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

Etude sur l'amélioration et stabilisation du système d'alimentation en eau potable des transversales T1, T2, T3, T4 de la commune Rugombo en province Cibitoke

Barutwanayo, Zéphyrin; Ndikumana, Alexandre; Sous la Direction de : Ir M.Sc Cyprien Ntawembarira; Ir Déogratias Kavyandari

2005-08
UB, ITS
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2308

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

UNIVERSITE DU BURUNDI

INSTITUT TECHNIQUE SUPERIEUR «ITS »

DEPARTEMENT DU GENIE CIVIL

ETUDE SUR L'AMELIORATION ET STABILISATION DU SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES TRANSVERSALES T1, T2,T3, T4 DE LA COMMUNE RUGOMBO EN PROVINCE CIBITOKE.

Par :
BARUTWANAYO Zéphyrin
NDIKUMANA Alexandre

Sous la Direction de :

Ir M.sc Cyprien NTAWEMBARIRA
Ir Déogratias KAVYANDARI

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

Bujumbura, Août, 2005

DEDICACE

A ma chère épouse Micheline NKURUNZIZA et mes chers enfants,

A mon regretté père,

A ma chère mère,

A Monseigneur BAMBONANIRE Sérapion

A mes regrettés grands-parents,

A mes frères et sœurs,

A tous ceux qui me sont chers,

Je dédie ce mémoire

REMERCIEMENTS

Au terme de notre travail de fin d'études, nous nous sentons profondément redevable envers plusieurs personnes sans le concours desquelles, il n'aurait pas vu l'aboutissement

Nous exprimons nos sincères remerciements et gratitude à mon grand-père qui me mit en première année de l'école primaire malgré mon âge avancé, dix ans. A tous les éducateurs depuis l'école primaire jusqu'à l'Université pour la formation acquise auprès d'eux.

Nous réservons une attention particulière à l'endroit des professeurs de l'Université du Burundi, ceux de l'Institut Technique Supérieur en particulier, pour leur formation scientifique et morale.

Nos remerciements vont spécialement à l'endroit des Ingénieurs Cyprien NTAWEMBARIRA et Déogratias KAVYANDARI d'avoir accepté de diriger la conception de ce projet malgré leurs multiples occupations.

Nous remercions également les services de la REGIDESO et de l'administration qui nous ont facilité les enquêtes relatives aux données cherchées. Qu'ils trouvent ici leur satisfaction.

Enfin, que les familles NKUNZIMANA Nicolas, NSHIMIRIMANA Pascal, KIRAHAGAZWE Révérien , NGENDAKUMANA Albert et NTIBANEJEJE Denis soient satisfaites du résultat de leurs contributions tant morales que matérielles qu'elles ont apportées à notre chère famille lors de notre séjour à l'Université.

A tous les amis qui ont contribué de près ou de loin, nous disons merci.

Aux ennemis, nous adressons notre prière.

BARUTWANAYO Zéphyrin

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....1

CHAP 0 : GENERALITES.....2

01 : Le mot EAU.....2

02 : Cycle de l'eau.....3

03 : Eau, besoin essentiel et signe de vie.....4

04 : But du sujet.....6

CHAP I : DONNEES GENERALES DE LA PROVINCE CIBITOKE:
CAS DE RUGOMBO.....9

I.1 : Situation géo- historique.....9

I.1.1 : Situation géographique.....9

I.1.2. : Morphologie de la zone d'étude du projet.....13

I.1.3. : Source en eau potable.....13

I.1.3.1. : Généralités sur les sources.....13

I.1.3.2. : Présentation des sources d'eau dans la nature.....14

I.1.3.3. : Types des sources d'eau à CIBITOKE.....17

I.2. : Situation historique.....20

I.2.1. : Evolution démographique.....20

I.2.2 : Perspective d'accroissement.....22

CHAP II : RESEAU D'ADDUCTION ET DISTRIBUTION D'EAU EXISTANTS.....23

II.1. : Inventaire et distribution des sources d'eau.....23

II.1.1. : Inventaire des sources d'eau.....23

II.1.2. : Description des sources d'eau.....23

II.1.3. : Débit des sources.....24

II.1.3.1. : Définition.....24

II.1.3.2. : Appareil de mesure de débit.....24

II.1.3.3 : Sortes de débits.....24

II.1.3.4. : Débits des sources considérées.....25

II.1.4. : Protection des sources captées.....26

II.2. Etat des ouvrages existants.....26

II.2.1. : Les conduites d'eau.....26

II.2.2. : Les ouvrages de stockage d'eau.....27

II.3. Adduction et distribution existantes.....28
II.3.1. :Adduction existante.....28
II.3.2. :Distribution existante.....29
II.4.Gestion actuelle de l'eau.....29
CHAP III : AMELIORATION DU SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE (A .E . P.) ZONE D'ETUDE :T_1 , T_2 , T_3, T_4.DE RUGOMBO.....31
III.1. : Généralités.....31
III.2. : Ressources exploitables en eau potable.....31
III.3 : Analyse chimique des prélèvements des eaux.....32
III.3.1. : But de l'analyse de l'eau.....32
III.4. : Traitement des eaux brutes.....34
III.4.1. : Le pré traitement.....35
III.4.2. : La décantation.....36
III.4.2.1. : La décantation primaire.....36
III.4.2.2. : La décantation assistée.....37
III.4.3. : La filtration.....37
III .4.3.1. : La filtration lente.....37
III.4.3.2. : La filtration rapide.....37
III.5. : La stérilisation.....38
CHAP IV : DISTRIBUTION D'EAU POTABLE PROJETEE.....39
IV.1. : Généralités.....39
IV.2. : Equipements du réseau d'eau potable.....40
IV.2.1. : Les conduites d'eau.....41
IV.2.2. : Sortes de conduites d'eau.....41
IV.2.2.1. : Les conduites en fontes.....41
IV.2.2.2. : Les conduites en acier.....42
IV.2.2.3. : Les conduites en amiante de ciment.....42
IV.2.2.4. : Les conduites en matière plastique.....42
IV.2.2.5. : Les conduites en béton.....43
IV.2.3. : Les robinets.....46
IV.2.4. : La chambre de ventouse.....46
IV.2.5. : La chambre de purge.....46

IV.2.6: Les raccords.....46
IV.2.7. Clapet de retenue.....46
IV.3. Choix d'équipements appropriés pour le projet d'étude.....46
IV.4. : Distribution d'eau.....48
IV.4.1. Réseau maillé (circuit fermé).....48
IV.4.2. : Réseau ramifié.....48
IV.4.3. : Le tracé en plan.....49
IV.5.: Détermination des besoins globaux de la population.....49
IV.5.1. : Inventaire des bénéficiaires.....49
IV.5.2. : Normes de consommation en eau potable d'après l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S).....50
IV.6.: Evaluation des besoins globaux en eau potable Qmax (m^3 / J).....51
IV.7 : Longueur totale du réseau de distribution d'eau.....55
IV.8. Bornes fontaines..... 56
IV.9 : Distribution des débits dans les conduites.....57
IV.10 Calcul hydraulique.....58
IV.1.1.Plan de situation des conduites projetées.....67
IV.12.Vérification de l'arrivée de l'eau au point de puisage.....69
IV.13.Commentaire :.....71
- rôle d'une brise charge
- rôle de butée

CHAP V : RESERVOIRS.....73
V.1. : Généralités.....73
V.1.1. : Définition et classement des réservoirs.....73
V.1.2. : Rôle d'un réservoir.....73
V.2. Formes des réservoirs.....74
V.3. Emplacement des réservoirs.....74
V.4. Equipement d'un réservoir.....76
V.5. Choix du réservoir pour le projet.....78
V.6. Calcul de la capacité du réservoir.....78
V.6.1. : Capacité théorique pour une adduction continue.....78
V.6.2. : Capacité pratique du réservoir.....80.
V.7. Dimensions du réservoir.....81

V.8. Construction du réservoir.....82
V.8.1. : Principe de construction 84
V.8.2. : Pré dimensionnement des éléments du réservoir.....84
V.8.2.1. : Dalle de couverture.....84
V.8.2.2. : Parois des réservoirs.....89
V.8.2.3. : Vérification du réservoir vide.....89
V.8.2.4. : Radier.....90
V.8.2.5. : Calcul des sections des aciers.....91
V.8.2.6. : Poteau.....93
V.8.2.7. : Pré dimensionnement du poteau.....93
V.8.2.8. : Calcul de la semelle.....94
CHAP VI : ANALYSE DE L'ENVELOPPE FINANCIERE.....98
VI.1 :Métré des travaux.....98
VI.1.1. :Détail des travaux.....98
VI.1.2. :Fournitures 98
VI.2 Planning des travaux.....103
CHAP VII : GESTION DES RESEAUX.....104
VII.1. : Gestion des réseaux privés..... 104
VII.2. : Gestion des réseaux publics.....104
VII.3. : Rôle du gestionnaire.....104

CONCLUSION.....105

ABREVIATIONS

A E P : Alimentation en eau potable

A G : Acier Galvanisé

A R P : Autrichian Relief Program

A V : Avenue

B A E L : Béton armé aux Etats limites

B F : Borne fontaine

B T C : Burundi Tobacco Company

C C : Chambre collectrice

C V : Chambre de ventouse

D G H E R : Direction Générale de l'Hydraulique et de l'Energie Rurale

C P : Chambre de Purge

D N : Diamètre Nominal

C RE : Capacité du Réservoir

K N : Kilo Newton

M N : Mega Newton

M Pa : Mega Pascal

P N : Pression Nominale

O M S : Organisation Mondiale de la Santé

R D C : République Démocratique du Congo

R I G : Route d'Intérêt Générale

R N : Route Nationale

V E : Volume d'eau Entrant

V S : Volume d'eau Sortant

S O D A G R I : Société de Développement Agricole

INTRODUCTION

Le présent travail de projet de fin d'étude est destiné à résoudre le problème d'eau dans les zones de la plaine du Nord –Ouest du BURUNDI. La zone d'étude est la Commune Rugombo dont presque toutes les transversales connaissent le problème d'eau potable. Elle s'étend sur les transversales T_1 ,T_2,T_3 et T_4 d'une longueur d'environ 21 km. Le centre de Rugombo en sera desservie. Pour améliorer l'alimentation en eau potable, de cette zone, sont tenues en considération certaines données générales de la province Cibitoke. En effet, il est très difficiles de parler de l'eau potable sans connaître certains paramètres comme la pluviométrie, le relief, l'hydrographie ect...qui en sont des éléments de base .

L'exploitation de tous ces paramètres en matière avec de l'eau potable, permettra de remédier à cette carence. Ainsi, huit tronçons au total font l'objet d'étude et sont dotés d'eau potable par une bonne distribution dont le début est au niveau de la jonction entre le réservoir existant déjà, R1 sur la colline Muyange et un autre réservoir prévu par le Programme Autrichien de Réhabilitation (A. R. P) en sigle. Un autre réservoir d'arrivée RA implanté sur la colline Muhabura permettra à la population de la zone qui fait l'objet du travail, d'être desservie en eau potable. A la fin de l'étude du projet, il est envisagé d'examiner le coût relatif à l'exécution des travaux incluant aussi les fournitures.

CHAP. 0. GENERALITES

0.1. Le mot eau

L'eau est un liquide naturel ; inodore ; incolore et transparent quand il est pur.
De la formule chimique H_20 ; l'eau est formée d'un atome d' oxygène et de deux atomes d'hydrogène. Selon le traité de plomberie par Henri Charles, son nom vient du latin : *aqua*[1] qui a successivement changé d'écriture et de prononciation en donnant *aigue , eve, eue*, et finalement *eau* » Le mot eau est fréquemment employé avec des qualificatifs pour désigner des combinaisons dans lesquelles, pour certains cas l'eau elle-même, en devient un mot étranger. On peut à titre d'exemple citer:

a. eau naturelle
b. eau des sources
c. eau des puits
d. eau des rivières
e. eau de pluie
f. eau des mers
g. eau bouillante
h. eau dormante
i. eau courante
j. eau potable
k. eau non potable
l. eau distillée

Par contre, on peut encore trouver d'autres expressions qui nécessitent absolument une explication. Par exemple :

a. eau forcée : celle qui est distribuée sous pression
b. les eaux ménagères : eaux usées des toilettes, éviers ect...
c. les eaux vannées : eaux usées des closets (voir b)
d. les eaux minérales : qui sont chargées des sels minéraux lors de leurs passages souterrains
e. les eaux thermales : qui jaillissent du sol à l'état chaud.

[1] ouvrage d'origine : traité de plomberie par Henri Charles

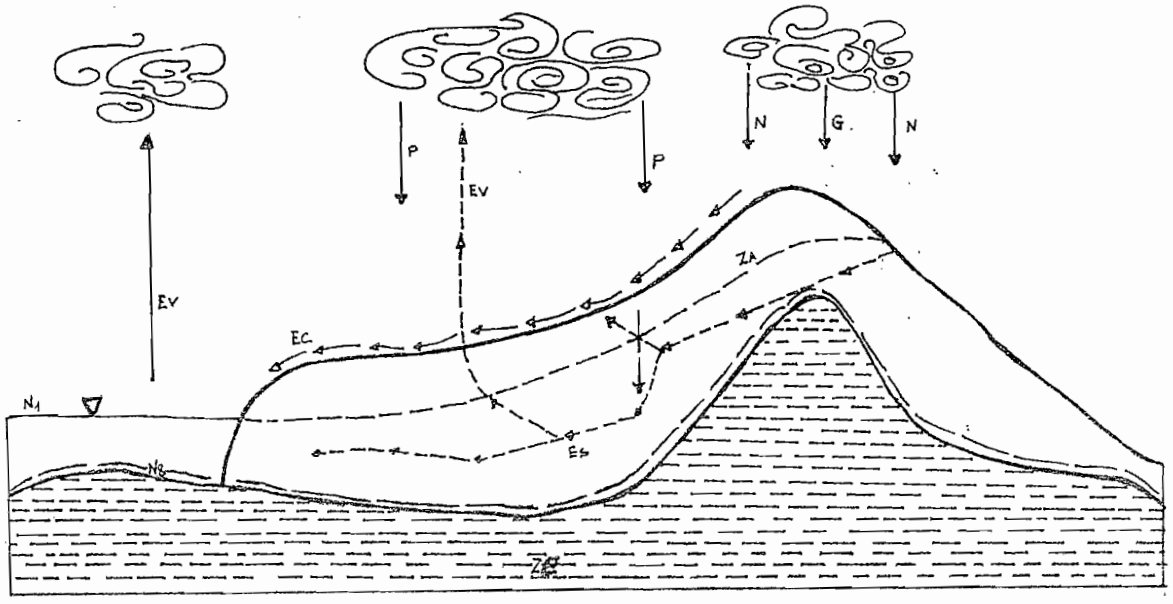
0.2. cycle de l'eau

L'évaporation des mers, fleuves et rivières, grâce à l'énergie solaire, crée la formation des nuages qui, après la condensation qui s'opère dans l'atmosphère donne la pluie. Une partie de cette dernière donne des eaux de ruissellement qui grossissent les cours d'eau tandis qu'une autre partie s'infiltre dans la terre et alimente ainsi les nappes souterraines. De ces nappes, jaillissent des sources d'eau que l'être humain utilise généralement pour ses besoins quotidiens.

Après l'usage domestique, les eaux sont rejetées et évacuées soit dans la terre, puissant et merveilleux filtre naturel ; soit par les ruisseaux où elles rejoignent les nappes souterraines pour s'acheminer vers les fleuves, rivières et mers…

Le phénomène d'évaporation se reprend encore une fois suivi de celui de condensation. Ainsi, le phénomène devient cyclique.

Figure 1 **Schéma du cycle de l'eau**



N_1 : Niveau de la mer à marée haute

N_2 : Niveau de la mer à marée base

Z_A : Zone d'altération où circulent les eaux souterraines.

Z_E : Zone où la roche est imprégnée d'eau.

Ev : Evaporation

E_C : Eau courante de surface.

N : Neige [2]

G :Glaciers [3]

E_S : Eau souterraine

P : Pluie

Ce phénomène cyclique nous permet de conclure que le cycle global de l'eau est fait du cycle océanique et du cycle continental. En terme de volume d'eau, il est fait de l'ordre de 1,4 milliard de km^3. D'une façon générale, les eaux se présentent donc sous les formes suivantes :

- eaux pluviales (précipitations)
- eaux souterraines (infiltration)
- eaux des sources
- eaux de surfaces

0.3. Eau besoin essentiel et signe de vie

Depuis des millénaires, l'eau a joué un rôle prépondérant dans la vie de l'espèce humaine, animale et végétale. La plupart des endroits ayant abrité l'homme, sont reconnus par la présence de l'eau.

En effet, l'homme doit se désaltérer, il est donc toujours à la recherche de cette élément naturel très important qui lui est vital. Devenant ainsi un besoin essentiel, l'eau est à l'origine de l'urbanisation galopante, accroissement du cheptel et rendement agricole.

A part l'histoire qui relate le motif des migrations importantes des éleveurs, que ça soit en Afrique ou ailleurs dans le monde, lorsque l'eau fait défaut dans une région, la vie y devient difficilement praticable et la plupart des activités sont paralysées. La population subit une contrainte de déplacement massif à la recherche de cet élément indispensable pour la vie.

---

[2] Eau congelée dans les hautes régions de l'atmosphère et qui tombe en flocons blancs et légers et se transforment en eau .

[3] Champs de glace (eau congelée) qui s'écoule lentement

N : Neige [2]

G :Glaciers [3]

E_S : Eau souterraine

P : Pluie

Ce phénomène cyclique nous permet de conclure que le cycle global de l'eau est fait du cycle océanique et du cycle continental. En terme de volume d'eau, il est fait de l'ordre de 1,4 milliard de km^3. D'une façon générale, les eaux se présentent donc sous les formes suivantes :

- eaux pluviales (précipitations)
- eaux souterraines (infiltration)
- eaux des sources
- eaux de surfaces

0.3. Eau besoin essentiel et signe de vie

Depuis des millénaires, l'eau a joué un rôle prépondérant dans la vie de l'espèce humaine, animale et végétale. La plupart des endroits ayant abrité l'homme, sont reconnus par la présence de l'eau.

En effet, l'homme doit se désaltérer, il est donc toujours à la recherche de cette élément naturel très important qui lui est vital. Devenant ainsi un besoin essentiel, l'eau est à l'origine de l'urbanisation galopante, accroissement du cheptel et rendement agricole.

