99
20-21	1176	1146	300	0,000459	0,03	PVC	40	0,036	10	0,45	16242,04	0,028	0,0081	2,42	1235,99	1233,57	59,99	87,57
21-CE2	1146	1082	450	0,000459	0,03	PVC	40	0,036	10	0,45	16242,04	0,028	0,0081	3,63	1233,57	1082	87,57	0
CE2-23	1082	1052	300	0,000459	0,03	PVC	40	0,036	10	0,45	16242,04	0,028	0,0081	2,42	1082	1079,58	0	27,58
23-R3	1052	1021	350	0,000459	0,03	PVC	40	0,036	10	0,45	16242,04	0,028	0,0081	3,02	1079,58	1076,56	27,58	55,56

Tableau 13 : Calculs hydrauliques

Schéma de fonctionnement du réseau



Légende:

- S : Source
- CD : Chambre de départ
- CVR : Chambre de vanne et de repartition
- CV : Chambre de ventouse
- CP : Chambre de purge
- CE : Chambre d'Equilibre
- BF : Borne Fontaine
- R : Réservoir

Fig.19 Schéma de fonctionnement du réseau

CHAP.VI. EVALUATION DU COUT DU PROJET ET PLANNING DES TRAVAUX

VI.1. Introduction

Une étude d'un projet doit être complétée par une évaluation financière, qui conduit à son exécution.

Pour ce faire l'évaluation proprement dite du coût du projet revient à déterminer une enveloppe financière pour tous les matériaux et matériels ainsi que la main d'œuvre pour pouvoir le réaliser tel que exigé.

Cependant, trois types de devis sont à distinguer :

Devis descriptif ;

Devis quantitatif ;

Devis estimatif.

VI.2. Devis descriptif

VI.2.1. Captage

Le captage est composé principalement de l'aménagement de la zone de captage.

Les travaux réalisés lors du captage sont :

- Le décapage de la terre végétale ;

Le décapage est exécuté à une épaisseur de 20cm et on doit ajouter 1m tout autour de la zone de captage pour avoir un espace de travail.

- Le terrassement et fouille de captage ;

Au cours du terrassement le volume des terres enlevées est donné par la profondeur et la largeur des matériaux enlevés. On doit prescrire les cotes de la zone de terrassement.

- La fouille du mur d'encrage s'effectue à partir d'une profondeur de la couche imperméable.

Pose des matériaux de captage

Elle comprend :

- Gravier filtrant ;
- Tuyau drainant en PVC ;
- Feuille en plastique pour assurer l'étanchéité ;
- Une couche d'argile ;
- Remblai de la terre ordinaire ;
- L'engazonnement.

VI.3. Devis quantitatif et calcul des prix

Le devis estimatif et quantitatif ne peuvent pas seuls permettre de déterminer le coût du projet mais doivent aller de pair avec les plans, le devis descriptif permettant la description de tous les ouvrages à exécuter.

Un réservoir de 5m³

Désignation	Formule	Unité	L	l	h	ép	q	Q
Décapage de la terre végétale	$(L+1) \cdot (l+1) \cdot e$	m ³	3,4	3,4		0,3	5,70	6,50
Fouille	$(L^2 \cdot 3,14/4) \cdot h$	m ³	3,4	3,4	1		8,86	10,10
Béton de propreté	$(L^2 \cdot 3,14/4) \cdot e$	m ³	3,4	3,4		0,05	0,44	0,50
Gravier	V béton*0,8	m ³					0,35	0,40
Sable	V béton*0,4	m ³					0,18	0,20
Ciment	V béton*200/50	Sacs					1,77	2,00
Dalle de couverture	$L \cdot l \cdot e$	m ³	3,4	3,4		0,12	1,35	1,50
Gravier	V béton*0,8	m ³					1,08	1,20
Sable	V béton*0,4	m ³					0,54	0,60
Ciment	V béton*350/50	Sacs					9,48	10,90
Béton armé du radier	$L \cdot l \cdot e$	m ³	3,4	3,4		0,3	3,39	3,80
Gravier	V béton*0,8	m ³					2,71	3,10
Sable	V béton*0,4	m ³					1,35	1,50
Ciment	V béton*350/50	Sacs					23,71	27,20
Armatures pour couverture	$L \cdot 18\varnothing 8 \cdot 2/12$	Long	3,2	3,2			9,66	11,10
Armatures pour radier	$L \cdot 27\varnothing 8 \cdot 2/12$	Long	3,2	3,2			14,49	16,60
Fil à ligaturer pour $\varnothing 8$	$P \cdot 0,05$	Kg					3,43	3,90
Maçonnerie des moellons	$Di \cdot \pi \cdot h$	m ³		2,4	1		10,58	12,10
Volume du mortier	30% du volume de la maçonnerie	m ³					3,17	3,60
Sable	Mort*1						3,17	3,60
Ciment	Mort*300/50	Sacs					19,04	21,90
Volume des moellons	V tot-V mort	m ³					7,41	8,50
Revêtement intérieur	$(Di^2/4 + Di \cdot h) \cdot \pi \cdot e$	m ³		2,4	1	0,02	0,30	0,30
Sable	End*1	m ³					0,30	0,30
Ciment	End*400/50	Sacs					2,42	2,70
Coffrage								0,00
Couverture	$(DE^2/4 + DE \cdot h) \cdot \pi \cdot h$	m ³	3,2			0,12	1,11	1,20
Radier	$DE \cdot \pi \cdot h$	m ³	3,2			0,3	3,01	3,40

S total	S couv+S rad	m²	4 12	4 74
Planche	Stot/S planche	Planches	5,15	5,93
Clous	Stot*0,15	Kg	0,62	0,71

