

2016-02

Projet d'alimentation en eau potable en milieu rural : cas du réseau Mubira en commune Muramvya province Muramvya

Ntakare, Richard

UB, ITS

<https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2327>

Téléchargé depuis le dépôt institutionnel officiel de l'Université du Burundi

UNIVERSITE DU BURUNDI



INSTITUT TECHNIQUE SUPERIEUR
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

**PROJET D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE EN MILIEU
RURAL : CAS DU RESEAU MUBIRA EN COMMUNE
MURAMVYA PROVINCE MURAMVYA**

Par :

NTAKARE Richard

&

NDAYISENGA Thierry

Sous la direction de:

Ir NDUWIMANA Donatien

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

Bujumbura, Février 2016

DEDICACE

*A DIEU Tout Puissant ;
 A mes regrettés Parents ;
 A mes frères et sœurs ;
 A mes oncles et tantes ;
 A mes cousins et cousines ;
 A toute ma famille ;
 A tous ceux qui me sont chers ;
 A mon collègue NDAYISENGA Thierry.*

Je dédie ce travail !

NTAKARE Richard

*A DIEU Tout Puissant ;
 A ma chère mère ;
 A mon regretté père ;
 A mes frères et sœurs ;
 A mes neveux et nièces ;
 A mes oncles et tantes ;
 A mes cousins et cousines ;
 A toute ma famille ;
 A tous ceux qui me sont chers ;
 A mon collègue NTAKARE Richard.*

Je dédie ce travail !

NDAYISENGA Thierry

REMERCIEMENTS

L'aboutissement de ce travail ne résulte pas de nos seuls efforts en tant qu'auteurs mais plutôt des efforts conjugués de plusieurs personnes. A notre entendement, il est de notre devoir moral d'exprimer nos vifs et sincères sentiments de reconnaissance à tous ceux dont le concours nous a été précieux dans sa réalisation.

Nous remercions en premier lieu l'Eternel Tout Puissant qui nous a protégés durant le déroulement de notre travail.

Notre gratitude particulière est adressée à notre Directeur du travail de fin d'études Ir NDUWIMANA Donatien qui a accepté de diriger ce travail malgré ses multiples occupations. Votre bonne collaboration et vos remarques combien pertinentes ont fait de ce travail ce qu'il est, soyez assuré de notre respect et de notre reconnaissance.

Aux membres du jury qui, avec bienveillance, ont accepté malgré leurs calendriers chargés, de siéger et de juger ce travail à sa juste valeur ;

A tous les enseignants depuis l'école primaire jusqu'à l'Université du Burundi plus particulièrement ceux de l'Institut Technique Supérieur dans le département de Génie Civil pour la formation scientifique tant moral qu'intellectuelle qu'ils nous ont dispensés ;

Au personnel de l'Agence Burundaise de l'Hydraulique Rural (AHR) et de l'Institut des Statistiques et d'Etude Economiques du Burundi (ISTEEBU) pour les informations combien enrichissantes qu'ils nous ont fournies ;

A toute la communauté de l'Université du Burundi en général et plus particulièrement celle du campus KIRIRI avec qui, nous avons partagé peines et joies, à tous ceux qui ont contribué à l'aboutissement de notre travail.

Nous leur disons grand merci

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AEP	: Alimentation en Eau Potable
AG	: Acier Galvanisé
AHR	: Agence Burundaise de l'Hydraulique Rurale
BF	: Borne Fontaine
CD	: Chambre de Départ
CP	: Chambre de Purge
CV	: Chambre de Ventouse
CVS	: Chambre de Vannes de Sectionnement
EP	: Ecole Primaire
FBU	: Francs Burundais
GC	: Génie Civil
ISTEEBU	: Institut des Statistiques et d'Etude Economiques du Burundi
ITS	: Institut Technique Supérieur
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
pH	: Potentiel d'Hydrogène
PN	: Pression Nominale
PT	: Prix Total
PU	: Prix Unitaire
PVC	: Polychlorure de vinyle
R	: Réservoir
RCE	: Régie Communale de l'Eau
TEM	: Temps d'Exécution Moyen
U	: Unité
UB	: Université du Burundi

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

❖ Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Découpage administratif de la commune MURAMVYA</i>	5
<i>Tableau 2 : Effectif de la population pour la consommation domestique</i>	8
<i>Tableau 3 : Effectif de la population pour les établissements publics</i>	8
<i>Tableau 4 : Les résultats de la population projetée</i>	9
<i>Tableau 5 : Les besoins spécifiques</i>	10
<i>Tableau 6 : Le résumé des besoins journaliers en eau des bénéficiaires</i>	11
<i>Tableau 7 : Récapitulatif des besoins en eau</i>	14
<i>Tableau 8 : Coefficient en milieu rural</i>	23
<i>Tableau 9 : Calcul de la capacité du réservoir de MAZINGA</i>	24
<i>Tableau 10 : Calcul de la capacité du réservoir de KIRINZI</i>	24
<i>Tableau 11 : Calcul de la capacité du réservoir de MUBIRA</i>	25
<i>Tableau 12 : Symbole et article pour la chambre de départ</i>	26
<i>Tableau 13 : Symbole et article pour la chambre de purge</i>	27
<i>Tableau 14 : Symbole et article pour la chambre de ventouse</i>	28
<i>Tableau 15 : Symbole et article pour la chambre de vannes de sectionnement</i>	29
<i>Tableau 16 : Symbole et article pour les bornes fontaines</i>	30
<i>Tableau 17 : Caractéristique des réservoirs</i>	31
<i>Tableau 18 : Calcul des épaisseurs des dalles de couverture</i>	32
<i>Tableau 19 : Calcul des charges permanentes des dalles de couverture</i>	33
<i>Tableau 20 : Calcul des charges totales des dalles de couverture</i>	33
<i>Tableau 21 : Calcul des moments en travées et réduits dans le sens des x pour les dalles de couverture</i>	34
<i>Tableau 22 : Calcul des sections des armatures dans le sens des x pour les dalles de couverture</i>	35
<i>Tableau 23 : Calcul des moments réduits dans le sens des y pour des dalles de couverture</i>	35
<i>Tableau 24 : Calcul des sections des armatures dans le sens des y pour les dalles de couverture</i>	36
<i>Tableau 25 : Calcul des charges permanentes</i>	36
<i>Tableau 26 : Calcul des poids des dalles de couverture</i>	37
<i>Tableau 27 : Calcul des poids des parois</i>	37
<i>Tableau 28 : Calcul des poids d'enduit des parois</i>	37
<i>Tableau 29 : Calcul des poids total</i>	38
<i>Tableau 30 : Calcul des pressions sous la paroi</i>	38
<i>Tableau 31 : Calcul des pressions de l'eau agissant sur les radiers</i>	38

<i>Tableau 32 : Calcul des moments en travées et réduits dans le sens des x pour les radiers.....</i>	<i>39</i>
<i>Tableau 33 : Calcul des sections des armatures dans le sens des x pour les radiers</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 34 : Calcul des moments réduits dans le sens des y pour les radiers... </i>	<i>40</i>
<i>Tableau 35 : Calcul des sections des armatures dans le sens des y pour des radiers</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 36 : Calcul hydraulique de la source vers la chambre de départ</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 37 : Calculs hydrauliques</i>	<i>48</i>
<i>Tableau 38 : Récapitulatif des matériaux pour le captage.....</i>	<i>51</i>
<i>Tableau 39 : Récapitulatif des matériaux pour les canalisations des conduites</i>	<i>52</i>
<i>Tableau 40 : Récapitulatif des matériaux pour les réservoirs.....</i>	<i>56</i>
<i>Tableau 41 : Récapitulatif des matériaux pour la chambre de départ.....</i>	<i>58</i>
<i>Tableau 42 : Récapitulatif des matériaux pour les chambres des vannes de sectionnement.....</i>	<i>59</i>
<i>Tableau 43 : Récapitulatif des matériaux pour les chambres de ventouse</i>	<i>61</i>
<i>Tableau 44 : Récapitulatif des matériaux pour les chambres de purge</i>	<i>62</i>
<i>Tableau 45 : Récapitulatif des matériaux pour les bornes fontaines</i>	<i>64</i>
<i>Tableau 46 : Planification des tâches</i>	<i>68</i>

❖ Liste des figures

<i>Figure 1 : Découpage administratif de la province MURAMVYA.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 2 : Découpage administratif de la commune MURAMVYA.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 3 : Figure illustrant la zone du projet (source AHR).....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 4 : Chambre de captage</i>	<i>18</i>
<i>Figure 5 : Chambre de départ</i>	<i>26</i>
<i>Figure 6 : Chambre de purge ou de décharge.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 7 : Chambre de ventouse.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 8 : Chambre de vannes de sectionnement.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 9 : Borne fontaine.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure 10 : Schéma type d'un réservoir de 5m³</i>	<i>41</i>
<i>Figure 11 : Schéma type d'un réservoir de 10m³</i>	<i>42</i>
<i>Figure 12 : Schéma type d'un réservoir de 25m³</i>	<i>42</i>
<i>Figure 13 : Schéma illustratif de l'équation de BERNOULLI</i>	<i>45</i>
<i>Figure 14: Schéma de fonctionnement du réseau.....</i>	<i>49</i>
<i>Figure 15 : Graphique de Gantt (Planning des activités).....</i>	<i>69</i>

RESUME

L'eau est un élément très essentiel à la survie de tous les être vivants en général et de l'être humain en particulier. En absence de cet élément, la vie serait pratiquement impossible.

Ainsi, notre travail de fin d'études est consacré en eau potable sur la colline MUBIRA sur les sous-collines MAZINGA et KIRINZI de la commune MURAMVYA en province MURAMVYA.

La distance à laquelle s'approvisionne cette population est de 6,7361 Km, notre réseau est alimenté par la source RUTABIRA situé sur la colline REMERA avec un débit de 1,6l/s et les besoin en eau de la population de notre réseau sont évalués à 1, 214l/s pour un horizon de planification de 25 ans (de 2014 à 2039).

Compte tenu de la topographie de la zone du projet, le réseau sera totalement gravitaire. Un accent particulier a été mis sur la qualité et à la quantité de l'eau à produire, le système de captage, les ouvrages accessoires : la chambre de départ, trois chambres de ventouse, trois chambres de vannes de sectionnement, quatre chambres de purge, les douze bornes fontaines ainsi que quatre ouvrages de stockage d'eau : deux réservoir de 10 m³, un réservoir de 5m³ et un réservoir de 25 m³. Le transport de l'eau sera assuré par des tuyaux en Polychlorure de Vinyle (PVC) qui sont les suivants : PVC 50 avec PN 10 ; PVC 40 avec PN 10 ; PVC 32 avec PN 16 et PVC 25 avec PN16.

Outre les éléments ci-haut cités une attention particulière a été mise sur le devis qualificatifs qui nous a permis d'élaborer le planning des travaux et estimer le coût global du projet qui s'élève à cent soixante-treize million huit cent mille huit cent septante francs burundais (173 800 870 FBU).

En fin, tout ouvrage non entretenu se détériore très rapidement et peut être dangereux pour la santé des bénéficiaires. Pour ce faire, il convient de signaler qu'un effort conjugué de la population et des autorités locales s'avère plus que nécessaire afin d'assurer une bonne gestion et comme ce projet n'est pas encore exécuté, nous espérons que ce travail contribuera pour sa réalisation et à d'autres chercheurs qui voudraient contribuer à son amélioration ou s'en servir pour des projets pareils.

TABLE DE MATIERE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	iii
LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES	iv
RESUME	vii
TABLE DE MATIERE.....	viii
Chapitre I : INTRODUCTION GENERALE.....	1
I.1. Généralité.....	1
I.2. Motivation du sujet.....	1
I.3. L'eau potable	2
Chapitre II : ANALYSE TOPOLOGIQUE DE LA ZONE DU PROJET	3
II.1. Situation géographique de la zone du projet.....	3
II.2. Organisation administrative	4
II.3. La zone du projet.....	7
Chapitre III : EVALUATION DES BESOINS EN EAU.....	8
III.1. Introduction.....	8
III.2. Evaluation de la population à desservir	8
III.2.1. Population actuelle	8
III.2.2. Estimation de la population projetée (p_n)	9
III.3. Evaluation proprement dite des besoins en eau.....	10
III.3.1. Calcul des besoins en eau	10
III.3.2. Calcul du débit de production	11
III.4. Tableau récapitulatif des besoins en eau	14
Chapitre IV : SYSTEME DE CAPTAGE D'EAU.....	15
IV.1. Généralité.....	15
IV.2. Définition.....	15
IV.3. Principe de captage.....	16
IV.3.1. Vérification du débit de la source	16
IV.3.2. Choix de la méthode de captage	16
IV.3.3. Réalisation du captage.....	16
IV.3.4. Démarche de la construction du captage.....	17
IV.3.5. Schéma de captage	18
IV.4. Protection de la zone de captage.....	19

IV.5. La désinfection du captage	19
Chapitre V : DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET CALCULS	
HYDRAULIQUES.....	20
V.1. Introduction	20
V.2. Critère de dimensionnement	20
V.3. Ouvrage de stockage	21
V.3.1. Définition et rôle du réservoir	21
V.3.2. Classification des réservoirs.....	21
V.3.3. L'emplacement des réservoirs.....	21
V.3.4. Construction des réservoirs	22
V.3.5. Equipement des réservoirs	22
V.3.6. Capacité du réservoir	22
V.3.7. Les organes accessoires du réseau.....	25
V.4. Dimensionnement des réservoirs	31
V.4.1. Dalles de couverture	32
V.4.2. Radiers.....	36
V.5. Calculs hydrauliques des conduites	43
Chapitre VI : ESTIMATION DU COUT DU PROJET ET PLANNING	
DES TRAVAUX.....	50
VI.1. Généralités	50
VI.2.1. Captage	50
VI.2.2. Canalisation des conduites.....	51
VI.2.3. Réservoirs.....	52
VI.2.4. Accessoire à la conduite	56
VI.3. Devis quantitatif et estimatif.....	65
VI.4. Planning des travaux.....	68
VI.4.1. Généralités	68
VI.4.2. Planification des tâches	68
VI.4.3. Planning des travaux : Graphique de Gantt.....	69
Chapitre VII : CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS	
.....	70
VII.1. Conclusion générale	70
VII.2. Recommandation.....	70
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	72
ANNEXES.....	73

Chapitre I : INTRODUCTION GENERALE

I.1. Généralité

L'eau c'est la vie car sans cette eau, la vie est impossible. Elle est une source naturelle indispensable à toute réalisation sur notre planète.

En effet, le corps humain contient 70% de l'eau, s'il perd 2% de cette eau c'est la soif, et s'il en perd 8% c'est la déshydratation. Pour remplir convenablement ces fonctions physiologiques, l'organisme humain a besoin environ 2 ou plus de 2 l/jour selon le climat et la charge due au travail.

L'eau présente dans la nature n'est pas tout propre, il faut fournir de l'eau potable c'est-à-dire ne contenant pas des germes pathologique dangereux pour la vie tant humaine qu'animale.

De nombreux pays dans le monde sont confrontés à la rareté permettant de maîtriser cette ressource précieuse et de favoriser le développement économique de l'eau potable. Ce qui provoque de nombreux problème économique et sanitaire.

I.2. Motivation du sujet

Lors de notre visite en province MURAMVYA, spécialement en commune MURAMVYA et en particulier sur la colline MUBIRA et les sous collines MAZINGA et KIRINZI. Nous avons remarqué que l'eau potable est bien rare alors que la croissance démographique et le développement économique font augmenter la demande. La commune de MURAMVYA dispose beaucoup de ressources en eau non exploitées. Le relief escarpé de la commune MURAMVYA s'apprête le mieux à l'aménagement des sources d'eau à des fins d'alimentation par gravité économiquement moins onéreux que par rapport au système de pompage.

Le présent projet sera conçu dans le souci :

- D'assure une large accessibilité de l'eau potable en quantité suffisante par plus de la majorité de la population que possible, de plus c'est pour faciliter l'accès à l'eau potable à la population ;
- De réduire au maximum la prolifération des maladies liées à la consommation d'une eau impropre ;
- D'améliorer l'état d'assainissement des localités traversées par le réseau.

I.3. L'eau potable

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

Une eau potable doit aussi être une eau agréable à boire, elle doit être claire, avoir une bonne odeur et un bon goût. Pour avoir un bon goût, il faut qu'elle contienne de sels minéraux lesquels sont par ailleurs indispensables à l'organisme. Enfin, elle ne doit pas corroder les canalisations afin d'arriver potable à la sortie des robinets.

Une eau est dite potable si elle respecte les valeurs imposées par l'OMS et aux normes nationales. Il existe cinq catégories des paramètres :

- Des paramètres organoleptiques : ceux qu'on perçoit par les sens : le goût, l'odeur, la couleur et la transparence.
- Des paramètres physico-chimiques : le pH, la dureté, l'oxygène dissous, les minéraux, etc.
- Des paramètres concernant des substances indésirables : nitrates, nitrites, matières en suspension, etc.
- Des paramètres concernant des substances toxique : métaux lourd, pesticide, etc.
- Des paramètres microbiologiques : bactéries, coliformes, streptocoque, etc.

Chapitre II : ANALYSE TOPOLOGIQUE DE LA ZONE DU PROJET

II.1. Situation géographique de la zone du projet

La commune MURAMVYA est située au sud-ouest de la province MURAMVYA. Elle a une superficie estimée à 193 km² soit 28% de la province (695.52 km²) et 0.7% du pays (27.834km²).

La commune MURAMVYA fait frontière avec :

- Au nord, la commune BUKEYE de la province MURAMVYA ;
- Au nord-ouest, la commune RUGAZI de la province BUBANZA ;
- Au nord-est, la commune MBUYE de la province MURAMVYA ;
- A l'est, la commune KIGANDA de la province MURAMVYA ;
- Au sud, la commune MUGONGOMANGA de la province BUJUMBURA-RURAL et la commune RUSAKA de la province MWARO ;
- A l'ouest, la commune MUBIMBI de la province BUJUMBURA-RURAL.

La commune MURAMVYA s'étend sur trois régions naturelles : KIRIMIRO, MUGAMBA, MUMIRWA.

La plus grande partie de la commune s'étend sur la région de MUGAMBA qui se caractérise par une altitude comprise entre 1900 et 2500m. Un climat rude et relativement tempère par l'altitude, une température variant entre 14 et 15°C et des précipitations moyennes annuelles variant entre 1300 et 2000mm.

Les régions naturelles de MUMIRWA et du KIRIMIRO ont une altitude moyenne de 1500m avec une pluviométrie comprise entre 1200 et 1500mm et une température variant entre 17 et 20°C.

II.2. Organisation administrative

- **Découpage administratif de la province MURAMVYA**



Figure 1 : Découpage administratif de la province MURAMVYA

(Source : Google, monographie de la commune MURAMVYA)

• **Découpage administratif de la commune MURAMVYA**

La commune MURAMVYA est subdivisée de 4 zones et 23 collines répartie comme suit :

ZONE	Collines de recensement
MURAMVYA	-Centre Muramvya -Muramvya -Murambi -Burambana -Masango -Buganda
SHOMBO	-Shombo -Remera -Ruhinga -Gatwaro -Murinzi -Mubira
RYARUSERA	-Mugomera -Muhweza -Gakenke -Gishubi
BUGARAMA	-Mpehe -Kavya -Busimba -Kibogoye -Kirama -Gatebe

Tableau 1 : Découpage administratif de la commune MURAMVYA

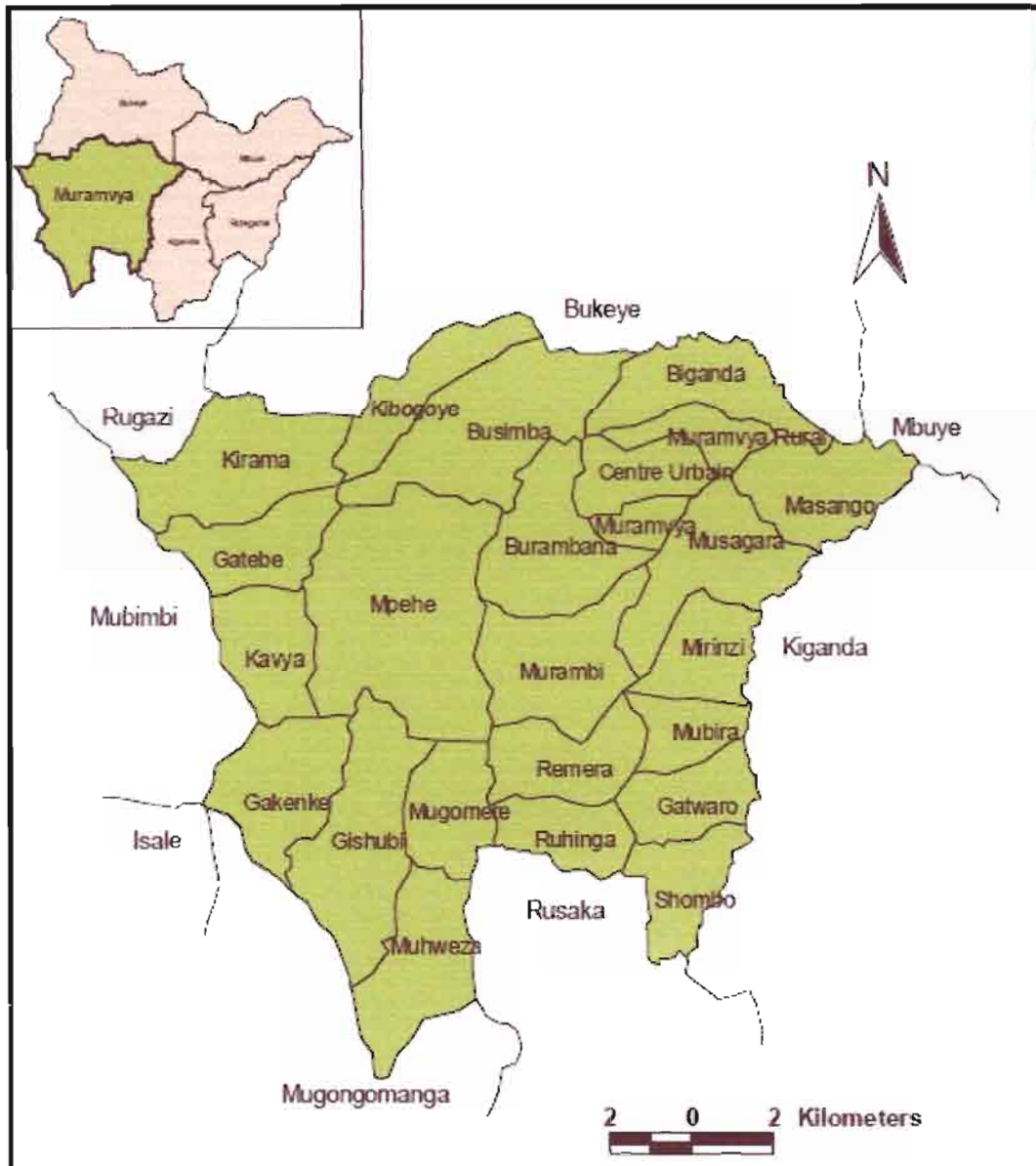


Figure 2 : Découpage administratif de la commune MURAMVYA
 (Source: Google, monographie de la commune MURAMMMVYA)

II.3. La zone du projet

La colline MUBIRA et les sous collines MAZINGA et KIRINZI qui font l'objet de notre zone d'étude se trouvent dans la commune MURAMVYA de la province MURAMVYA.