A part l'histoire qui relate le motif des migrations importantes des éleveurs, que ça soit en Afrique ou ailleurs dans le monde, lorsque l'eau fait défaut dans une région, la vie y devient difficilement praticable et la plupart des activités sont paralysées. La population subit une contrainte de déplacement massif à la recherche de cet élément indispensable pour la vie.

---

[2] Eau congelée dans les hautes régions de l'atmosphère et qui tombe en flocons blancs et légers et se transforment en eau .

[3] Champs de glace (eau congelée) qui s'écoule lentement

Dans beaucoup de sociétés humaines, l'eau tisse des relations de voisinage et les renforce dans la même localité. Cela se manifeste surtout pour des gens qui utilisent une même source pour s'approvisionner en eau potable. La source devient un point permanent de multiples rencontres et d'échanges des enfants des voisins voir même des hommes adultes. En cas d'incendie, par exemple les intervenants font recours à l'eau pour porter secours aux victimes.

Il n'est pas étonnant d'entendre les agriculteurs se lamenter quand la pluie tarit parce qu'en conséquence, ils présagent un sentiment d'insatisfaction pour les récoltes. Ce même sentiment gagne aussi les autres gens non-agriculteurs de la localité.

Connaissant déjà que l'eau est un élément important pour la vie, les différents besoins (physiologique, lavage, évacuation des déchets…) auxquels elle est appelée à remplir sont liés aux conditions et niveau de vie des utilisateurs. En effet, l'eau potable pour une population, doit répondre à certaines conditions :

1°-conditions liées à la qualité

2° conditions liées à la quantité.

Ces deux conditions, pour le cas en espèce de la Commune Rugombo, vont nous intéresser ; surtout pour les transversales T_1,T_2,T_3,et T_4 qui en sont dépourvues.

Le centre de Rugombo ne sera pas oublié. La densification du tissu urbain doit absolument influer sur la quantité de l'eau tandis que pour répondre à la condition de qualité, la population bénéficiaire, en collaboration avec les services de santé, sont sensés de veiller à ce que, pour les besoins physiologiques, l'eau y destinée soit bien traitée pour son utilisation.

En effet, l'eau sale, impropre à la consommation transmet des maladies hydriques comme des infections cutanées et intestinales. C'est la raison pour laquelle l'administration, en passant par les services habilités, a pris la question à sa juste valeur pour protéger et améliorer la santé des populations dont elles sont responsables. Au Burundi, le « Ministère du Développement Communal » a instauré une « Direction Générale de Hydraulique et de l'Energie Rurale » D.G.H.E.R en sigle pour s'occuper des questions pertinentes relatives à l'eau potable en milieu rural. Dans les zones urbaines, c'est la REGIDESO qui s'en occupe.

Le problème de l'eau potable n'est pas seulement un problème technique. Sans la planification, la connaissance et la participation de la population, rien de durable et d'efficace ne

peut fonctionner. La population doit comprendre que même si l'eau est un don naturel, peut causer des maladies. Il faut donc qu'elles prennent conscience des responsabilités liées au traitement et à l'utilisation de l'eau pour que la santé soit améliorée.

Traiter l'eau ne suffit pas, il faut encore une éducation claire en la matière pour son utilisation. Toutes les générations sont sensées connaître la protection et l'entretien de ce bien naturel car l'eau devient pour elles une ressource économique.

Dans ce travail, les populations des transversales ci hautes citées sont dotées d'eau potable par une source gravitaire à l'aide des conduites déterminées et calculées. Cette source part du réservoir R_1 de 100 m^3 située à Muyange à une altitude de 1165 m et qui sera renforcé par R_2 de capacité de 200 m^3. R_2 a été prévu par l'A.R.P, une organisation non gouvernementale oeuvrant au BURUNDI.

0.4. But du sujet

La population de la Commune Rugombo vit une grande pénurie d'eau potable. Ce manque criant est enregistré tant au centre de Rugombo que sur les transversales car les populations de cette commune vivent pour la plupart dans des paysannats. Pourtant, considérant les sources situées dans les reliefs élevés supplombant cette Commune, il est quasi inconcevable de comprendre comment cette carence s'annonce d'une façon permanente. Ces sources, une fois bien exploitées, pourraient servir sans difficultés les zones de bas reliefs tel que Buganda, Cibitoke, et Rugombo. L'A.R.P a tenté d'améliorer la situation et il y a lieu de la compléter à partir du réservoir R_1 de Muyange.

Si on considère les consommations journalières enregistrées actuellement, les populations du centre de Rugombo ainsi que celles des transversales s'approvisionnent en eau de robinet sur un petit pourcentage, un grand pourcentage s'approvisionnant dans les rivières comme Nyakagunda , Rusizi ect...Or ces rivières sont polluées par des eaux superficielles qui s'y jettent prenant origine des zones élevées où les travaux d'exploitation agricoles et pastorales sont intenses. En conséquence l'eau sale de ces rivières occasionnent des maladies intestinales pour les populations vivant les bas reliefs.

L'adduction et la distribution d'eau potable réalisées en 1965 et en 1985 par l'A.I.D.R et la REGIDESO ont permis une installation de quelques bornes fontaines (BF) qui sont devenues rapidement presque non fonctionnelles suite à une mauvaise gestion mais également les travaux furent réalisés sans base réelle pour faire correspondre dans de bonnes proportions les besoins en eaux potables et la population consommatrice. Des enquêtes ont montré que plus de 70 ménages de 5 personnes par ménage puisent sur une borne fontaine, soit une population de 350 personnes par bonne fontaine.

Le taux d'accroissement de la population n'ayant pas toujours évolué dans les mêmes proportions que celui d'aménagement et d'adduction d'eau potable, il est remarqué que des files d'attente devant une borne fontaine se forment et sont animées d'une grande impatience. Les enquêtes actuelles, menées sur place, ont montré qu'en moyenne dans des heures de pointes (matin, midi et soir) trente à cinquante personnes (femmes et enfants) s'alignent devant une borne fontaine pour quelques litres d'eau. Les propriétaires des branchements privés vendent aux clients un jerrican de 20 l d'eau à un tarif de 40francs à 50francs.

En matière de l'hygiène, la population est contrainte d'une hygiène précaire car elle se lave dans les rivières Nyakagunda, Rusizi,...après les travaux champêtres. Y a-t-il moyen d'améliorer la situation ? Oui, car une étude approfondie relative à la question des eaux potables pour améliorer et stabiliser le système à Rugombo a été menée. Les variables « QUANTITE » et « QUALITE » sont à la base de ce travail.

Disposition des transversales T_1, T_2, T_3 et T_4

CHAP. I. DONNEES GENERALES DE LA PROVINCE CIBITOKE : CAS DE RUGOMBO

I.1. Situation géo-historique

I.1.1. Situation géographique

La Province de Cibitoke est l'une des 17 Provinces (y compris la Mairie) du territoire Burundais. La population des zones des contreforts vit dans les villages tandis que celle des bas reliefs vit dans les paysannats. La superficie de la Province CIBITOKE est de 1640km^2, soit 5,9% de la superficie nationale du Burundi. La Province CIBITOKE est au Nord-ouest du Burundi et partage la frontière avec le Rwanda par la rivière Ruhwa au nord et par la crête Congo Nil à l'Est. Elle partage encore la frontière avec la République Démocratique du Congo (Ex zaïre) par la rivière RUSIZI à l'Ouest. La Province de CIBITOKE compte six Communes administratives situées dans des régions naturelles différentes.

Commune de Bukinanyana et Mabayi :

Situées dans presque la région de MUGAMBA, avec des altitudes variant entre 1750m et 2200m, les deux communes occupent une superficie de 579,00km^2, soit 3,5% de la Province CIBITOKE. Le relief part endroit est caractérisé par des pentes fortes, crêtes étroites, et rapprochée séparées par des vallées profondes. Les précipitations y sont intenses à tel point que la saison pluvieuse varie entre 8 mois et 9 mois avec des moyennes de précipitations entre 1300mm et 1900mm. La saison sèche ne dure que 3 mois, rarement 4 mois. La végétation naturelle est similaire à celle de la Kibira et elle couvre une partie de la région dans la zone non habitée. La région habitée a une végétation faite de culture vivrière comme la pomme de terre, le petit poids, les haricots, patates douces, maniocs....Le café arabica et le thé constituent les cultures industrielles dans cette région où le climat est frais.

Commune Mugina et Murwi

Les deux communes sont situées dans la région MUMIRWA et couvrent une superficie de 639,6km^2 soit 39% de la superficie provinciale. L'altitude varie entre 1000m et 1750m.

Les collines de hauteurs moyennes sont séparées par des vallées marécageuses. La culture des bananerais y est intense car la bonne pluviométrie (1200mm-1500mm) caractérise cette région.

Le café arabica y pousse et l'élevage du petit bétail y prédomine parce que le climat y est humide.

Buganda et Rugombo

Ces deux communes sont dans la région de l'Imbo et couvrent une superficie de 426,4km^2 soit 26% de la superficie provinciale. Les altitudes de la région sont comprises entre 700m et 1000m. Ces deux Communes sont caractérisées par un relief de basses hauteurs et de sol fertile. Le climat y est sec avec une rareté de pluie (environ 900mm de pluie/an). Les populations vivent dans les paysannats surtout celles qui habitent le long de la route nationale (R N 5) Rugombo -Bujumbura. Grâce à la fertilité du sol, on y assiste une bonne culture vivrière diversifiée comme le manioc, le mais, sorgho, riz, arachide, tomates ... Les cultures industrielles sont faites par du café robusta, coton et du tabac.

En général, les données sur les précipitations et les températures scindent la Province de Cibitoke en deux zones climatiques :

1°.Dans l'intervalle de 930m à 1400m d'altitude, c'est la zone de contre- fort avec un climat tropical sec durant 4 mois : Mai, Juin, Juillet et Août. Les précipitations sont d'ordre de 1000mm à 1300mm. La saison sèche avec ses faibles précipitations influe directement sur le volume de l'eau souterraine au niveau de la région

2° A plus de 1400m d'altitude, c'est le climat frais qui se manifeste et une longue saison pluvieuse dure à peu près 9 mois. Les précipitations sont d'ordre de 1300mm et 1900mm. Les stations météorologiques de Buhoro et Nyakagunda à des altitudes respectives de 1307m et 966, ont enregistré des moyennes mensuelles de précipitations dont les résultats sont repris dans ces deux tableaux :

Tableau I : Station de Buhoro (1307m d'altitude) moyenne mensuelle sur une période de 18ans (1979-1997)

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril.	Mai	Juin.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total moyen annuel
Moyenne Mensuelle (mm)	201.1	197.8	241.1	265.9	173.1	24.3	8.4	25.4	91.0	175.2	223.5	214.5	1860.3

Tableau II : Station de Nyakagunda (966m d'altitude) moyenne mensuelle sur une période de 18 ans. (1979-1997)

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne annuelle
Moyenne Mensuelle(mm)	111.2	91.1	134.4	145.4	87.1	18.2	7.6	21.3	58.2	96.1	125.6	104.3	1000.5

Ces deux tableaux renseignent sur le volume moyen de pluie qui a tombé dans la zone d'étude du projet. La station de Buhoro montre une moyenne très élevée. Dans cette région de hautes altitudes, il y a une surabondance de volume pluviométrique. En effet, les visites sur terrain à Mabayi par exemple, ont permis d'affirmer que les possibilités d'obtention des sources d'eau des montagnes sont nombreuses. Ce qui permet aux populations de l'endroit d'avoir de l'eau sur presque toute l'étendue communale.

Néanmoins, il est à noter ici le problème lié au traitement d'eau car, les régies communales de l'eau qui en assurent la gestion ne parviennent pas à collecter facilement les frais forfaitaires (3.000FBU/ménage) pour qu'ensuite elles achètent les produits chimiques de traitement d'eau. Le problème ne s'arrête pas seulement à ce niveau car le nettoyage des réservoirs se fait rarement.

Dans les zones de basses altitudes, la station de Nyakagunda renseigne sur une zone de faible volume pluviométrique, d'où il faut faire recours aux sources d'eau situées dans les régions de haute altitude pour couvrir cette zone. Cela explique le pourquoi du captage de la source d'eau de Nyabusage a été réalisé par l'A .R .P.

Si on considère les températures, on se rend compte d'une nette contradiction comparablement aux précipitations. Plus l'altitude diminue, plus les températures augmentent et vice versa. A titre d'exemple, les relevées des températures à Buhoro pendant le mois de Juillet reconnu comme le plus chaud donnent une température de 18,2°c tandis que la station de Nyakagunda donne 23,2°c . Ecart déjà de 5°c .

Pourquoi les choix des stations de Nyakagunda et Buhoro ?

Les deux stations fournissent des données fiables sur la température et les précipitations pour ce travail. Buhoro étant la zone la plus proche de Nyabusage, zone de captage de la source d'eau, ses précipitations servent comme base des données qui participent à l'élaboration de notre projet d'étude.

Nyakagunda qui est proche de la zone à alimenter en eau potable, sert de base à l'étude des problèmes d'eau à résoudre à Rugombo.

I.1.2. Morphologie de la zone d'étude du projet

Morphologiquement, la zone d'étude du projet est constituée par des collines où se situent les sources en cours de captage par A.R.P (1332m d'altitude). Ces collines servent de liaison entre l' IMBO et le MUMIRWA. La zone à alimenter est une zone de plaine d'altitude variant entre 900m et 1100m. D'une façon générale, le présent projet ne s'intéresse qu'au relief un peu plat.

I.1.3. Sources en eau potable du milieu

I.1.3.1.Généralités sur les sources.

La source constitue l'exutoire de la nappe phréatique. Son débit varie selon la nature du terrain dans lequel l'eau circule et la pluviosité. Le coefficient de perméabilité K du sol intervient pour accentuer ou diminuer le gonflement de la surface supérieure de la nappe selon que les terrains sont faiblement ou fortement perméables.
Quelques valeurs de perméabilité du sol :

- gravier : 1-100cm/s ou 10^{-3}-1m/s ou 1.10^{-4}-30.10^{-4}m/s
- gravier + sable : 1.10^{-2}-3.10^{-2}cm/s
- argile : 10^{-5}-10^{-8}cm/s ou 10^{-7}-10^{-10}m/s

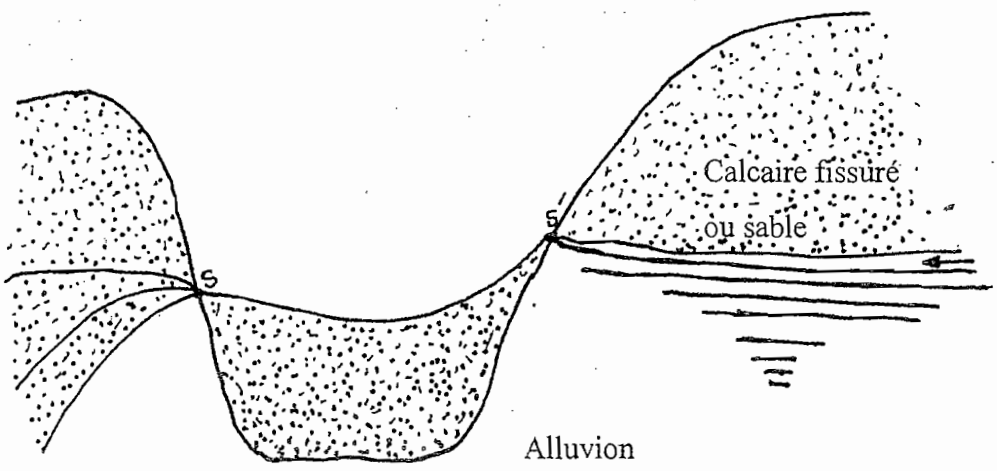
Pour une même source, le débit variera avec la hauteur ou la puissance de la nappe et sera en rapport avec l'intensité des précipitations pluviométriques.
Quand une source assure un écoulement ininterrompu, même après une longue période de sécheresse, la source est appelée « PERENNE». Cette pérennité est une conséquence directe due au fait que l'écoulement de la nappe s'effectue avec un certain freinage issu des frottements de l'eau contre les canalisations souterraines. Pour une source d'eau, il est indispensable de connaître son débit maximal Q_m et son débit d'étiage Q_e.

II.3.2. Présentation des sources d'eau dans la nature

a . Source d'affleurement.

Ce type de source se présente comme une vallée ouverte dans une formation perméable (calcaire fissuré ou sable) et qui atteint dans le fond une couche imperméable ou moins perméable . Cette vallée va présenter alors sur ses flancs une ligne de source au contact de l' imperméabilité . Ces sources vont se manifester en un point pour lequel l'eau pourra se créer plus facilement un passage.

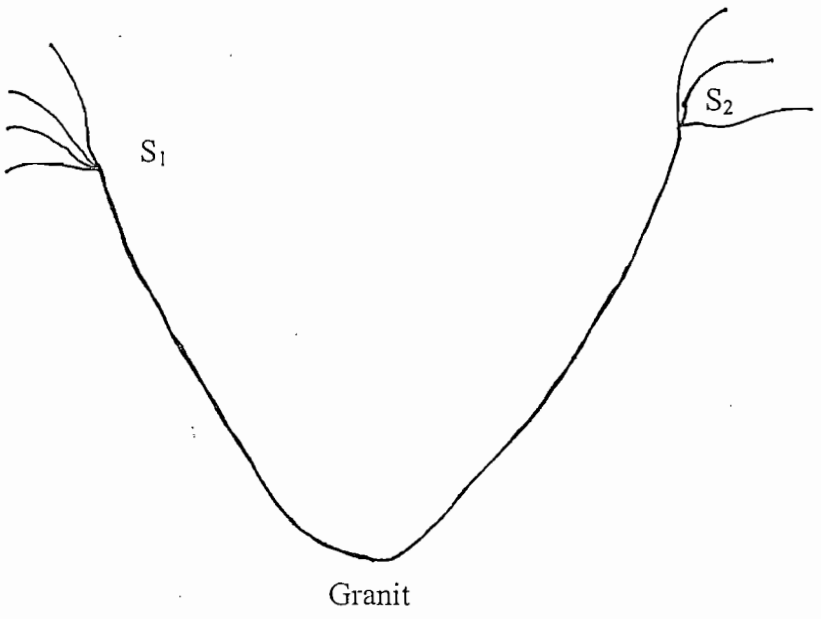
Fig$_2$. Schéma d'une source d'affleurement



b. Source de déversement

Quand la vallée est ouverte dans des formations fissurées en surfaces seulement, comme dans le granit, l'eau apparaît au point de rencontre des fissures. Le débit d'une source de déversement est ordinairement faible.