Tableau 14. Matériaux du réservoir de 5m³
Un réservoir de 10m³

Désignation	Formule	Unité	L	l	h	ép	q	Q
Décapage de la terre végétale	(L+1)*(l+1)*e	m³	4,01	4,01		0,3	7,53	8,66
Fouille	(L²*3,14/4)*h	m³	4,01	4,01	1		12,62	14,52
Béton de propreté	(L²*3,14/4)*e	m³	4,01	4,01		0,05	0,63	0,73
Gravier	V béton*0,8	m³					0,50	0,58
Sable	V béton*0,4	m³					0,25	0,29
Ciment	V béton*200/50	Sacs					2,52	2,90
Dalle de couverture	L*l*e	m³	4,01	4,01		0,134	2,15	2,48
Gravier	V béton*0,8	m³					1,72	1,98
Sable	V béton*0,4	m³					0,86	0,99
Ciment	V béton*350/50	Sacs					15,08	17,35
Béton armé du radier	L*l*e	m³	4,01	4,01		0,3	4,82	5,55
Gravier	V béton*0,8	m³					3,86	4,44
Sable	V beton*0,4	m³					1,93	2,22
Ciment	V béton*350/50	Sacs					33,77	38,83
armatures pour couverture	L*22Ø8*2/12	Long	3,84	3,84			14,08	16,19
Armatures pour radier	L*52Ø8*2/12	Long	3,84	3,84			33,28	38,27
Fil à ligaturer pour Ø8	P*0,05	Kg					7,81	8,98
Maçonnerie des moellons	Di*π*h	m³		3,02	1,68		15,93	18,32
Volume du mortier	30% du volume de la maçonnerie	m³					4,78	5,50
Sable	Mort*1						4,78	5,50
Ciment	Mort*300/50	Sacs					28,68	32,98
Volume des moellons	V tot-V mort	m³					11,15	12,82
Revêtement intérieur	(Di^2/4+Di*h)*π*e	m³		3,02	1,68	0,02	0,46	0,53
Sable	End*1	m³					0,46	0,53
Ciment	End*400/50	Sacs					3,69	4,25
Coffrage								0,00

Couverture	$(DE^2/4+DE*h)*\pi*h$	m ²	3,32	0,11 4	1,46	1,66
Radier	$DE*\pi*h$	m ³	3,2	0,3	3,01	3,47
S total	S couv+S rad	m ²			4,48	5,15
Planche	Stot/S planche	Planche s			5,60	6,43
Clous	Stot*0,15	Kg			0,67	0,77

Tableau 15. Matériaux du réservoir de 10m³
Un réservoir de 25m³

Désignation	Formule	Unité	L	l	h	ép	Q	Q
Décapage de la terre végétale	$(L+1)*(l+1)*e$	m ³	5,1	5,1		0,3	11,16	12,84
Fouille	$(L^2*3,14/4)*h$	m ³	5,2	5,2	1		21,23	24,41
Béton de propreté	$(L^2*3,14/4)*e$	m ³	5,2	5,2		0,05	1,06	1,22
Gravier	V béton*0,8	m ³					0,85	0,98
Sable	V béton*0,4	m ³					0,42	0,49
Ciment	V béton*200/50	Sacs					4,25	4,88
Dalle de couverture	$L*l*e$	m ³	5,1	5,1		0,17	4,29	4,94
Gravier	V béton*0,8	m ³					3,43	3,95
Sable	V béton*0,4	m ³					1,72	1,97
Ciment	V béton*350/50	Sacs					30,04	34,55
Béton armé du radier	$L*l*e$	m ³	5,1	5,1		0,3	7,80	8,97
Gravier	V béton*0,8	m ³					6,24	7,18
Sable	V béton*0,4	m ³					3,12	3,59
Ciment	V béton*350/50	Sacs					54,62	62,81
armatures pour couverture	$L*32\varnothing 8*2/12$	Long	4,9	4,9			26,24	30,18
Armatures pour radier	$L*80\varnothing 10*2*/12$	Long	4,9	4,9			65,60	75,44
Fil à ligaturer pour $\varnothing 8$	$P*0,05$	Kg					24,13	27,75
Maçonnerie des moellons	$Di*\pi*h$	m ³		4,1	2		28,07	32,28
Volume du mortier	30% du volume de la maçonnerie	m ³					8,42	9,68
Sable	Mort*1						8,42	9,68
Ciment	Mort*300/50	Sacs					50,52	58,10
Volume des moellons	V tot-V mort	m ³					19,65	22,59
Revêtement intérieur	$(Di^2/4+Di*h)*\pi*e$	m ³		4,1	2	0,02	0,83	0,95
Sable	End*1	m ³					0,83	0,95
Ciment	End*400/50	Sacs					6,60	7,59

Coffrage						0,00	
Couverture	$(DE \wedge 2 / 4 + DE * h) * \pi * h$	m ³	4,9	0,17	3,53	4,06	
Radier	$DE * \pi * h$	m ³	3,2	0,3	3,01	3,47	
S total	S couv+S rad	m ²			6,54	7,52	
Planche	Stot/S planche	Planches			8,19	9,41	
Clous	Stot*0,15	Kg			0,98	1,13	

Tableau 16. Matériaux du réservoir de 25m³

Trois chambres de vannes et de sectionnement

Désignation	Formules	Uté	L	l	Ep	h	q	Q
Décapage	$(L+1)*(l+1)*e*3$	m ³	1,6	1,4	0,3		5,616	6,46
Fouille	$(L*l)*h*3$	m ³	1,6	1,4		1	6,72	7,73
Volume maçonneré	$[(L+l)*2*h*e*3]$	m ³	1,6	1,4	0,2	1	3,6	4,14
Volume du mortier	V.m*30%	m ³					1,08	1,24
Ciment	V.m*300/50	Sacs					6,48	7,45
Sable	V.béton*0,4	m ³					0,432	0,50
Surface maçonnerée	$[(L+l)*2*h*3]$	m ²	1,6	1,4		1	18	20,70
Briques	100briques/m ²	Briques					1800	2070
Volume du mortier du mortier pour enduit intérieur	Sm*e*3	m ³			0,01		0,54	0,62
Ciment pour enduit	Vmort*400/50	Sacs					4,32	4,97
Sable pour enduit	Vmort*1	m ³					0,54	0,62
Dalle de couverture (ép:10cm)	$L*l*e*3$	m ³	1,6	1,4	0,1		0,672	0,77
Ciment	Vb*350/50	Sacs					4,704	5,41
Sable	Vb*0,4	m ³					0,269	0,31
Gravier	Vb*0,8	m ³					0,538	0,62
Béton de propreté	$L*l*e*3$	m ³	1,6	1,4	0,1		0,672	0,77
Ciment	Vb*200/50	Sacs					2,688	3,09
Sable	Vb*0,4	m ³					0,269	0,31
Gravier	Vb*0,8	m ³					0,538	0,62
Béton pour radier	$L*l*e*3$	m ³	1,6	1,4	0,2		1,344	1,55