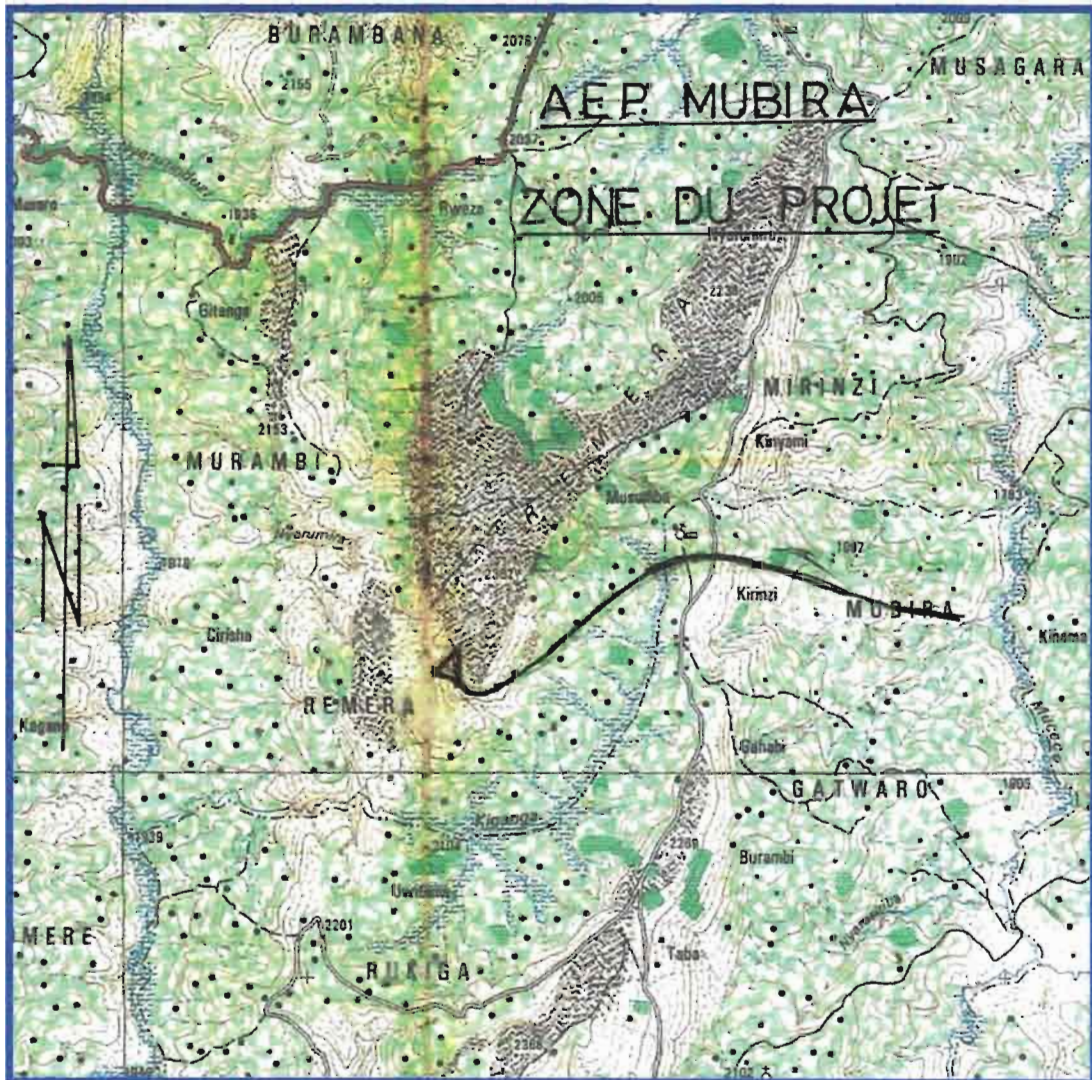


Figure 1 : Figure illustrant la zone du projet (source AHR)

Chapitre III : EVALUATION DES BESOINS EN EAU

III.1. Introduction

Les besoins que nous allons évaluer ici dans ce chapitre, sont estimés en fonction de la communauté existante des populations résidentes de la zone du projet. C'est-à-dire les sous collines MAZINGA et KIRINZI et la colline MUBIRA.

Ainsi qu'une fonction d'une période bien définie qui est considérée comme durée de vie du réseau afin de bien garantir la population sur la consommation quotidienne d'une eau potable durant cette période. cette dernière est généralement de 20 à 30 ans pour un milieu rurale.

On note ici que l'horizon de planification de notre projet est fixé à 25ans (2014-2039). De plus, comme tout projet de l'AEP a pour but de couvrir les besoins en eau de la population environnante de la zone du projet.

III.2. Evaluation de la population à desservir

III.2.1. Population actuelle

D'après les statistiques que nous avons menées sur chaque colline et sous colline de la zone du projet d'étude, nous pouvons classer les bénéficiaires dans les catégories suivantes :

a) La consommation domestique

Colline et sous-colline	ménages	taille du ménage	Effectif de la population
MAZINGA	37	6	222
KIRINZI	65	6	390
MUBIRA	97	6	582

Tableau 2 : Effectif de la population pour la consommation domestique

b) Les établissements publics

Nom de l'établissement	Unité	Effectif de la population
E.P KIRINZI	1	1350
E.P MAZINGA	1	300
E.P GATWARO II	1	550
Eglise catholique	1	1100
Centre de négoce	1	200

Tableau 3 : Effectif de la population pour les établissements publics

III.2.2. Estimation de la population projetée (p_n)

La population projetée sera la population de 2039 car nous avons considéré une durée de vue du réseau de 25 ans. Pour déterminer la population projetée à un horizon fixé, la formule suivante est la plus utilisée :

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

Avec P_n : population projetée après n années ;

P_0 : population actuelle ;

r : taux de croissance moyen ;

n : durée de vie.

$$P_n/P_0 = (1+r)^n$$

$$1+r = (P_n/P_0)^{1/n}$$

$$r = (P_n/P_0)^{1/n} - 1 \quad (\text{III.2})$$

Pour déterminer le taux de croissance de la commune MURAMVYA, nous pouvons nous référer sur le tableau de l'évolution de la population de la commune MURAMVYA basé sur le recensement de la population résidente effectué en 1990 et en 2008 par ISTEEDBU :

Année	1990	2008
Commune		
MURAMVYA	56437	75799

$$r = (75799/56437)^{1/18} - 1 = 0,0165 = 1,65\%$$

Le tableau suivant nous donne les résultats de la population projetée.

Désignation	Effectif de la population en 2014	Effectif de la population en 2039
1. Consommation domestique		
MAZINGA	222	335
KIRINZI	390	588
MUBIRA	582	877
2. Etablissements publics		
E.P KIRINZI	1350	2033
E.P MUBIRA	300	452
E.P GATWARO	550	829
Eglise catholique	1100	1657
Centre de négoce	200	302

Tableau 4 : Les résultats de la population projetée

III.3. Evaluation proprement dite des besoins en eau

Les besoins spécifiques généralement utilisés au BURUNDI pour le dimensionnement des installations d'alimentation en eau potable dans un milieu rural ou les valeurs locales recommandées sont les suivantes :

Besoins	Unité	Valeurs de l'OMS	Valeurs locales
1. Consommation Domestique			
Borne fontaines, puits	l/j/pers	20-25	20
branchement particulier	l/j/pers	70 – 250	100
2. Etablissements publics			
Ecole primaire	l/j/élève	-	5
Ecole polyvalent	l/j/élève	15-30	10
Foyer social	l/j/pers	15 – 30	20
Prison	l/j/pers	25-40	15
Bureau communal	l/j/pers	15-20	10
Centre de négoce	l/j/pers	10-15	10
Ecole avec internat	l/j/élève	90-140	30
Camps militaires	l/j/pers	-	30
Communauté religieuse	l/j/pers	-	230
Catéchuménat	l/j/pers	-	5
Atelier	l/j/pers	-	51
3. Bétail			
Vaches	l/j/tête	25-35	15-25
Moutons	l/j/tête	15-25	1,5-7
Chèvres	l/j/tête	15-25	1,5-7
Porcs	l/j/tête	10-15	-

Tableau 5 : Les besoins spécifiques

III.3.1. Calcul des besoins en eau

❖ Les besoins de consommation domestique

Le calcul des besoins de consommation domestique en eau potable est généralement effectué sur base de l'effectif des bénéficiaires du réseau. Comme notre réseau est en milieu rural, la majorité de la population va s'approvisionner sur les bornes fontaines. En prenant comme consommation journalière de 20l/j /personne.

❖ Les besoins des établissements publics

Ce sont des besoins des équipements publics. Les valeurs de consommation moyenne journalière des infrastructures publiques ont été fixées dans le tableau des besoins spécifiques par les valeurs locales.

Le tableau suivant nous donne le résumé des besoins journaliers en eau de tous les bénéficiaires de notre réseau :

Catégorie	Situation en 2014			Situation en 2039	
	Bénéficiaire	Besoin unitaire	Besoin en l/j	bénéficiaire	Besoin en l/j
1. Consommation domestique					
MAZINGA	222	20	4440	335	6700
KIRINZI	390	20	7800	588	11760
MUBIRA	582	20	11640	877	17540
2. Etablissements publics					
E.P KIRINZI	1350	5	6750	2033	10165
E.P MUBIRA	300	5	1500	452	2260
E.P GATWARO II	550	5	2750	829	4145
Eglise catholique	1100	5	5500	1657	8285
Centre de négoce	200	10	2000	302	3020
TOTALE			42380		63875

Tableau 6 : Le résumé des besoins journaliers en eau des bénéficiaires

III.3.2. Calcul du débit de production

Le débit de production est le débit nécessaire pour alimenter toute la période de vie du réseau. Ce débit tient compte des pertes d'eau dans le réseau et des besoins en eau maximum.

a. Production de pointe

La production de pointe tient notamment compte des activités quotidiennes de la population comme par exemple, les jours de marche et les weekends. On constate des variations visibles au niveau de la consommation en eau.

Pour notre zone du projet, le facteur de production de pointe est estimé à 10% car il n'y a pas assez d'activités qui influencent beaucoup de variations au niveau de la consommation de l'eau.

Elle sera exprimée par la formule suivante :

$$Q_{j \text{ pointe}} = Q_{j \text{ moy}} \times (1+c) \quad (\text{III.3})$$

Avec $Q_{j \text{ pointe}}$: production de pointe ;
 $Q_{j \text{ moy}}$: besoins moyens journaliers ;
 C : facteur de production de pointe.

Donc ; $Q_{j \text{ pointe}} = 42380l/j \times (1+0,1) = 46618l/j$

b. Les pertes d'eau

Depuis le lieu de captage jusqu'au dernier point d'approvisionnement, il y a les pertes de l'eau inévitables qui sont dues aux fuites dans les joints de tuyaux, au niveau des robinets non ou mal fermes, aux pertes par débordement du réservoir et du fonctionnement des appareils de mesure, etc.

En milieu rural, les pertes sont évaluées entre 25 et 50% de la consommation. En effet, nous avons estimé que le réseau faisant objet de notre projet sera moyennement entretenu par rapport aux réseaux urbains. Donc les pertes d'eau est égal à 35%.

La formule pour calculer les pertes est la suivante :

$$\text{Pertes} = Q_{j \text{ moy}} \times (1/(1-\delta)-1) \quad (\text{III.4})$$

Avec $Q_{j \text{ moy}}$: besoins moyens journaliers ;
 δ : coefficient de perte.

Donc, Pertes = $42380l/j \times (1/(1-0,35)-1) = 22820l/j$

c. Marge de sécurité

Une marge de sécurité s'avère nécessaire en considérant l'augmentation de la consommation due à l'accroissement de la population pendant une durée de vie du réseau considéré. Cette marge évite le remaniement du réseau très tôt.

La consommation domestique du réseau de notre projet est de 1194 personnes en 2014 et sera de 1800 personnes en 2039.

Ces deux nombres nous permettent de calculer la marge en utilisant la formule suivante :

$$\text{Marge} = (P_n - P_0) / P_0 \quad (\text{III.5})$$

Avec : P_n : population après n années ;

P_0 : population actuelle ;

Donc, La marge = $(1800 - 1194) / 1194 = 0,507538$ soit 51%

Les besoins en eau potable maximum se calculent sur base de la formule suivante :

$$Q_{j \max} = (Q_{j \text{ pointe}} + \text{Perte}) \times (1 + \text{Marge}) \quad (\text{III.6})$$

$$Q_{j \max} = (46618l/j + 22820l/j) \times (1 + 0.51) = 104851,4l/j$$

III.4. Tableau récapitulatif des besoins en eau

Désignation	Situation en 2014				Situation en 2039							
	menages	effectifs	Qs	Qj moy	effectifs	Qj moy		Qj pointe	Perte	Qj max		
			l/j/hab	l/j		l/j	m³/j	l/j	l/j	l/j	l/s	m³/h
1. Consommation domestique												
MAZINGA	37	222	20	4440	335	6700	6,700	4884	2390,769	10984,902	0,127	0,458
KIRINZI	65	390	20	7800	588	11760	11,760	8580	4200,000	19297,800	0,223	0,804
MUBIRA	97	582	20	11640	877	17540	17,540	12804	6267,692	28798,255	0,333	1,200
Sous-total		1194		23880	1800	36000	36,000	26268	12858,462	59080,957	0,684	2,462
2. Etablissements publics												
E.P KIRINZI		1350	5	6750	2033	10165	6,175	7425	3634,615	16700,019	0,193	0,696
E.P MUBIRA		300	5	1500	452	2260	2,260	1650	807,692	3711,115	0,043	0,155
E.P GATWARO II		550	5	2750	829	4145	4,145	3025	1480,769	6803,712	0,079	0,283
Eglise catholique		1100	5	5500	1657	8285	9,035	6050	2961,538	13607,423	0,157	0,567
Centre de négoce		200	10	2000	302	3020	3,020	2200	1076,923	4948,154	0,057	0,206
Sous-total		3500		18500	5273	27875	24,635	20350	9961,538	45770,423	0,530	1,907
TOTAL		4694		42380	7073	63875	60,635	46618	22820,000	104851,380	1,214	4,369

Tableau 7 : Récapitulatif des besoins en eau

Chapitre IV : SYSTEME DE CAPTAGE D'EAU

IV.1. Généralité

Un captage d'une source doit être construit de manière simple, économique et pratique.

La structure dépendra :

- De la situation topographique ;
- De la structure du sol ;
- Et du genre de la source en présence.

Il ne faut jamais essayer de modifier la cour et le débit naturelle d'une source, une obstruction quelconque peut avoir des conséquences grave, l'eau se crée un autre passage et la source peut tarir. Le captage peut être construit de façon à ce que l'eau soit protégée des pollutions dues à l'accident et à la négligence ou à la malveillance.

La profondeur et le genre de construction d'un captage dépendant des considérations géologiques et sanitaires, ainsi que le genre du sol recouvrant le terrain de rétention d'eau.

Autant que possible, l'eau doit être captée sur la couche imperméable, il faut également éviter de faire saute des roches à proximité du captage. Tout au long de la construction de captage, il faut que la source puisse s'écouler librement.

On distingue trois parties principales dans un captage de source :

- le captage même ;
- la conduite alimentant la galerie de contrôle ;
- le galerie de contrôle ou de visite permet de vérifier en tout temps la qualité et le débit de l'eau et comprend souvent un bassin de sédimentation.

IV.2. Définition

Le captage est un ouvrage qui permet de collecter les filets d'eau d'une source dans un ouvrage approprié (chambre de captage) et les amener dans un petit réservoir visitable (chambre de départ) sur lequel est branchée la conduite d'alimentation.

IV.3. Principe de captage

IV.3.1. Vérification du débit de la source

Nous savons qu'il est nécessaire de vérifier le débit d'une source avant le captage, pour savoir si son débit est suffisant à l'alimentation, ceci peut être fait de deux manières :

- A l'aide d'un débitmètre. C'est un appareil muni d'un récipient et d'un chronomètre. La première goutte d'eau dans le récipient fait que le chronomètre se déclenche, au remplissage le chronomètre se désactive ;
- A l'aide d'un sceau et d'une montre. La procédure est la même que la première sauf que la seconde est mécanique.

En effet, pour l'appréciation du débit d'une source, on repère plusieurs jours cette même opération et dans les différentes saisons et puis on observe sa variation.

IV.3.2. Choix de la méthode de captage

La source de RUTABIRA étant une source sortant d'une roche, nous proposons donc de construire une chambre de captage comprenant une couche d'argile pour l'étanchéité, une couche de gravier et du sable pour filtrer l'eau, un tuyau PVC perforé pour drainer l'eau, etc.

IV.3.3. Réalisation du captage

a) Terrassement

Le terrassement débute en principe à l'endroit où l'eau sort du sol. On fait le creusement tout en ayant pris soin d'assurer l'écoulement de l'eau au moyen d'une canalisation.

b) 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

❖ 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 constituée d'un drain perforé, la base doit être étanche et doit avoir une pente de 1% à 2%. Autour des drains, on placera une couche de filtration que l'on aura soin de protéger de toute contamination. Les eaux de surface seront drainées hors de l'aire de captage.

❖ Barrage

Le barrage est construit à l'opposé de l'arrivée de l'eau dans le captage. Il permet à l'eau d'entrer dans la conduite d'alimentation de la galerie de contrôle. Le barrage est construit dans la couche imperméable et dans les parois de côté pour empêcher l'eau de s'échapper. On peut construire le barrage soit en maçonnerie des moellons, ou soit en béton pour garantir une étanchéité.

IV.3.4. Démarche de la construction du captage

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

- Localisation de la source de captage et marque l'aire de construction ;
- Exécution d'une excavation pour identifier l'origine et l'écoulement de la source ;
- Exécution d'un système de drainage autour de la partie excavée pour le captage dans le but d'évacuer les eaux polluées qui déversent dans le captage ;
- Préparation des matériaux tels que : sable, argile, moellons, gravier et ciment ;
- Poser le drain perforé pour la collecte de l'eau ;
- Mettre une couche filtrante de gravier et sable dans la chambre de captage ;
- Couvrir la chambre de captage par une feuille en plastique et puis par une couche d'argile pour assurer une étanchéité contre l'eau de surface ;
- Couvrir toutes les couches précédemment citées par une dernière couche végétale, on plantera du gazon ou autres plantes à racines courtes en vue de stabiliser le sol.