Fig3. Schéma d'une source de déversement.

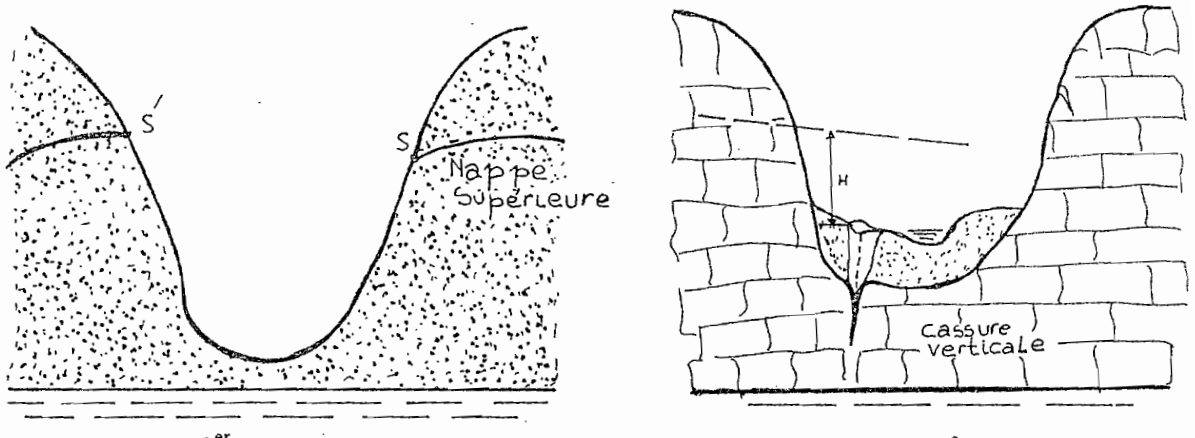


S_1 et S_2 : sources de déversement

c. Source d'émergence

Si le fond de la vallée n'atteint pas le sol imperméable, des sources S_1 et S_2 peuvent prendre naissance au point de rencontre de l'écoulement souterrain avec la surface topographique . Ces sources qui sont donc alimentées par la partie supérieure de la nappe sont appelées « sources d'émergence ». Elles présentent l'inconvénient de pouvoir tarir en été si le niveau de la nappe est trop bas. Il se peut qu'au point de rencontre avec la surface topographique, la nappe ne trouve pas d'exutoire, mais qu'en fond de vallée, au passage des alluvions qui tapissent la zone, l'eau surgisse par la remontée de la nappe à cause d'une cassure verticale du terrain. Elle s'étale alors en formant un bassin naturel envahi, ordinairement d'une abondante végétation à partir duquel s'effectue un écoulement en direction d'un ruisseau ou de rivière proche. C'est un autre aspect de source d'émergence. Son tarissement est peu probable. La remontée s'effectue avec une certaine pression h résultant de la différence d'altitude entre le dessus de la nappe et la sortie.

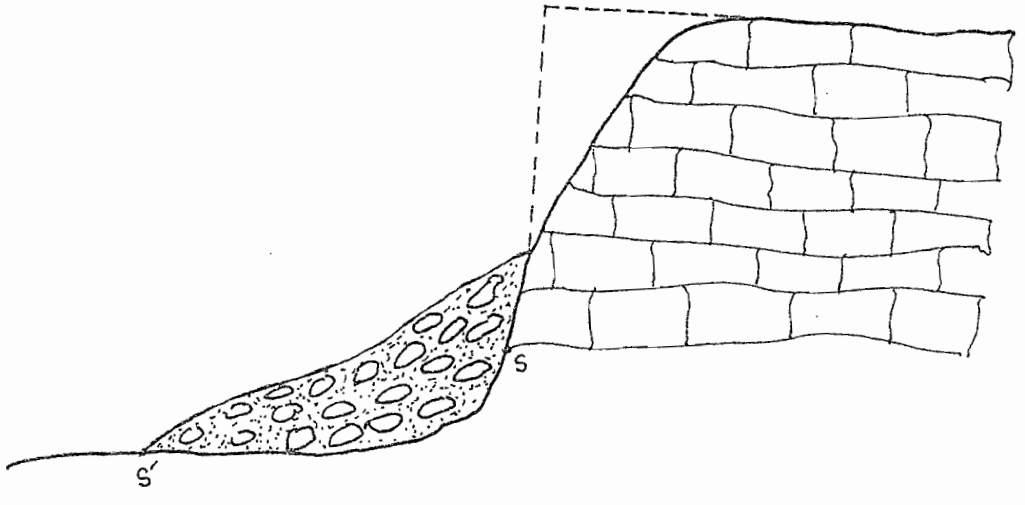
Fig 4 . Schéma de source d'émergence.



1er cas 2e cas

Il peut arriver que sous l'influence de l'érosion, les falaises calcaires s'effritent et que les matériaux s'accumulent en bas. Si le fond est imperméable, l'écoulement naît à un autre endroit que l'habituel après un passage dans les éboulis. On l'appelle « source d'émergence descendue ».

Fig 5 : Schéma d'une source d'émergence descendue.



I.1.3.3 Types de source d'eau à Cibitoke

Les sources d'eau à Cibitoke sont en majorité source d'émergence. Elles sont situées dans les hauteurs élevées (montagnes) et les précipitations dans ces endroits occasionnent une surabondance d'eau.

a. Les sources en eau du milieu

Ruhwa : bassin versant = 622,3km^2
Nyakagunda : bassin versant = 38,6km^2
Nyamagana : bassin versant = 320,8km^2

Toutes ces sources déversent leurs eaux dans la rivière Rusizi. Les conditions pluviométriques favorables dans la zone de la crête influencent sur les variations interannuelles au niveau des débits. En conséquence l'érosion s'intensifie jusque dans la plaine.

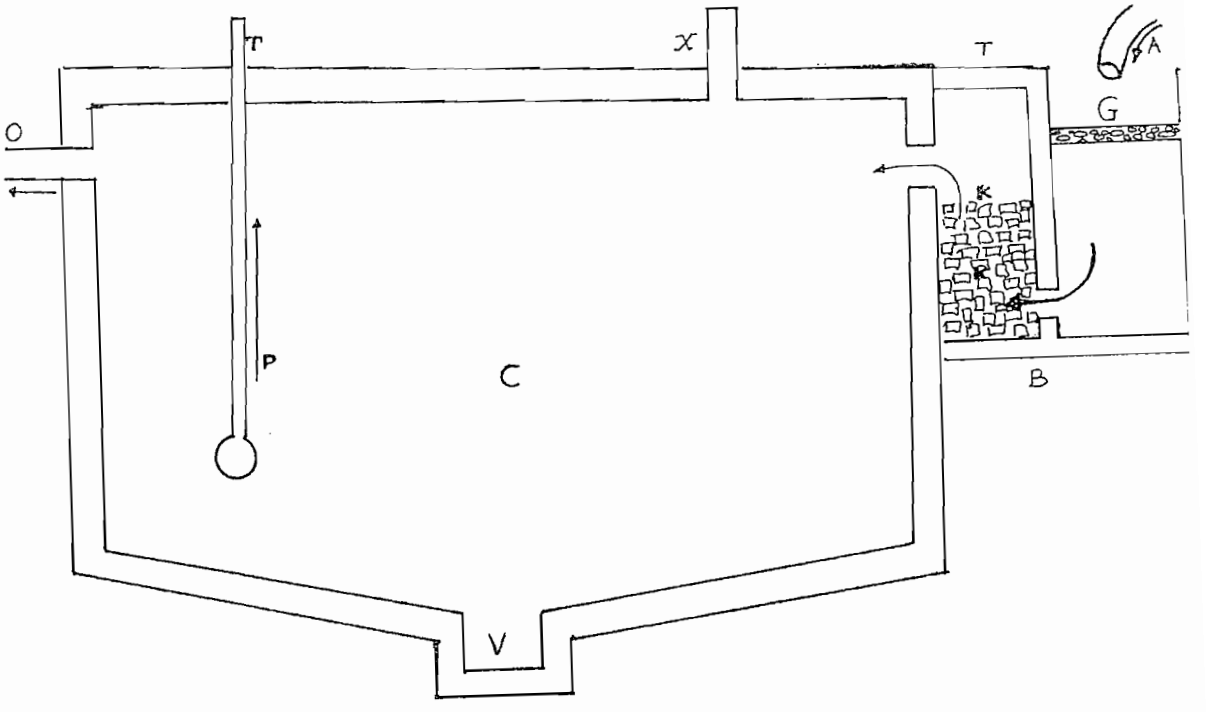
b. Autres sources : Etangs

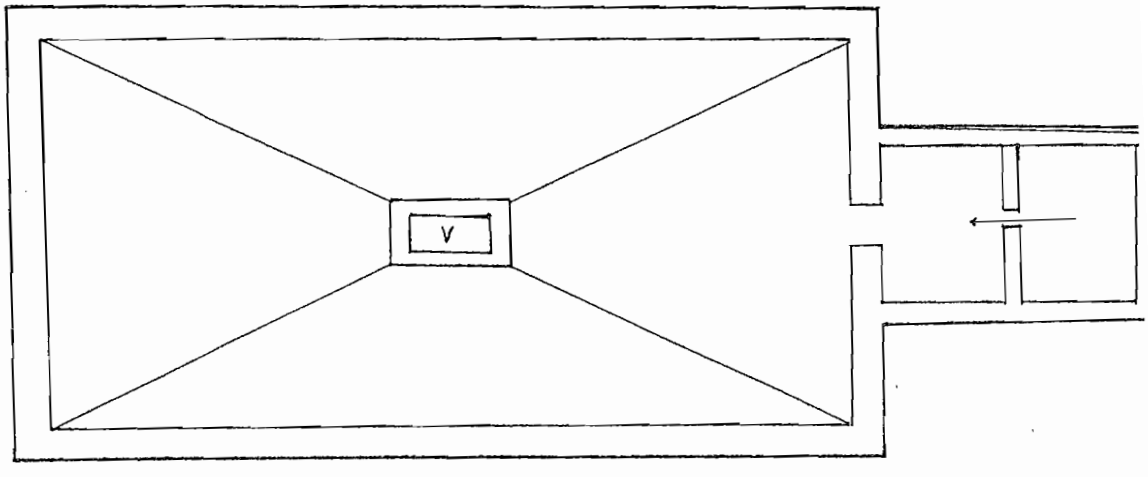
1. Dogodogo entre la 3ème et 4ème transversale sur l'axe routier Rugombo-Bujumbura .
2. Nyamuziba : à côte de la Route d'Intérêt Général RIG9 Cibitoke-Mikashu.

Le déversement de ces étangs se dirige vers la rivière Rusizi par canalisation.

Pendant la saison de pluie, l'eau provenant des toits des maisons constitue une autre source en eau du milieu. En effet, comme la répartition des pluies est inégale dans la zone d'étude, les populations construisent des réservoirs en Ferro –ciment d'environ 2m^3 pour constituer des stockages d'eau. Malheureusement, ce moyen est sans hygiène car l'eau arrive des toits déjà polluée suite à la poussière. Il faut prévoir une politique d'exploitation de cette source en eau du milieu. Les forages n'existent plus à Cibitoke.

Exemple d'un citerne pouvant recueillir l'eau des toits des maisons dans les zones où l'eau potable est rare.





Légende

O : trop- plein

G : grillage

B : citerneau

T : tampon ou trappe d'accès

A : entrée des eaux des toits

C : citerne

X : ventilation

K : charbon de bois (filtre)

P : pompe

V : vidange

Mode de fonctionnement.

On construit une fosse étanche basée sur le calcul de 6 m^3 de contenance pour une surface de toit de 100m^2 en projection horizontale. Enduit en ciment, on la fait précéder d'une citerne de 2 à 3 m^3 dont le rôle est celui de filtre,(B). La citerne est munie d'un système d'aération (X). Le pourtour doit être bien aménagé pour éviter l'infiltration de l'eau. Il faut un nettoyage régulier à l'aide de l'eau additionnée de 5% de H_2SO_4 (acide sulfurique). La toiture doit être nettoyée de façon régulière. Comme moyen filtrant on peut soit employer du sable très propre ou du charbon de bois. On emploie également un filtre dégrossisseur à l'entrée du tuyau d'amenée d'eau (A).
Ce dégrossisseur est précédé d'une grille pouvant arrêter les éléments solides de dimensions supérieures à celles de ses mailles. En bas de la citerne, un système de vidange est installé pour faciliter son nettoyage. Le couvercle peut être métallique ou en béton, mais de préférence il faudrait qu'il soit en béton armé surmonté d'une couche de sable pour éviter de hautes températures à l'intérieur de la citerne pendant l'été.

I.2. Situation historique.

I.2.1 Evolution démographique.

A Cibitoke, la population était regroupée en agglomération (paysannat) dans les plaines et en villages en milieu rural. L'administration territoriale était sous forme d'Arrondissement avant 1962 et la Province était Bubanza. Le Chef-lieu de l'Arrondissement était Cibitoke mais Rugombo, suite à sa situation géographique, était le centre commercial plus important de l'Arrondissement. En effet, il regroupait des gens venant de plusieurs régions et pays ; Burundais, Rwandais, Zairois, Arabes,... .Les transactions commerciales y étaient intenses entre Rugombo, Bukavu, et Kamembe .

La population s'est accrue par une forte migration des populations venant des autres régions du pays comme Kayanza et Ngozi à la recherche des terres fertiles et de l'emploi à Cibitoke. La SODAGRI (Société de Développement Agricole) et la ferme Mparambo avaient besoin d'une main d'œuvre et cela a favorisé l'accroissement massif de la population, ce qui, en conséquence, a eu des effets sur les paysannats qui sont devenus saturés. A l'origine, les parcelles étaient de 4 ha chacune par exploitation mais après, il a fallu une subdivision de celles-ci entre les membres d'une même famille sans augmentation des champs d'exploitation. Le taux de croissance annuelle s'est élevé jusqu'à 3%.

A cet accroissement de la population, il fallait correspondre des conditions sanitaires favorables. Or ces dernières prennent pour base l'eau. C'est la raison pour laquelle le gouvernement du Burundi a été obligé de mettre en place une adduction d'eau potable sur l'axe routier Cibitoke- Rugombo – Ruhwa après avoir exploité la source de Nyabusage en 1952.

Cibitoke est devenu une Province en 1982. Le commerce s'est intensifié au fur et à mesure et l'immigration a pris une allure considérable suite aux raisons déjà citées.
Il a fallu en même temps améliorer les conditions sanitaires des populations en réhabilitant l'adduction de Cibitoke – Rugombo – Ruhwa . C'est la REGIDESO qui l'a fait .en 1983. Aujourd'hui, il n'existe que peu de bornes fontaines sur les transversales quasi fonctionnelles.

La population bénéficiaire de l'eau potable estimée par le bureau d'étude GKW en 1983 était à 21682 personnes. La situation d'alors montrait que les bornes fontaines existaient sur quelques transversales à l'intersection avec la route principale Cibitoke–Ruhwa. Mais comme certaines transversales sont longues, les populations étaient obligées de faire 3km pour accéder à un point d'eau, ou de s'approvisionner dans les rivières comme Nyakagunda, Rusizi et canaux d'irrigation. Ceci causait de grands problèmes sanitaires (verminose, bilharziose).

Tableau III : Evolution de la population de la zone du projet depuis 1983 et leurs besoins en eau potable.(homme+ bétail) :Communes Mugina et Rugombo.

Bénéficiaires d'eau potable	Besoins humains + besoins bétail Dotation l/hab/j		dotation l/hab/j		dotation l/hab/j	
	Comptage 82-83	besoins m^3/j	Estimation 87	Besoin m^3/j	Estimation 2000	Besoin m^3/j
Résidents (h)	21,682h	17,3	25.820	387,2	39.264	785,3
Résidents (b)	3950	197,5	5600	280	7250	362
Collectivités visiteurs	-	136,7	-	274,9		503,6
	-	68,6	-	79,2		109,4
Total besoins		575,8		1021,3		1760,3 soit en moyenne 0,021/j

Résidents (h) : résident homme

Résident (b) : résident bétail

I.2.2. Perspective d'accroissement.

Tenant compte du taux de croissance annuel de la population (5 %) en Province de Cibitoke, mais également en considérant le planning familial négligé, la population de Cibitoke augmente à un rythme considérable. Pour la zone d'étude du projet, les transversales, T_1,T_2,T_3 et T4 , la population s'accroît considérablement .Tout le long des transversales commence à être occupé et il faudra prévoir une bonne politique d'alimentation en eau potable.

Actuellement, la taille des ménages qui puisent sur les bornes fontaines à Rugeregere, Munyika, Kurigitari et les environs de Dogodogo et de 7 personnes par ménage. Dans 20 ans, avec la politique d'urbanisation provinciale, les populations se seront accrues le long des transversales, surtout que le relief de Rugombo constitue un bon atout à l'implantation des maisons sans difficultés.

Les transactions commerciales et les services publics connaissent un grand essor. Le Collège Communal de Rugombo pourra par exemple être complété par un Cycle Supérieur des humanités. Les hôtels se construisent à grande échelle pour permettre le logement des voyageurs entre le BURUNDI– RDC - RWANDA.

La ferme de Mparambo commence à se développer. Les enquêtes menées auprès des responsables, ont montré que les troupeaux destinés à la production des géniteurs atteindront plus de 300 têtes. Pour le moment, de nombreux troupeaux sillonnent les paysannats pour s'abreuver dans les rivières et canalisations. Or, afin d'améliorer et de bien intégrer à l'agriculture, la tendance actuelle est d'inciter la population de Cibitoke à avoir du bétail de meilleure qualité et de le garder à l'étable.

CHAP. II. RESEAU D'ADDUCTION ET DISTRIBUTION D'EAU EXISTANTS.

II.1. Inventaire et distribution des sources d'eau.

II.1.1.Inventaire des sources d'eau.

D'une façon générale, les sources d'eau sont en grande quantité dans les collines qui surplombent la Commune de RUGOMBO. Seulement elles ne sont pas exploitées d'une façon efficace pour doter l'eau potable à la région de la plaine. Les sources exploitées actuellement par la REGIDESO sont :

Nyabusage (S_1) avec 3 sources captées

Misuri (S_2) avec 2 sources captées

Ntaruko (S_3) avec 1 source captée.