Ciment	Vb*350/50	Sacs					9,406	10,8 2
Sable	Vb*0,4	m3					0,538	0,62
Gravier	Vb*0,8	m3					1,075	1,24
Coffrage pour la dalle de couverture								
surface à coffrer	$(L*e*4*3)+(l*e*4*3)$	m ²	1,6	1,4	0,1		3,6	4,14
Planches	St /spl	Pièces					4,5	5,18
Clous	St*0,15	Kg					0,54	0,62
Armature pour dalle de couverture								
	$L*17\emptyset8*(L/12)*2+l*17\emptyset8*(l/12)*2$	Long	1,6	1,4			12,81	14,7 3
Fil a ligaturer	$L*d^2*\pi*12*7850*5\%/4$	Kg					3,03	3,49

Tableau 17. Matériaux des chambres de vannes et de sectionnement

Six chambres de vannes pour les bornes fontaines

Désignation	Formule	Uté	L	l	ép	h	q	Q
Décapage	$(L+1)*(l+1)*e*6$	m ³	1	1	0,3		7,20	8,28
Fouille	$(L*l)*h*6$	m ³	1	1		1	6,00	6,90
Volume maçonné	$((L+l)*2*h*e*6)$	m ³	1	1	0,2	0,5	2,40	2,76
Volume du mortier	V.m*30%	m ³					0,72	0,83
Ciment	V.m*300/50	Sacs					4,32	4,97
Sable	V.béton*0,4	m ³					0,29	0,33
Surface maçonnée	$((L+l)*2*h*6)$	m ²	1	1		0,5	12,00	13,80
Briques	100briques/m ²	briques					1200	1380
Volume du mortier pour enduit intérieur	Sm*e*6	m ³			0,01		0,72	0,83
Ciment pour enduit	Vmort*400/50	Sacs					5,76	6,62
Sable pour enduit	Vmort*1	m ³					0,72	0,83
Dalle de couverture (ép:10cm)	$L*l*e*6$	m ³	1	1	0,1		0,60	0,69
Ciment	V.b*350/50	Sacs					4,20	4,83
Sable	V.b*0,4	m ³					0,24	0,28
Gravier	V.b*0,8	m ³					0,48	0,55
Béton de propreté	$L*l*e*6$	m ³	1	1	0,1		0,60	0,69
Ciment	V.b*200/50	Sacs					2,40	2,76
Sable	V.b*0,4	m ³					0,24	0,28

Gravier	V.h*0,8	m ³				0,48	0,55
Béton pour radier	L*I*e*6	m ³	1	1	0,2	1,20	1,38
Ciment	V.b*350/50	Sacs				8,40	9,66
Sable	V.b*0,4	m ³				0,48	0,55
Gravier	V.b*0,8	m ³				0,96	1,10
Coffrage pour la dalle de couverture							0,00
Surface à coffrer	L*e*4*6	m ²	0,9	0,9	0,1	2,16	2,48
Planches	St /spl	pièces				2,84	3,27
Clous	St*0,15	Kg				0,32	0,37
Armature pour dalle de couverture	L*17Ø8*(L/12)*6	Long	0,9			6,89	7,92
Fil a ligaturer	L*d^2*π*12*7850*5%/4	Kg				1,63	1,87

Tableau 18. Matériaux des chambres de vannes pour les bornes fontaines

Chambre de ventouse

Désignation	Formule	Uté	L	l	ép	h	q	Q
Décapage	(L+1)*(l+1)*e	m ³	1,4	1,4	0,3		1,728	1,99
Fouille	(L*I)*h	m ³	1,4	1,4		1,7	3,332	3,83
Volume maçonné	[(L+l)*2*h*e]	m ³	1,4	1,4	0,2	1,9	1,064	1,22
Volume du mortier	V. m*30%	m ³					0,3192	0,37
Ciment	V. mort*300/50	Sacs					1,9152	2,20
Sable	V. mort*0,4	m ³					0,1277	0,15
Surface maçonnée	[(L+l)*2*h]	m ²	1,4	1,4		1,9	10,64	12,24
Briques	100briques/m ²	Briques					1064	1224
Vol du mortier du mortier pr enduit Intérieur	S.m*e	m ³			0,01		0,1064	0,12
Ciment pour enduit	V. mort*400/50	Sacs					0,8512	0,98
Sable pour enduit	V. mort*0,4	m ³					0,0426	0,05
Dalle de couverture (ép:10cm)	L*I*e	m ³	1,6	1,6	0,1		0,25	0,29
Ciment	V. béton*350/50	Sacs					1,77	2,04
Sable	V. béton*0,4	m ³					0,7	0,81
Gravier	V. béton*0,8	m ³					1,61	1,85
Surface à coffrer	L*e*4	m ²	1,6	1,6	0,1		0,64	0,74
N Planches	St/0,76	Planches					0,48	0,55
Clous	St*0,15	kg					0,19	0,22