IV.3.5. Schéma de captage

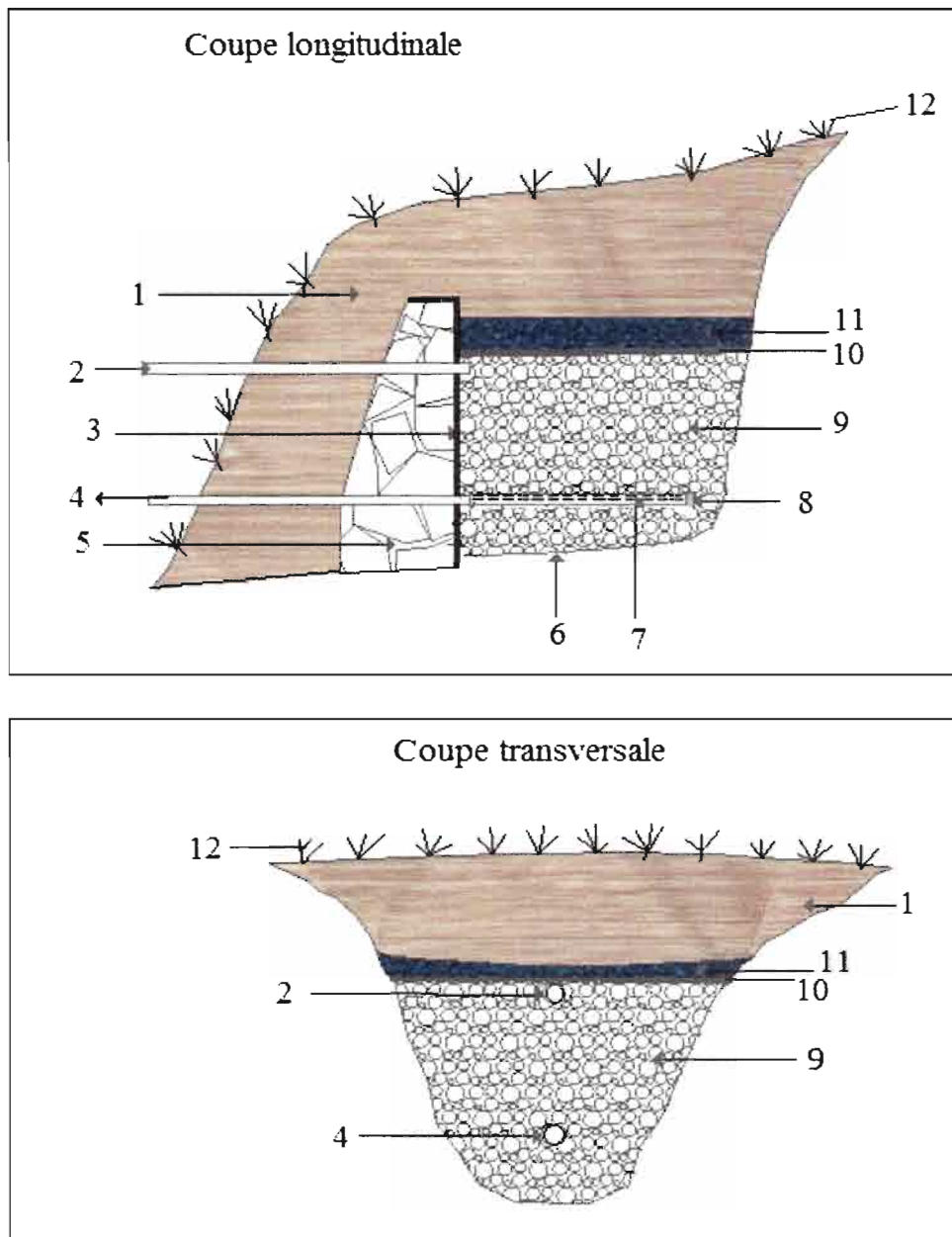


Figure 2 : Chambre de captage

Légende

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1 :Remblais ; | 7 :Drain perforé en PVC ; |
| 2 :Trop plein ; | 8 :Bouchon ; |
| 3 :Couche d'étanchéité ; | 9 :Couche filtrante ; |
| 4 :Conduite alimentant la chambre de départ ; | 10 :Etanchéité en plastique ; |
| 5 :Barrage en moellon ; | 11 :Couche d'étanchéité en argile ; |
| 6 :Couche naturelle ; | 12 :Gazon . |

IV.4. Protection de la zone de captage

Pour bien assurer la protection de la zone de captage, quelques mesures sont indispensables :

- On doit protéger le terrain contre tout l'accès d'animaux domestiques et sauvages à l'intérieur de la zone de captage à l'aide d'une clôture. la clôture en amont sera au moins à une distance de 15m de la chambre de captage et de la tranchée de captage ;
- La plantation d'arbre et des arbustes ayant des racines pouvant détruire la couche imperméable devra être empêchée dans un rayon de 15m autour de captage ;
- Ainsi la construction des latrines en amont du captage est strictement interdite à une distance de moins de 200m ;
- Creusement des fosses pour collecter les eaux de ruissellement qui seront jetées en dehors de la zone de captage.

IV.5. La désinfection du captage

Les matériaux comme les graviers filtrants et les sables filtrants doivent être désinfectés à l'aide d'hypochlorite de potassium. Ceci assure un certain potentiel de résistance aux germes microbiens qui peuvent contaminer la source.

Chapitre V : DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET CALCULS HYDRAULIQUES

V.1. Introduction

Après avoir déterminé les besoins des bénéficiaires du réseau, on procède aux calculs hydrauliques et au dimensionnement des ouvrages d'arts relatifs, afin que l'eau destinée puisse arriver jusqu'à tous les points de puisage souhaités. Ce sont surtout les ouvrages comme les réservoirs, les chambres de départ, les chambres de purge, les chambres de ventouse, etc.

Le stockage d'eau dans les réservoirs consiste à ne pas gaspiller l'eau pendant la nuit et fournit assez d'eau pendant les heures de pointe, mais aussi pour la réserve des cas spéciaux comme l'incendie.

Pour cela, nous analysons les détails nécessaires partant de l'amont au lieu de captage jusqu'au lieu de distribution en aval.

V.2. Critère de dimensionnement

- Le débit disponible de la source doit être au moins égal aux besoins en eau de la population à desservir ;
- La pression au sol à l'emplacement des réservoirs et des bornes fontaines doit être suffisante pour alimenter ces ouvrages ;
- La vitesse dans les conduites est comprise entre 0,5m/s et 1,5m/s pour les conduites principales et 0,3m/s et 0,5m/s pour les réseaux de distribution ;
- Pour des raisons économique, la pression dans les conduites sera limitée à 16bars afin de pouvoir utiliser en grande partie des tuyaux en PVC ;
- Le principe de base est qu'une borne fontaine doit être raccordée à un réservoir et non pas à une conduite. Cette disposition permet d'éviter l'accroissement des pertes de pression dans le réseau en aval du point de raccordement de borne fontaine sur les conduites ;
- Tous les réservoirs sont construits en maçonnerie des moellons pour les parois et en béton armé pour les radiers et les dalles de couverture. La fermeture des réservoirs sera assurée par un trapillon (en tôle métallique).cette tôle sera enduite d'une couche de peinture antirouille ;
- Pour pallier au phénomène de pousse au vide, on utilisera des réservoirs enterrés ;
- Les faces intérieures de la paroi seront enduites de deux couches dont la dernière doit obligatoirement comporter un liant d'étanchéité comme par exemple un liant hydraulique appelé 'Sikalite'.

V.3. Ouvrage de stockage

V.3.1. Définition et rôle du réservoir

Un réservoir est un ouvrage destiné à emmagasiner l'eau en vue de l'utiliser en cas de panne ou d'entretien des sources. En outre, il permet de stocker l'eau pour compenser les fluctuations des besoins. Il constitue une sécurité surtout pendant les heures de pointe et peut servir de secours en cas d'incendie.

Un réservoir permet une régularité dans le fonctionnement du réseau et répond efficacement à des sollicitations régulières d'eau, assure aussi la régularité des pressions dans les conduites de distribution.

V.3.2. Classification des réservoirs

- ❖ D'après la nature des matériaux, on distingue :
 - Réservoirs métalliques ;
 - Réservoirs en béton arme ;
 - Réservoirs en maçonnerie.
- ❖ D'après la topographie du site, ils peuvent être :
 - Réservoirs enterrés ;
 - Réservoirs semi-enterrés ;
 - Réservoirs surélevés.

V.3.3. L'emplacement des réservoirs

Pour construire un réservoir, il faut connaître leur emplacement. Il est préférable de placer un réservoir à proximité du centre de gravité de l'agglomération afin de réduire la quantité des conduites, des pertes de charge et des fuites d'eau.

Un réservoir doit remplir la condition de fournir aux bénéficiaires une quantité d'eau suffisante et en permanence. La côte du radier du réservoir et la topographie des lieux sont les fonctions du choix de réservoir à implanter, et cette côte du radier doit se trouver à un niveau supérieur à la plus haute côte piézométrique exigée par le réseau en aval de distribution.

V.3.4. Construction des réservoirs

Bien que la plupart des réservoirs soient de forme carré ou rectangulaire du faite de la facilité de leur exécution et implantation, nous proposons la forme circulaire car elle est techniquement fiable (le réservoir circulaire est soumis à un effort normal de traction et la pression sur les parois est uniforme).

Ils sont érigés en matériaux durable et doivent être étanches. Ils sont munis de dispositif de réglage (vannes) pouvant faciliter les travaux d'entretien.

V.3.5. Equipement des réservoirs

Pour un fonctionnement harmonieux, chaque réservoir comportera les éléments suivants :

- Une conduite montante en acier galvanisé avec une vanne à la base ;
- Une vanne à frotteur sur la conduite d'alimentation ;
- Une conduite descendante en acier galvanisé pour évacuer le trop plein au cas où le frotteur ne fonctionnerait pas ;
- Une conduite en acier galvanise installée en bas du réservoir pour la vidange du réservoir, fermée par un bouchon ouvrable au moment de l'entretien ;
- Une ou plusieurs conduite(s) de distribution, précédée(s) d'une(des) vanne(s) sous bouche(s) à clé est(sont) munie(s) à sa(ses) tête(s) d'une(des) crépine(s) ;
- Des échelons intérieurs et éventuellement extérieurs : l'accès à l'intérieur est facilité par un trou appelé "trou d'homme" ou "trapillon". Ce trou est prévu sur la couverture supérieure.

V.3.6. Capacité du réservoir

La première chose à considérer lors de l'étude d'un réservoir est la capacité qu'il doit fournir. Cela dépend de la variation du débit en fonction du temps selon les besoins journaliers en eau.

Soit V_s le volume d'eau sortant dans le réservoir et V_e le volume d'eau qui entre dans le réservoir. Pendant les heures de pointe, la quantité de l'eau ($V_e - V_s$) est appelée déficit tandis que pendant les heures creuses, cette quantité est appelée supplément. Ainsi, on définit la capacité théorique d'un réservoir comme étant la somme de ces deux valeurs quand elles atteignent le maxima exprimé en valeurs absolues :

$$\text{Capacité théorique d'un réservoir} = |\text{grand supplément}| + |\text{grand déficit}| \quad (\text{V.1})$$

En pratique, pour avoir le volume du réservoir, un coefficient de 1,2 sera appliqué à la consommation journalière afin de remédier soit à une consommation exceptionnelle, soit à une interruption par suite d'accident ou pour l'entretien. Ce coefficient est appelé coefficient de pointe.

$$\text{Capacité pratique} = \text{capacité théorique} \times 1,2 \quad (\text{V.2})$$

Pour la répartition journalière des débits de consommation, nous estimons les coefficients horaires donnés par la REGIDESO :

Temps en h	0-2	2-6	6-7	7-12	12-14	14-19	19-22	22-24
Coefficient	0	0,35	2,5	1,2	1,7	1,9	0,3	0,15

Tableau 8 : Coefficient en milieu rural

Les tableaux suivants sont établis selon les formules et symboles ci-après :

$$\left. \begin{aligned} Q_{sp} &= Q_e \times Ch \\ V_{sp} &= Q_{sp} \times T \\ V_{sc} &= \sum V_{sp} \\ V_{ep} &= Q_e \times T \\ V_{ec} &= \sum V_{ep} \end{aligned} \right\} \quad (\text{V.3})$$

Avec : **T** : Temps en h ;

Ch : Coefficient horaire ;

Q_e : Débit entrant en m³/h ;

Q_{sp} : Débit sortant partiel en m³/h ;

V_{sp} : Volume sortant partiel en m³ ;

V_{sc} : Volume sortant cumulé en m³ ;

V_{ep} : Volume entrant partiel en m³ ;

V_{ec} : Volume entrant cumulé en m³.

Réservoir R1 : Sous-colline MAZINGA ; soit $Q_e=0,458\text{m}^3/\text{h}$

période	Temps en h	Ch	Q_e en m^3/h	Q_{sp} en m^3/h	V_{sp} en m^3	V_{sc} en m^3	V_{ep} en m^3	V_{ec} en m^3	$V_{ec}-V_{sc}$ en m^3
0_2	2	0,00	0,458	0,000	0,000	0,000	0,916	0,916	0,916
2_6	4	0,35	0,458	0,160	0,641	0,641	1,832	2,748	2,107
6_7	1	2,50	0,458	1,145	1,145	1,786	0,458	3,206	1,420
6_12	5	1,20	0,458	0,550	2,748	4,534	2,290	5,496	0,962
12_14	2	1,70	0,458	0,779	1,557	6,091	0,916	6,412	0,321
14_19	5	1,90	0,458	0,870	4,351	10,442	2,290	8,702	-1,740
19_22	3	0,30	0,458	0,137	0,412	10,855	1,374	10,076	-0,779
22_24	2	0,15	0,458	0,069	0,137	10,992	0,916	10,992	0,000

Tableau 9 : Calcul de la capacité du réservoir de MAZINGA

Capacité théorique d'un réservoir = $1\text{m}^3 \times |1,740| + |-2,107| = 3,847\text{m}^3$

Capacité pratique d'un réservoir = $3,847\text{m}^3 \times 1,2 = 4,617\text{m}^3$; Soit un réservoir de 5m^3

Réservoir R2 : -Sous-Colline KIRINZI ; $Q_e = 0,804\text{m}^3/\text{h}$

- E.P KIRINZI ; $Q_e = 0,696\text{m}^3/\text{h}$

-Eglise Catholique ; $Q_e = 0,567\text{m}^3/\text{h}$

-Centre de Négoce ; $Q_e = 0,206\text{m}^3/\text{h}$

$Q_e = 2,273\text{m}^3/\text{h}$

periode	Temps en h	Ch	Q_e en m^3/h	Q_{sp} en m^3/h	V_{sp} en m^3	V_{sc} en m^3	V_{ep} en m^3	V_{ec} en m^3	$V_{ec}-V_{sc}$ en m^3
0_2	2	0,00	2,273	0,000	0,000	0,000	4,546	4,546	4,546
2_6	4	0,35	2,273	0,796	3,182	3,182	9,092	13,638	10,456
6_7	1	2,50	2,273	5,683	5,683	8,865	2,273	15,911	7,046
6_12	5	1,20	2,273	2,728	13,638	22,503	11,365	27,276	4,773
12_14	2	1,70	2,273	3,864	7,728	30,231	4,546	31,822	1,591
14_19	5	1,90	2,273	4,319	21,594	51,824	11,365	43,187	-8,637
19_22	3	0,30	2,273	0,682	2,046	53,870	6,819	50,006	-3,864
22_24	2	0,15	2,273	0,341	0,682	54,552	4,546	54,552	0,000

Tableau 10 : Calcul de la capacité du réservoir de KIRINZI

Capacité théorique d'un réservoir = $1\text{m}^3 \times |10,456| + |-8,637| = 19,093\text{m}^3$

Capacité pratique d'un réservoir = $19,093\text{m}^3 \times 1,2 = 22,912\text{m}^3$; Soit un réservoir de 25m^3

Réservoir R3 et R4 : -Colline MUBIRA ; $Q_e=1,200\text{m}^3/\text{h}$
 -E.P MUBIRA ; $Q_e=0,155\text{m}^3/\text{h}$
 -E.P GATWARO II; $Q_e=0,283\text{m}^3/\text{h}$ } $Q_e=1,638\text{m}^3/\text{h}$

periode	Temps en h	Ch	Q_e en m^3/h	Q_{sp} en m^3/h	V_{sp} en m^3	V_{sc} en m^3	V_{ep} en m^3	V_{ec} en m^3	$V_{ec}-V_{sc}$ en m^3
0_2	2	0,00	1,638	0,000	0,000	0,000	3,276	3,276	3,276
2_6	4	0,35	1,638	0,573	2,293	2,293	6,552	9,828	7,535
6_7	1	2,50	1,638	4,095	4,095	6,388	1,638	11,466	5,078
6_12	5	1,20	1,638	1,966	9,828	16,216	8,190	19,656	3,440
12_14	2	1,70	1,638	2,785	5,569	21,785	3,276	22,932	1,147
14_19	5	1,90	1,638	3,112	15,561	37,346	8,190	31,122	-6,224
19_22	3	0,30	1,638	0,491	1,474	38,821	4,914	36,036	-2,785
22_24	2	0,15	1,638	0,246	0,491	39,312	3,276	39,312	0,000

Tableau 11 : Calcul de la capacité du réservoir de MUBIRA

Capacité théorique d'un réservoir = $1\text{m}^3 \times |7,535| + |-6,224| = 13,759\text{m}^3$

Capacité pratique d'un réservoir = $13,759\text{m}^3 \times 1,2 = 16,511\text{m}^3$

Soit un réservoir de 20m^3 , pour faciliter l'emplacement des bornes fontaines, on a proposé deux réservoirs de 10m^3

V.3.7. Les organes accessoires du réseau

En plus des réservoirs et les conduites, il existe d'autre organe indispensable en vue d'assurer le bon fonctionnement du réseau. Ces organes sont les suivants :

- Chambres de départ ;
- Chambres de purge ou de décharge ;
- Chambres de ventouse ;
- Chambres de vannes de sectionnement ;
- Bornes fontaines.

→ Chambre de départ

La chambre de départ est un ouvrage qui consiste à collecter les eaux provenant d'une seule source, on parle aussi collectrice quand les eaux provenant de plusieurs sources dans le but de les acheminer d'une conduite d'alimentation.

Les dimensions des chambres de départ doivent être choisies de façon que les installations disposent d'une place suffisante pour être facilement desservie.

Schéma d'une chambre de départ

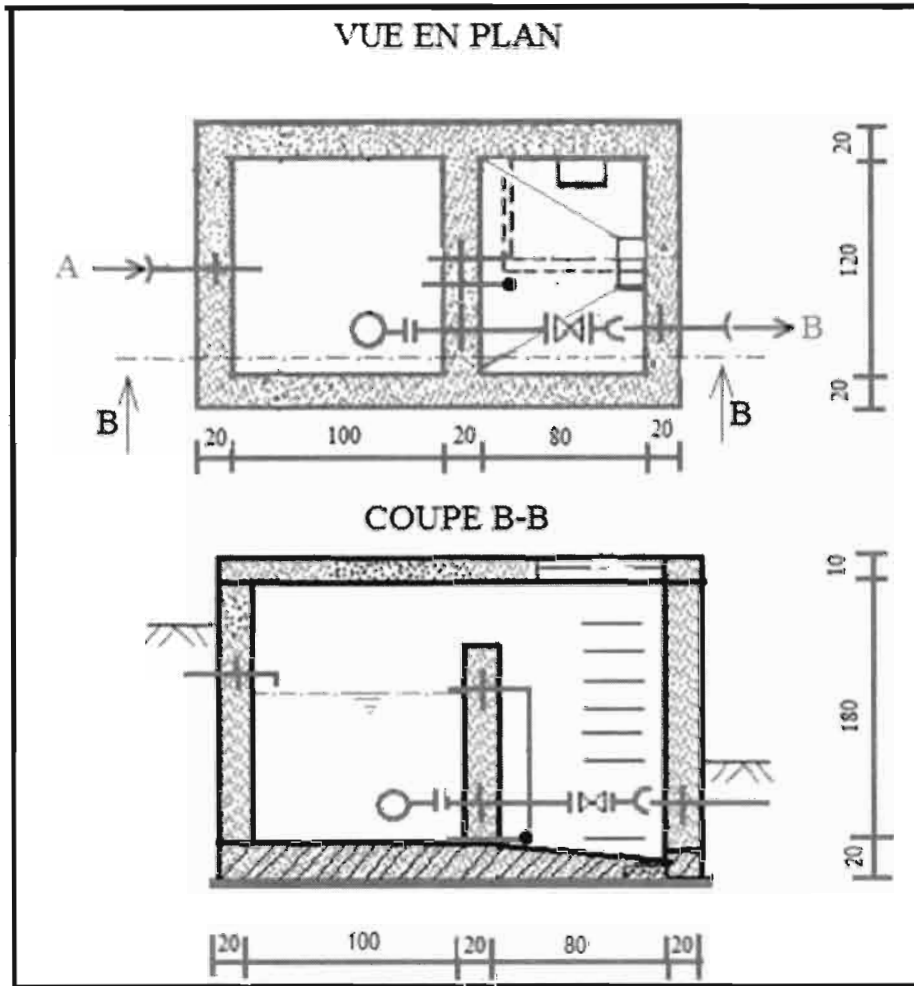


Figure 3 : Chambre de départ

Symbole	Article
⊗	Vanne à bride
⊕	Bride à emboitement
○	Crépine
—	Tuyau
•	Bouchon

Tableau 12 : Symbole et article pour la chambre de départ

→ Chambre de ventouse

Le rôle d'une ventouse est tout d'abord d'évacuer l'air contenu dans les conduites. Les ventouses seront donc prévues aux points hauts définis par rapport à un plan horizontal.