Les 3 sources S_1, S2 et S_3 ont été captées pour l'alimentation en eau potable à Cibitoke – Rugombo- Ruhwa. Sur le terrain, une grande insuffisance d'eau potable est enregistrée dans les trois localités. De plus, la quantité en débit est très petite comparablement aux besoins globaux. Il faut alors prévoir une quatrième source (S_4) de Nyabusage pour augmenter le débit. Ce travail est en cours de réalisation par l'A .R. P.

II.1.2.Description des sources d'eau.

Toutes les sources considérées sont des sources d'émergence situées dans la zone transitoire de la crête Congo-Nil et celle de bas relief à l'altitude de 1332m. Elles sont situées à 12km de la Commune Rugombo. Les captages de S_1 et S_2 ont respectivement été faits en 1952 et1966. La source S_1 est constituée de trois captages qui rassemblent toutes les eaux dans une chambre collectrice de départ (CCl). Comme S_1, S_2 et S_3 se rencontrent dans la même chambre collectrice (CC_1) et en conséquence qu'il y ait le trop plein, il faut redimensionner la chambre et la conduite. Toutes ces sources d'eau mentionnées sont situées en Commune Mugina. Le captage (S_2) de Musuri, a été envisagé et exécuté avec espoir de renforcer le débit de S_1 qui était jusque là très petit en comparaison avec les besoins des bénéficiaires. La connexion de ces deux sources est à 3.6km de la chambre CC1. La source de Ntaruko (S_3) a été prévue d'être captée en 1983 dans les propositions AEP Cibitoke (1983-2000).

C'était toujours dans la logique d'augmenter le débit d'eau pour les centres à vocation urbaine de Cibitoke-Rugombo sans oublier les zones de passage des conduites dans la Commune Mugina, frontalière de commune Rugombo. Tous ces travaux ont été projetés mais l'exécution n'a pas eu lieu en totalité.

II.1.3. Débit des sources. (Q)

II.1.3.1. Définition

Le débit d'une source est la quantité d'eau que la source produit par unité de temps (litre par seconde l/s, m^3/s,m^3/h).

II.1.3.2. Appareil de mesure de débit.

Pour mesurer le débit d'une source, on utilise un « débitmètre » avec un chronomètre.
Lors de la détermination d'un débit d'une source le débitmètre est mis sous le tuyau d'amenée d'eau . Simultanément, le chronomètre est déclenché.
Le débitmètre peut être un récipient gradué (10l) de contenance. Dès que la première goutte est tombée dans le récipient, le chronomètre est mis en marche et est directement arrêté quand le récipient est rempli.

La détermination du débit se fait par :

1°. Volume (V)

2°. Temps (t)

II.1.3.3. Sortes de débits.

Sont distingués :

Le débit moyen journalier

Le débit moyen mensuel

Le débit moyen annuel

. De préférence, pour les sources, la détermination des débits se fait pendant l'été (septembre octobre) car en cette période c'est le débit d'étiage tandis que pendant la période des pluies, le débit est maximal ; le projet d'adduction d'eau potable prend comme base le débit d'étiage.

L'équation de HARTON dégage que plus le débit d'infiltration est élevé, plus l'eau ne peut être emmagasinée en grande quantité. Mais, il suffit que le taux d'infiltration soit faible , pour comprendre que finalement , la nappe est saturée et en conséquence a un stockage élevé d'eau . Le débit mesuré pendant la période du taux d'infiltration élevé ne sera pas le même que celui de la période du taux d'infiltration bas.

$$f = f_c + (f_0 - fc)e^{f^{-kt}}$$

f : capacité d'infiltration d'une averse.

f_o : capacité d'infiltration maximale au début de l'averse.

f_c : capacité d'infiltration constante

kt : constante positive

e : base des logarithmes népériens

t : temps écoulé d'une averse.

Le volume de l'eau infiltrée est donné par la formule suivante :

$$F = f_0 xt + \frac{f_0 - f_c}{Kt} x\left[1 - e^{f^{-Kt}}\right]$$

II.13.4 Débits des sources considérées (Q).

Nyabusage I.S_1= 1,2 l/s

Misuri (Nyabusage II) S_2 = 4,4 l/s

Ntaruko (Nyabusage III) S_3 = 2,2 l/s

Nyabusage IV = a) 6 l/s

b) 2 l/s

c) 4 l/s

Tous ces débits sont mesurés aux différentes sources. Le débit réel est déterminé après l'installation des infrastructures du captage. Pour les 4 sources le total des débits est de 30,6l/s.

II.1.4.Protéction des sources captées.

Toutes ces sources citées sont des sources des montagnes. Elles se trouvent dans des vallées supplombées de tout côté par des flancs de montagnes. Elles sont dans des zones inhabitées. Le relief étant accidenté, il n y a pas d'accessibilité des animaux. Le terrain étant en pente raide, les agriculteurs ne s'aventurent pas pour les activités agricoles. La protection de ces sources est une simple clôture en haies vives. Il faut ensuite sensibiliser les populations environnantes pour éviter les feux de brousses de collines avoisinantes pour que l'érosion n'abîme pas ces sources.

II.2. Etat des ouvrages existants.

II.2.1. Les conduites d'eau.

A Cibitoke, les conduites utilisées pour l'alimentation en eau potable sont des tuyaux en PVC ont été préférés suite à leurs avantages :

- Résistance aux intempéries (agents chimiques)
- Les prix des tuyaux en pvc sont abordables comparablement à ceux des tu galvanisés ou en fonte ductile.
- Emboîtement facile (collage bout à bout à froid)
- Le transport et l'utilisation des tuyaux Pvc est facile surtout quand ils utilisés en milieu rural.
- Longévité élevée (dure longtemps).

Les tuyaux galvanisés ont également été utilisés mais à petite échelle :

- dans les zones marécageuses
- distribution des bornes fontaines et branchements privés.

Même si les tuyaux en pvc présentent beaucoup d'avantages, ils présentent aussi inconvénients . Ils se cassent facilement car ne supportent pas trop de charges. Posés à une fa profondeur, les agriculteurs ou autres personnes les cassent facilement. C'est ce qui s'est produ Samwe, Kiryohera... .Pour éviter de tels accidents il faut les poser à une profondeur de 1 à 1,5m. Les tuyaux en acier peuvent même s'installer d'une façon apparente (à ciel ouvert).

La conduite de diamètre nominale DN80 alimente directement la station de traitement à Muya Le nombre de bornes fontaines sur les transversales se compte à 12 mais qui ne fonctionnent régulièrement.

Muyange,

Kiryohera,

Samwe

Commune

Camp swahili : 5è av, 7èav, 8è av et 9e av.,

Transversales :Ière T, IIème T, IIIème T et IVème T.

Pour une population dont la croissance est galopante comme celle de Rugombo, 12 bo fontaines sont insuffisantes surtout que leur débit est très faible. En plus de ces bornes fontaines, branchements privés ont été accordés. Le chiffre reçu de la part des autorités administratives est de branchements. Mais, la même question se pose : Est-ce que réellement les branchements privés sor alimentés en eau potable ? La réponse est négative parce qu'on ne pourrait pas mainte fois assister à colonne interminable des hommes et femmes roulant à vélo à la recherche de l'eau de Nyakagunda.

II.2.2. Les ouvrages de stockage d'eau

L'adduction en eau potable actuelle de Cibitoke possède 4 réservoirs de stockage :

Un réservoir (R1) de 100 m^3 semi- enterré à Muyange. Ce réservoir est en maçonnerie de moellor joue le rôle principal pour l'alimentation en eau potable à Cibitoke – RUGOMBO et RUKANA ve frontière Ruhwa.

Un réservoir métallique R_2 de 48 m^3 à RUKANA

Un réservoir métallique R_3 de 65 x 2 m^3 à CIBITOKE

Un réservoir en maçonnerie de moellons de15 m^3 à MURAMBI

Les trois premiers réservoirs sont surélevés et sont desservis par R1. Tous ces quatre réservoirs sous la gestion de la Regideso à CIBITOKE.

Nous mentionnons d'autres réservoirs comme :

Le réservoir en maçonnerie de moellons de l'hôpital CIBITOKE 15 m^3

Le réservoir de Mparambo 18 m^3

Le réservoir de Motel Cibitoke 5 m^3

Le réservoir du Lycée Cibitoke 50 m^3

Le réservoir de BTC 18 m^3

La paroisse et la communauté des Frères de Cibitoke possèdent de petits réservoirs l'utilisation privée. Leur capacité varie entre 1et 5m^3. Ils sont également alimentés par R1 et sont équ des compteurs. On se rend compte que le réservoir R1 joue le rôle de transit pour essayer de couvri besoins en eau mais en vain. La capacité de stockage est prise à 30 pourcent des besoins en eau expr par jour. Malheureusement, ce pourcentage ne parvient pas à couvrir les besoins de Cibitoke et Rugon Les conduites de distribution d'eau de ces antennes ont les diamètres suivants :

- Conduite Rukana : départ en DN50 puis DN80 jusqu'au réservoir de 48km^3
- Conduite Rugombo : départ en DN 80 jusqu'au bureau communal Rugombo.
- Conduite Cibitoke -Rugombo : conduite d'inter connexion en DN100.

Pour ce travail, seules les transversales de Rugombo seront pris en considération pour l'alimentatio eau potable (A.E.P.). Le centre de Rugombo ne va qu'en profiter.

II.3. Adduction et distribution existantes

II.3.1.Adduction existante.

L'adduction d'eau potable actuelle à Cibitoke est faite de trois conduites qui partent de la zor captage à la chambre d'aération de Muyange. Les trois conduites servent en cours de route 11 bc fontaines en Commune Mugina équipée d'un compteur chacune.

L'A.R.P. veut lier directement la chambre collectrice qu'elle va construire à la chambre d'aération servir aucune borne fontaine en cours de route. Cette conduite sera parallèle aux deux dernières.

II.3.2. Distribution existante

La distribution existante part du réservoir R1 de 100 m^3 implanté à Muyange à1165m d'altit Ce réservoir implanté à 40m environ de la chambre d'aération est en dessous de 7,5m par rapport à dernière. La distribution est assurée principalement par les conduites déjà citées :

DN 50 pour l'antenne Rukana
DN 80 pour l'antenne Rugombo
DN 100 pour l'antenne Cibitoke –Rugombo

Lesdites conduites alimentent d'autres petits réservoirs sauf celui de l'antenne Rugombo, c'est à parti ces autres réservoirs que la distribution pour les branchements privés est faite. Malheureusement, i visible que les bornes fontaines (BF) qui devraient être alimentées par ces conduites n'ont presque d'eau parce que :

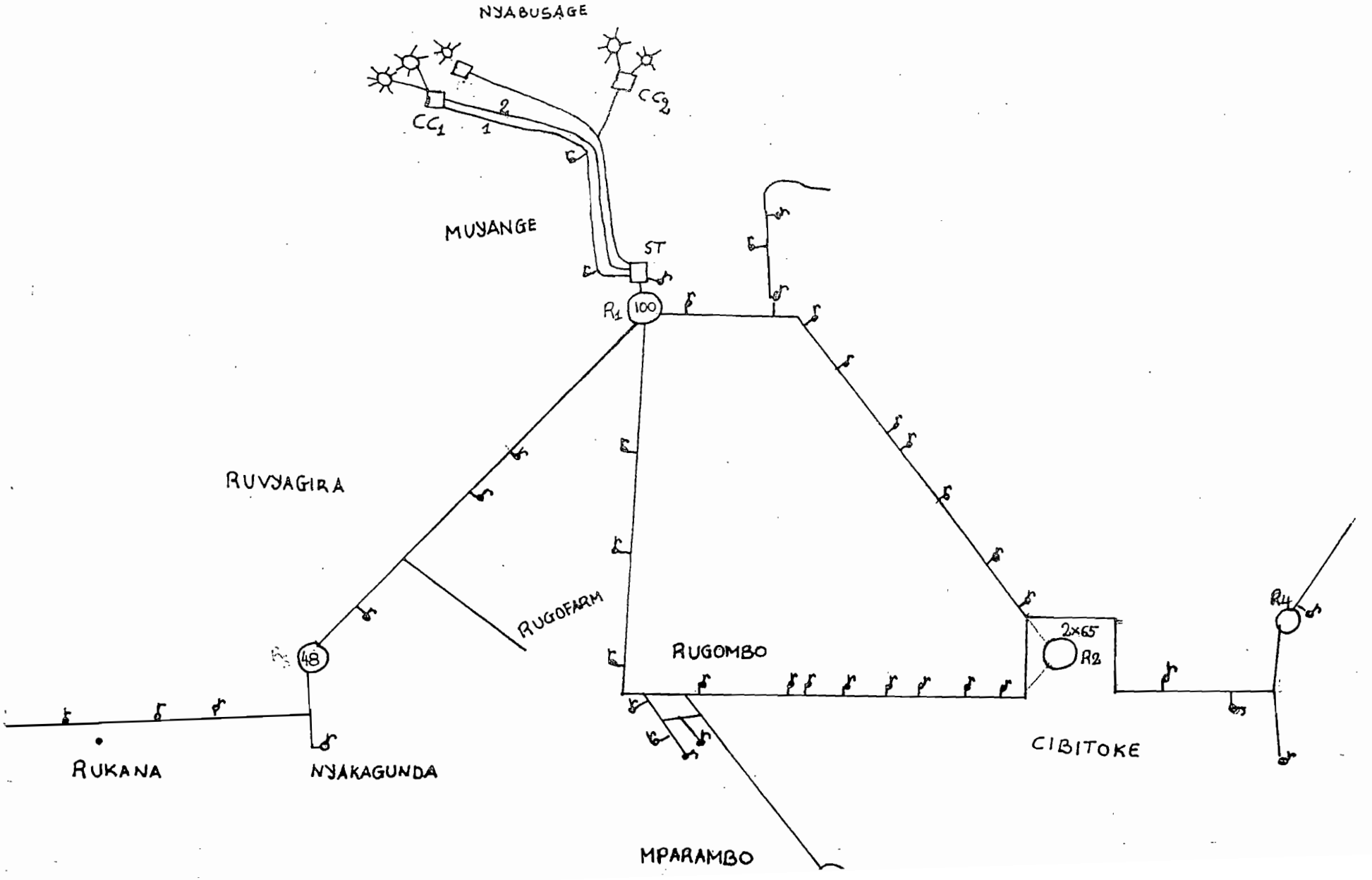
Soit elles sont fermées pour des pannes éventuelles ;
Soit il y a une insuffisance d'eau.

Pour remédier à cette situation, il faudra des travaux neufs sans oublier la protection des équipem hydrauliques.

II.4. Gestion actuelle de l'eau.

En Communes Rugombo et Mugina, l'eau est gérée par la REGIDESO tandis que dans les au Communes de Cibitoke, l'eau est sous la gestion des comités locaux appelés « Régie communale l'eau ". La REGIDESO adresse les factures aux consommateurs par l'intermédiaire de la Commu Celle-ci procède au recouvrement et s'acquitte desdites factures.
Pour bien gérer ces bornes fontaines les Communes organisent les bénéficiaires en élisant responsables des points d'eau. Leur tâche est de collecter l'argent à raison de 10F par jerrican de d'eau puisée. La somme collectée, participe en partie à l'entretien des alentours des points d'eau et l'a partie entre à la Commune pour régler les factures de la REGIDESO. Le système n'est malheureusem pas efficace et c'est pour cette raison que la REGIDESO arrive à fermer les bornes fontaines parce qu Commune Rugombo par exemple est très endettée envers elle.

Fig 6 :Schémas de principe du réseau existant



CHAP. III .AMELIORATION DU SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AE ZONE D'ETUDE : T1, T2, T3, et T4

III. 1. Généralités

L'objectif de l'étude est de lever les lacunes liées au manque d'eau potable dans certaines localités de la Commune Rugombo. Du coté technique on se rend compte que les projets d'alimentation en eau potable ont été réalisés mais la couverture en eau potable n'est pas maximale. Il est fort incompréhensible de voir une distance de plus de trois Km sans borne fontaine alors que les conduites longent deux axes en parallèles. Sur les transversales T1, T2, T3 et T4, une borne fontaine est prévue sur la route asphaltée mais la quantité d'eau est insuffisante.

Cette étude prévoit de donner de l'eau potable en suffisance aux transversales T1, T2, T3 et T4. Pour y parvenir, il est envisagé de :

- recenser tous les futurs bénéficiaires d'eau potable de la zone à alimenter et les estimer pour les années 2004-2014-2024.
- déterminer les besoins journaliers et les estimer pour les années 2004-2014-2024
- implanter un nouveau réservoir RA à Muhabura à 1117m d'altitude, qui sera alimenté par gravité à partir du réservoir R1 de Muyange à1165m d'altitude.
- mettre une borne fontaine BF à une distance de 1000m d'une autre BF.

Du coté de la gestion des ouvrages, l'entretien et la protection des équipements hydrauliques seront tenus en considération. La tâche de la bonne gestion revient aux bénéficiaires et à leurs responsables administratifs pour une sensibilisation efficace.

III. 2.Ressources exploitables en eau potable

Pour desservir la population de zone d'attraction, toute la zone de notre étude sera desservie gravitairement. Les sources actuelles alimentent le réservoir R1 de Muyange. Comme l'A.R.P capte une autre source pour augmenter le débit, elle prévoit en même temps de construire un nouveau réservoir de 200m^3qui fonctionnera conjointement avec R1 de 100m^3 à Muyange même. Le débit des sources passera alors de 18,6l/s à 30,6l/s, soit de 66,96m^3 /h à110,160m^3/h.

Pour alimenter le réservoir RA de Muhabura, une conduite de connexion entre en R1et le nouveau réservoir sera installé. De la nouvelle conduite, prendra départ une autre conduite pour l'alimentation gravitaire de la RA. En effet, un dénivelé de 48m (1165m-1117m) est suffisante pour une conduite gravitaire car, les conditions de pression et de débit sont remplis.

III.3. Analyse chimique des prélèvements des eaux

III.3.1 .But de l'analyse d'eau

L'analyse des prélèvements d'eau au point de vue chimique est de s'assurer de la probabilité (qualité) de l'eau en vue d'éviter des maladies hydriques aux consommateurs. Lors de l'analyse, on tient compte des paramètres répondants aux critères souhaitables.