Béton de propreté	$l * l * e$	m ³	1,6	1,6	0,1	0,25	0,29
Ciment	V.béton*200/50	Sacs				1,18	1,36
Sable	V. béton*0,4	m ³				0,11	0,13
Gravier	V.béton*0,8	m ³				0,2344	0,27
Béton armé du radier	$L * l * e$	m ³	1,6	1,6	0,2	0,52	0,60
Ciment	V.béton*350/50	Sacs				3,5	4,03
Sable	V.béton*0,4	m ³				1,22	1,40
Gravier	V.béton*0,8	m ³				1,64	1,89
Armature pour dalle de couverture	$L * 34 \varnothing 8 * (l/12)$	Long	1,6	1,6		19,7	22,66
Fil a ligaturer	$L * d^2 * \pi * 12 * 7850 * 5\% / 4$	Kg				4,14	4,76

Tableau 19. Matériaux de la chambre de ventouse

Chambre de purge

Désignation	Formule	Unité	L	l	ép	h	q	Q
Décapage	$(L+1) * (l+1) * e$	m ³	2,4	1,6	0,3		2,65	3,05
Fouille	$(L+1) * h$	m ³	2,4	1,6	1		3,84	4,42
Volume maçonné	$(L*2) + (l*3) * h * e$	m ³	2,4	1,6	0,2	1,4	2,68	3,09
Volume du mortier	V. m*30%	m ³					0,67	0,77
Ciment	V. mort*300/50	Sacs					3,46	3,97
Sable	V. mort*0,4	m ³					0,27	0,31
Surface maçonnée	$((L+l) * 2 * h)$	m ²	2,4	1,6		1,4	11,2	$\frac{12,8}{8}$
Briques	100briques/m ²	Briques					1120	1288
Volume du mortier du mortier pour enduit intérieur	S. m*e	m ³			0,02		0,22	0,26
Ciment pour enduit	V. mort*400/50	Sacs					1,79	2,06
Sable pour enduit	V. mort*0,4	m ³					0,09	0,10
Dalle de couverture (ép:10cm)	$L * l * e$	m ³	2,4	1,6	0,1		0,37	0,42
Ciment	V. béton*350/50	Sacs					2,78	3,19
Sable	V. béton*0,4	m ³					0,31	0,35
Gravier	V. béton*0,8	m ³					0,61	0,71

Surface à coffrer	$(l * e^2) + (l * e^2)$		2,4	1,6	0,1	1,28	1,47
N Planches	St/0,76	Planche				1,68	1,94
Clous	St*0,15	kg				0,19	0,22
Béton de propreté	$L * l * e$	m^3	2,4	1,6	0,1	0,77	0,88
Ciment	V. béton*200/50	Sacs				3,07	3,53
Sable	V. béton*0,4	m^3				0,31	0,35
Gravier	V. béton*0,8	m^3				0,61	0,71
Béton armé du radier	$L * l * e$	m^3	2,4	1,6	0,4	3,07	3,53
Ciment	V. béton*350/50	Sacs				21,5	24,7 3
Sable	V. béton*0,4	m^3				1,23	1,41
Gravier	V. béton*0,8	m^3				2,46	2,83
Armature pour dalle de couverture	$L * 34 \varnothing 8 * (l/12)$	Long	2,4	1,6		21,7 6	25,0 2
Fil à ligaturer	$L * d^2 * \pi * 12 * 7850 * 5\% / 4$	Kg				5,15	5,92

Tableau 20. Matériaux de la chambre de purge

Six bornes fontaines

Désignation	Formule	unité	L	l	ép	H	q	Q
Décapage	$(L+1) * (l+1) * e * 6$	m^3	1,5	1	0,3		9,000	10,350
Fouille pour le pilier	$L * l * h * 6$	m^3	1,5	1		0,3	2,700	3,105
Béton de propreté	$L * l * h * 6$	m^3	1,5	1		0,1	0,450	0,518
Gravier	V.béton*0,8	m^3					0,360	0,414
Ciment	v.béton*200/50	Sacs					1,800	2,070
Sable	V.béton*0,4	m^3					0,180	0,207
Béton de plateforme	$(L * h * e^2) * 6 + (l * h * e^2) * 6$	m^3	1,5	1	0,1	0,1	0,008	0,009
Gravier	V.béton*0,8	m^3					0,006	0,007
Sable	V.béton*0,4	m^3					0,003	0,003
Ciment	v.béton*350/50	m^3					0,052	0,060
Béton pour pilier	$(\pi d^2 / 4) * h * 6$	m^3	0,3			0,6	1,800	2,070
Gravier	V.béton*0,8	m^3					0,440	0,506
Ciment	v.béton*350/50	Sacs					3,857	4,436
Sable		m^3					0,220	0,253
Armature pr Pilier (ffmmt une armature de Ø8 de 12m)		Long					6,00	6,900
Fil à ligaturer	$L * d^2 * \pi * 12 * 7850 * 5\% / 4 * 6$	Kg					1,419	1,632

Surface à coffrer pour plateforme	$(L^*h^*4)+b+(i^*h^*4)+b$	m ²	1,5	1	0,1	1,500	1,725
surface à coffrer pour pilier	πd^*h^*6	m ²	0,3		1	7,347	8,449
Planches	S. total/S Planche	Pièces				6,724	7,733
Cious	S. total*0,15	Kg				1,327	1,526