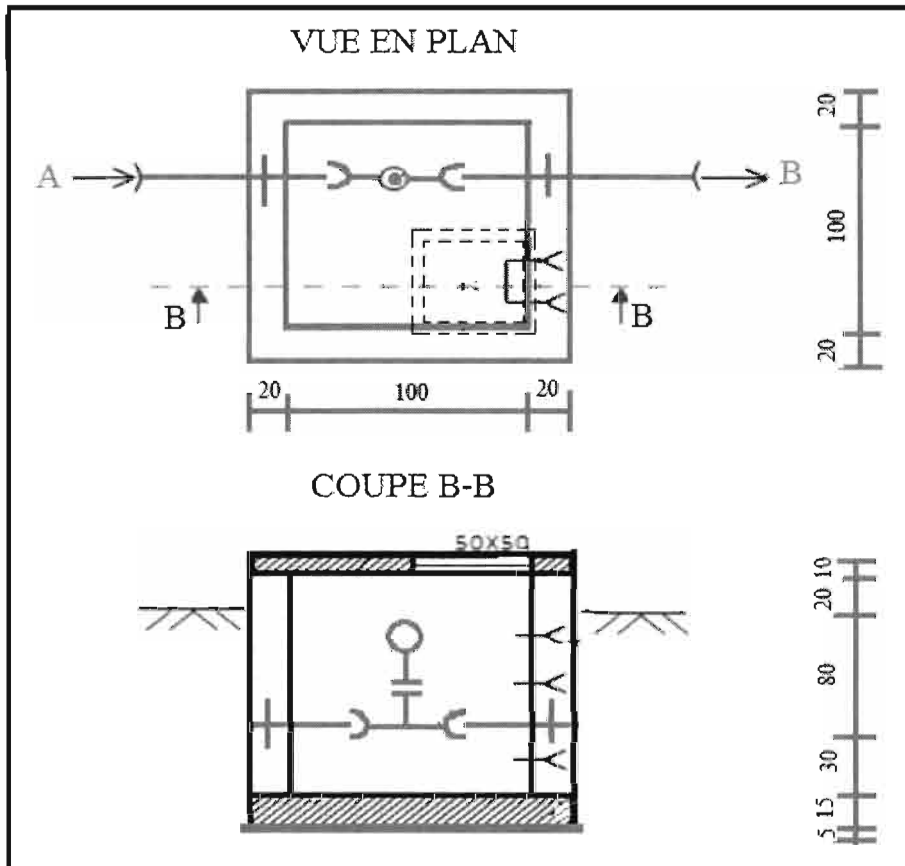


Figure 5 : Chambre de ventouse

Symbole	Article
	Ventouse
	Té à deux emboitements avec bride
	Tuyau

Tableau 14 : Symbole et article pour la chambre de ventouse

→ Chambre de vannes de sectionnement

Chambre des vannes de sectionnement est un ouvrage construit presque dans les mêmes matériaux que les chambres de purge. Elle permet de faire la régulation de la distribution de l'eau en cas de panne ou des travaux d'entretien sur l'une des branches du réseau.

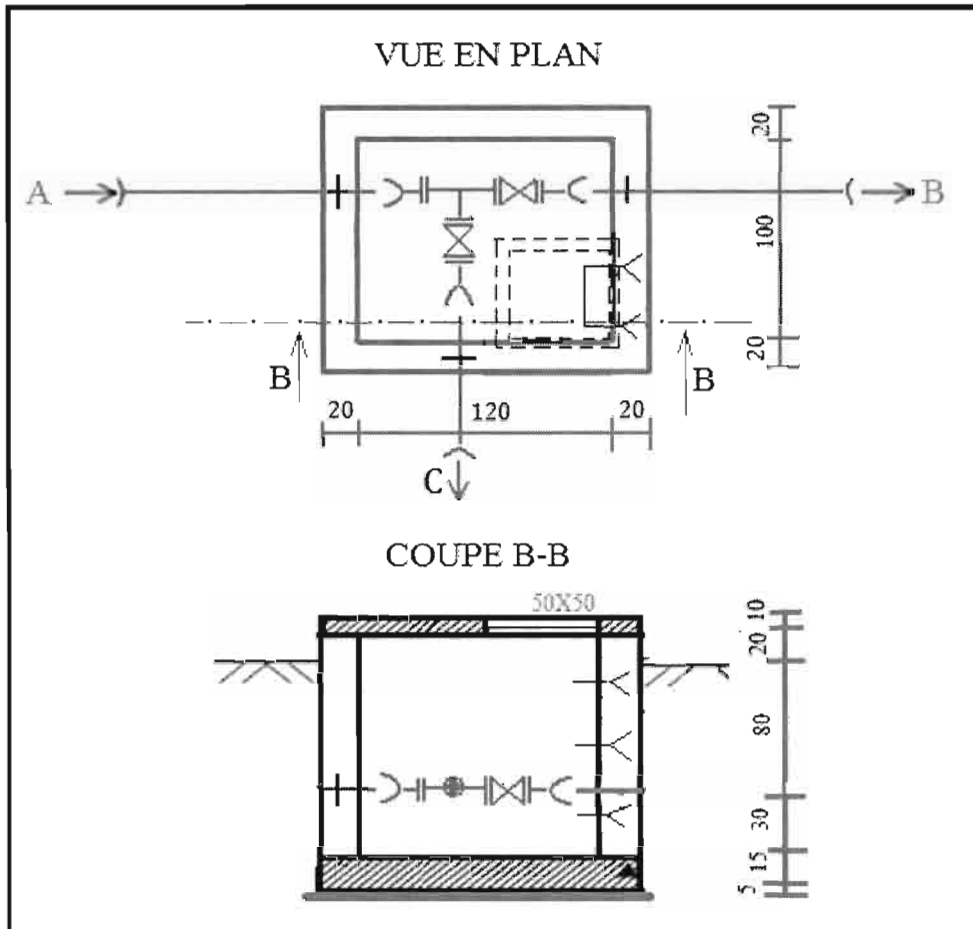


Figure 6 : Chambre de vannes de sectionnement

Symbole	Article
	Vanne à bride
	Bride à emboitement
	Té à bride
	Tuyau

Tableau 15 : Symbole et article pour la chambre de vannes de sectionnement

→ Bornes fontaines

Borne fontaine est un ouvrage qui comprend la plateforme, le pilier du robinet de puisage, la rigole ou caniveau d'évacuation et la chambre de vanne (CV) qui permet de couper l'eau en cas de panne ou des travaux d'entretien.

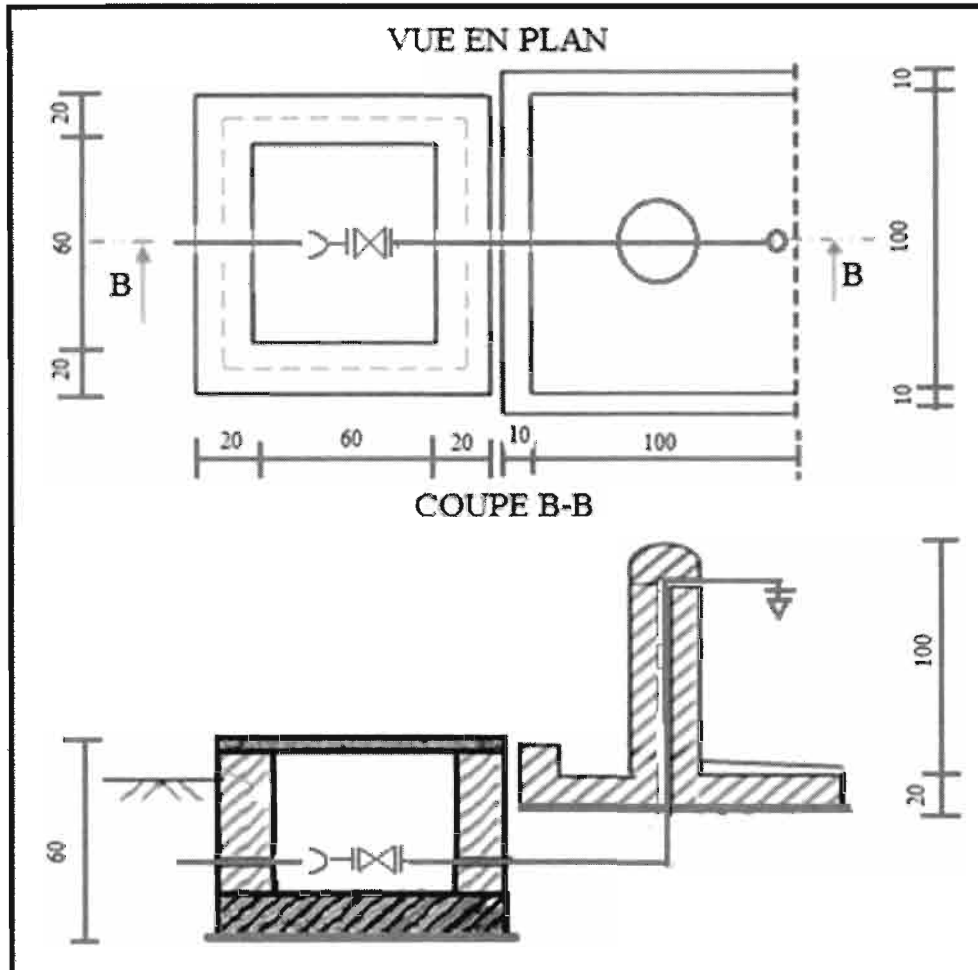


Figure 7 : Borne fontaine

Symbole	Article
	Vanne à bride
	Bride à emboîtement
	Robinet vanne
	tuyau

Tableau 16 : Symbole et article pour les bornes fontaines

V.4. Dimensionnement des réservoirs

Après avoir déterminé le volume de chaque réservoir, nous pouvons utiliser les formules de FONLLADOSA pour le calcul de diamètre et de la hauteur du réservoir.

a) Diamètre

$$\text{Le diamètre } D_i = 1,405 \sqrt[3]{V_r} \quad (\text{V.4})$$

Avec D_i : diamètre intérieur du réservoir en m ;

V_r : volume du réservoir en m^3 .

b) Hauteur(H)

$$\text{- Hauteur utile : } h = 0,46 \times D_i \quad (\text{V.5})$$

Avec h : hauteur utile qui est la hauteur du niveau d'eau dans le réservoir

- hauteur libre h_1 : est comprise entre 0,2 et 0,5m.

C'est la hauteur comprise entre le niveau d'eau et le niveau inférieur du couvercle, pour notre cas : $h_1 = 0,35m$

$$\text{- La hauteur total : } H = h + h_1 \quad (\text{V.6})$$

Avec ces différentes formules, nous obtenons ces caractéristiques des réservoirs suivantes :

$V_r (m^3)$	$D_i (m)$	$D_e (m)$	$ep (m)$	$h (m)$	$H (m)$	$D (m)$
	$1,405 \sqrt[3]{V}$	$D_i + 0,4 \times 2$		$0,46 \times D_i$	$h + h_1$	
5	2,403	3,203	0,400	1,105	1,455	3,403
10	3,027	3,827	0,400	1,392	1,742	4,027
25	4,108	4,908	0,400	1,890	2,240	5,108

Tableau 17 : Caractéristique des réservoirs

D_e : Diamètre extérieur du réservoir ;

D : Diamètre total ;

ep : épaisseur du mur.

V.4.1. Dalles de couverture

La dalle de couverture est du type planche dalle. Elle protège l'eau contre les intempéries et d'autre élément nuisible à l'eau potable

Lors de son pré-dimensionnement, il sera tenu compte des éléments suivants :

- Le poids propre appelé charge permanente g , elle est composée du béton armé de 25KN/m^3
- Les surcharges appelées « charge d'exploitation »
 $P = 1\text{KN/m}^3 \times 2 = 2\text{KN/m}^3$

On suppose que deux personnes peuvent assurer l'entretien au-dessus de la couverture. Le calcul se fait selon la norme DIN 1045 comme la dalle est circulaire, elle sera étudiée comme un carrée dont le côté est égale au diamètre du cercle.

$$l_x = l_y = D_i + 2 \min \left(\frac{e}{3} + \frac{D_i}{40} \right) \text{ avec } l_x : \text{longueur de la travée dans le sens de } x ;$$

$$l_y : \text{longueur de la travée dans le sens de } y .$$

Comme $l_x/l_y = 1$, notre dalle porte deux directions ($l_x/l_y < 2$)

- Dans le sens de x :

$$h_x \geq \frac{\alpha \times l_x}{35} \quad (V.7)$$

Pour notre cas, $\alpha = 1$ car notre dalle est simplement appuyée

Avec α : coefficient qui est fonction des conditions aux appuis ;

$l_x = l_y$: porte de la dalle.

$$d = h_x + e + \frac{\phi_s}{2} \text{ avec } e : \text{enrobage ;}$$

d : épaisseur de la dalle ;

h_x : hauteur utile dans le sens de x ;

ϕ_s : diamètre des aciers.

V_r (m ³)	$l_x = l_y$	h_x calcul (m)	h_x adopté (cm)	e (cm)	ϕ_s (cm)	d (cm)
5	2,671	0,076	8	1,5	1	10
10	3,295	0,094	10	1,5	1	12
25	4,376	0,125	13	1,5	1	15

Tableau 18 : Calcul des épaisseurs des dalles de couverture

➤ **Charges permanentes des dalles :**

$g = \gamma_d \times d$ avec γ_d : poids volumique du béton ;

g : charge permanente par unité de surface.

V_r (m ³)	γ_d (KN/m ³)	d (m)	g (KN/m ²)
5	25	0,10	2,50
10	25	0,12	3,00
25	25	0,15	3,75

Tableau 19 : Calcul des charges permanentes des dalles de couverture

➤ **Charge d'exploitation ou surcharge :**

$P = 2 \text{ KN/m}^2$

Charge totale (q)

$q = g + p$

V_r (m ³)	g (KN/m ²)	P (KN/m ²)	q (KN/m ²)
5	2,50	2	4,50
10	3,00	2	5,00
25	3,75	2	5,75

Tableau 20 : Calcul des charges totales des dalles de couverture

Calcul des moments

$l_x/l_y = 1$ et notre dalle est sans armature de torsion

Donc, $f_x^0 = 20$ et $f_y^0 = 20$

Avec f_x^0 et f_y^0 les coefficients pour le calcul des moments pour le dimensionnement basé sur la méthode proposée par PIEPER et MARTENS.

$Mt_x = \frac{q \times l_x^2}{f_x^0}$ Avec Mt_x : Moment en travée dans le sens de x

$ms_x = \frac{Mt_x}{b \times h_x^2 \times f_{cu}}$; Pour B 25, $f_{cu} = 17500 \text{ KN/m}^2$

Avec : ms_x : Moment fléchissant réduit dans le sens de x ;

B 25 : classe du béton.

$V_r(\text{m}^3)$	$q(\text{KN/m}^2)$	$l_x(\text{m})$	f_x°	$M_{t_x}(\text{KNm/ml})$	$b(\text{m})$	$h_x(\text{m})$	$f_{cu}(\text{KN/m})$	ms_x
5	4,50	2,671	20	1,605	1	0,08	17500	0,014
10	5,00	3,295	20	2,714	1	0,10	17500	0,016
25	5,75	4,376	20	5,505	1	0,13	17500	0,019

Tableau 21 : Calcul des moments en travée et réduit dans le sens des x pour les dalles de couverture

$$ms_x < ms_1^* \longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} 0,014 < 0,193 \\ 0,016 < 0,193 \\ 0,019 < 0,193 \end{array} \right\} : \text{armature simple}$$

$\omega_2 = ?$ Détermination de la section des armatures (utilisation de la partie en annexes)

$$\left. \begin{array}{l} 0,004 \left\{ \begin{array}{l} 0,01 \longrightarrow 0,018 \\ 0,014 \longrightarrow \omega_2=? \\ 0,02 \longrightarrow 0,037 \end{array} \right. \\ 0,01 \end{array} \right\} = \frac{0,019 \times 0,004}{0,01} = 0,0076$$

$$\omega_2 = 0,018 + 0,0076 = 0,0256 \text{ (réservoirs de } 5\text{m}^3\text{)}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,006 \left\{ \begin{array}{l} 0,01 \longrightarrow 0,018 \\ 0,016 \longrightarrow \omega_2=? \\ 0,02 \longrightarrow 0,037 \end{array} \right. \\ 0,01 \end{array} \right\} = \frac{0,019 \times 0,006}{0,01} = 0,0114$$

$$\omega_2 = 0,018 + 0,0114 = 0,0294 \text{ (réservoir de } 10\text{m}^3\text{)}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,009 \left\{ \begin{array}{l} 0,01 \longrightarrow 0,018 \\ 0,019 \longrightarrow \omega_2=? \\ 0,02 \longrightarrow 0,037 \end{array} \right. \\ 0,01 \end{array} \right\} = \frac{0,019 \times 0,009}{0,01} = 0,0171$$

$$\omega_2 = 0,018 + 0,0171 = 0,0351 \text{ (réservoirs de } 25\text{m}^3\text{)}$$

$$as_x = \frac{\omega_2 \times b \times h_x}{f_e / f_{cu}} ; \text{ pour Bst 420, } f_e / f_{cu} = 24$$

Avec as_x : Section d'acier dans le sens de x ;

as_{eff} : Section d'acier effectif ;

ω_2 : pourcentage mécanique d'acier ;

ϕ : Diamètre d'acier ;

St : espacement maximal des aciers ;

Bst 420 : nuance de l'acier.

$V_r(m^3)$	ω_2	b(m)	$h_x(m)$	f_e/f_{cu}	$as_x(cm^2/ml)$	$\phi(mm)$	St(cm)	$as_{eff}(cm^2/ml)$
5	0,0256	1	0,08	24	0,853	6	32,0	0,885
10	0,0294	1	0,10	24	1,225	6	22,0	1,265
25	0,0351	1	0,13	24	1,901	6	14,5	1,950

Tableau 22 : Calcul des sections des armatures dans le sens des x pour les dalles de couverture

• Dans le sens de y :

$$Mt_y = \frac{q \times l_y^2}{f_y^0} \quad \text{avec } Mt_x = Mt_y$$

$$ms_y = \frac{Mt_y}{b \times h_y^2 \times f_{cu}} \quad \text{avec : } h_y = h_x - \frac{\phi s}{2} - \frac{\phi s}{2}$$

$V_r(m^3)$	$Mt_y(KNm/ml)$	b(m)	$h_y(m)$	$f_{cu}(KN/m)$	ms_y
5	1,605	1	0,07	17500	0,019
10	2,714	1	0,09	17500	0,019
25	5,505	1	0,12	17500	0,022

Tableau 23 : Calcul des moments réduits dans le sens des y pour des dalles de couverture

$$ms_x < ms^* \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 0,019 < 0,193 \\ 0,019 < 0,193 \\ 0,022 < 0,193 \end{array} \right\} : \text{ armature simple}$$

$$0,009 \left\{ \begin{array}{l} 0,01 \longrightarrow 0,018 \\ 0,019 \longrightarrow \omega_2=? \\ 0,02 \longrightarrow 0,037 \end{array} \right\} = \frac{0,019 \times 0,009}{0,01} = 0,0171$$

$$\omega_2 = 0,018 + 0,0171 = 0,0351 \text{ (réservoir de } 5m^3)$$

$$\omega_2 = 0,018 + 0,0171 = 0,0351 \text{ (réservoir de } 10\text{m}^3\text{)}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,002 \\ 0,01 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 0,20 \longrightarrow 0,037 \\ 0,022 \longrightarrow \omega_2=? \\ 0,03 \longrightarrow 0,055 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 0,002 \\ 0,01 \end{array}} \right\} = \frac{0,018 \times 0,002}{0,01} = 0,0036$$

$$\omega_2 = 0,037 + 0,0036 = 0,0406 \text{ (réservoir de } 25\text{m}^3\text{)}$$

$$a_{s_y} = \frac{\omega_2 \times b \times h_y}{f_e / f_{cu}}$$

$V_r(\text{m}^3)$	ω_2	$b(\text{m})$	$h_y(\text{m})$	f_e/f_{cu}	$a_{s_y}(\text{cm}^2/\text{ml})$	$\phi(\text{mm})$	$St(\text{cm})$	$a_{seff}(\text{cm}^2/\text{ml})$
5	0,0351	1	0,07	24	1,02	6	27,0	1,045
10	0,0351	1	0,09	24	1,32	6	20,0	1,410
25	0,0406	1	0,12	24	2,03	6	13,5	2,090

Tableau 24 : Calcul des sections des armatures dans le sens des y pour les dalles de couverture

V.4.2. Radiers

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

➤ Pour les charges permanentes (g), on a :

$$g = \gamma_b \cdot e_r + q_e \text{ avec } e_r : \text{ épaisseur du radier ;}$$

$$q_e : \text{ charge d'étanchéité.}$$

$\gamma_b (\text{KN/m}^3)$	$e_r (\text{m})$	$q_e (\text{KN/m}^2)$	$g (\text{KN/m}^2)$
25,00	0,30	0,70	8,20

Tableau 25 : Calcul des charges permanentes

➤ Pour les charges d'exploitation, on a :

❖ Poids de la dalle (Q_d)

$$Q_d = q \times S \quad \text{Avec } S = \frac{\pi \times D^2}{4} : \text{Section de la dalle ;}$$

q : charge total de la dalle ;

D : diamètre total de la dalle.

$V_r(m^3)$	π	$D(m)$	$S(m^2)$	$q(KN/m^2)$	$Q_d(KN)$
5	3,14	3,403	9,091	4,50	40,908
10	3,14	4,027	12,730	5,00	63,651
25	3,14	5,108	20,482	5,75	117,771

Tableau 26 : Calcul des poids des dalles de couverture

❖ Poids de la paroi (Q_p)

$$Q_p = \frac{\pi}{4} (D_e^2 - D_i^2) \times H \times \gamma_m \quad \text{Avec } D_e : \text{diamètre extérieur du réservoir ;}$$

D_i : diamètre intérieur du réservoir ;

H : Hauteur de la paroi ;

γ_m : poids volumique de la maçonnerie des moellons.

$V_r(m^3)$	π	$D_e(m)$	$D_i(m)$	$H(m)$	$\gamma_m(KN/m^3)$	$Q_p(KN)$
5	3,14	3,203	2,403	1,455	22,6	115,767
10	3,14	3,827	3,027	1,742	22,6	169,457
25	3,14	4,908	4,108	2,240	22,6	286,636

Tableau 27 : Calcul des poids des parois

❖ Poids de l'enduit des parois (Q_m)

$$Q_m = \pi \times D_i \times H \times q_{en} \quad \text{avec } D_i : \text{diamètre intérieur du réservoir ;}$$

q_{en} : charge de l'enduit d'étanchéité.