III .3.1. a. Critères impératifs

Ce sont des critères bactériologiques ou chimiques liées aux germes pathogènes qui pourraient se trouver dans l'eau.

Tableau IV : Critères chimiques exigés par O M.S (Organisation Mondiale de la Santé)

Corps chimiques	Concentration [mg/l]
Composés phénoliques	0
Chrome hexavalent	0
Cyanures	0
Sélenieum	0,05
Arsenic	0,05
Plomb (Pb)	0,1
Fer (Fe)	0,3
Manganèse (Mn)	0,1
Fluorure	1
Cuivre(Cu)	1
Zinc (Zn)	5
Nitrate	25
Magnésium (Mg)	50
Sulfates	200
Chlorures	200

III. 3.1. b. Critères souhaitables

Ce sont les critères physiques basés soit à :

La couleur ;

La température : 9°c et 12°c ;

La turbidité : <5NTU ;

Le PH : 7-8,5 ;

La conductibilité : 700 μ^2/cm ;

La dureté : 75 mg/l ;

La même analyse des prélèvements des eaux permet de savoir les corps contenus dans l'eau :

Corps dissous ;

Corps colloïdaux ;

Corps en suspension ;

Cette analyse se fait dans un laboratoire équipé des appareils appropriés. Une fois que les paramètres impératifs ne sont pas dans les normes de l'O.M.S l'eau subit un traitement dans le but de :

La clarifier ,

La stériliser,

L'améliorer.

L'eau analysée est une eau brute, mais la même analyse se fait après le captage pour s'assurer de sa bonne potabilité après les travaux des ouvrages des sources. En effet, l'eau potable doit être limpide, fraîche, exempte de couleur, d'odeur et de saveur désagréable.

III.4. Traitement des eaux brutes

L'opération de traitement des eaux brutes consiste à les rendre claire et potable. L'opération est procédée par :

Le pré traitement (dégrillage et dessablage)

La décantation

La filtration

La stérilisation

III 4.1. Le prétraitement

Le prétraitement consiste au dégrillage et dessablage.

III. 4.1. a. Dégrillage :

L'opération consiste à constituer une barrière contre les solides, éléments de dimensions déterminées et amenés par l'eau. On installe la barrière grillagée qui ne laisse passer que l'eau et éléments solides de dimension inférieure à la maille de grillage.

III.4.1.b. Dessablage :

L'opération consiste à influencer certaines particules à se déposer au fond d'un réservoir. Pour cela, l'opérateur est contraint d'augmenter la section du déversoir afin de diminuer la vitesse de mouvement de la particule. Celle-ci aura assez de temps de passer dans le déversoir. Ce temps « s'appelle temps de séjour (**Ts**) ». En plus les chances de se déposer au fond du déversoir vont se multiplier pour la particule. Le poids P de la particule, la poussée d'Archimède A et la résistance R de l'eau interviennent pendant l'opération de dessablage.

$$P = \rho_s \cdot g \cdot \frac{\pi}{D^3} \qquad A = \rho_e \cdot g \cdot \frac{\pi . D^3}{6} \qquad R = 6\pi . M . V . \eta \qquad Ts = \frac{L.l.h}{Q} = \frac{Vol}{Q}$$

P : Poids propre de la particule

A : Poussée d'Archimède

R : Résistance de l'eau

Ts: Temps de séjour

ρs: Masse volumique du solide

G : Accélération de la pesanteur

D : Diamètre de la particule

V : Vitesse de la particule

L : Longueur du déversoir

L : Largeur du déversoir

H : Hauteur (profondeur) du déversoir

Q : débit

η : coefficient de viscosité dynamique

Cd = 0,4 (valeur expérimentale dépendant de la forme de particule : coefficient de traînée)

$$V = \frac{\rho_s}{18\eta}.g.D^2$$

Ecoulement laminaire

$$V = \frac{4}{3}.\frac{\rho_s - \rho_e}{\rho_e}.g.\frac{d}{C_D}$$

Ecoulement turbulent

Au besoin on peut calculer la descente X d'une particule animée par une vitesse V par la formule suivante :

$$X = \frac{1}{2K}.\ln.\frac{(g - KV^2)}{g}$$

K: coefficient de perméabilité

ln : logarithme népérien

III.4.2. La décantation

La décantation consiste à la chute des particules faibles dans des bassins aménagés. Les particules en suspension dans l'eau s'y déposent soit qu'elles existent dans l'eau brute, soit qu'elles résultent de l'octroi d'un réactif chimique ajouté artificiellement (déférisation, épuration chimique). On distingue la décantation primaire et la décantation assistée.

III.4.2.1 Décantation primaire

Cette décantation est considérée pour les particules très petites que le nombre de Reynolds Re est faible. $Re=\frac{VD}{\upsilon}$

V : vitesse d'écoulement

D : diamètre de tuyauterie

υ: viscosité cinématique du fluide

III.4.2.2. Décantation assistée

L 'opération consiste à faire décanter des particules dont la décantation n'est pas possible dans un délai raisonnable à cause de la vitesse très faible. Pour y remédier, ou bien on augmente les dimensions du réservoir décanteur, ce qui engage des coûts financiers énormes, ou bien on provoque l 'agglomération des particules par l'intervention des produits chimiques :

- les coagulants
- les floculants

III.4.3. La filtration

La filtration, comme la décantation, se fait de deux manières.

- la filtration lente
- la filtration rapide

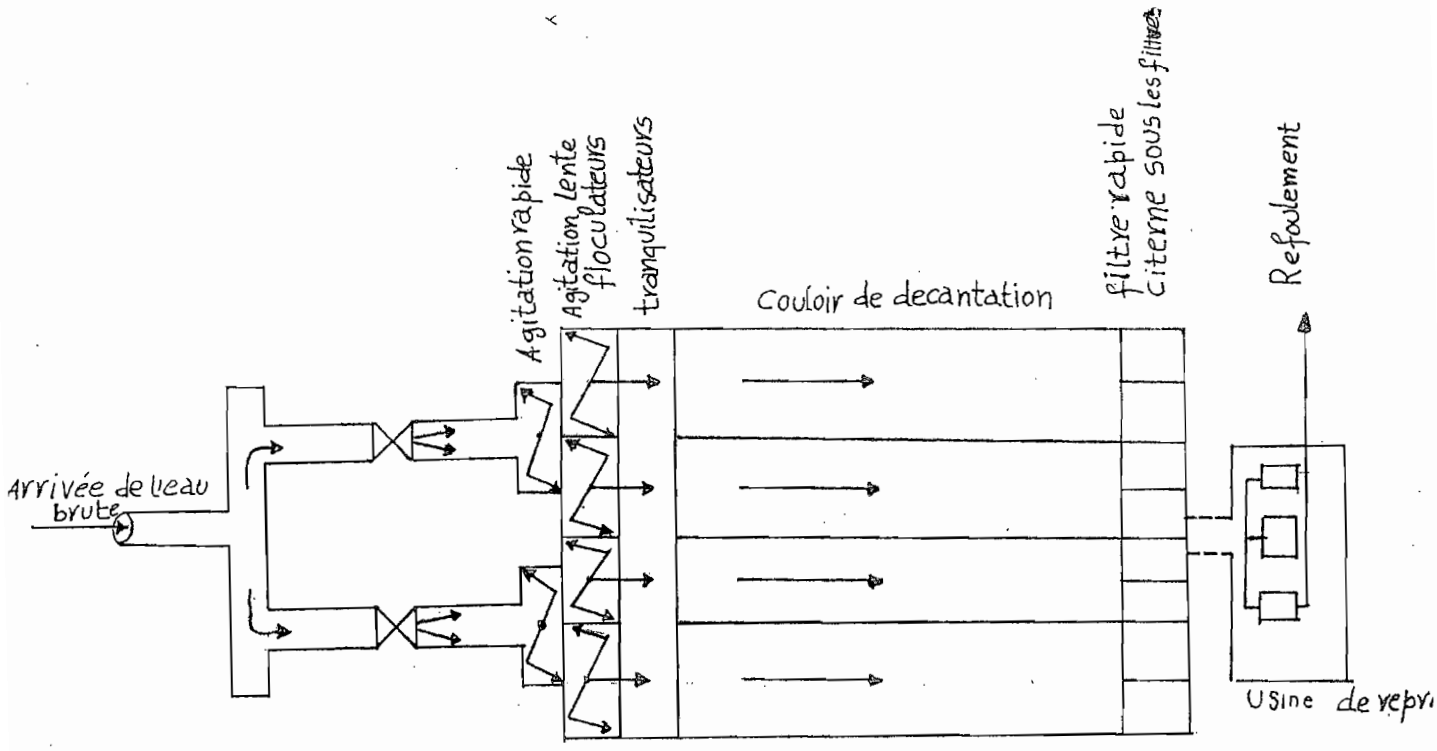
III.4.3.1 La filtration lente

Ce phénomène est comparable à la filtration naturelle où une succession de filtre de graviers, sable moyen et sable fin laissent passer l'eau très lentement (vitesse de 2,4 à 10 m/J). L'eau est rendue plus claire, mais il faut encore une épuration bactériologique.

III.4.3.2 La filtration rapide

La filtration rapide se fait par accélération du processus de filtration lente. En effet, sachant que la filtration lente se termine à une vitesse de 2,4 à 10 m/J sur des filtres finisseurs, pour la filtration rapide, la vitesse devient 20 m à 30 m/J.

Fig 7 : Schéma d'une installation d'une filtration rapide



NB. La filtration est une opération purement physique, elle ne modifie pas les caractères chimiques des eaux.

III.5. La stérilisation

C'est une opération qui se fait au moyen des produits chimiques non toxiques à l'homme ex : Hypochlorite de soude, Hypochlorite de chaux.

L'analyse des eaux de Nyabusage comme le montrent les résultats donnés par la Regideso, garantit la potabilité. La fiche de l'annexe N°1 renseigne sur les directives de l'OMS.

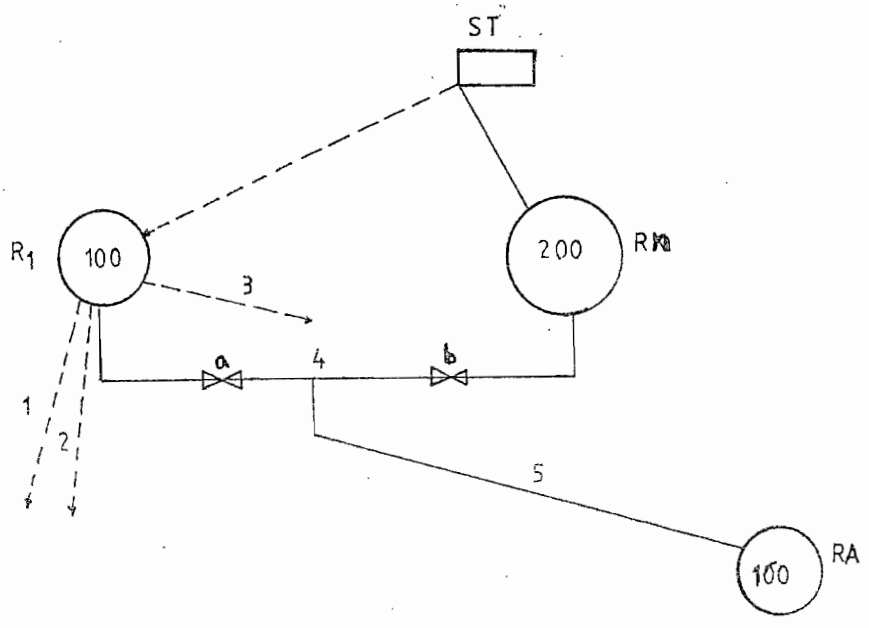
L'eau de NYABUSAGE peut donc être distribuée aux consommateurs et elle ne peut pas causer des maladies.

CHAP IV : LA DISTRIBUTION D'EAU POTABLE PROJETEE

IV. 1. Généralités

L'adduction d'eau étant déjà en cours d'exécution par l'ARP, l'implantation du nouveau réservoir (RN) étant faite, il faut lier les réservoirs (R1 et RN) par une conduite munie de deux vannes de sectionnement . De cette conduite de liaison part une autre conduite qui alimente gravitairement le réservoir RA de Muyange.(voir schéma) .

Fig8: Schéma de liaison des réservoirs R1, RN et RA



R1 : Réservoir existant de 100 m^3 à Muyange à 1165 m d'altitude

RN: Nouveau réservoir de 200 m^3 à Muyange

RA: Réservoir d'arrivée à Muhabura à 1117 m d'altitude

(1): Conduite de R1 vers Rukana

(2): Conduite de R1 vers Rugombo

(3): Conduite de R1 vers Cibitoke

(4): Conduite de liaison entre R1 et RN

(5): Conduite du point de jonction entre R1 et RN à RA à Muhabura

---------- : Conduite existante

_____ : Conduite projetée

Le réservoir RN est projeté par l'ARP dans le but d'augmenter le stockage d'eau potable. La distribution prévue pour la zone d'étude du projet commence à partir de la nouvelle conduite (5) qui prend le départ de la conduite de liaison (4) pour ainsi acheminer l'eau gravitairement au réservoir RA. Le dénivelé entre R1 et RA est de 48 m comme pression statique, ce qui constitue une pression de 4,8 bars sans les pertes de charges. Les vannes a et b permettront le nettoyage de l'un des deux réservoirs sans pour autant couper l'eau aux bénéficiaires.

Les altitudes des zones à desservir sont inférieures aux altitudes des réservoirs où commence la distribution d'eau. Le système par gravité est possible pour la distribution d'eau. En grande partie, le réseau d'eau potable sera ramifié même s'il présente des inconvénients en cas de fermeture de la vanne ou de fuites d'eau en amont. Le tracé des conduites nécessite des équipements tels :

- les chambres de purge
- les chambres de ventouse
- les bornes fontaines

Sur chaque transversale est prévue une borne fontaine à 1 km de distance, ceci permettra aux usagers de ne pas dépasser une distance de 500 m de part et d'autres pour aller puiser à la borne fontaine. Le profil en long a été réalisé sur la base d'une carte de l'IGEBU 1/50000 et constitue une base pour le calcul hydraulique.

IV.2 Equipement du réseau d'eau potable.

Les quelques équipements du réseau sont pour notre étude :

- les conduites
- les ventouses
- les purges

- les clapets de retenue
- les raccords
- les butées d'ancrages
- les bornes fontaines (Robinet)

IV.2.1. Les Conduites d'eau

Les conduites assurent le transport de l'eau vers les lieux d'utilisation. Pour des raisons d'hygiène, il est interdit de transporter l'eau potable à ciel ouvert. On la transporte à travers des tuyaux droits cylindriques permettant des changements de direction, des changements de diamètre, des bifurcations... Les bonnes conduites doivent répondre aux critères suivants :

- résister aux chocs, aux efforts de compression, de traction et de flexion.
- résister aux agents corrosifs
- être étanches
- assurer un écoulement avec des pertes de charges (J) aussi faible que possible
- ne modifier en rien les qualités physiques, chimiques, bactériologiques et organoleptiques de l'eau transportée.
- être d'une mise en œuvre très facile.

D'une façon générale, toutes les conduites doivent permettre un écoulement libre de l'eau et doivent avoir un bon coefficient d'écoulement hydraulique.

IV.2.2. Sortes de conduites d'eau

IV.2.2.1. Les conduites en fonte

La fonte est un alliage de fer et de carbone avec teneur en carbone de 3 à 4%. Elle offre une bonne résistance mécanique et chimique raison pour laquelle elle est le matériau traditionnel, utilisé depuis plusieurs années, surtout qu'elle a une bonne longévité et sa pose est facile. La fonte est d'une parfaite étanchéité et a un bon coefficient d'écoulement hydraulique mais sa densité et fragilité constituent son inconvénient pour l'emploi.

IV.2.2.2. Les conduites en acier

L'acier est un alliage de fer et de carbone, la teneur en carbone étant de 3 à 4%. Sa densité est de 7,8. L'acier possède une résistance mécanique prononcée et une certaine élasticité. Les canalisations en acier sont incassables ; elles résistent aux chocs, aux surpressions et aux mouvements de terrains. Avec des joints soudés à chaud , la canalisation devient monobloc.

L'étanchéité est excellente et le coefficient d'écoulement hydraulique est bon. La pente de charge est faible. Ces conduites sont souvent employées en plomberie domestique. Toute fois, l'acier présente le défaut de ne pas résister chimiquement car s'il n'est pas protégé par un revêtement, il subit la corrosion. L'assemblage se fait par boulonnage, soudage, filetage.

IV.2.2.3. Les conduites en amiante de ciment

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

IV.2.2.4. Les conduites en matière plastique

Les conduites en plastiques sont le produit de deux matériaux : le chlorure de polyvinyle (CPV) et le polyéthylène.

Le chlorure de polyvinyle est obtenu par l'action de l'acide chlorhydrique sur l'acétylène en présence d'un catalyseur qui provoque la polymérisation ou formation de grosses molécules. Le matériau obtenu est chauffé puis passé sous pression dans une filière : on obtient un tuyau dur rigide dont la densité est de 1,37. Le matériau obtenu est thermoplastique.

Les propriétés physico-chimiques des conduites en plastiques sont:

- faible conductibilité thermique,
- coefficient de dilatation linéaire élevé,
- incombustible,
- résistance à la corrosion influençant son emploi.

Son inconvénient est constitué par ses propriétés mécaniques qui varient dans le temps sous l'effet de la contrainte. On admet que la charge comportant un temps de rupture infini est de 250 kg/cm^2.

Les tuyaux en PVC sont très lisses et offrent un coefficient hydraulique excellent. Le débit d'une conduite en PVC est de 1,36 fois d'une conduite métallique de même diamètre. On prend ordinairement une majoration de 25%. La pose des tuyaux PVC est facile et leur poids faible facilite le transport et la manutention.

Le polyéthylène est un matériau obtenu par polymérisation de l'éthylène C^2H^4.

Sa densité varie de 0,92 à 1,1. Le polyéthylène est thermoplastique. Il présente les caractères physico-chimiques semblables à ceux de chlorure de polyvinyle sauf que le polyéthylène a un coefficient de dilatation élevé par rapport à celui du chlorure de polyvinyle. Le polyéthylène présente le phénomène de fluage et il a un bon coefficient d'écoulement hydraulique. Il présente l'inconvénient d'être attaqué par les rongeurs.