**Tableau 21. Matériaux des bornes fontaines
Deux chambres d'équilibre**

Désignation	Formules	Uté	L	L	ép	h	q	Q
Décapage	$(L+1)*(l+1)*e^*2$	m ³	1,6	1,4	0,3		3,74	4,3
Fouille	$(L^*l)*h^*2$	m ³	1,6	1,4		1	4,48	5,1
Volume maçonné	$((L+l)^*2^*h^*e^*2)$	m ³	1,6	1,4	0,2	1	2,40	2,7
Volume du mortier	V.m*30%	m ³					0,72	0,8
Ciment	V.m*300/50	Sacs					4,32	4,9
Sable	V.béton*0,4	m ³					0,29	0,3
Surface maçonnée	$((L+l)^*2^*h^*2)$	m ²	1,6	1,4		1	12,00	13,
Briques	100briques/m ²	Briques					1200	138
Volume du mortier du mortier pour enduit intérieur	Sm*e*2	m ³			0,01		0,24	0,2
Ciment pour enduit	Vmort*400/50	Sacs					1,92	2,2
Sable pour enduit	Vmort*1	m ³					0,24	0,2
Dalle de couverture:é 10cm	$L^*l^*e^*2$	m ³	1,6	1,4	0,1		0,45	0,5
Ciment	Vb*350/50	Sacs					3,14	3,6
Sable	Vb*0,4	m ³					0,18	0,2
Gravier	Vb*0,8	m ³					0,36	0,4
Béton de propreté	$L^*l^*e^*2$	m ³	1,6	1,4	0,1		0,45	0,5
Ciment	Vb*200/50	Sacs					1,79	2,0
Sable	Vb*0,4	m ³					0,18	0,2
Gravier	Vb*0,8	m ³					0,36	0,4
Béton pour radier	$L^*l^*e^*2$	m ³	1,6	1,4	0,2		0,90	1,0
Ciment	Vb*350/50	Sacs					6,27	7,2
Sable	Vb*0,4	m ³					0,36	0,4
Gravier	Vb*0,8	m ³					0,72	0,8
Coffrage pour la dalle de couverture								
Surface à coffrer	$(L^*e^*4^*2)+(l^*e^*4^*2)$	m ²	1,6	1,4	0,1		2,40	2,7
Planches	St /spl	Pièces					3,00	3,6
Cious	St*0,15	Kg					0,36	0,4

Armature prdalle de couverture	$L \cdot 17\varnothing 8 \cdot (L/12)^2 + 17\varnothing 8 \cdot (l/12)^2$	Long	1,6	1,4	10,20	11
Fil a ligaturer	$L \cdot d^2 \cdot \pi \cdot 12 \cdot 7850 \cdot 5\%/4$	Kg			3,03	3,

Tableau 22. Matériaux des chambres d'équilibre
Canalisation

Désignation	Formule	Unité	L	l/D	ép	H	q	Q
Décapage	$L \cdot l \cdot e$	m ³	7567	0,5	0,2		756,7	870,2
Fouille	$L \cdot l \cdot h$	m ³	7567	0,5		0,8	3026,8	3481
Volume sable	$L \cdot l \cdot h$	m ³	7567	0,5		0,4	1513,4	1740
Volume des tuyaux	$d^2 \pi / 4 \cdot L$	m ³	7567	0,5			1485,02	1708
Remblais	v fouillé- (v sable +v tuyaux)	m ³					28,3763	32,63

Tableau 23. Matériaux de canalisation

Captage

Désignation	Utés	formule	L	l	ép	h	Q	Q
Décapage	m ³	$L \cdot l \cdot e$	3,5	3,5	0,2		1,8	2,07
Fouille	m ³	$L \cdot l \cdot h$	3	3		2,5	22,5	25,88
Gravier filtrant	m ³	$L \cdot l \cdot e$	3	3	0,5		4,5	5,18
Tuyaux captant	mL	ff					12	13,80
V sable	m ³	$L \cdot l \cdot e$	3	3	0,1		0,9	1,04
feuille plastique	m ²	$L \cdot l$	3,5	3,5			12,25	14,09
Argile	m ³	$L \cdot l \cdot e$	3	3	0,3		2,7	3,11
Remblais	m ³	$L \cdot l \cdot e$	3	3	1,6		14,4	16,56
fil barbelé	M						45	51,75

Tableau 24. Matériaux de captage
Récapitulatif des matériaux

Nº	désignation	gravier	sable	ciment	moellons	armatures		Briques	planches	clous
		m ³	m ³	Sacs	m ³	ø8	ø10	pces	pces	Kg
1	3 R	23,89	32,59	329,13	43,93	83	31		22	3
2	3 CV	2,48	2,36	31,74		15		2070	6	1
3	6 CV pr BF	2,2	1,44	28,84		8		1380	4	1
4	1CP	4,25	2,52	37,48		26		1288	2	1
5	1CV	4,01	1,54	10,61		23		1219	1	1
6	6 BF	0,93	0,46	6,57		7			8	2

7	2 CE	1 64	1,44	17,85		12		1380	4	1
8	Quantité à commander	39,4	42,35	462,22	43,93	174	31	7337	47	10

Tableau 25. Récapitulatif des matériaux à commander

VI.4. Devis quantitatif et estimatif

Désignation des ouvrages	U	Q	PU(fbu)	PT(fbu)
Installation du chantier	ff		1000000	1000000
ST0				1000000
1. Captage de la source				
Décapage	m ³	2,07	2000	4140
Fouille	m ³	25,87	5000	129350
Moellons et gravier	m ³	1	20000	20000
Tuyau captant	m	13,8	30000	414000
Sable	m ³	1,03	15000	15450
Ciment	Sacs	1	25000	25000
Feuille plastique	m ²	10,35	5000	51750
Argile	m ³	3,1	10000	31000
Remblai	m ³	16,56	2000	33120
Fil barbelé	m	45	2000	90000
Tube métalliques	m	12	20000	240000
ST1				486320
2. Canalisation				
Décapage	m ³	870,205	2000	1740410
Fouille	m ³	3480,82	5000	17404100
Sable	m ³	1740,41	15000	26106150
Remblai	m ³	32,63	2000	65260
Tuyaux PVC 50. PN10, longueur 6m	pièces	320	30000	9600000
Tuyaux PVC 40, PN10, longueur 6m	pièces	826	25000	20650000
Tuyaux PVC 32, PN16, longueur 6m	pièces	115	20000	2300000
ST2				77865920
3. Chambre de vannes et de sectionnement + chambre de vannes Bornes fontaines				
Décapage	m ³	14,74	2000	29480
Fouille	m ³	14,63	5000	73150
Ciment	Sacs	61	26000	1586000