$V_r(m^3)$	π	$D_i(m)$	$H(m)$	$q_{en}(KN/m^2)$	$Q_m(KN)$
5	3,14	2,403	1,455	0,7	7,685
10	3,14	3,027	1,742	0,7	11,590
25	3,14	4,108	2,240	0,7	20,226

Tableau 28 : Calcul des poids d'enduit des parois

❖ Poids total (Q)

$$Q = Q_d + Q_p + Q_m$$

$V_r(m^3)$	$Q_d(KN)$	$Q_p(KN)$	$Q_m(KN)$	$Q(KN)$
5	40,908	115,767	7,685	164,360
10	63,651	169,457	11,590	244,698
25	117,771	286,636	20,226	424,633

Tableau 29 : Calcul des poids totaux

❖ Pression sous la paroi (P_p)

$$P_p = \frac{4Q}{\pi \times (De^2 - Di^2)}$$

$V_r(m^3)$	$Q(KN)$	$De(m)$	π	$Di(m)$	$P_p(KN/m^2)$
5	164,360	3,203	3,14	2,403	46,686
10	244,698	3,827	3,14	3,027	56,850
25	424,633	4,908	3,14	4,108	74,996

Tableau 30 : Calcul des pressions sous les parois

❖ Pression d'eau agissant sur le radier (P_e)

$$P_e = \gamma_e \times h \quad \text{avec } \gamma_e : \text{ poids volumique de l'eau ;}$$

$$h : \text{ hauteur de l'eau dans le réservoir.}$$

$V_r(m^3)$	$\gamma_e(KN/m^3)$	$h(m)$	$P_e(KN/m^2)$
5	10	1,455	14,55
10	10	1,742	17,42
25	10	2,240	22,40

Tableau 31 : Calcul des pressions de l'eau agissant sur les radiers

En comparant les pressions de l'eau sur le radier et les pressions sous paroi, on constate que $P_e < P_p$

Alors, nous allons utiliser les pressions sous la paroi pour le dimensionnement du radier.

La charge totale :

$$q = g + P_p \quad \longrightarrow \quad q = (8,2 + 46,686) \text{KN/m}^2 = 54,886 \text{KN/m}^2 \quad (\text{réservoirs de } 5\text{m}^3)$$

$$q = (8,2 + 56,850) \text{KN/m}^2 = 65,050 \text{KN/m}^2 \quad (\text{réservoirs de } 10\text{m}^3)$$

$$q = (8,2 + 74,996) \text{KN/m}^2 = 83,196 \text{KN/m}^2 \quad (\text{réservoirs de } 25\text{m}^3)$$

Calcul des moments

- Dans le sens de x

$$Mt_x = \frac{q \times l_x^2}{f_x^0} \quad \text{avec } l_x = l_y = D$$

$$ms_x = \frac{Mt_x}{b \times h_x^2 \times f_{cu}} \quad \text{avec } h_x = 0,3\text{m} - 0,05\text{m} = 0,25\text{m}$$

V _r (m)	q(KN/m ²)	l _x (m)	f _x ⁰	Mt _x (KNm/ml)	b(m)	h _x (m)	f _{cu} (KN/m)	ms _x
5	54,886	3,403	20	31,780	1	0,25	17500	0,029
10	65,050	4,027	20	52,745	1	0,25	17500	0,048
25	83,196	5,108	20	108,536	1	0,25	17500	0,099

Tableau 32 : Calcul des moments en travées et réduits dans le sens des x pour les radiers

$$ms_x < ms^* \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 0,029 < 0,193 \\ 0,048 < 0,193 \\ 0,099 < 0,193 \end{array} \right\} : \text{armature simple}$$

$$0,009 \left\{ \begin{array}{l} 0,02 \rightarrow 0,037 \\ 0,029 \rightarrow \omega_2 = ? \\ 0,03 \rightarrow 0,055 \end{array} \right\} = \frac{0,018 \times 0,009}{0,01} = 0,0162$$

0,018

$$\omega_2 = 0,037 + 0,0162 = 0,0532 \text{ (réservoir de } 5\text{m}^3)$$

$$0,008 \left\{ \begin{array}{l} 0,04 \rightarrow 0,075 \\ 0,048 \rightarrow \omega_2 = ? \\ 0,05 \rightarrow 0,094 \end{array} \right\} = \frac{0,019 \times 0,008}{0,01} = 0,0152$$

0,019

$$\omega_2 = 0,075 + 0,0152 = 0,0902 \text{ (réservoir de } 10\text{m}^3)$$

$$0,009 \left\{ \begin{array}{l} 0,09 \rightarrow 0,175 \\ 0,099 \rightarrow \omega_2 = ? \\ 0,10 \rightarrow 0,197 \end{array} \right\} = \frac{0,022 \times 0,009}{0,01} = 0,0198$$

0,022

$$\omega_2 = 0,175 + 0,0198 = 0,1948 \text{ (réservoir de } 25\text{m}^3\text{)}$$

$$as_x = \frac{\omega_2 \times b \times h_x}{f_e / f_{cu}}$$

$V_r(\text{m}^3)$	ω_2	$b(\text{m})$	$h_x(\text{m})$	f_e / f_{cu}	as_x	$\phi(\text{mm})$	$St(\text{cm})$	$aseff(\text{cm}^2/\text{ml})$
5	0,0532	1	0,25	24	5,542	12	20,0	5,650
10	0,0902	1	0,25	24	9,396	12	12,0	9,420
25	0,1948	1	0,25	24	20,292	18	12,5	20,360

Tableau 33 : Calcul des sections des armatures dans le sens des x pour les radiers

- Dans le sens de y :

$$Mt_y = \frac{q \times l_y^2}{f_y} \quad \text{avec } Mt_x = Mt_y$$

$$ms_y = \frac{Mt_y}{b \times h_y^2 \times f_{cu}} \quad \text{avec : } h_y = h_x - \frac{\phi_s}{2} - \frac{\phi}{2}$$

$V_r(\text{m}^3)$	$Mt_y(\text{KNm/ml})$	$b(\text{m})$	$h_y(\text{m})$	$f_{cu}(\text{KN/m})$	ms_y
5	31,780	1	0,24	17500	0,032
10	52,745	1	0,24	17500	0,052
25	108,536	1	0,24	17500	0,108

Tableau 34 : Calcul des moments en travées et réduits dans le sens des y pour les radiers

$$ms_x < ms^* \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 0,032 < 0,193 \\ 0,052 < 0,193 \\ 0,108 < 0,193 \end{array} \right\} : \text{armature simple}$$

$$0,002 \left[\begin{array}{l} 0,03 \longrightarrow 0,055 \\ 0,032 \longrightarrow \omega_2 = ? \\ 0,04 \longrightarrow 0,075 \end{array} \right] = \frac{0,020 \times 0,002}{0,01} = 0,0040$$

$$\omega_2 = 0,055 + 0,004 = 0,059 \text{ (réservoir de } 5\text{m}^3\text{)}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,002 \left\{ \begin{array}{l} 0,05 \longrightarrow 0,094 \\ 0,052 \longrightarrow \omega_2=? \\ 0,06 \longrightarrow 0,114 \end{array} \right. \\ 0,01 \end{array} \right\} 0,020 = \frac{0,020 \times 0,002}{0,01} = 0,0$$

$\omega_2 = 0,094 + 0,004 = 0,098$ (réservoir de 10m³)

$$\left. \begin{array}{l} 0,008 \left\{ \begin{array}{l} 0,10 \longrightarrow 0,197 \\ 0,108 \longrightarrow \omega_2=? \\ 0,11 \longrightarrow 0,218 \end{array} \right. \\ 0,01 \end{array} \right\} 0,021 = \frac{0,021 \times 0,008}{0,01} = 0,0168$$

$\omega_2 = 0,197 + 0,0168 = 0,2138$ (réservoir de 25m³)

$$a_{s_y} = \frac{\omega_2 \times b \times h_x}{f_e / f_{cu}}$$

V _r	ω ₂	b(m)	h _y (m)	f _e /f _{cu}	a _{s_y} (cm ² /ml)	φ(mm)	St(cm)	a _{seff} (cm ² /m)
5	0,0590	1	0,24	24	5,90	12	19,0	5,950
10	0,0980	1	0,24	24	9,80	12	11,5	9,840
25	0,2138	1	0,24	24	21,38	18	11,5	22,130

Tableau 35 : Calcul des sections des armatures dans le sens des y pour des radiers

Schéma type d'un réservoir de 5m³

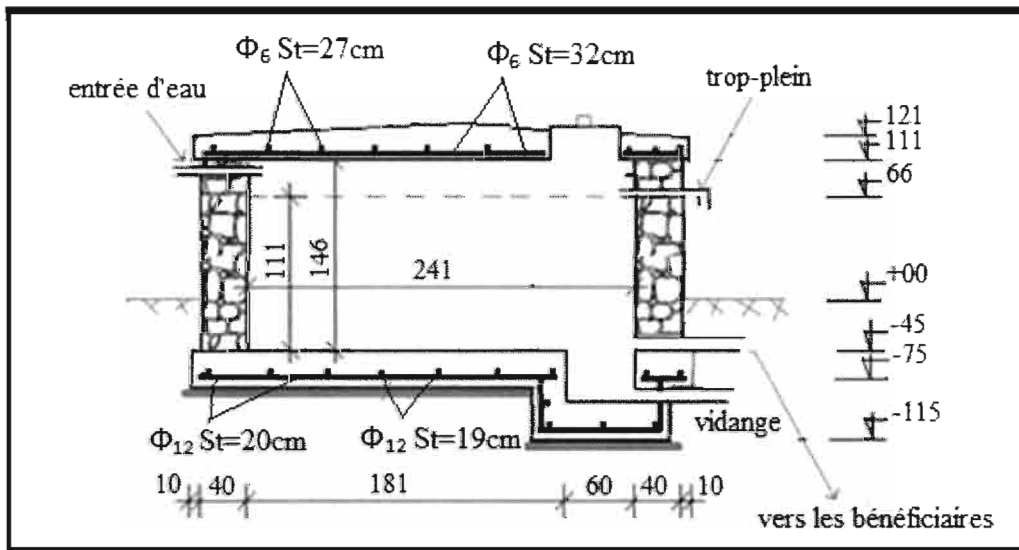


Figure 8 : Schéma type d'un réservoir de 5m³

V.5. Calculs hydrauliques des conduites

Dans l'étude de notre réseau, nous tenons à signaler les paramètres indispensables au calcul d'une conduite.

- **Le débit Q (m³/s) :**

C'est une donnée imposée par les consommateurs.

- **La vitesse d'écoulement V (m/s) :**

La vitesse V de l'eau dans la conduite reste acceptable, c'est-à-dire comprise, si possible entre 0,5m et 1,5m/s.

En effet, de faible vitesse favorisent la formation des dépôts et l'air s'achemine difficilement vers les points hauts.

Par ailleurs, de grande vitesse sont susceptible d'accroître l'importance du coup de bélier.

Le diamètre de la conduite D :

Seul le débit Q est connu, on choisit son diamètre D, on se réfère aux diamètres normalisés de façon à ce que la vitesse de l'eau reste dans une marge

acceptable, on est estimé à partir de la formule : $D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$ (V.8)

- **Les pertes de charge linéaires :**

Elles représentent l'énergie perdue par suite de la viscosité de l'eau et son frottement de l'eau contre les parois qui varie selon la nature du tuyau et la nature d'écoulement.

Ces pertes sont fonction du débit Q, de la vitesse V, du diamètre D, de la viscosité cinématique ($\nu = 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ pour l'eau à 25°C)

Selon Darcy-WEISBACH: $j = \frac{\lambda \times v^2}{2 \times g \times d}$ (V.9)

Avec j : pertes de charge unitaire ;

λ : Coefficient de perte de charge ;

g : accélération de la pesanteur.

Le coefficient de perte de charge λ est donné par certaines expressions selon la nature et le diamètre de la conduite D, le nombre de Reynolds Re et selon les auteurs.

$$Re = \frac{VxD}{\nu} \quad (\text{V.10})$$

Avec ν : viscosité cinématique en m^2/s

V : vitesse en m/s

$$1^\circ \text{ Pour Colebrook et White : } \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{V.11})$$

(Tous les types de tuyaux)

$$2^\circ \text{ Pour NIKURADSE : } \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,74 + 2 \log \left(\frac{D}{2\epsilon} \right) \quad (\text{V.12})$$

(Les tuyaux rugueux comme les tuyaux en acier, en fonte et en béton armé).

3° Pour BLASIUS :

$$\text{Si } Re < 2300 : \lambda = \frac{64}{Re} \quad (\text{V.13})$$

$$\text{Si } 2300 < Re < 10^5 : \lambda = \frac{0,316}{(Re)^{1/4}} \text{ (les tuyaux lisses «en PVC»)} \quad (\text{V.14})$$

$$\text{Si } Re > 10^5 : \lambda = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{K}{d} \right) \quad (\text{V.15})$$

Avec K : coefficient de rugosité absolue

Quant à la perte de charge totale J , elle s'exprime en multipliant la perte de charge unitaire j par la longueur de la conduite L .

$$J = j \times L = \Delta H \quad (\text{V.16})$$

• La pression au sol

La pression au sol en un point sera donnée par la différence entre la cote piézométrique et la cote du sol. En guise du théorème de BERNOULLI exprimant la loi de conservation de l'énergie. Ce théorème est appliqué entre deux sections d'une conduite quelconque 1 et 2. Si le débit Q reste constant, on a la relation suivante :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + J_{1-2} \quad (\text{V.17})$$

Avec Z : L'énergie potentielle ;

$\frac{P}{\gamma}$: Energie due à la pression ;

$\frac{V^2}{2g}$: Energie due à la vitesse (Energie cinématique) ;

J_{1-2} : Perte de charge totale engendrée dans le tronçon 1-2.

La somme de ces termes s'exprime en mètre de colonne d'eau :

- γ : poids volumique exprime en N/m^3 ;
- P : pression en N/m^2 ou Pascal ;
- g : accélération de la pesanteur en m/s^2 .

On a : $\frac{P}{\gamma} = \text{côte piézométrique} - z$

Interprétation géométrique de l'équation de BERNOULLI

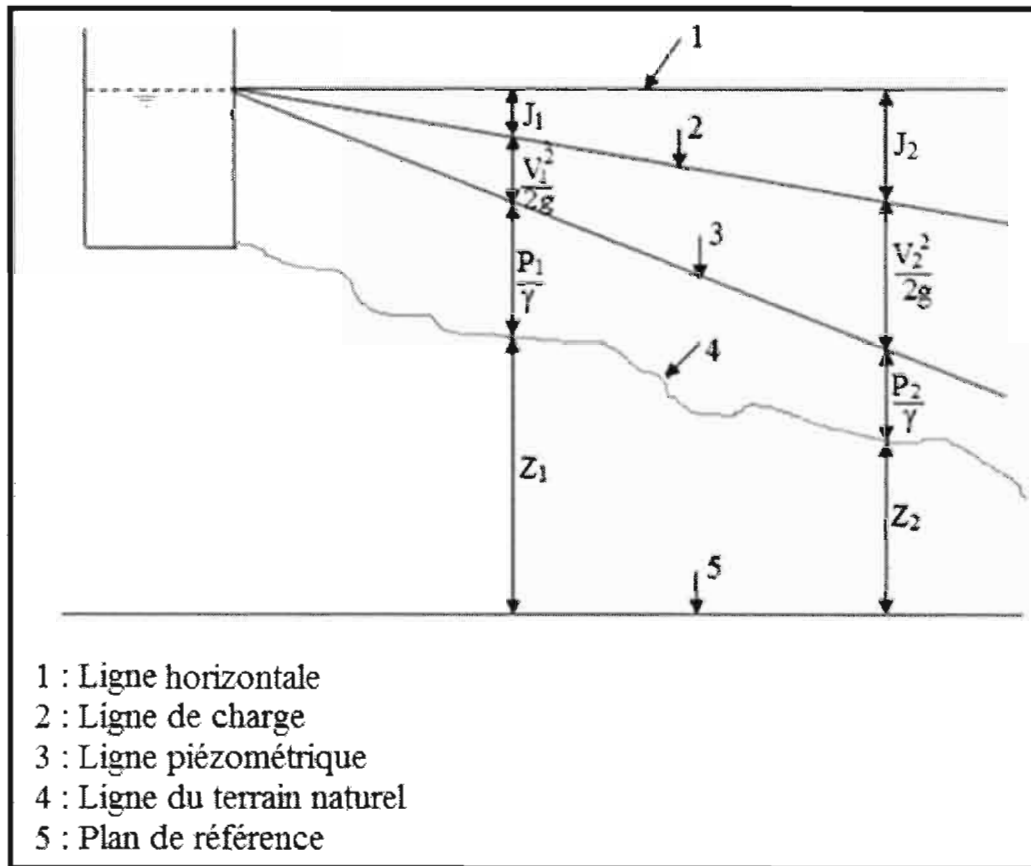


Figure 11 : Schéma illustratif de l'équation de BERNOULLI

La ligne piézométrique passe toujours au-dessus de la ligne du terrain naturel.

Dans les tableaux des calculs hydrauliques, on aura : $C_{p,i} = C_{p,i-1} - \Delta H$,

Où $C_{p,i}$: côte piézométrique au point i ;

i : numéro de l'extrémité d'un tronçon.

Calculs hydrauliques proprement dites

De la source vers la chambre de départ, nous proposons des conduites en PVC, en raison de leurs avantages, notamment :

- Le coût moins élevé ;
- Une surface lisse qui conditionne moins de perte de charge ;
- Une grande flexibilité qui facilite la pose ;
- Une grande résistance à la corrosion.

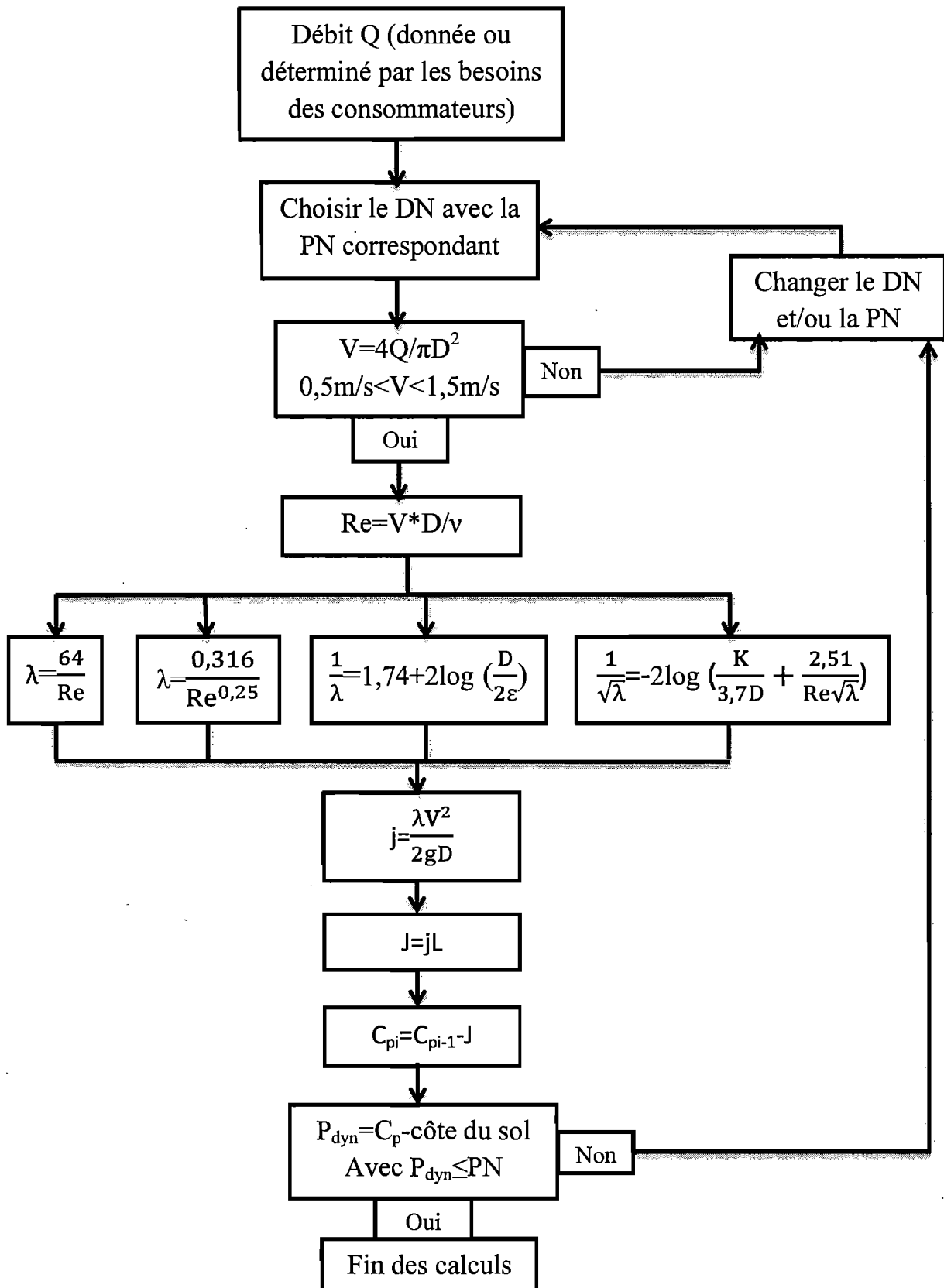
$$\text{Soit } D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

En adoptant une vitesse moyenne d'écoulement de 1m/s, on trouve :

source	Q (l/s)	D (mm) calcul	D (mm) adopté	V (m/s) effective	Type	PN (bar)	DE (mm)
	1,214	39,326	44,8	0,771	PVC	10	50

Tableau 36 : Calcul hydraulique de la source vers la chambre de départ

Schématiquement, les calculs hydrauliques sont menés de la façon suivante :