IV.2.2.5. Les conduites en béton

Ces conduites sont employées pour les centrales hydroélectriques. Elles résistent bien à la compression mais mal à la traction. Elles supportent des pressions faibles. Les conduites en béton sont efficaces pour l'évacuation des eaux. Afin d'obtenir ces conduites résistant à la pression intérieure, on arme le béton et on obtient des conduites en béton armé.

On distingue d'autres conduites:

- en plomb pour la plomberie intérieure des maisons
- les conduites en cuivre : pour les installations intérieures soignées.

Pour notre projet, nous admettons les conduites en PVC.

Exemple des caractéristiques des tuyaux en plastique

Tableau V : Tuyaux rigides en PVC non plastifié

Eau froide avec pression

Diamètre nominale (mm)	Epaisseur mm	Diamètre réel Mm	Masse kg/m	Série en pression nominale (PN)
12	1,6	8,8 x12	0,074	
16	1,6	12,8 x16	0,102	
20	1,6	16,8 x20	0,130	
25	2,0	21,0 x25	0,203	
32	2,6	26,8 x 32	0,336	
40	3,2	33,64 x40	0,520	
50	4	42 x50	0,810	10 bars
63	5	53,0 x63	1,280	
75	5,3	63,2 x75	1,800	
90	7,1	75,8 x90	2,590	
110	8,8	92,4 x110	3,920	
125	10,0	125,0 x125	5,050	
90	4,5	82 x90	1,690	
110	5,4	99,2 x110	2,480	
125	6,3	112,4 x125	3,290	6 bars
140	7,1	125,8 x140	4,150	
160	8,0	144,0 x160	5,320	

Diamètre réel = Diamètre intérieur

NB : Les longueurs fabriquées sont de 4 m et sur demande 6 m ;

Il y a aussi la série en pression nominale PN16

Tableau VI : Tuyaux semi rigides en polyéthylène

Pression de service	Dimension	Masse théorique au mètre (g/m)
Série à 4 bars	16 x20	106
	21 x25	135
	27 x32	216
	34 x40	325
	42 x50	538
	53 x63	847
	63 x75	1 209
	76 x90	1 697
	93 x110	2 520
	107 x125	3 115
	136 x160	5 295
	170 x200	8 100
Série à 6 bars	12 x16	82
	15 x20	128
	19 x25	193
	25 x32	292
	31 x40	467
	39 x50	715
	49 x63	1 145
	59 x75	1 565
Série à 10 bars	10 x16	114
	13 x20	169
	16 x25	270
	21 x32	426
	26 x40	675
	33 x50	1 030
	43 x63	1 610

IV.2.3 Les robinets

Les robinets sont chargés de l'obturation et la mise en fonction d'un point d'eau. Ils sont installés en points accessibles par le public. Pour le projet, les conduites longeront les transversales à quelques mètres du bord de la piste pour l'accessibilité des bornes fontaines.

IV.2.4. La chambre de ventouse

La conduite étant vide, sans eau, au fur et à mesure qu'elle se remplit d'eau, celle-ci prend la place de l'air qui est par la suite chassé. L'air se forme aux points hauts du réseau et constitue un obstacle pour le passage de l'eau. Il est donc nécessaire d'installer une ventouse pour chasser l'air et également l'admission de l'air dans la conduite pour faciliter la vidange.

IV.2.5 La chambre de purge

C'est une chambre de décharge placée au point bas pour vidanger une conduite par vanne.

IV.2.6 Les raccords

Les raccords jouent le rôle :

- de changement de direction (coude)
- prise ou empattement (Tés)
- diminution ou augmentation de diamètre (cône) ou réduction

IV.2.7 Clapet de retenue

Le clapet de retenue joue un rôle d'assurer le passage de l'eau sans permettre le mouvement retour surtout pour les stations de pompage.

IV.3. Choix d'équipement approprié pour le projet d'étude.

L'équipement approprié pour notre projet est composé de :

- tuyaux en PVC
- tuyaux en acier galvanisé

- les raccords en PVC et acier galvanisé pour effectuer les empattements, les changements de direction, diminution ou augmentation en diamètre des conduites.
- les vannes des réservoirs de Muhabura
- les ventouses
- les purges
- les robinets vannes

Le choix des tuyaux en PVC est guidé par leurs facilités, disponibilité, transport, pose et leur coût moins élevé sur le marché. L'installation de la tuyauterie en PVC tient compte des éléments suivants :

- le débit Q(l/s)= S x V | S= surface
- la vitesse V(m/s) | V= vitesse d'écoulement du liquide
- le diamètre $D = \sqrt{\frac{4\,Q}{\pi\, xv}}$ | π= constante

- les pertes de cherge J (m d'eau) $J = j \times L$ avec $j = \lambda \frac{v^2}{2g} \frac{1}{D}$

D'après Prandth NIKURADSE : $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1{,}74 + 2\log\left(\frac{D}{2K}\right)$ pour les tuyaux rugueux

D'après Colebrook : $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\log\left(\frac{k}{3{,}7} + \frac{2{,}51}{Re\sqrt{\lambda}}\right)$ pour tous les tuyaux

Re : Nombre de Reynold

Blasius : $\lambda = 0{,}316.Re^{-0{,}25}$ tuyaux lisses (PVC)

IV 4. Distribution d'eau

La distribution d'eau se fait soit par réseau maillé ou par réseau ramifié.

IV 4.1 Réseau maillé : (circuit fermé)

Dans ce type de réseau, l'eau circule dans deux sens. Les conduites sont constituées des conduites maîtresses et secondaires et qui sont généralement reliées à leurs extrémités pour garder aussi loin que possible à l'ensemble du réseau d'eau le principe du circuit fermé. Il présente l'avantage d'assurer une alimentation en retour chez les abonnés d'aval si un tronçon connaît une rupture. Son inconvénient est qu'il coûte cher à cause du linéaire des conduites et accessoires hydrauliques. Il ne peut pas être adopté pour notre projet en milieu rural, surtout que ce projet concerne les transversales.

IV.4.2 Réseau ramifié

Dans ce type de réseau l'eau part du réservoir vers les points de puisage par parcourt de canalisations dans un seul sens. Il présente l'avantage d'être moins dispendieux que le réseau maillé. Son inconvénient est l'arrêt total de l'eau en aval en cas de rupture d'eau. Malgré cet inconvénient, nous pouvons l'adopter pour notre projet car la position des transversales l'exige.

La distribution d'eau potable dans le réseau considéré tient compte :

- du débit Qmoy (ℓ/s) : le débit est déterminé à partir des besoins en eau des bénéficiaires qui sont constitués des besoins humains, domestiques et animaux. Les réserves d'incendie seront omises car le milieu rural n'est pas équipé d'éléments de lutte contre l'incendie.
Le débit maximal (Qmax) est obtenu en affectant Q par un coefficient de pointe C qui est égal à 1,2 pour notre projet.

Qmax = 1,2 x Q.moy.

- de la vitesse d'écoulement V (m/s) ; pour éviter tout dépôt dans les conduites nous prenons V = 1 m/s. (Vmax)

Les pertes de charges J qui dépendent du coefficient de rugosité K. (En général J = jxL)

Avec j : perte de charge partielle

- Diamètre de la conduite D (mm)

IV .4.3 Le tracé en plan

Le tracé en plan des conduites joint le système de deux réservoirs (R1et RN) de Muyange et un autre système de deux réservoirs de Muhabura. Toutes les conduites empruntent la distance la plus courte possible et les raccourcis doivent permettre l'écoulement gravitaire recherché. Les conduites seront enterrées à 1,00m de profondeur et cela pour les protéger contre les dégradations extérieures . Les profils en long montrent l'allure du tracé des conduites.

IV.5. Détermination des besoins globaux de la population

IV.5.1 Inventaire des bénéficiaires

Les bénéficiaires pris en considération sont :

- les résidents : sont des individus recensés ménage par ménage de la zone du projet d'étude. Le nombre recensé est de 3600 personnes sur les transversales (4) ;
- la collectivité locale : c'est un groupe de personnes formant une communauté. La zone du projet compte :
    - la Commune
    - école primaire (3)
    - Collège communal (1)
    - Centre de santé publique (1) et privé (2)
    - Marché : 2 fois par semaine
    - Hôtel : 1

Les animaux domestiques : bovins, ovins…

IV.5.2. Normes de consommation en eau potable d'après OMS

Comme le projet est en milieu rural, nous pouvons adopter les consommations en eau potable suivantes :

Résidents

135 l/hab/J pour une ville de 3000 personnes

180 l/hab/J pour une ville de 15 000 à 60 000 personnes

200 l/hab/J pour une ville de moyenne importance

220 l/hab/J pour une ville de plus de 600 000 personnes

300 l/hab/J pour une ville très grande

Collectivité

Ecole	: 100 l/J/élève
Lavage caniveau	: 25 l/J/m
Urinoir	: 20 l/J/place
Bain, douche	: 200 l/J/poste
Abattoir	: 500 l/J/tête
Nettoyage de marché	: 5 l/m^2

Alimentation du bétail

-Cheval, bovin	50l/J/tête
-porc	20l/J/ tête
-mouton	5l/J/tête

Besoins végétaux

Jardin 6l/J/ m^2 +5% région sèche

6l/J/m^2 -5% région humide

Pour ce projet, la consommation en eau potable a été établie à 50 l/J/hab. pour la couverture de tous les besoins. En plus, on se rend compte que la quantité d'eau attribuée aux 2000 personnes du marché est consommée deux fois la semaine car le marché a lieu deux fois par semaine.

IV.6. Evaluation des besoins globaux en eau potable. Q_{max} (m^3/J)

Dans le calcul des besoins en eau et pour chaque type de consommateur, est considéré un ajout d'un taux de croissance annuelle de 1%, des pertes de charges techniques de 15% et le coefficient de pointe horaire C = 1,2

Les formules suivantes sont appliquées :

$$C = \frac{Q_{max} \times 365}{Consomatio \ / an}$$

$$Q_{max} = Q_{moy} \times 1{,}2 + \frac{Q_{moy}}{10} + \frac{Q_{moy}}{15}$$

L'étude est projetée sur une période de 20ans, à partir de l'années 2004 jusqu'en 2024 et la dotation pour chaque type de consommateur est calculée à l'horizon par la formule :

$$Y = Yo \ (1 + \frac{x}{100})^n$$

X= taux de croissance de la population

CIBITOKE 3%

n = nombre d'année

Yo = population actuelle

Y = bénéficiaire à l'horizon

Les résultats des calculs sont mentionnés dans les tableaux suivants :

Tableau VII : Besoins en eau potable année 2004

Bénéficiaires	Nombre de personnes Hab(T)	Dotation l/hab/J (l/J)	Besoins journaliers M^3/J	Besoins max. journ m^3/J
1. COMMUNE	20	40 ,00	0,8	1,09
2. ECOLE PRIMAIRE	1200	5,00	6	8,2
3. COLLEGE COMMUNAL (1)	400	20,00	8	10,9
4. CENTRE DE SANTE (3)	500	150,00	75	102,5
5. MARCHE (2 JOURNÉES)	2000 x2	3,00	12,00	16,4
6. HOTEL (1)	40	180,00	7,2	9,84
7. POPULATION	3600	50,00	180	246
8. BETAIL (TETES)	300	50,00	15	20,5
TOTAL BESOINS Q (m^3/h)			304	415,43
Q(l/s)			3,5 l/s	4,8 l/s

$$Besoins\ \max .journalier\ (Q\max) = Bes./j.x1,2 + \frac{Bes./j}{10} + \frac{B./j}{15}$$

1,2 Coefficient de pointe

1/10 Taux de croissance annuelle

1/15 Pertes techniques d'eau

Tableau VIII : Besoins en eau potable année 2014

Bénéficiaires	Nombre de personnes Hab (T)	Dotation L/J/hab (T)	Besoins journaliers m^3/h	Besoins max . journ $m^3/J/hab$ (Tête)
1. COMMUNE	27	40 ,00	1,8	1,476
2. ECOLE PRIMAIRE (3)	2420	5,00	12,1	16,53
3. COLLEGE COMMUNAL	538	20,00	10,76	14,7
4. CENTRE DE SANTE (3)	671	150,00	100,65	137,555
5.MARCHE (2)	5376	3,00	16,128	22,04
6.HOTEL (1)	54	180,00	9,72	13,284
7.POPULATION	4839	50,00	241,95	330,665
8.BETAIL (TETE)	404	50,00	20,2	27,60
TOTAL BESOINS Q(m^3/h)			412,588	563,85
Q(l/s)			4,7 l/s	6,52 l/s

Tableau IX : Besoins en eau potable année 2024

Bénéficiaires	Nombre de personnes Hab (T)	Dotation l/J/hab (T)	Besoins journaliers m^3/h	Besoins max . journ $m^3/J/hab$ (Tête
1. COMMUNE	37	40 ,00	1,48	2
2. ECOLE PRIMAIRE (3)	3253	5,00	16,26	22,22
3. COLLEGE COMMUNAL	723	20,00	14,46	19,762
4. CENTRE DE SANTE (3)	902	150,00	135,3	184,91
5.MARCHE (2)	7226	3,00	21,67	29,61
6.HOTEL (1)	73	180,00	13,14	17,95
7POPULATION	6504	50,00	325,2	444,44
8.BETAIL (TETE)	543	50,00	27,15	37,105
TOTAL BESOINS Q (m^3/J)			554,66	757,447
Q(l/s)			6,4 l/s	8,7 l/s

Tableau X : Les débits maxima journaliers 2004-2014 et 2024

Année	2004	2014	2024
Qmax : l/s	5,1	6,5	8,8 l/s

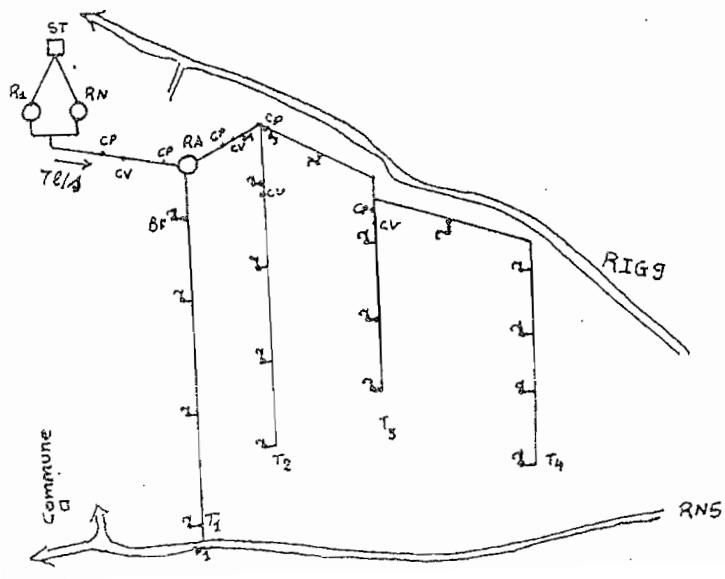
Les besoins maxima journaliers à considérer sont ceux de l'année 2024. En effet, le débit de 8,8 l/s peut couvrir les besoins des années antérieures 2004 et 2014 pour les 4 transversales

IV.7. Longueur totale du réseau de distribution d'eau

Les profils en long indiquent la longueur de chaque partie du réseau à partir du départ (R1+RN).

Profil n°1 : 1850 m
Profil n°2 : 3840 m
Profil n°3 : 1390 m
Profil n°4 : 4365 m
Profil n°5 : 1550 m
Profil n°6 : 2925 m
Profil n°7: 1550 m
Profil n°8 : 3310 m
La longueur totale du réseau est de 20780 m soit 20,78 km.

Tracé en plan du réseau



Légende du schéma

BF : Borne Fontaine (19)
CP : Chambre de Purge (5)
CV : Chambre de Ventouse (4)
RIG : Route d'Intérêt général
RN : Route Nationale

IV.8. Bornes fontaines

Du départ à Muyange jusqu'au réservoir RA, il n'y a pas de distribution d'eau. Le débit entrant QE dans le réservoir est égal au le débit sortant QS (QE=QS).

Chaque borne fontaine est installée à une distance de 1000 m de l'autre.

Nombre de bornes fontaines $BF = \frac{Lt}{1000}$ soit : $\frac{20780-1850}{1000}+1=19BF$

Le réseau compte 19 bornes fontaines.

IV.9. Distribution des débits dans les conduites

La distribution des débits dans les conduites prend pour bases :

- Les besoins (Q) des bénéficiaires d'eau potable sur chaque transversale
- Les besoins (P) des bénéficiaires qui profiteront de l'extension.

Sur chaque transversale on y trouve en moyenne 120 ménages. Chaque ménage abrite une moyenne de 7 personnes. Pour toutes les transversales, on dénombre alors en moyenne 3360 personnes.