Sable	m ³	3,8	15000	57000
Gravier	m ³	4,68	20000	93600
Briques	m ³	3450	50	172500
Planches	pièces	10	5000	50000
Armatures	Ø8	23	10000	230000
Clous	Kg	2	4000	8000
Fil à ligaturer	Kg	5,36	3000	16080
ST3				2315810

4. Chambre de ventouse et de purge

Décapage	m ³	5,04	2000	10080
Fouille	m ³	8,25	5000	41250
Ciment	Sacs	49	26000	1274000
Sable	m ³	4,06	15000	60900
Gravier	m ³	8,26	20000	165200
Briques	Pièces	2507	50	125350
Planches	Pièces	3	5000	15000
Armatures	Ø8	49	10000	490000
Clous	Kg	2	4000	8000
Fil à ligaturer	Kg	10,68	3000	32040
ST4				2221820

5. Bornes fontaines

Décapage	m ³	10,35	2000	20700
Fouille	m ³	3,1	5000	15500
Ciment	Sacs	7	26000	182000
Sable	m ³	0,46	15000	6900
Gravier	m ³	0,93	20000	18600
Planches	Pièces	8	5000	40000
Armatures	Ø8	7	10000	70000
Clous	Kg	2	4000	8000
Fil à ligaturer	Kg	1,63	3000	4890
ST5				366590

6. Réservoirs

Décapage	m ³	28,06	2000	56120
Fouille	m ³	49,12	5000	245600
Ciment	Sacs	330	26000	8580000

Sable	m ³	32,59	15000	488850
Gravier	m ³	23,89	20000	477800
Moellons	m ³	43,93	20000	878600
Planches	Pièces	22	5000	110000
Armatures de Ø8	Pieces	83	10000	830000
Armatures de Ø10	Pièces	31	15000	465000
Clous	Kg	3	4000	12000
Fil à ligaturer	Kg	58,45	3000	175350
ST6				12319320
7.Chambres d'équilibre				
Décapage	m ³	4,31	2000	8620
Fouille	m ³	5,15	5000	25750
Ciment	Kg	18	26000	468000
Briques	Pièces	1380	50	69000
Sable	m ³	1,44	15000	21600
Gravier	m ³	1,64	20000	32800
Planches	Pièces	4	5000	20000
Armatures de Ø8	Pièces	12	10000	120000
Clous	Kg	1	4000	4000
Fil à ligaturer	Kg	3,49	3000	10470
ST7				780240
TG				97356020
Main d'œuvre 30%				29206806
Imprévus et fluctuation des prix 20%				19471204
TG1				146034030
TVA 18%				26286125,4
TG2				172320155

Tableau 26. Estimatif des prix

Nous disons Cent septante-deux millions trois cents vingt mille cent cinquante-cinq Francs Bu.
(172.320.155Fbu).

VI.5. Planning des travaux

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

Le planning consiste à :

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

Pour le présent projet, nous choisissons le planning classique appelé également « **graphique de GANTT** ». Cette méthode est simple tant au niveau de la présentation qu'au niveau de la lecture. C'est un graphique à deux entrées :

- **En ordonnée** : désignation des phases des travaux dans l'ordre technique d'exécution
- **En abscisse** : Les dates prévues pour l'exécution de ces travaux.

Enfin, l'estimation de la durée et des effectifs nécessaires à chaque tâche tient compte qu'on travaille 40 heures par semaine en raison de 8 heures par jour et par ouvrier et ceci pendant 5 jours.

Alors les barres horizontales de longueurs variables selon la durée de faisabilité sont placées en face de ces activités.

Désignation	Unité	Q	TEM(h/U)	T(h)	T(semaine)	Nbre ouv
Installation du chantier						
Décapage de la terre végétale:2 Semaines	m ³	934,77	3,5	3271,69	81,79	
Fouille des canalisations et ouvrage du GC:7Semaines	m ³	3587,05	5,2	18652,66	466,31	
Lit de sable:5Semaines	m ³	3642,35	2,5	9105,87	227,64	
Pose des conduites:2Semaines		7227	0,5	3613,5	90,33	
Remblayage:3Semaines		38,45	5,5	211,47	5,28	
Maçonnerie des briques:2semaines		45,85	15	687,84	17,19	
Maçonnerie des moellons:4Semaines	m ³	43,93	47	2064,71	51,61	
Coffrage:2Semaines		41,5	2	83	2,07	
Ferraillage:2,5Semaines		928,85	0,3	278,65	6,96	

Bétonnage:3Semaines	38,45	18	692,1	17,3
Décoffrage: 1Semaine	34,2	0,3	10,26	0,25
Nettoyage repliement: 1Semaine	—	—	—	—