Tronçons	L	Q	V	Re	λ	conduite			perte de charge		Altitude		côte piézométrique		pression dynamique		PN
						type	De	Di	j	J	amont	aval	amont	aval	amont	aval	
							mm	mm	m/ml	m	m	m	m	m	m	mCE	
CD - 1	261,0	1,214	0,771	34520	0,0232	PVC	50	44,8	0,0157	4,0871	2200,0	2194,1	2200,00	2195,91	0,000	1,813	10
1 - 2	150,0	1,214	0,771	34520	0,0232	PVC	50	44,8	0,0157	2,3489	2194,1	2145,6	2195,91	2193,56	1,813	47,964	10
2 - CP1	45,0	1,214	0,771	34520	0,0232	PVC	50	44,8	0,0157	0,7047	2145,6	2140,6	2193,56	2192,86	47,964	52,259	10
CP1 - 4	55,0	1,214	0,771	34520	0,0232	PVC	50	44,8	0,0157	0,8613	2140,6	2144,5	2192,86	2192,00	52,259	47,498	10
4 - 5	100,0	1,214	0,771	34520	0,0232	PVC	50	44,8	0,0157	1,5660	2144,5	2143,3	2192,00	2190,43	47,498	47,132	10
5 - CVS1	85,6	1,214	0,771	34520	0,0232	PVC	50	44,8	0,0157	1,3405	2143,3	2138,9	2190,43	2189,09	47,132	50,192	10
CVS1 - 7	320,5	1,086	1,068	38443	0,0226	PVC	40	36,0	0,0364	11,6772	2138,9	2126,6	2189,09	2177,41	50,192	50,814	10
7 - 8	230,0	1,086	1,068	38443	0,0226	PVC	40	36,0	0,0364	8,3799	2126,6	2118,6	2177,41	2169,03	50,814	50,434	10
8 - 9	38,0	1,086	1,068	38443	0,0226	PVC	40	36,0	0,0364	1,3845	2118,6	2115,8	2169,03	2167,65	50,434	51,850	10
9 - CP2	380,0	1,086	1,068	38443	0,0226	PVC	40	36,0	0,0364	13,8451	2115,8	2084,8	2167,65	2153,80	51,850	69,005	10
CP2 - CV1	210,0	1,086	1,068	38443	0,0226	PVC	40	36,0	0,0364	7,6512	2084,8	2118,1	2153,80	2146,15	69,005	28,054	10
CV1 - CVS2	240,0	1,086	1,068	38443	0,0226	PVC	40	36,0	0,0364	8,7443	2118,1	2114,6	2146,15	2137,41	28,054	22,809	10
CVS2 - 13	226,0	0,455	0,807	21628	0,0261	PVC	32	26,8	0,0323	7,2938	2114,6	2109,5	2137,41	2130,12	22,809	20,616	16
13 - 14	80,0	0,455	0,807	21628	0,0261	PVC	32	26,8	0,0323	2,5819	2109,5	2102,5	2130,12	2127,53	20,616	25,034	16
14 - 15	300,0	0,455	0,807	21628	0,0261	PVC	32	26,8	0,0323	9,6820	2102,5	1999,5	2127,53	2117,85	25,034	118,352	16
15 - 16	230,0	0,455	0,807	21628	0,0261	PVC	32	26,8	0,0323	7,4229	1999,5	1995,1	2117,85	2110,43	118,352	115,329	16
16 - 17	420,0	0,455	0,807	21628	0,0261	PVC	32	26,8	0,0323	13,5549	1995,1	1985,1	2110,43	2096,87	115,329	111,774	16
17 - CVS3	245,0	0,455	0,807	21628	0,0261	PVC	32	26,8	0,0323	7,9070	1985,1	1980,5	2096,87	2088,97	111,774	108,467	16
CVS3 - 19	450,0	0,228	0,659	13831	0,0291	PVC	25	21,0	0,0307	13,8046	1980,5	1975,0	2088,97	2075,16	108,467	100,162	16
19 - CP3	400,0	0,228	0,659	13831	0,0291	PVC	25	21,0	0,0307	12,2707	1975,0	1956,1	2075,16	2062,89	100,162	106,792	16
CP3 - 21	300,0	0,228	0,659	13831	0,0291	PVC	25	21,0	0,0307	9,2030	1956,1	1961,2	2062,89	2053,69	106,792	92,489	16
21 - CV2	400,0	0,228	0,659	13831	0,0291	PVC	25	21,0	0,0307	12,2707	1961,2	1970,1	2053,69	2041,42	92,489	71,318	16
CV2 - 23	145,0	0,228	0,659	13831	0,0291	PVC	25	21,0	0,0307	4,4481	1970,1	1962,0	2041,42	2036,97	71,318	74,970	16
23 - 24	150,0	0,228	0,659	13831	0,0291	PVC	25	21,0	0,0307	4,6015	1962,0	1950,0	2036,97	2032,37	74,970	82,368	16
24 - CP4	300,0	0,228	0,659	13831	0,0291	PVC	25	21,0	0,0307	9,2030	1950,0	1941,0	2032,37	2023,17	82,368	82,165	16
CP4 - 26	200,0	0,228	0,659	13831	0,0291	PVC	25	21,0	0,0307	6,1354	1941,0	1947,1	2023,17	2017,03	82,165	69,930	16
26 - CV3	150,0	0,228	0,659	13831	0,0291	PVC	25	21,0	0,0307	4,6015	1947,1	1948,1	2017,03	2012,43	69,930	64,328	16
CV3 - 28	500,0	0,228	0,659	13831	0,0291	PVC	25	21,0	0,0307	15,3384	1948,1	1938,1	2012,43	1997,09	64,328	58,990	16
28 - R4	125,0	0,228	0,659	13831	0,0291	PVC	25	21,0	0,0307	3,8346	1938,1	1940,1	1997,09	1993,26	58,990	53,155	16

Tableau 37: Calculs hydrauliques

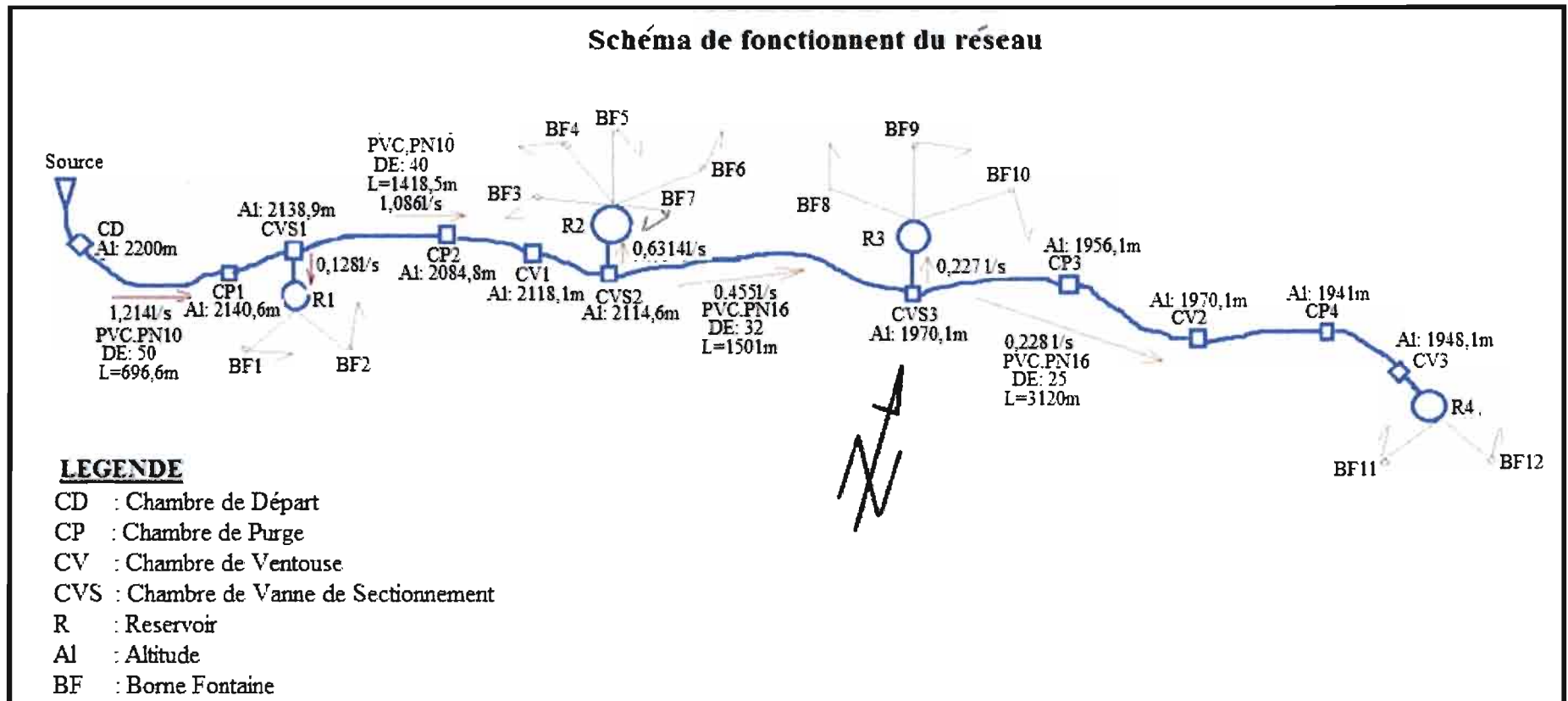


Figure 12: Schéma de fonctionnement du réseau

Chapitre VI : ESTIMATION DU COUT DU PROJET ET PLANNING DES TRAVAUX

VI.1. Généralités

Lors de l'étude d'un projet, il est nécessaire d'évaluer la quantité des matériaux qu'il faut mettre en œuvre, les matériels nécessaires, les travaux à exécuter ainsi que la main d'œuvre nécessaire en vue d'estimer le coût estimatif. Cette étude s'avère également nécessaire pour la réservation de l'enveloppe financière et la préparation de l'offre lors de la soumission.

VI.2. Quantification des travaux et des matériaux

VI.2.1. Captage

Désignation	L(m)	l(m)	h(m)	Quantité	Unité
Décapage	20,0	15,0	0,10	30,00	m ³
Fouille	4,0	2,5	2,50	25,00	m ³
Tuyau perforé en PVC	2,0	-	-	2,00	ml
Tuyau en PVC	4,0	-	-	4,00	ml
Gravier	4,0	2,5	0,70	7,00	m ³
Sable	4,0	2,5	0,30	3,00	m ³
Argile	4,0	2,5	0,30	3,00	m ³
Feuille plastique	4,2	2,7	-	11,34	m ³
Remblais	4,0	2,5	1,20	12,00	m ³
	en tenant compte du coefficient de 1,15			13,80	m ³
Barrage en moellon:	2,5	0,4	1,50	1,50	m ³
moellon (85%)				1,27	m ³
V mortier dosé à 300kg/m ³ (15%)				0,22	m ³
Enduit au barrage (400kg/m ³)	2,5	1,5	0,03	0,12	m ³
ciment				112,50	Kg
Sable				0,34	m ³
Fil barbelé (4 ranges)		13,0	-	248,00	ml
Piquets de clôture	18,0	13,0	-	31,00	piquets

Avec L: Longueur ;

l : largeur ;

e : épaisseur ;

Intervalle entre piquets =2m.

Récapitulatif des matériaux pour le captage

Matériaux	Unité	Quantité	Coefficient de sécurité	Quantité à commander
Décapage	m ³	30,00	-	30,00
Fouille	m ³	25,00	-	25,00
Argile	m ³	3,00	1,15	3,45
Sable	m ³	3,34	1,15	3,84
Gravier	m ³	7,00	1,15	8,05
Feuille plastique	m ²	11,34	1,15	13,04
Tuyau perforé	m	2,00	1,15	2,30
Moellons	m ³	1,27	1,15	1,47
Ciment	kg	112,50	1,10	123,75
Tuyau en PVC	m	4,00	1,15	5,00
Bouchon	pièces	1,00	1,00	1,00
Remblais	m ³	13,80	-	13,80
Fil barbelé	ml	248,00	1,15	286,00
Piquets de clôture	piquets	31,00	1,15	36,00

Tableau 38 : Récapitulatif des matériaux pour le captage

VI.2.2. Canalisation des conduites

Désignation	Formule	L(m)	h(m)	l(m)	V(m ³)
Décapage	$L \cdot l \cdot h$	6736,1	0,10	1,6	1077,776
Fouille de canalisation	$L \cdot l \cdot h$	6736,1	0,90	0,6	3637,494
V (sable+conduites)	$L \cdot l \cdot h$	6736,1	0,15	0,6	606,249
V remblai (Vr) = V fouille - (V sable + V conduites)					3031,245
En tenant compte du coefficient de 15% de V remblai					3485,932

Avec V : Volume

Les volumes occupés par les conduites et celle du sable sont:

	Formule	DE(m)	L(m)	π	V(m ³)
Vc ₁	$L \cdot \pi \cdot DE^2 / 4$	0,050	696,6	3,14	1,367
Vc ₂	$L \cdot \pi \cdot DE^2 / 4$	0,040	1418,5	3,14	1,782
Vc ₃	$L \cdot \pi \cdot DE^2 / 4$	0,032	1501,0	3,14	1,207
Vc ₄	$L \cdot \pi \cdot DE^2 / 4$	0,025	3120,0	3,14	1,531
Vc total	Vc ₁ +Vc ₂ +Vc ₃ +Vc ₄	-	-	-	5,886
V sable	V (sable + conduites) - Vc total				600,363

Avec Vc : Volume de la conduite

Pour les conduites,

L occupée(m)	Type des conduites	L(PVC) en m	N conduites de 6 m
696.6	PVC ϕ 50 PN10	6	116,10
1418.5	PVC ϕ 40 PN10	6	236,42
1501	PVC ϕ 32 PN16	6	250,17
3120	PVC ϕ 25 PN16	6	520,00

Récapitulatif des matériaux pour les canalisations des conduites

Matériaux	Unité	Quantité	Coefficient de sécurité	Quantités à commander
Décapage	m ³	1077,776	-	1077,776
Fouille	m ³	3637,494	-	3637,494
Sable	m ³	1206,612	1,15	1387,604
Tuyaux PVC φ25 PN16 de 6m	pièces	520,000	1,15	598,000
Tuyaux PVC φ32 PN16 de 6m	pièces	250,170	1,15	287,695
Tuyaux PVC φ40 PN10 de 6m	pièces	236,420	1,15	271,883
Tuyaux PVC φ50 PN10 de 6m	pièces	116,100	1,15	133,515
Remblais	m ³	2788,745	-	2788,745

Tableau 39 : Récapitulatif des matériaux pour les canalisations des conduites

VI.2.3. Réservoirs

❖ Réservoir de 5m³

Désignation	Formule	D(m)	π	h(m)	Quantité (m ³)
Décapage	$(\pi \cdot D^2 \cdot h)/4$	5,41	3,14	0,10	2,298
Fouille	$(\pi \cdot D^2 \cdot h)/4$	4,41	3,14	0,75	7,633
Béton de propreté (150kg/m ³)	$(\pi \cdot D^2 \cdot h)/4$	3,61	3,14	0,05	0,512
V radier (350kg/m ³)	$(\pi \cdot D^2 \cdot h)/4$	3,41	3,14	0,30	2,738
V dalles (350 kg/m ³)	$(\pi \cdot D^2 \cdot h)/4$	3,41	3,14	0,10	0,913

Avec un dosage donné, sable=0,4m³/m³ et gravier=0,8m³/m³ du béton, on a :

Dosage	V (m ³)	Ciment (kg)	Sable (m ³)	Graviers (m ³)
Béton de propreté (150kg/m ³)	0,512	76,726	0,205	0,409
V radier (350kg/m ³)	2,738	958,446	1,095	2,191
V dalles (350 kg/m ³)	0,913	319,484	0,365	0,730

Nous proposons un dosage de 300kg/m³ pour l'élévation des parois et de 400kg/m³ pour l'induit intérieur

	Formule	DI(m)	DE(m)	H(m)	Quantité	Unité
Maçonnerie de moellon:	$(SE-SI) \cdot H$	2,41	3,21	1,46	5,153	m ³
V moellon	V maçonneries*85%				4,380	m ³
V mortier	V maçonneries*15%				0,657	m ³
Ciment	V mortier*300				197,097	Kg
Sable	V mortier				0,657	m ³
V enduit	$DI \cdot \pi \cdot e \cdot H$	2,41	3,21	1,46	0,331	m ³
Ciment	V enduit*400				132,581	Kg
Sable	V enduit				0,331	m ³

Avec SE : Surface extérieure ;

SI : Surface intérieure ;

e : épaisseur d'enduit =0,03cm.

Pour le ferrailage, on a :

	St (m)	D (m)	n ϕ	L total (m)	n ϕ de 12m	m _{Acier} (kg)	fil a ligaturé en kg (5% des aciers)
Formule			D/St+1	n ϕ *D	L total/12	V* μ_v	m _{Acier} *5%
Radier n ϕ_{12}	19	3,41	19	64,79	6	57,492	2,875
	20	3,41	19	64,79	6	57,492	2,875
Dalle n ϕ_6	27	3,41	14	47,74	4	10,591	0,530
	32	3,41	12	40,92	4	9,965	0,498

Avec n ϕ_6 : n nombre, ϕ_6 diamètre d'acier =6 ;

m_{Acier} : masse d'acier ;

$\mu_v = 7850 \text{kg/m}^3$.

Pour le coffrage, on a :

- Le radier

	Formule	D(m)	l(m)	h(m)	Quantité	unité
S à coffrer	D* π *h	3,41	-	0,30	3,212	m ²
S d'une planche	L*I	3,50	0,15	-	0,525	m ²
N planche	S à coffrer/S d'une planche				6,119	pièce
Q clous	0,15kg/m ² de la surface à coffrer				0,482	kg

Avec S : Surface ;

N : nombre.

- La dalle de couverture

	L(m)	DE+0.2(m)	h(m)	Quantité	Unité	
S horizontales à coffrer	-	3,41		9,128	m ²	
S verticales à coffrer	-	3,41	0,10	1,071	m ²	
S totale à coffrer				10,199	m ²	
S d'une planche	3,50	-	0,15	0,525	m ²	
N planches	S à coffrer/S d'une planche				19,426	Pièces
Q clous	0,15kg/m ² de la surface à coffrer				1,530	Kg

Avec S : surface

❖ Deux réservoirs de 10m³

Désignation	Formule	D(m)	π	h(m)	Quantité (m ³)
Décapage	(π *D ² *h)/4*n	6,03	3,14	0,10	5,709
Fouille	(π *D ² *h)/4*n	5,03	3,14	0,75	11,450
Béton de propreté (150kg/m ³)	(π *D ² *h)/4*n	4,23	3,14	0,05	1,405
V radier (350kg/m ³)	(π *D ² *h)/4*n	4,03	3,14	0,30	7,649
V dalles (350 kg/m ³)	(π *D ² *h)/4*n	4,03	3,14	0,12	3,060

Avec un dosage donné, sable=0,4m³/m³ et gravier=0,8m³/m³ du béton, on a :

Dosage	V (m ³)	Ciment (kg)	Sable (m ³)	Gravier (m ³)
Béton de propreté (150kg/m ³)	1,405	210,689	0,562	1,124
V radier (350kg/m ³)	7,649	2677,312	3,060	6,120
V dalles (350 kg/m ³)	3,060	1070,927	1,224	2,448

Nous proposons un dosage de 300kg/m³ pour l'élévation des parois et de 400kg/m³ pour l'induit intérieur

	Formule	DI(m)	DE(m)	H(m)	Quantité	Unité
Maçonnerie de moellon	(SE-SI)*H*n	3,03	3,83	1,75	15,078	m ³
V moellon	V maçonneries*85%				12,817	m ³
V mortier	V maçonneries*15%				2,262	m ³
Ciment	V mortier*300				678,523	Kg
Sable	V mortier				2,262	m ³
V enduit	DI*π*e*H*n	3,03	3,83	1,75	0,999	m ³
Ciment	V enduit*400				39,596	Kg
Sable	V enduit				0,999	m ³

Pour le ferrailage, on a :

	St (cm)	D (m)	nφ	L total (m)	nφ de 12m	m _{Acier} (kg)	fil a ligaturé en kg (5% des aciers)
Formule			D/st+1	nφ*D	L total/12	V*μ _V	m _{Acier} *5%
Dalle nφ ₆	20,0	4,03	22	88,66	8	32,19	1,609
	22,0	4,03	20	80,60	7	31,29	1,565
Radier de nφ ₁₂	11,5	4,03	36	145,08	13	78,68	3,934
	12,0	4,03	35	141,05	12	71,29	3,576

Pour le coffrage, on a :

- Le radier

	Formule	D(m)	l (m)	h(m)	S(m ²)
S à coffrer	D*π*h*n	4,03	-	0,3	7,593
S d'une planche	L*l	3,50	0,15	-	0,525
N planche	S coffrer/S d'une planche = 14,462planches				
Q clous	0,15kg/m ² de la surface à coffrer = 1,139kg				

- La dalle de couverture

	L(m)	DE+0.2(m)	h(m)	Quantité	Unité
S horizontales à coffrer	-	4,03	-	25,498	m ²
S verticales à coffrer	-	4,03	0,12	3,037	m ²
S totale à coffrer	-	-	-	28,535	m ²
S d'une planche	3,5	-	0,15	0,525	m ²
N planche	S à coffrer/S d'une planche			54,352	Pièces
Q clous	0,15kg/m ² de la S à coffrer			4,280	Kg

❖ Réservoir de 25m³

Désignation	Formule	D(m)	π	h(m)	Quantité (m ³)
Décapage	$(\pi \cdot D^2 \cdot h)/4$	7,11	3,14	0,10	3,968
Fouille	$(\pi \cdot D^2 \cdot h)/4$	6,11	3,14	0,95	27,840
Béton propreté (150kg/m ³)	$(\pi \cdot D^2 \cdot h)/4$	5,31	3,14	0,05	1,107
V radier (350kg/m ³)	$(\pi \cdot D^2 \cdot h)/4$	5,11	3,14	0,30	6,149
V dalles (350kg/m ³)	$(\pi \cdot D^2 \cdot h)/4$	5,11	3,14	0,15	3,075