Tableau XI : Les consommations

ANNEE	BENEFICIAIRE	DOTATION l/hab/J	m3/J	Q l/S	Q L/s/BF
2004	3360	50	168	1,944	0,102
2014	5083	50	254,15	2,94	0,154
2024	6069	50	303,408	3,51	0,184

Le débit à considérer est celui de l'an 2024, donc 0,184 l/s/BF. Les 19 bornes fontaines peuvent fonctionner simultanément avec un débit de 0,184 l/s chacune. Mais, comme nous avons prévu une extension, c'est à dire Mparambo et Centre Rugombo qui doivent profiter de la distribution .Le débit de chaque conduite peut être évalué suivant la formule :

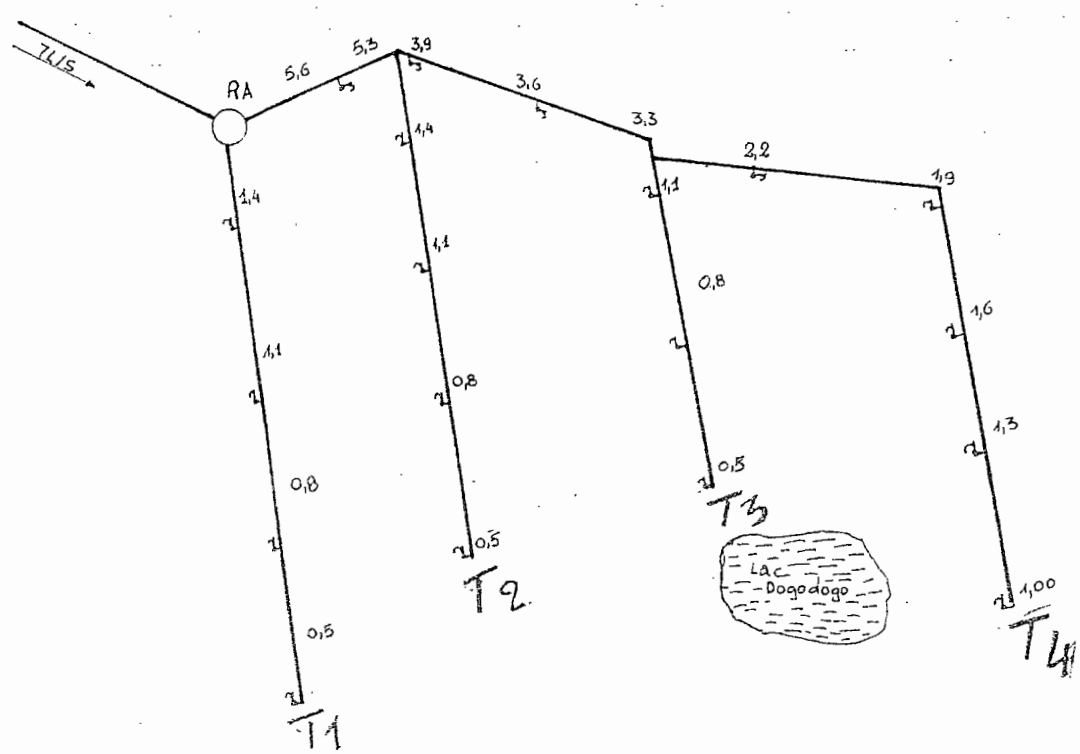
$q = p+0,55Q$ car il y a la distribution d'eau en cours de route.

q : débit à la sortie de la dernière borne fontaine

p : besoins des bénéficiaires de MPARAMBO, CAMP SWAHILI, KIRWATI

D'une façon générale, le débit qui devrait être capté de RD est de : 0,184 l/s x 19 soit un débit de 3,49 l/s. Mais pour des raisons d'extension, nous allons capter 7 l/s et cela ne cause aucun problème surtout que le débit de 7 l/s est inférieur à 8,7 l/s que l'on pouvait capter facilement si l'on devrait alimenter directement les endroits environnants.

Fig 10 : Schéma de distribution de débit dans les conduites



Sur chaque borne fontaine il est prévu 0,184 l/s mais pour des raisons de plus de sécurité, nous l'arrondissons à 0,3 l/s. L'excédent des débits sur les bornes fontaines est prévu pour l'extension.

NB. Le réseau de distribution d'eau de notre projet, est un réseau ramifié. Les conduites sont posées le long des transversales et le long de la route latéritique RIG 9 (CIBITOKE-MIKASHU).

IV.10. Calcul hydraulique

La formule de COLLE BROOCK : $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\log\left(\frac{k}{3,70} + \frac{2,51}{\mathrm{Re}\ x\lambda}\right)$ a été adoptée pour le calcul des pertes de charge j ($K = 10^{-4}$),

La lecture de j se fait dans les abaques

Tableau XII : Profil en long : I

Tronçon	Altitude (m)		Distance (m)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Tuyau		Perte de charge		Hauteur piézométrique(m)		Pression dynamique (m)		Pression statistique (m)	
	amont	aval				DN (mm)	PN (bar)	Partielle (m/m)	Total (m)	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Rd-1	1165	1160	25	7	0,90	100	6(10)	0,0099	0,2482	1165	1164,75	0	4,75	0	5
1-2	1160	1110	85	7	0,90	100	6(16)	0,0099	0,8440	1164,75	1163,90	4,75	53,9	5	55
2-3	1110	1120	100	7	0,90	100	6(10)	0,0099	0,993	1163,90	1162,91	53,9	42,91	55	45
3-4	1120	1100	150	7	0,90	100	6(10)	0,0099	1,4895	1162,91	1161,42	42,91	61,42	45	65
4-cp_1(5)	1100	1100	50	7	0,90	100	6(10)	0,0099	0,4965	1161,42	1160,92	61,42	60,92	65	65
Cp_1-cv_1	1100	1120	70	7	0,90	100	6(10)	0,0099	0,6951	1160,92	1160,23	60,92	40,23	65	45
Cv_1)-7	1120	1120	150	7	0,90	100	6(10)	0,0099	1,4895	1160,23	1158,74	40,23	38,74	45	45
7-8	1120	1100	100	7	0,90	100	6(10)	0,0099	0,993	1158,74	1157,74	38,74	57,74	45	65
8-9	1100	1100	250	7	0,90	100	6(10)	0,0099	2,4825	1157,74	1155,26	57,74	55,26	65	65
9-10	1100	1100	125	7	0,90	100	6(10)	0,0099	1,2425	1155,26	1154,025	55,26	54,025	65	65
10-11	1100	1080	200	7	0,90	100	10	0,0099	1,986	1154,025	1152,03	54,025	72,03	65	85
11-cp_2)	1080	1060	95	7	0,90	100	10	0,0099	0,94335	1152,03	1151,09	72,03	91,09	85	105
Cp_2)-13	1060	1080	150	7	0,90	100	10	0,0099	1,4895	1151,09	1149,60	91,06	69,6	105	85
13-14	1080	1100	200	7	0,90	100	6(10)	0,0099	1,986	1149,60	1147,62	69,6	47,62	85	65
14-15_{RA}	1100	1117	100	7	0,90	100	6(10)	0,0099	0,993	1147,62	1146,62	47,62	29,62	65	48

Tableau XIII : Profil en long II

Tronçon	Altitude		Distance m	Débit l/s	Vitesse m/s	Tuyau (m)		Perte de charge		Hauteur Piézométrique m		Pression dynamique		Pression statistique	
	Amont	aval				DN (mm)	PN	partielle	total	amont	aval	amont	aval	amont	Aval
RA-1	1117	1080	150	1,4	0,46	65	10	0,0059	0,8877	1117	1116,11	0	36,11	0	37
1-2	1080	1060	150	1,4	0,46	65	10	0,0059	0,8877	1116,11	1115,22	36,11	55,2	37	57
2-BF_1	1060	1030	100	1,4	0,46	65	10	0,0059	1,1836	1115,22	1114,03	55,2	84,03	57	87
3-4	1040	1020	75	1,1	0,37	65	10	0,0039	0,2961	1114,03	1113,7	84,03	93,7	87	97
4-5	1020	1000	300	1,1	0,37	65	16	0,0048	1,1848	1113,7	1113,40	93,7	113,40	97	117
5-BF2	1000	980	555	1,1	0,37	65	16	0,0039	2,1714	1113,40	1112,23	113,40	132,23	117	137
BF_2-7	1000	980	555	1,1	0,37	65	16	0,0039	2,1714	1112,23	1110,06	132,23	130,06	137	137
BF2 -7	980	980	450	0,8	0,70	40	16	0,0020	0,9032	1110,06	1109,16	130,06	129,16	137	137
7-BC	980	960	200	0,8	0,70	40	16	0,0020	0,4014	1109,16	1108,76	129,16	148,77	137	157
BC-9	960	940	300	0,8	0,70	40	10	0,0020	0,6021	960	959,4	0	19,4	0	20
9-BF_3	940	940	50	0,8	070	40	10	0,0020	0,1003	959,4	959,3	19,4	19,3	20	20
BF_3-BF_4	940	928	1000	0,8	0,70	40	10	0,0012	1,2490	959,3	958,05	19,3	30,05	20	32
BF4-F	928	923	300	0,8	0,70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NB. Le profil II comporte une brise –charge à 2150m du réservoir d'arrivée. Cette brise-charge permet de diminuer la pression dans les conduites. Sinon, on est obligé de faire recours aux conduites en acier à une distance de 1350m. Ce qui coûte cher, mais il est aussi conseillé de ne pas multiplier sur un réseau le nombre de type de conduites.

Tableau XIV : Profil en long III

Tronçon	Altitude (m)		Distance (m)	débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Tuyaux		Perte de charge		Hauteur piezo(m) métrique		Pression dynamique (m)		Pression statistique(m)	
	amont	aval				DN (mm)	PN (bar)	Partielle (m/m)	Totale (m)	amont	aval	Amont	aval	Amont	Aval
B (RA)-1	1117	1100	115	5,6	1,10	80	6	0,01924	2,2127	1117	1114,78	0	14,78	0	17
1-CP_3	1100	1070	425	5 ,6	1,10	80	6	0,01924	8,1774	1114,78	1106,60	14,78	36,6	17	47
CP_3-CV_2	1070	1080	150	5,6	1,10	80	6	0,01924	2,8861	1106,6	1103,71	36,6	23,71	47	37
CV_2-BF_5	1080	1078	10	5,6	1,10	80	6	0,01924	0,1924	1103,71	1103,52	23,71	25,52	37	39
BF_5 - 4	1078	1060	90	5,3	1,05	80	6	0,01764	1,5879	1103,52	1101,93	25,52	41,93	39	57
4 - 5	1060	1040	150	5,3	1,05	80	10	0,01764	2,6466	1101,93	1099,28	41,93	59,28	57	77
5- 6	1040	1020	250	5,3	1,05	80	10	0,01764	4,411	1099,28	1094,87	59,28	74,87	77	97
6-CP_4	1020	1010	200	5,3	1,05	80	10	0,01764	3,528	1099,28	1095,75	74,87	85,75	97	107

Tableau XV : Profil en long IV

Tronçon	Altitude (m)		Distance (m)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Tuyau		Perte de charge		Hauteurpiezo métrique (m)		Pression dynamique (m)		Pression statistique(m)	
	amont	aval				DN (mm)	PN (bar)	Partielle (m/m)	Totale (m)	Amont	aval	amont	aval	amont	aval
CP_4 - 1	1010	1020	400	1,4	0,46	65	10	0,0059	2,3672	1095,75	1093,36	85,75	73,38	107	97
1 - 2	1020	1040	300	1,4	0,46	65	10	0,0059	1,7754	1093,38	1091,60	73,36	51,6	97	77
2- BF_7	1040	1055	300	1,4	0,46	65	10	0,0059	1,7754	1091,60	1089,82	51,60	34,82	77	62
BF_7-CV_3	1055	1060	50	1,1	0,37	65	10	0,0059	0,1974	1089,82	1089,62	34,82	29,62	62	57
CV_3 - 4	1060	1060	450	1,1	0,37	65	10	0,0039	1,7766	1089,62	1087,84	29,62	27,84	57	57
4 - 5	1060	1040	100	1,1	0,37	65	10	0,0039	0,3948	1087,84	1087,45	27,84	47,45	57	77
5 - 6	1040	1040	115	1,1	0,37	65	10	0,0039	0,4540	1087,45	1087,30	47,45	47,00	77	77
6 - 7	1040	1000	1,75	1,1	0,37	65	10	0,6909	0,4342	1087,00	1086,56	47,00	86,57	77	117
7 – BF_8	1000	984	110	1,1	0,37	65	16	0,0039	0,4342	1086,56	1086,13	86,57	102,13	117	133
BF_8 – 8	984	980	165	0,8	0,65	40	16	0,01749	2,8863	1086,13	1083,24	102,13	103,24	133	137
8 – 9	980	960	350	0,8	0,65	40	16	0,01749	6,1225	1083,24	1077,12	103,24	117,12	137	157
9 – BF_9	960	942	485	0,8	0,65	40	16	0,01749	8,4841	1077,12	1068,64	117,12	126,64	157	175

BF9 - 10	942	940	165	0,5	0,40	40	16	0,0072	1,1949	1068,64	1067,45	126,64	127,45	175	177
10 – 11	940	920	750	0,5	0,40	40	16	0,0072	5,4315	1067,45	1062,02	127,45	142,02	177	200
11- BF_{10}	920	917	85	0,5	0,40	40	16	0,0072	0,6155	1062,02	1061,41	142,02	153,41	200	209
BF10-12	917	908	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XVI : Profil en long V

Tronçon	**Altitude (m)**		**Distance (m)**	**Débit (l/s)**	**Vitesse (m/s)**	**Tuyau**		**Perte de charge**		**Hauteur piezométrique(m)**		**Pression dynamique(m)**		**Pression statique(m)**	
	amont	aval				DN (mm)	PN (bar)	Partielle (m/m)	Total (m)	amont	aval	amont	aval	Amont	aval
CP_4 (BF_6–1)	1010	1004	700	3,9	0,8	80	16	0,0106	7,4522	1095,75	1088,30	85,75	84,30	107	113
1 –2	1004	1004	250	3,9	0,8	80	16	0,0106	2,7661	1088,30	1085,53	84,30	81,53	113	113
2- BF_{11}	1004	1002	50	3,9	0,8	80	16	0,0106	0,5325	1085,53	1080,58	81,53	83,00	113	115
BF_{11}-D	1000	1000	550	3,6	0,75	80	16	0,9094	5,1975	1085,00	1079,80	83,00	79,80	115	117

Tableau XVII : Profil en long VI

Tronçon	altitude		Distance (m)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Tuyau		Perte de charge		Hauteur piezo métrique(m)		Pression dynamique(m)		Pression statistique(m)	
	amont	aval				DN (mm)	PN (bar)	Partielle (m/m)	Total (m)	amont	aval	amont	aval	amont	aval
CP_5-1	1000	1020	175	1,1	0,9	40	10	0,0318	5,5728	1079,80	1074,22	79,80	54,22	117	97
1-CV4 (2)	1020	1040	195	1,1	0,9	40	10	0,0318	6,2097	1074,22	1068,01	54,22	28,01	97	77
2-BF_{12}	1040	1040	130	1,1	0,9	40	10	0,0318	4,1398	1068,01	1063,87	28,01	23,87	77	77
BF_{12}-3	1040	1040	70	0,8	0,70	40	10	0,0200	1,4050	1063,87	1062,46	23,87	22,46	77	77
3-4	1040	1020	550	0,8	0,70	40	10	0,0200	11,0396	1062,46	1051,42	22,46	31,42	77	97
4-5	1020	1000	175	0,8	0,70	40	16	0,0200	3,5126	1051,42	1047,90	31,42	47,90	97	117
5-6	1000	980	150	0,8	0,70	40	16	0,0200	3,0108	1047,90	1044,88	47,90	64,88	117	137
6-BF_{13}	980	970	55	0,8	070	40	16	0,200	1,1039	1044,88	1043,77	64,88	73,77	137	147
BF_{13}-7	970	960	195	0,5	0,45	40	16	0,0089	1,7483	1043,77	1042,02	73,77	82,02	147	157
7-8	960	940	350	0,5	0,45	40	16	0,0089	3,1381	1042,02	1038,88	82,02	98,88	157	177
8-BF_{14}	940	920	460	0,5	0,45	40	16	0,0089	4,1243	1038,88	1034,75	98,88	114,75	177	197
BF_{14}-9	920	918	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-H	918	916	380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XVII : Profil en long VI

Tronçon	altitude		Distance (m)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Tuyau		Perte de charge		Hauteur piezo métrique(m)		Pression dynamique(m)		Pression statistique(m)	
	amont	aval				DN (mm)	PN (bar)	Partielle (m/m)	Total (m)	amont	aval	amont	aval	amont	aval
CP_5-1	1000	1020	175	1,1	0,9	40	10	0,0318	5,5728	1079,80	1074,22	79,80	54,22	117	97
1-CV4 (2)	1020	1040	195	1,1	0,9	40	10	0,0318	6,2097	1074,22	1068,01	54,22	28,01	97	77
2-BF_{12}	1040	1040	130	1,1	0,9	40	10	0,0318	4,1398	1068,01	1063,87	28,01	23,87	77	77
BF_{12}-3	1040	1040	70	0,8	0,70	40	10	0,0200	1,4050	1063,87	1062,46	23,87	22,46	77	77
3-4	1040	1020	550	0,8	0,70	40	10	0,0200	11,0396	1062,46	1051,42	22,46	31,42	77	97
4-5	1020	1000	175	0,8	0,70	40	16	0,0200	3,5126	1051,42	1047,90	31,42	47,90	97	117
5-6	1000	980	150	0,8	0,70	40	16	0,0200	3,0108	1047,90	1044,88	47,90	64,88	117	137
6-BF_{13}	980	970	55	0,8	070	40	16	0,200	1,1039	1044,88	1043,77	64,88	73,77	137	147
BF_{13}-7	970	960	195	0,5	0,45	40	16	0,0089	1,7483	1043,77	1042,02	73,77	82,02	147	157
7-8	960	940	350	0,5	0,45	40	16	0,0089	3,1381	1042,02	1038,88	82,02	98,88	157	177
8-BF_{14}	940	920	460	0,5	0,45	40	16	0,0089	4,1243	1038,88	1034,75	98,88	114,75	177	197
BF_{14}-9	920	918	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-H	918	916	380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XVIII : Profil en long VII