Tableau27. Planning des travaux

Diagramme de Gantt

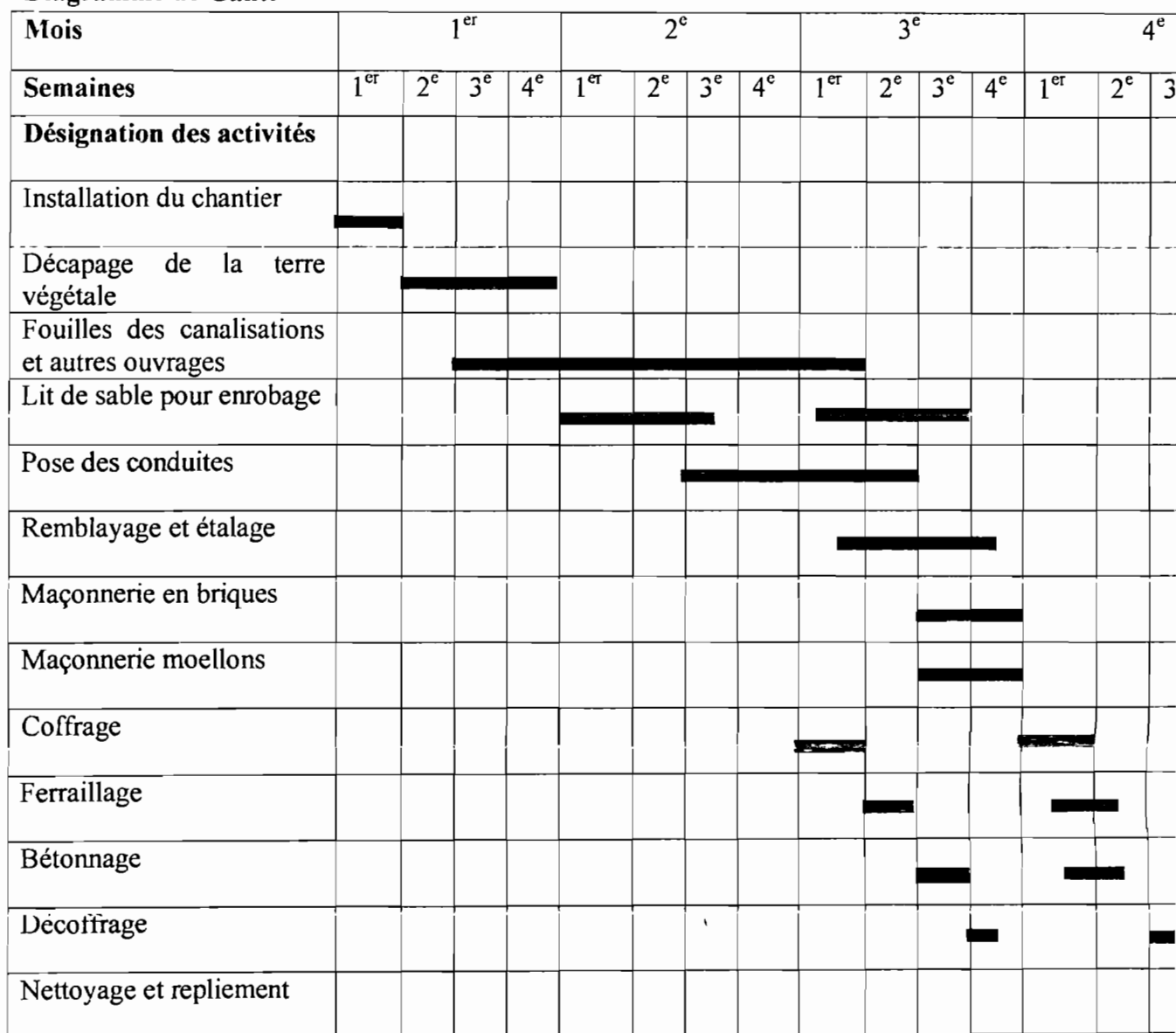


Fig.20. Diagramme de Gantt

CHAP VII : CONCLUSION ET RECOMMANDATION

VII.1. Conclusion

L'eau est une source de bien être, indispensable et toujours un élément très important pour tous les êtres vivants, ainsi qu'un confort d'un développement socio-économique harmonieux.

Nous avons opté bon de focaliser notre projet de fin d'études sur le «PROJET D'ADDUCTION D'EAU POTABLE DE KIGUNGA, TENGA et RUBIRIZI EN COMMUNE MUTIMBUZI PROVINCE BUJUMBURA». Cette commune connaît un problème d'un manque d'eau potable alors qu'une population nombreuse vient s'installer dans cette région.

A travers ce projet, la population de la commune MUTIMBUZI en général et en particulier celle des collines TENGA, KIGUNGA et RUBIRIZI, pourra avoir la possibilité de jouir des avantages apportés par ce type de projet.

Cependant, le travail humain ne pourra en aucun cas manquer d'imperfections et certaines insuffisances. C'est pourquoi toute contribution dans le sens d'améliorer ce projet, serait la bienvenue.

VII.2. Recommandations

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

1. Au gouvernement :

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

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

La protection ; l'entretien et la réparation éventuelle.

Ne prétendant pas avoir épuisé tous les détails du projet, nous encourageons les contributions et les compléments des autres chercheurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

I. Ouvrages généraux

- DU PONT A., Hydraulique urbaine, Seyroles, Paris, 1981
Tome I : Captage et traitement des eaux
Tome II : Ouvrages de transport, élévation et distribution des eaux
- WAGNER E-G., Approvisionnement en eau des zones rurales et des petites agglomérations, Genève, 1961
- J. BONNIN : Aide-mémoire d'hydraulique urbaine, Edition Seyroles, paris 1977
- SKATT-ATOL : Manuel Technique pour l'approvisionnement des zones rurales, Saint Gall 1985

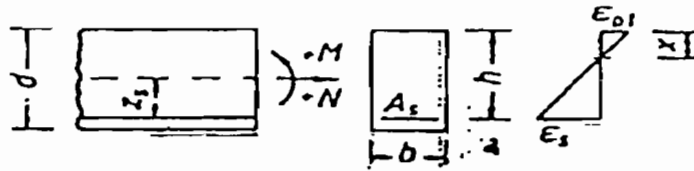
II. Mémoires

- MUNEZERO Clovis et NDAYISHIMIYE Godin :
Etude d'alimentation en eau potable du réseau DUNGA II en commune de KANYOSHA, province BUJUMBURA. Projet de fin d'étude, Université du Burundi 2016.
- NDAYISABA Patrice et NDAYISABA Denise :
Etude du réseau d'alimentation en eau potable de MUTIMIRE en commune GIHETA de la province GITEGA. Projet de fin d'étude, Université du Burundi 2010.
- CISHAHAYO Célestin et Banzubaze Diomède :
Projet d'adduction d'eau potable en milieu rural : Cas du réseau GATABO, en commune SHOMBO dans la Province KARUSI. Projet de fin d'étude, Université du Burundi 2015.