Avec un dosage donné, sable=0,4m³/m³ et gravier=0,8m³/m³ du béton, on a :

Dosage	Volume	Ciment (kg)	Sable (m ³)	Gravier (m ³)
Béton propreté (150kg/m ³)	1,107	166,005	0,443	0,885
V radier (350kg/m ³)	6,149	2152,290	2,460	4,920
V dalle(350kg/m ³)	3,075	1076,145	1,230	2,460

Nous proposons un dosage de 300kg/m³ pour l'élévation des parois et de 400kg/m³ pour l'induit intérieur

	Formule	DI(m)	DE(m)	H(m)	Quantité	Unité
Maçonnerie de moellon	$(SE-SI) \cdot H$	4,11	4,91	2,24	12,689	m ³
V moellon	V maçonneries*85%				10,785	m ³
V mortier	V maçonneries*15%				1,903	m ³
ciment	V mortier*300				570,988	kg
sable	V mortier				1,903	m ³
V enduit	$D \cdot \pi \cdot e \cdot H$	4,11	-	2,24	0,867	m ³
ciment	V enduit*400				346,897	kg
sable	V enduit				0,867	m ³

Avec e=0,03cm

Pour le ferrailage, on a :

	St (cm)	D(m)	n ϕ	L total (m)	n ϕ de 12m	m _{Acier} (kg)	fil a ligaturé en kg (5% des aciers)
Formule			D/st+1	n ϕ *D	L total/12	V* μ_V	m _{Acier} *5%
Radier n ϕ 18	11,5	5,11	46	235,06	20	469,314	23,466
	12,5	5,11	42	214,62	18	428,504	21,425
Dalle n ϕ 6	13,5	5,11	39	199,29	17	44,211	2,211
	14,5	5,11	37	189,07	16	41,943	2,097

Pour le coffrage, on a :

- Le radier

	Formule	Unité	D(m)	l(m)	h(m)	Quantité
S à coffrer	$D \cdot \pi \cdot h$	m ²	5,11	-	0,30	4,814
S d'une planche	L*1	m ²	3,50	0,15	-	0,525
N planche	S coffrer/S d'une planche =9,169planches					
Q. clous	0.15kg/m ² de la surface à coffrer=0,722kg					

- La dalle de couverture

	Formule	L(m)	DE+0.2(m)	h(m)	Quantité	Unité
S horizontales à coffrer	$\Pi \cdot D^2/4$	-	5,11		20,498	m ²
S Verticale à coffrer	$\Pi \cdot D \cdot h$	-	5,11	0,15	2,407	m ²
S totale à coffrer					22,905	m ²
S d'une planche	L*1	3,50	-	0,15	0,525	m ²
N des planches	S coffrer/S d'une planche				43,628	pièces
Q clous	0.15kg/m ² de la surface à coffrer				3,436	kg

Récapitulatif des matériaux pour les réservoirs

Matériaux	Unité	Quantité	coefficient de sécurité	Quantités à commander
Décapage	m ³	11,98	-	11,98
Fouille	m ³	66,73	-	66,73
Ciment	kg	11010,15	1,10	12111,17
Sable	m ³	17,57	1,15	20,21
Gravier	m ³	21,15	1,15	24,32
Moellons	m ³	27,88	1,15	32,06
Planches	pièces	151,00	1,15	174,00
Armature ϕ_6 de 12m	pièces	128,00	1,10	141,00
Armature ϕ_{12} de 12m	pièces	37,00	1,10	41,00
Armature ϕ_{18} de 12m	pièces	38,00	1,10	42,00
Clous	kg	11,59	1,20	13,91
Fil à ligaturer	kg	66,66	1,15	76,66
Tuyau en AG de 6m	pièces	8,00	-	8,00
Trapillon	pièces	4,00	-	4,00

Tableau 40 : Récapitulatif des matériaux pour les réservoirs

VI.2.4. Accessoire à la conduite❖ **Chambre de départ**

Désignation	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	V(m ³)
Décapage	L*1*h	3,40	2,60	0,20	1,768
Fouille	L*1*h	2,80	2,00	1,50	8,400

Pour le nombre des briques, on a :

Désignation	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	S (m ²)
S maçonnerie en m ²	(L*2+1*3)*H	2,40	1,60	1,65	15,840
N briques	170 briques/m ²	2692.8 pièces			

Nous proposons un dosage de 300kg/m³ pour l'élévation des parois et l'induit intérieur

Désignation	Formule	L(m)	l(m)	H(m)	V(m ³)
V (mortier+brique)	S maçonneries*e	-	-	0,20	3,168
V des briques	N brique*V briques	0,19	0,09	0,05	2,302
V du mortier	V (mortier + brique) - V des briques				0,866
V enduit intérieur	(L*2+l*4)*e*H	1,80	1,20	0,03	0,328
V total du mortier	V mortier de maçonnerie +V enduit intérieur				3,496
Q ciment en kg =V total du mortier*300kg = 1048,680kg					
V sable en m ³ = V total du mortier					3,496

Avec un dosage donné, sable=0,4m³/m³ et gravier=0,8m³/m³ du béton, on a :

Béton :	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	V(m ³)	Ciment (kg)	Gravier (m ³)	Sable (m ³)
dalle (350kg)	L*1*h	2,40	1,60	0,10	0,384	134,4	0,307	0,154
propreté (150kg/m ³)	L*1*h	2,50	1,70	0,05	0,213	31,9	0,170	0,085
radier (350kg/m ³)	L*1*h	2,40	1,60	0,15	0,576	201,6	0,461	0,230

Pour le coffrage, on a :

	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	S(m ²)
S à coffrer pour la dalle	(L*1)+(L+1)*2*h	2,40	1,60	0,10	4,64
S à coffrer pour le radier	(L+1)*2*h	2,40	1,60	0,15	1,20
S d'une planche	L*1	3,50	0,15	-	0,53
N planches = S à coffrer/S d'une planche = 11,12 planches					
Q de clous = 0,15kg/m ² = 0,88 kg					

Pour le ferrailage, nous proposons les aciers de ϕ_6 dans les deux sens, on a :

	Formule	L(m)	l(m)	St(m)	Quantité*2
N de ϕ_6 dans le sens de longueur	((L/St.)+1)	2,40	1,60	0,15	34,00
N de ϕ_6 dans le sens de largeur	((L/St.)+1)	2,40	1,60	0,15	23,33
L total des barres en m = (l*N ϕ_6 sens de L) + (L*N ϕ_6 sens de l) =110,40m					
N de longueur de 12m = L total/12 = 9,20pieces					
Fil à ligaturer = m _{Acier} *5% (en kg) =1,22kg					

Récapitulatif des matériaux pour la chambre de départ

Matériaux	Unité	Quantité	Coefficient de sécurité	Quantités à commander
Décapage	m ³	1,77	-	1,77
Fouille	m ³	8,40	-	8,40
Ciment	kg	1573,36	1,10	1730,69
Sable	m ³	4,14	1,15	4,77
Gravier	m ³	1,30	1,15	1,49
Briques	pièces	2692,80	1,15	3096,72
Planches	pièces	11,12	1,15	12,79
Armatures ϕ_6 de 12m	pièces	9,20	1,10	10,12
Fil à ligaturer	kg	1,22	1,15	1,40
Clous	kg	0,88	1,15	1,012

Tableau 41 : Récapitulatif des matériaux pour la chambre de départ

❖ Trois chambres de vannes de sectionnement

Désignation	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	V(m ³)
Décapage	$L*l*h*n$	2,60	2,40	0,20	3,744
Fouille	$L*l*h*n$	2,00	1,80	1,10	11,880

Pour le nombre des briques, on a :

Désignation	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	S(m ²)
S maçonnerie en m ²	$(L+l)*2*h*n$	1,60	1,40	1,30	23,400
N briques	170briques/m ²	3978 briques			

Nous proposons un dosage de 300kg/m³ pour l'élévation des parois et l'induit intérieur

	Formule	L(m)	L(m)	H(m)	V(m ³)
V (mortier +brique)	S maçonneries*H	-	-	0,20	4,680
V briques	N brique*V briques	0,19	0,09	0,05	3,401
V mortier	V (mortier +brique) - V briques				1,279
V enduit intérieur	$(L+l)*2*H*e*n$	1,20	1,00	1,30	0,458
V total mortier	V mortier de maçonnerie +V enduit intérieur				1,736
Q ciment en kg = V total mortier*300kg/m ³ = 520,923kg					
V sable en m ³ = V total mortier = 1,736m ³					

Avec e : épaisseur de l'enduit intérieur =0,03m

Avec un dosage donné, sable=0,4m³/m³ et gravier=0,8m³/m³ du béton, on a :

Béton :	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	V(m ³)	Ciment (kg)	Gravier (m ³)	Sable (m ³)
dalle (350kg/m ³)	L*I*h*n	1,6	1,4	0,10	0,672	235,20	0,538	0,269
Propreté (150kg/m ³)	L*I*h*n	1,7	1,5	0,05	0,382	57,37	0,306	0,153
Radier (350kg/m ³)	L*I*h*n	1,6	1,4	0,15	1,008	352,80	0,806	0,403

Pour le coffrage, on a :

	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	S(m ²)
S à coffrer pour la dalle	(L+1)*2*h*n	1,60	1,40	0,10	1,80
S à coffrer pour le radier	(L+1)*2*h*n	1,60	1,40	1,50	2,70
S d'l planche	L*I	3,50	0,15	-	0,53
N planches	S à coffrer/S d'une planche = 8,57 planches				
Q clous	0,15kg/m ² = 0,68kg				

Pour le ferrillage, nous proposons les aciers de ϕ_6 dans les deux sens, on a :

	Formule	L(m)	l(m)	St(m)	Quantité*2
N de ϕ_6 dans le sens de longueur	((L/St)+1)*n	1,60	-	0,15	70,00
N de ϕ_6 dans le sens de largeur	((l/St)+1)*n	-	1,40	-	62,00
L total des barres = (1*N ϕ_6 sens de L) + (L*N ϕ_6 sens de l)= 197,20m					
N de longueur de 12m= L total des barres/12=16,43pieces					
Fil à ligaturer en kg = m _{Acier} *5% = 2,19kg					

Récapitulatif des matériaux pour les chambres de vannes de sectionnement

Matériaux	Unité	Quantité	Coefficient de sécurité	Quantités à commander
Décapage	m ³	5,41	-	3,74
Fouille	m ³	25,17	-	11,88
Ciment	kg	1166,30	1,10	1282,93
Sable	m ³	2,56	1,15	2,95
Gravier	m ³	1,65	1,15	1,90
Briques	pièces	3978,00	1,15	4574,70
Planches	pièces	8,57	1,15	9,86
Armatures ϕ_6 de 12m	pièces	16,43	1,10	18,07
Fil à ligaturer	kg	2,19	1,15	2,52
Clous	kg	0,68	1,15	0,78

Tableau 42 : Récapitulatif des matériaux pour les chambres de vannes de sectionnement

❖ Trois chambres de ventouse

Désignation	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	V(m ³)
Décapage	$L \cdot l \cdot h \cdot n$	2,40	2,40	0,20	3,456
Fouille	$L \cdot l \cdot h \cdot n$	1,80	1,80	1,10	10,692

Pour le nombre des briques, on a :

Désignation	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	S(m ²)
S maçonnerie en m ²	$(L+l) \cdot h \cdot 2 \cdot n$	1,40	1,40	1,30	21,840
N briques	170 briques/m ²	3712,800briques			

Nous proposons un dosage de 300kg/m³ pour le mortier des parois et de l'induit intérieur

	Formule	L(m)	l(m)	H(m)	V(m ³)
V (mortier+brique)	S. maçonnerie*H	-	-	0,20	4,368
V briques	N briques*V briques	0,19	0,09	0,05	3,174
V mortier	V (mortier+brique) - V des briques				1,194
V enduit intérieur	$(L+l) \cdot 2 \cdot H \cdot e \cdot n$	1,00	1,00	1,30	0,312
V total mortier	V mortier de maçonnerie +V enduit intérieur				1,506
Q ciment en kg = V total du mortier*300kg/m ³ = 451,667kg					
V sable en m ³ = V total du mortier = 1,506m ³					

Avec un dosage donné, sable=0,4m³/m³ et gravier=0,8m³/m³ du béton, on a :

Béton :	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	V(m ³)	Ciment (kg)	Gravier (m ³)	Sable (m ³)
dalle (350kg/m ³)	$L \cdot l \cdot h \cdot n$	1,40	1,40	0,10	0,588	205,8	0,470	0,235
propreté (150kg /m ³)	$L \cdot l \cdot h \cdot n$	1,50	1,50	0,05	0,338	50,6	0,270	0,135
radier (350kg/m ³)	$L \cdot l \cdot h \cdot n$	1,40	1,40	0,15	0,882	308,7	0,706	0,353

Pour le coffrage, on a :

	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	S(m ²)
S à coffrer pour les dalles	$(L+l) \cdot 2 \cdot h \cdot n$	1,40	1,40	0,10	1,68
S à coffrer pour les radiers	$(L+l) \cdot 2 \cdot h \cdot n$	1,40	1,40	0,15	2,52
S d'une planche	$L \cdot l$	3,50	0,15	-	0,53
N planches	S à coffrer/S d'une planche = 8,00planches				
Q de clous	0,15kg/m ² = 0,63kg				

Pour le ferrailage, nous proposons un acier de ϕ_6 dans les deux sens

	Formule	L(m)	l(m)	St(m)	Quantité*2
N de ϕ_6 dans le sens de longueur	$((L/St)+1) \cdot n$	1,40	-	0,15	31,00
N de ϕ_6 dans le sens de largeur	$((l/St)+1) \cdot n$	-	1,40	0,15	31,00
L total des barres en m = $(l \cdot N_{\phi_6} \text{ sens de L}) + (L \cdot N_{\phi_6} \text{ sens de l}) = 86,80\text{m}$					
N de longueur de 12m = L total des barrer = 7,23pieces					
Fil à ligaturer en kg = $m_{\text{Acier}} \cdot 5\% = 1,93\text{kg}$					

Récapitulatif des matériaux pour les chambres de ventouse

Matériaux	Unité	Quantité	Coefficient de sécurité	Quantités à commander
Décapage	m ³	3,46	-	3,46
Fouille	m ³	10,69	-	10,69
Ciment	kg	1016,79	1,10	1118,47
Sable	m ³	2,23	1,15	2,56
Gravier	m ³	1,45	1,15	1,66
Briques	pièces	3712,80	1,15	4269,72
Planches	pièces	8,00	1,15	9,20
Armatures ϕ_6 de 12m	pièces	7,23	1,10	7,95
Fil à ligaturer	kg	1,93	1,15	2,22
Clous	kg	0,63	1,15	0,73

Tableau 43: Récapitulatif des matériaux pour les chambres de ventouse

❖ Quatre chambres de purge

Désignation	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	V(m ³)
Décapage	$L \cdot l \cdot h \cdot n$	2,40	2,40	0,20	4,608
Fouille	$L \cdot l \cdot h \cdot n$	1,80	1,80	1,20	10,368

Pour le nombre des briques, on a :

Désignation	Formule	L(m)	l(m)	H(m)	S(m ²)
S maçonnerie en m ²	$(L+l) \cdot 2 \cdot H \cdot n$	1,40	1,40	1,30	29,120
N briques	170 briques/m ²	4950,400briques			

Nous proposons un dosage de 300kg/m³ de mortier pour l'élévation des parois et l'induit intérieur

	Formule	L(m)	l(m)	H(m)	V(m ³)
V (mortier +brique)	S maçonneries*H	-	-	0,20	5,824
V des briques	N brique*V briques	0.19	0.09	0.05	4,233
V du mortier	V (mortier + brique) - V des briques				1,591
V enduit intérieur	$(L+l) \cdot 2 \cdot H \cdot e \cdot n$	1,00	1,00	1,30	0,416
V total mortier	V mortier de maçonnerie +V enduit intérieur				2,007
Q ciment en kg =V total du mortier*300kg = 602,222kg					
V sable en m ³ = V total mortier = 2,007m ³					

Avec un dosage donné, sable 0,4m³/m³ et gravier 0,8m³/m³ du béton, on a :

Béton :	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	V(m ³)	Ciment (m ³)	Gravier (m ³)	Sable (m ³)
dalle (350kg)	$L \cdot l \cdot h \cdot n$	1,40	1,40	0,10	0,784	274,4	0,627	0,314
propreté (150kg /m ³)	$L \cdot l \cdot h \cdot n$	1,50	1,50	0,05	0,450	67,5	0,360	0,180
Radier (350kg/m ³)	$L \cdot l \cdot h \cdot n$	1,40	1,40	0,15	1,176	411,6	0,914	0,470

Pour le coffrage, on a :

	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	S(m ²)
S à coffrer pour la dalle	$(L+l)*2*h*n$	1,40	1,40	0,10	2,24
S à coffrer pour le radier	$(L+l)*2*h*n$	1,40	1,40	0,15	3,36
S d'une planche	$L*1$	3,50	0,15	-	0,53
N planches	S à coffrer/S d'une planche = 10,67planches				
Q de clous	0,15kg/m ² = 0,84kg				

Pour le ferrailage, nous proposons les aciers de ϕ_6 dans les deux sens

	Formule	L(m)	l(m)	St(m)	Quantité*2
N de ϕ_6 dans le sens de longueur	$((L/St.)+1)*n$	1,40	1,40	0,15	82,67
N de ϕ_6 dans le sens de largeur	$((L/St.)+1)*n$	1,40	1,40	0,15	82,67
L total des barres en m = $(l*N \phi_6 \text{ sens de } L)+(L*N \phi_6 \text{ sens de } l) = 231,47\text{m}$					
N de longueur de 12m = L total des barres/12 = 19,29pieces					
Fil à ligaturer = $m_{\text{Acier}} * 5\%$ (en kg) = 2,57kg					

Récapitulatif des matériaux pour les chambres de purge

Matériaux	Unité	Quantité	Coefficient de sécurité	Quantités à commander
Décapage	m ³	4,61	-	4,61
Fouille	m ³	10,37	-	10,37
Ciment	kg	1355,72	1,10	1491,29
Sable	m ³	2,97	1,15	3,42
Gravier	m ³	1,93	1,15	2,22
Briques	pièces	4970,40	1,15	5715,96
Planches	pièces	10,67	1,15	12,27
Armatures ϕ_6 de 12m	pièces	19,29	1,10	21,22
Fil à ligaturer	kg	2,57	1,15	2,96
Clous	kg	2,02	1,15	2,32

Tableau 44 : Récapitulatif des matériaux pour les chambres de purge

❖ douze bornes fontaines

Désignation	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	V(m ³)
Décapage	$L*1*h*n$	3,50	2,00	0,20	16,80
Fouille	$L*1*h*n$	2,90	1,40	0,75	36,54

Pour le nombre des briques, on a :

	Formule	L(m)	l(m)	H(m)	S (m ²)
S maçonnerie	$(L+l)*2*H*n$	1,00	1,00	0,60	28,80
N briques	170 briques/m ² = 4896 briques				

Nous proposons un dosage de 300kg/m³ de mortier pour l'élévation des parois et l'induit intérieur

	Formule	L(m)	l(m)	H(m)	V(m ³)
V (mortier +brique)	S. maçonnerie*H	-	-	0,20	5,760
V briques	N brique*V briques	0,19	0,09	0,05	4,186
V mortier	V (mortier +brique) - V briques				1,574
V enduit intérieur	(L+l)*2*H*e*n	0,60	0,70	0,20	0,403
V total mortier	V mortier de maçonnerie +V enduit intérieur				1,977
Q ciment en kg =Q total mortier*300kg/m ³ =593,136kg					
V sable en m ³ = V total mortier=1,977m ³					

Avec un dosage donné, sable 0,4m³/m³ et gravier 0,8m³/m³ du béton, on a :

Béton:	Formule	L (m)	L (m)	h (m)	V (m ³)	Ciment (kg)	Gravier (m ³)	Sable (m ³)
dalle pour les regards (350kg)	L*1*h*n	1,00	1,00	0,10	1,200	420,00	0,960	0,480
propreté pour les regards (150kg /m ³)	L*1*h*n	1,20	1,20	0,05	0,864	129,60	0,691	0,346
radier pour les regards (350kg/m ³)	L*1*h*n	1,00	1,00	0,10	1,200	420,00	0,960	0,480
propreté pour les robinets (150kg /m ³)	L*1*h*n	1,60	1,60	0,05	1,536	230,40	1,229	0,614
radier pour les robinets (350kg/m ³)	L*1*h*n	1,40	1,40	0,15	3,528	1234,80	2,822	1,411
Pilier 350kg/m ³	S*h*n	0,30	-	1,00	0,933	326,40	0,746	0,373

Pour le coffrage, on a :

	Formule	L(m)	l(m)	h(m)	S(m ²)
S à coffrer pour la plateforme	(L+l)*2*h*n	1,40	1,40	0,15	10,08
S à coffrer pour le pilier de robinet	D*π*h*n	-	0,20	1,10	8,29
S à coffrer pour le couvercle du regard	(L+l)*2*h*n	1,00	1,00	0,10	4,80
S à coffrer pour le radier du regard	(L+l)*2*h*n	1,00	1,00	0,10	4,80
S d'une planche	L*l	3,50	0,15	-	0,53
N planches =S à coffrer/S d'une planche=53,28planches					
Q de clous = 0,15kg*S à coffrer=4,20kg					

Pour le ferrailage, nous proposons les aciers de φ₆ dans les deux sens

	Formule	L(m)	l(m)	St(m)	Quantité
N de φ ₆ pour la plateforme	((L/St)+1)*2*n	1,40	1,40	0,15	248,00
N de φ ₆ pour le couvercle du regard	((L/St)+1)*2*n	1,00	1,00	0,15	184,00
N de φ ₆ pour le radier du regard	((L/St)+1)*2*n	1,00	1,00	0,15	184,00
L total des barres de 12m =715,20m					
N barres de longueur de 12m =59,60 pièces					
Fil à ligaturer = m _{Acier} *5% =7,94kg, avec m _{Acier} = V acier*7850kg/m ³					

Il y a 12 piliers de robinet.