ANNEXES

		PVC			ACIER	
		DIAMETRE INTERIEURS				
ACIER	PVC	PN6	PN10	PN16	PN25	
3/4"	DE25			21	21,7	
1"	DE32			26,8	28,2	
1"1/4	DE40		36	33,6	36	
1"1/2	DE50		44,8	42	42,3	
2"	DE63	58,4	56,6	53	54,1	
2" ½	DE75	69,8	67,4	63,2	69,1	
3"	DE90	83,6	80,9	75,8	81,8	
4"	DE110	102,8	98,8	92,4	106,2	
6"	DE160	149,2	144	137	156,1	
	DE200	187	180	170		

sans armatures comprimées:



m_s	ω_s	k_x	k_z	ϵ_b [‰]	ϵ_s [‰]	γ
0.01	0.018	0.09	0.97	0.46	5.00	1.75
0.02	0.037	0.12	0.96	0.68	5.00	
0.03	0.055	0.15	0.95	0.87	5.00	
0.04	0.075	0.17	0.94	1.04	5.00	
0.05	0.094	0.20	0.93	1.21	5.00	
0.06	0.114	0.22	0.92	1.37	5.00	
0.07	0.134	0.24	0.92	1.53	5.00	
0.08	0.154	0.25	0.91	1.70	5.00	
0.09	0.175	0.27	0.90	1.87	5.00	
0.10	0.197	0.29	0.89	2.05	5.00	
0.11	0.218	0.31	0.88	2.25	5.00	
0.12	0.241	0.33	0.87	2.47	5.00	
0.13	0.264	0.35	0.86	2.70	5.00	
0.14	0.288	0.37	0.85	2.96	5.00	
0.15	0.313	0.39	0.84	3.25	5.00	
0.16	0.339	0.42	0.83	3.56	4.86	
0.17	0.367	0.45	0.81	3.50	4.23	
0.18	0.395	0.49	0.80	3.50	3.67	
m_s 0.193	0.436	0.54	0.78	3.50	3.00	1.75

4 Sections des barres (en cm^2/m) en fonction de l'écartement, pour 1 m de largeur de dalle												
écartement s (cm)	diamètre (mm)											nombre de barres par m.
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	
6.0	4.71	8.38	13.09	18.85	25.66	33.52	42.41	52.36	63.36	81.83	102.67	16.7
6.5	4.35	7.73	12.08	17.40	23.68	30.95	39.15	48.33	58.48	75.54	94.77	15.4
7.0	4.04	7.18	11.22	16.16	21.99	28.73	36.36	44.87	54.30	70.14	88.00	14.3
7.5	3.77	6.70	10.47	15.08	20.52	26.81	33.93	41.88	50.81	65.47	82.13	13.4
8.0	3.53	6.28	9.82	14.14	19.24	25.14	31.81	39.26	47.51	61.38	77.00	12.5
8.5	3.33	5.91	9.24	13.31	18.11	23.66	29.94	36.95	44.72	57.76	72.47	11.8
9.0	3.14	5.59	8.73	12.57	17.10	22.34	28.28	34.90	42.23	54.56	68.44	11.1
9.5	2.98	5.29	8.27	11.90	16.20	21.17	26.79	33.06	40.01	51.68	64.84	10.5
10.0	2.83	5.00	7.85	11.31	15.39	20.11	25.45	31.41	38.01	49.10	61.60	10.0
10.5	2.69	4.79	7.48	10.77	14.66	19.15	24.24	29.91	36.20	46.76	58.67	9.5
11.0	2.57	4.57	7.14	10.28	13.99	18.28	23.14	28.55	34.55	44.64	56.00	9.1
11.5	2.46	4.37	6.83	9.84	13.30	17.49	22.13	27.31	33.05	42.70	53.57	8.7
12.0	2.36	4.19	6.54	9.42	12.83	16.76	21.21	26.17	31.67	40.92	51.33	8.3
12.5	2.28	4.02	6.28	9.05	12.32	16.09	20.36	25.13	30.41	39.28	49.28	8.0
13.0	2.17	3.87	6.04	8.70	11.84	15.47	19.58	24.16	29.24	37.77	47.38	7.7
13.5	2.09	3.72	5.82	8.38	11.40	14.90	18.85	23.27	28.16	36.37	45.63	7.4
14.0	2.03	3.59	5.61	8.08	11.00	14.36	18.18	22.44	27.15	35.07	44.00	7.1
14.5	1.95	3.47	5.42	7.80	10.62	13.87	17.55	21.66	26.21	33.86	42.48	6.9
15.0	1.89	3.35	5.24	7.54	10.28	13.41	16.97	20.84	25.34	32.73	41.07	6.7
15.5	1.82	3.24	5.07	7.30	9.93	12.97	16.42	20.27	24.52	31.68	39.74	6.5
16.0	1.77	3.14	4.91	7.07	9.62	12.57	15.90	19.64	23.76	30.69	38.50	6.3
16.5	1.71	3.05	4.76	6.85	9.33	12.19	15.42	19.04	23.04	29.76	37.33	6.1
17.0	1.66	2.96	4.62	6.65	9.05	11.83	14.97	18.48	22.36	28.88	36.24	5.9
17.5	1.62	2.87	4.49	6.46	8.79	11.49	14.54	17.95	21.72	28.06	35.20	5.7
18.0	1.57	2.79	4.36	6.28	8.55	11.17	14.14	17.46	21.12	27.28	34.22	5.6
18.5	1.53	2.72	4.25	6.11	8.32	10.87	13.76	16.94	20.55	26.54	33.30	5.4
19.0	1.49	2.65	4.13	5.95	8.10	10.58	13.39	16.54	20.01	25.84	32.42	5.3
19.5	1.45	2.58	4.03	5.80	7.89	10.31	13.05	16.11	19.49	25.18	31.59	5.1
20.0	1.41	2.51	3.93	5.65	7.69	10.05	12.72	15.71	19.01	24.55	30.80	5.0