Prenons forfaitairement pour chaque pilier :

- 4 aciers ϕ_6 de $H=h + \text{encrage}=1,65\text{m}$;
- Espacement entre les Aciers= $0,15\text{m}$;
- le diamètre du pilier $D=0,30\text{m}$.

L total des barres= $H*4*12=79,2\text{m}$

	Formule	L étrier (m)	h(m)	St(m)	N étriers
N étriers	$(h/St)*n$	1,1	1,55	0,15	88,00
L totale des étriers = L étrier*N étrier = 96,80m					
Fil à ligaturer = $m_{\text{Acier}}*5\% = (3,14*\phi^2/4*L \text{ total}*7850\text{kg/m}^3*0,05) = 1,07\text{kg}$					

Récapitulatif des matériaux pour les bornes fontaines

Matériaux	Unité	Quantité	Coefficient de sécurité	Quantités à commander
Décapage	m ³	16,80	-	16,80
Fouille	m ³	36,24	-	36,24
Ciment	kg	3173,00	1,10	3490,30
Sable	m ³	5,47	1,15	6,29
Gravier	m ³	6,99	1,15	8,04
Planches	pièces	53,28	1,15	61,27
Armatures ϕ_6 de 12m	pièces	59,60	1,10	65,56
Clous	kg	4,20	1,15	4,82
Briques	pièces	4896,00	1,15	5630,40
Fil à ligaturer	kg	9,01	1,15	10,36
robinets vanne	pièces	12,00	1,20	14,40
vanne	pièces	12,00	1,20	14,40

Tableau 45 : Récapitulatif des matériaux pour les bornes fontaines

VI.3. Devis quantitatif et estimatif

Nº	Désignation des ouvrages et des matériaux	Unité	Q	PU	PT
0	Installation des travaux	FF			1000000
Situation Total 0					1000000
1	Captage de la source				
	Décapage	m ³	30	2000	60000
	Fouille	m ³	25	5000	125000
	Argile	m ³	3,45	10000	34500
	Sable	m ³	3,84	15000	57600
	Gravier	m ³	8,05	20000	161000
	Tuyau perforé	m ³	1,00	45000	45000
	Moellon	m ³	1,47	15000	22050
	Ciment	sacs	3,00	28000	84000
	Feuille plastique	m ²	13,04	5500	71720
	Tuyau en PVC	pièces de 6m	2,00	30000	60000
	Remblais de terre naturelle	m ³	14,95	2000	29900
	Fil barbelé	ml	288	2000	576000
	Piquet métallique	pièces de 6m	6	30000	180000
	Engazonnement	m ²	234	500	117000
Situation total 1					1506770
2	Réservoirs				
	Décapage	m ³	11,98	2000	23960
	Fouille	m ³	78,55	5000	392750
	Ciment	sacs	251,00	28000	6804000
	Sable	m ³	20,71	15000	303150
	Gravier	m ³	25,33	20000	486400
	Moellon	m ³	32,06	15000	480900
	Planches de 3.5×0.15m	pièces	174,00	3500	609000
	Perche de coffrage	pièces	40,00	2000	80000
	Armatures: ϕ_6	pièces de 12m	141,00	15000	2115000
	ϕ_{12}	pièces de 12m	41,00	25000	1025000
	ϕ_{18}	pièces de 12m	42,00	35000	1470000
	Clous	kg	13,91	3500	48685
	Fil à ligaturer	kg	76,66	4000	306640
	Trapillon de 50*50	pièces	4,00	50000	200000
Situation total 2					14265485
3	Chambre de départ				
	Décapage	m ³	1,77	2000	3540
	Fouille	m ³	8,4	5000	42000
	Ciment	sacs	35	28000	980000
	Sable	m ³	4,77	15000	71550
	Gravier	m ³	1,49	20000	29800
	Briques Cuites	pièces	3097	30	92910
	Planches de 3.5×0.15m	pièces	12,79	3500	44765
	Perche de coffrage	pièces	10	2000	20000

	Armatures ϕ_6	pièces de 12m	11	15000	165000
	Clous	kg	1,012	3500	3542
	Fil à ligature	kg	1,40	4000	5600
	Trapillon de 50*50	pièces	1	50000	50000
	Situation total 3				1488707
4	Chambres des vannes de sectionnement				
	Décapage	m ³	3,74	2000	7480
	Fouille	m ³	11,88	5000	59400
	Ciment	sacs	26	28000	728000
	Sable	m ³	2,95	15000	44250
	Gravier	m ³	1,9	25000	47500
	Briques Cuites	pièces	4575	30	137250
	Planches de 3.5×0.15m	pièces	10	3500	35000
	Armatures ϕ_6	pièces de 12m	19	15000	285000
	Clous	kg	0,782	3500	2737
	Fil à ligaturer	kg	2,52	4000	10080
	Trapillon de 50*50	pièces	1	50000	50000
	Situation total 4				1406697
5	Chambre des ventouses				
	Décapage	m ³	3,46	2000	6920
	Fouille	m ³	10,69	5000	53450
	Ciment	kg	23	28000	644000
	Sable	m ³	2,56	15000	38400
	Gravier	m ³	1,66	25000	41500
	Briques Cuites	pièces	4270	30	128100
	Planches de 3.5×0.15m	pièces	10	3500	35000
	Armatures ϕ_6	pièces de 12m	8	15000	120000
	Clous	kg	0,73	3500	2555
	Fil à ligaturer	kg	2,22	4000	8880
	Trapillon de 50*50	pièces	1	50000	50000
	Situation total 5				1128805
6	Chambres des purges				
	Décapage	m ³	4,61	2000	9220
	Fouille	m ³	10,37	5000	51850
	Ciment	sacs	30	28000	840000
	Sable	m ³	3,42	15000	51300
	Gravier	m ³	2,22	25000	55500
	Briques Cuites	pièces	5715,96	30	171478,8
	Planches de 3.5×0.15m	pièces	12,27	3500	42945
	Armatures ϕ_6	pièces de 12m	22	15000	330000
	Clous	kg	0,84	3500	2940
	Fil à ligaturer	kg	2,96	4000	11840
	Trapillon de 50*50	pièces	1	50000	50000
	Situation total 6				1617073,8
8	Bornes fontaines				
	Décapage	m ³	16,8	2000	33600
	Fouille	m ³	36,24	5000	181200
	Ciment	sacs	70	28000	1960000

Sable	m ³	6,29	15000	94350
Gravier	m ³	8,04	25000	201000
Briques Cuites	pièces	4896	30	146880
Planches de 3.5×0.15ml	pièces	62	3500	217000
Armatures ϕ_6	pièces de 12m	66	15000	990000
Clous	kg	4,82	3500	16870
Fil à ligaturer	kg	10,36	4000	41440
Situation total 8				3882340
9 Conduites de canalisation				
Décapage	m ³	1077,78	2000	2155560
Fouille	m ³	3637,49	5000	18187470
Sable	m ³	600,37	15000	9005550
Tuyaux PCV ϕ 50 PN10 de 6m	pièces	598	30000	17940000
Tuyaux PVC ϕ 40 PN10 de 6m	pièces	288	25000	7200000
Tuyaux PVC ϕ 32 PN16 de 6m	pièces	272	20000	5440000
Tuyaux PVC ϕ 25 PN16 de 6m	pièces	134	15000	2010000
Accessoire des tuyauteries et de robinetteries	FF	-	-	10000000
Remblais	m ³	3485,94	2000	6971880
Situation total 9				78910460
Total				105206338
Main d'œuvre (30%)				31561902
Imprévus (10%)				10520634
Total hors TVA				147288873
TVA (18%)				26511998
Total général				173800870

Nous disons une somme de cent soixante-treize millions huit cent mille huit cent septante francs Burundais.

VI.4. Planning des travaux

VI.4.1. Généralités

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 donc à :

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

VI.4.2. Planification des tâches

Désignation de l'activité	U	Q	TEM h/U	T/ouvrier (semaine de 45h)	Nombre des ouvriers	Durée des activités (semaine)
Installation de chantier	FF				10	1
Décapage de la terre végétale	m ³	1152,60	3,5	89,65	45	2
Fouille de canalisation et d'ouvrage de GC	m ³	3835,13	3,6	306,81	77	4
Mise en place du lit de sable pour enrobage	m ³	600,37	2,5	33,35	9	4
Pose de conduites	ml	6738,10	0,5	74,87	19	4
Remblayage et étalage	m ³	3500,89	5,5	427,89	107	4
Maçonnerie en moellon	m ³	34,42	20,0	15,30	6	3
Maçonnerie en briques	m ³	25,26	15,0	8,42	3	3
Coffrage	m ²	116,81	1,4	3,63	2	3
Ferraillage	kg	2286,75	0,3	15,25	6	3
Coulage et mise en œuvre du béton	m ³	44,36	18,0	17,74	6	3
Nettoyage et repliement	FF				6	1,5

Tableau 46 : Planification des tâches

VI.4.3. Planning des travaux : Graphique de Gantt

Activités	Mois											
	1				2				3			
Semaine	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
0. Installation du chantier	■											
1. Décapage		■	■	■								
2. Fouille			■	■	■	■						
3. Mise en place du lit de sable pour enrobage				■	■	■	■					
4. Pose des conduites				■	■	■	■					
5. Remblayage et étalage				■	■	■	■					
6. Maçonnerie en moellon					■	■	■	■				
7. Maçonnerie en brique						■	■	■	■			
8. Coffrage					■	■			■	■		
9. Ferrailage					■	■			■	■		
10. Bétonnage					■	■			■	■		
11. Nettoyage et repliement											■	■

Figure 13 : Graphique de Gantt (Planning des activités)

Chapitre VII : CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

VII.1. Conclusion générale

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

Le présent projet de fin d'études vise à apporter une contribution pour remédier à la carence d'eau potable qui se manifeste constamment dans la commune MURAMVYA de la province MURAMVYA. Nous nous sommes intéressés à la qualité et à la quantité d'eau à produire, le système de captage, le lieu de stockage et le mode de transport afin de mettre l'eau à la disposition des bénéficiaires.

Compte tenu du temps limité, nous invitons d'autres chercheurs de pouvoir identifier d'autres sources en vue d'alimenter d'autres collines de MURAMVYA qui ne sont pas encore alimentées.

VII.2. Recommandation

Au terme de ce travail, les recommandations sont d'une importance capitale. Nous connaissons que tout ouvrage non entretenu se détériore très rapidement et qu'un réseau d'alimentation non entretenu est dangereux pour la vie des bénéficiaires, même si l'eau se présente en permanence dans les robinets.

De ce fait, nous recommandons ce qui suit :

a) Au gouvernement :

- D'engager et former le 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 ;
 - De dépanner le réseau à temps en cas de panne ;
 - D'entretenir notamment les différents appareils du réseau (réservoirs, conduites, vannes, etc.)

b) A la Régie Communale de l'Eau (RCE) et à la population :

- De sensibiliser les bénéficiaires à la prise de conscience sur la bonne gestion des infrastructures reçues ;
- D'en assurer la protection, l'entretien et la réparation éventuelle.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

I. Ouvrages généraux

1. WAGNER, E.G : Approvisionnement en eau des zones rurales et des petites agglomérations, Genève, 1961
2. DUPONT A. : Hydraulique urbaine, Seyroles, Paris, 1981
Tome I : Captage et traitement des eaux
Tome II : Ouvrages de transport, élévation et distribution des eaux

II. Mémoires

1. **GIHAYI Evrard et NYAMBERE Evariste** : Etude d'alimentation en eau potable du centre MAYANGE en commune KAYOGORO province MAKAMBA. Projet de fin d'étude, Université du Burundi 2009.
2. **NDAYISHIMIYE Jean Bosco et NIYIBIGIRA Alexandre** : Projet d'addiction en eau potable en milieu rural : cas du réseau KIRIBA-MUBUGA en commune MBUYE, province MURAMVYA. Projet de fin d'étude, Université du Burundi 2013.
3. **ABUMUTIMA Jule Bonfils et HARERIMANA Hermenegilde** : Projet d'alimentation en eau potable en milieu rural : cas du réseau KIGABIRO-MUSENYI-NYAMUHANGA en commune SONGA province BURURI. Projet de fin d'étude, Université du Burundi 2013.

ANNEXES

ANNEXE 1

Tableau des diamètres normalisés des conduites

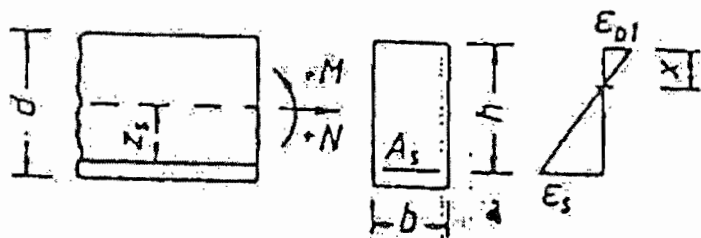
AG	PVC		
	DE (mm)	PN (N/mm ²)	DI (mm)
-	20	16	16
-	25	16	21
1"	32	16	26.8
1"1/4	40	16	33.6
		10	36
1"1/2	50	16	42
		10	44.8
2"	63	16	53
		10	56.6
		6	58.4
2"1/2	75	16	63.2
		10	67.4
		6	69.8
3"	90	16	75.8
		10	80.8
		6	83.6
4"	110	16	92.4
		10	98.8
		6	102.8

ANNEXE 3

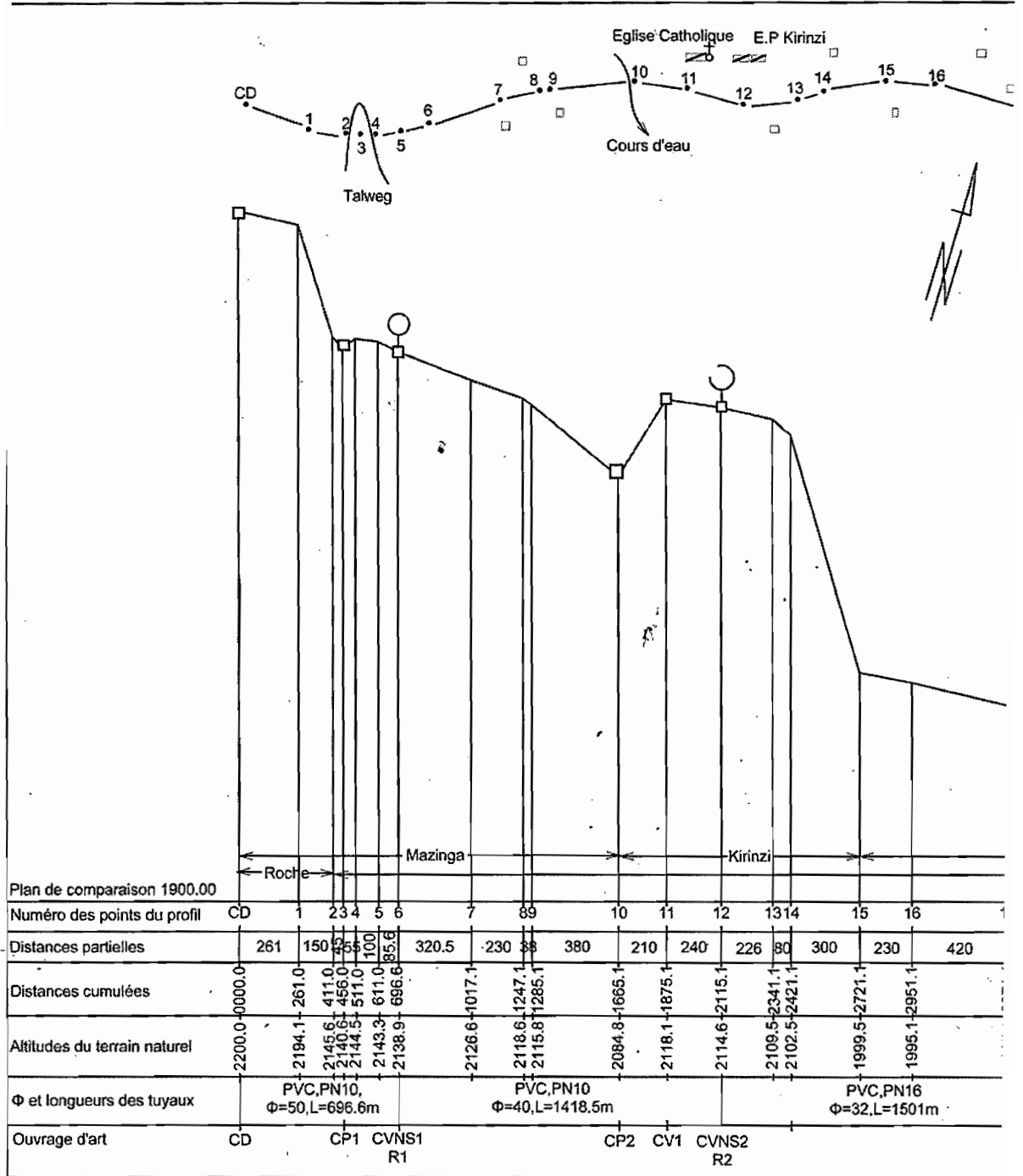
4 Sections des barres (en cm^2/m) en fonction de l'écartement, pour 1 m de largeur de dalle												
écartement s (cm)	diamètre (mm)											nombre de barres par m
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	
6.0	4.71	8.38	13.09	18.85	25.66	33.52	42.41	52.36	63.36	81.83	102.67	16.7
6.5	4.35	7.73	12.08	17.40	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	13.39	17.49	22.13	27.31	33.05	42.70	53.57	8.7
12.0	2.36	4.19	6.54	9.42	12.83	16.76	21.21	26.17	31.67	40.92	51.33	8.3
12.5	2.26	4.02	6.28	9.05	12.32	16.09	20.36	25.13	30.41	39.28	49.28	8.0
13.0	2.17	3.87	6.04	8.70	11.84	15.47	19.58	24.16	29.24	37.77	47.38	7.7
13.5	2.09	3.72	5.82	8.38	11.40	14.90	18.85	23.27	28.16	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	6.8
15.0	1.89	3.35	5.24	7.54	10.26	13.41	16.97	20.94	25.34	32.73	41.07	6.7
15.5	1.82	3.24	5.07	7.30	9.93	12.97	16.42	20.27	24.52	31.68	39.74	6.5
16.0	1.77	3.14	4.91	7.07	9.62	12.57	15.90	19.64	23.76	30.69	38.50	6.3
16.5	1.71	3.05	4.76	6.85	9.33	12.19	15.42	19.04	23.04	29.76	37.33	6.1
17.0	1.66	2.96	4.62	6.65	9.05	11.83	14.97	18.48	22.36	28.88	36.24	5.9
17.5	1.62	2.87	4.49	6.46	8.79	11.49	14.54	17.95	21.72	28.06	35.20	5.7
18.0	1.57	2.79	4.36	6.28	8.55	11.17	14.14	17.46	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

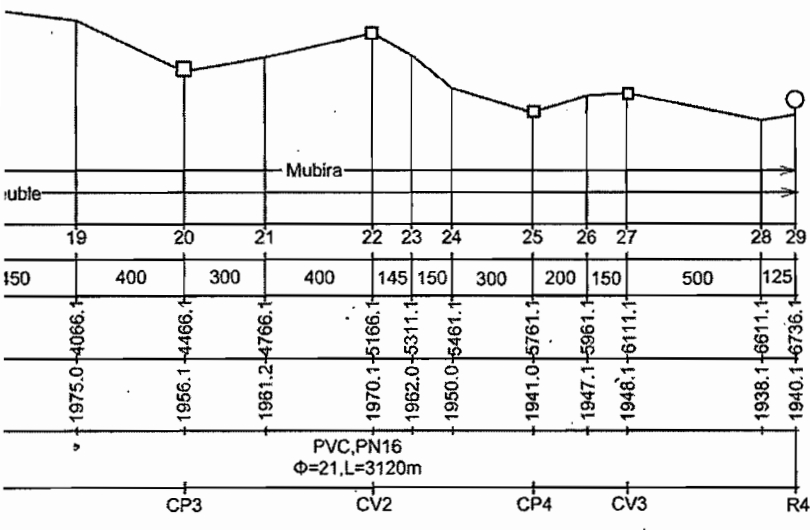
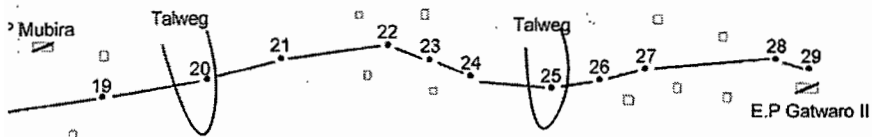
ANNEXE 4

sans armatures comprimées:



m_s	ω_2	k_x	k_z	$-\epsilon_b$ [‰]	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	3,50	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





REPUBLIQUE DU BURUNDI UNIVERSITE DU BURUNDI INSTITUT TECHNIQUE SUPERIEUR(ITS) DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL	
PROJET D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE MUBIRA Commune Muramvya Province Muramvya	
Source Rutabira	Débit : 1.6 l/s
PROFIL EN LONG & PLAN DE SITUATION	
Echelles 1/2000 1/20000	DATE Novembre 2014