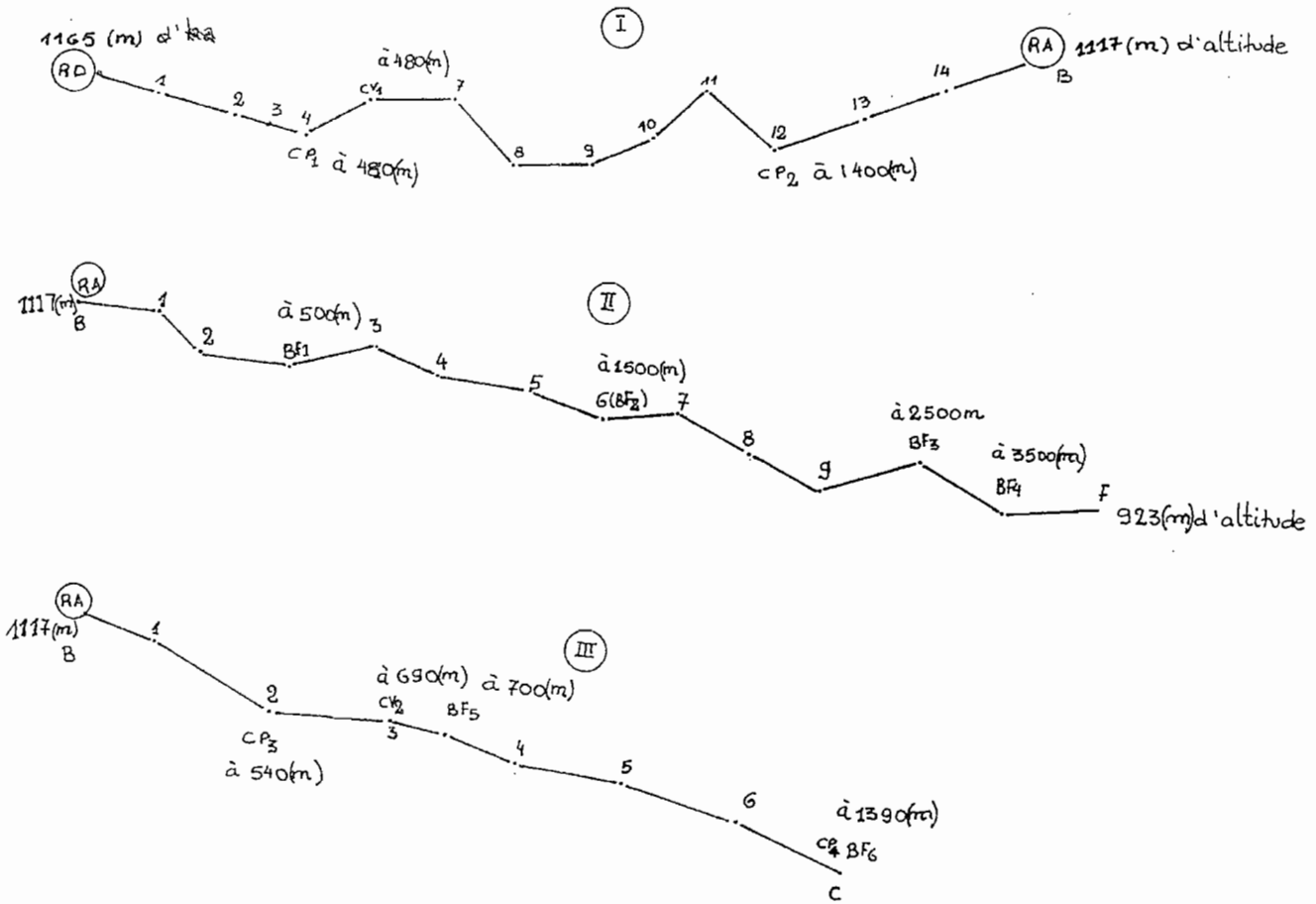
TRONCON	Altitude		Distance (m)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Tuyau		Perte de charge		Hauteur piézometrique (m)		Pression dynamique (m)		Pression statistique (m)	
	amont	aval				DN (mm)	PN (bar)	Partielle (m/m)	Total (m)	amont	aval	Amont	aval	amont	Aval
CP_5 (D) – 1	1000	1000	250	2,5	0,83	65	10	0,0175	3,375	1079,80	1076,42	79 ,80	76,42	117	117
1-BF_{15}	1000	998	250	2,5	0,83	65	10	0,0175	4,375	1076,42	1072,04	76,42	74,04	117	119
BF_{15}-2	998	995	100	2,2	0,73	65	10	0,01405	1,4052	1072,04	1070,63	74,04	75,63	119	122
2-3	995	980	850	2,2	0,73	0,65	10	0,14052	11,9442	1070,63	1058,68	75,63	78,68	122	137
3-BF16	980	975	100	2,2	0,73	65	10	0,014052	1,4052	1058,68	1057,27	78,68	82,27	137	142

Tableau XIX : Profil en long VIII

TRONCON	Altitude		Distance (m)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Tuyau		Perte de charge		Hauteur piezo. (m)		Pression dynamique(m)		Pression statistique(m)	
	amont	aval				DN (mm)	PN (bar)	Partielle (m/m)	Total (m)	Amont	Aval	Amont	aval	amont	Aval
BF16 (E)-1	975	960	960	1 ,9	0,64	65	16	0,01099	10,5504	1057,27	1046,71	82,27	86,71	142	157
1-BF17	960	956	40	1 ,9	0,64	65	16	0,01099	0,4396	1046,71	1046,27	86,71	90,27	157	161
BF17-2	956	940	460	1,6	0,85	50	16	0,021509	9,89414	1046,27	1036,37	90,27	96,37	161	177
2-BF18	940	925	540	1,6	0,85	50	16	0,021509	11,61486	1036,37	1024,75	96,37	99,75	177	192
BF18-3	925	920	310	1,3	0,70	50	16	0,015013	4,65403	1024,75	1020,09	99,75	100,09	192	197
3-BF19	920	910	690	1,3	0,70	50	16	0,015013	10,35897	1020,09	1099,73	100,09	99,73	197	207
BF19-I	910	908	310	1,3	0,70	50	0	0	0	0	0	0	0	207	209

A la place de PN6 bars, nous préférons PN10 bars.

IV.11. Plan de situation des conduites projetées

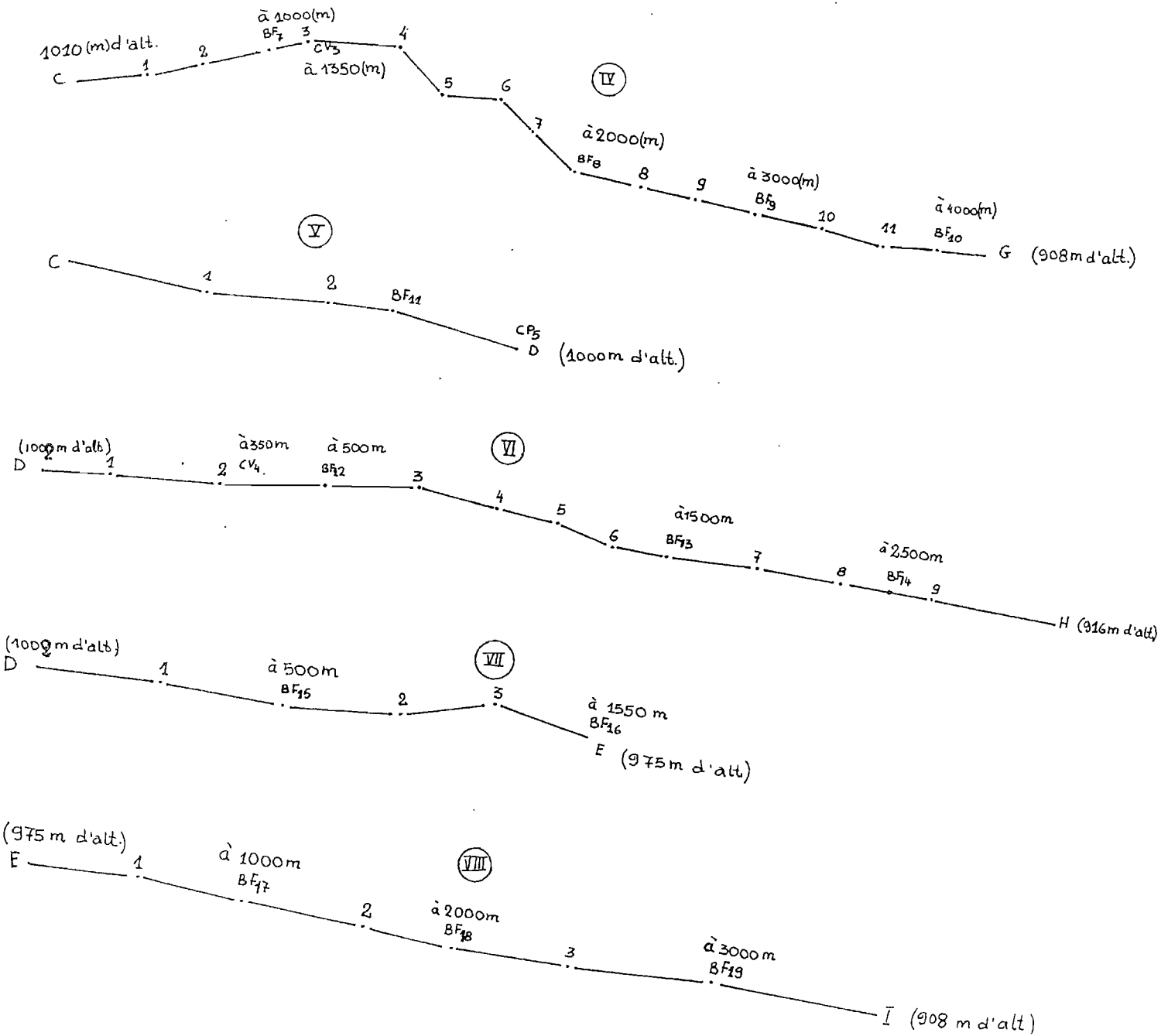


Légende

CV : Chambre de ventouse
CP : Chambre de urge

BF : Borne fontaine
BC : Brise-charge

RA : Réservoir d'arrivée
RD : Réservoir de départ


à 1000(m)
BF7
3
CV3
1010 (m) d'alt.
C
1
2
à 1350(m)
4
5
6
Ⅳ
7
à 2000(m)
BF8
8
9
à 3000(m)
BF9
10
11
à 4000(m)
BF10
G
(908m d'alt.)
Ⅴ
C
1
2
BF11
CP5
D
(1000m d'alt.)
(1000m d'alt)
D
1
à 350m
2
CV4
à 500m
BF12
3
Ⅵ
4
5
6
à 1500m
BF13
7
à 2500m
8
BF14
9
H (916m d'alt)
(1000m d'alt.)
D
1
à 500m
BF15
2
Ⅶ
3
à 1550 m
BF16
E
(975m d'alt)
(975 m d'alt.)
E
1
à 1000m
BF17
Ⅷ
2
à 2000m
BF18
3
à 3000 m
BF19
I
(908 m d'alt)

IV.12. Vérification de l'arrivée de l'eau au point de puisage

En étudiant la desserte d' un point d'eau, surtout le point de puisage , on fait la somme des pertes de charges J en fonction du débit, du diamètre et de la vitesse prévus en ce point et on y ajoute son altitude « h » en m.

Si la somme J+h'' est inférieure à la hauteur piezométrique H à la sortie du robinet, le débit prévu sera satisfaisant mais si H est supérieure, il ne le sera pas et il faudra augmenter le diamètre de la conduite ou diminuer la vitesse.

FORMULE

$H \geq J+h'' + 2$ m	(2m de hauteur doivent rester au point de puisage le plus élevé)

Pour notre projet, nous déterminons les points de puisage les plus élevés pour chaque profil. Nous vérifions successivement si la condition de la formule est démontrée.

I. Pas de service en route

RA : H = 1146,6 (m)

J = 18,7 m d'eau} H ≥J +h +2

h''= 1117 m 18, 7 +1117 +2 = 1137,7 m

1146,6 m > 1137,7m l'eau peut arriver.

II. Assure le service en route pour 4 BF.

BF1 : H = 1113,78 m

J = 3,206 m d'eau} 3,206 m + 1030 m + 2 m = 1035,206 m

h''= 1030 m 1113,78 m > 1035, 206 m

L'eau peut arriver.

III.BF3 : H= 1103 ;52

J = 13,46 m d'eau } 13,46 + 1078+2) m = 1093,46 m

h'' : 1078 m 1103,52 m > 1093, 96

L'eau peut arriver.

IV BF7 H = 1084, 93 m

J = 6,412 m d'eau} 6,412 + 1055,00 + 2 = 1063,412 m

h'' = 1055 m (1084,93 > 1063, 412)m

L'eau peut arriver

Point 4 : H = 1082,80 m

J = 8,55 m d'eau} (8,55 m + 1060 + 2)m = 1070,55 m

h''= 1060 1084,93m>1070,55 m

L'eau peut arriver au point 4, en conséquence les points de puisage en bas peuvent être desservis.

V. BF6 H = 1083,88 m

J = 7,4522 m d'eau} (7,4522 m + 1010 + 2)m

h''= 1010 1083,88m>1019,45 m

L'eau peut arriver.

VI. BF12 H = 1059,45 m

J = 15,92 m d'eau} (1040 + 15,92+ 2)m

h''= 1040 1059,45m>1057,92 m

L'eau peut arriver.

Toute fois , augmenter le diamètre constituerait un avantage.

VII. BF15 H = 1065,86 m

J = 9,478 m d'eau} (9,478m + 998 m + 2)m = 1009,47 m

h''= 998 1065,86m>1009,47 m

L'eau peut arriver.

VIII. BF17 H = 1037,82 m

J = 11,907 m d'eau} (11,907m + 956 m + 2)m = 969,907 m

h''= 956 1037,82m>969,907 m

L'eau peut arriver.

IV.13. Commentaire

- Si nous nous basons sur la formule de vérification de l'arrivée de l'eau aux points de puisage les plus élevés, nous pouvons conclure que les bénéficiaires de l'eau potable du réseau seront satisfaits.
- Au tronçon (profil II) il faut installer une brise charge à une distance de 2150 m du RA.

Rôle d'une brise - charge

Une brise - charge est similaire à un réservoir intermédiaire dans lequel une partie de l'énergie que possède l'eau à l'entrée se trouve brisée. Elle devient un niveau de base pour un tronçon d'aval.

- Les tronçons doivent comporter également des butées d'ancrage des conduites spécialement en C, D et E.

Rôle de butée

Les conduites sont constituées par suite de tuyaux réunis par joints. Suite à la poussée de l'eau, il y a tendance à un déboîtement des joints dans les parties coudées. Il faut en conséquence construire des massifs en béton, qui par leurs poids propres, s'opposant aux déboîtements.

Pour des butées en forme d'arc de cercle d'angle au centre α les sections S1et S2 respectivement d'entrée et de sortie sont soumises à des pressions P1et P2 avec P2 légèrement inférieure de P1 de la valeur des pertes de charges entre les 2 sections. Le massif se construit pour s'opposer à la résultante R de P1 et P2.

Formule : $R = 2 \times P_1 \times SIN(\alpha/2)$

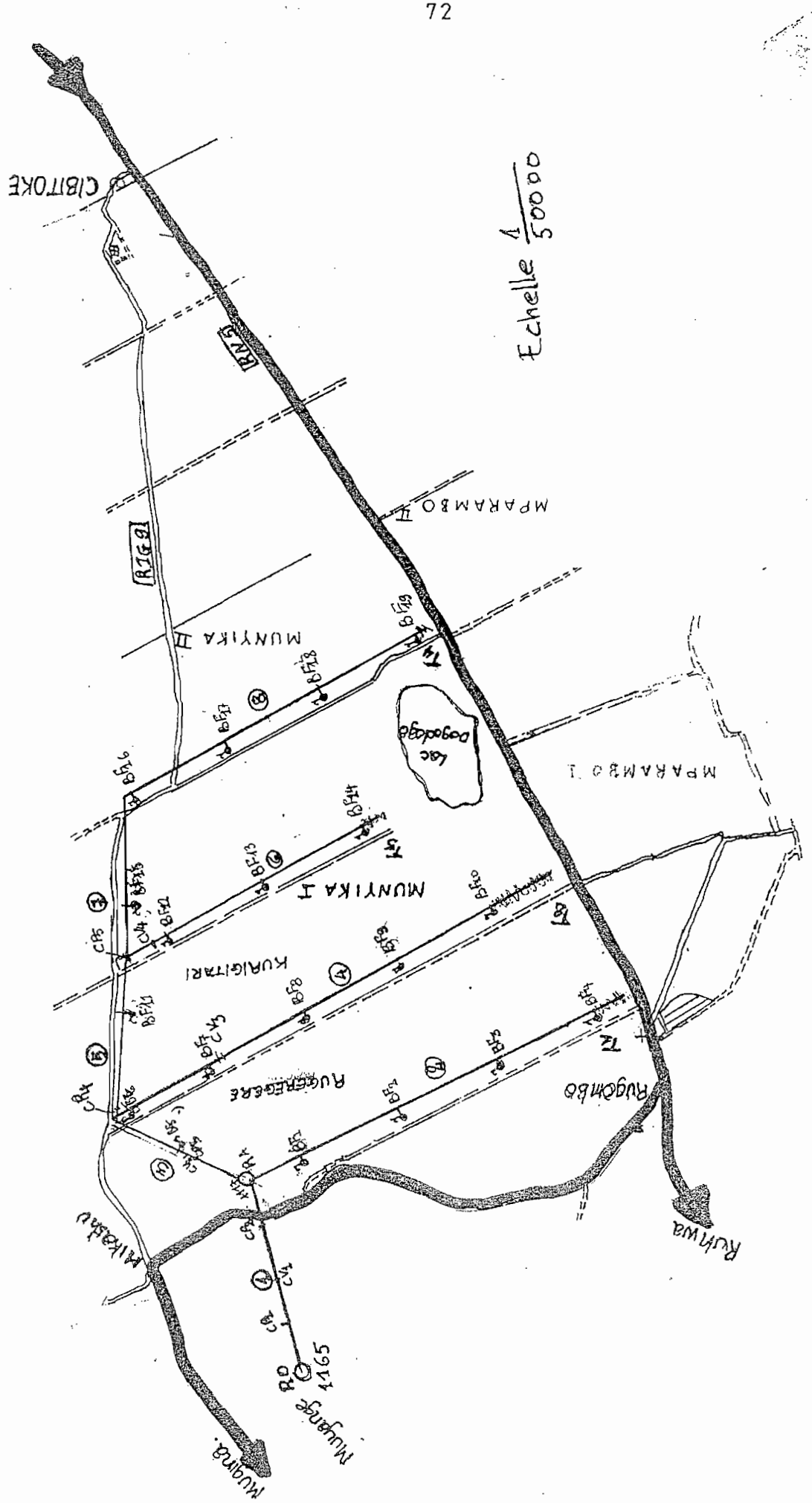
Avec $P_2 = \omega \times H \times \pi \times D^2/4$

ω : poids spécifique du liquide

H : Hauteur de charge

B : Diamètre de la canalisation

Disposition des conduites par rapport aux transversales



CHAP V. RESERVOIR

V. 1.Généralités

V.1.1.Définition et classement d'un réservoir

Le réservoir est un ouvrage qui sert d'accumulation d'un liquide .

Selon sa nature on rencontre :

- les réservoirs métalliques
- les réservoirs en maçonnerie
- les réservoirs en béton armé ordinaire ou précontraint

Selon la situation des lieux, on rencontre :

- les réservoirs enterrés
- les réservoirs semi-enterrés
- les réservoirs surélevés sur tours

Selon l'esthétique, ils peuvent :

- Soit assumer les fonctions de l'ouvrage
- Soit intégré au paysage

V. 1.2. Rôle d'un Réservoir

Le réservoir sert de tampon entre l'adduction et la distribution. Il se remplit aux heures creuses (surtout la nuit) et fournit l'apport d'eau aux heures pleines. Le réservoir régularise le débit d'une distribution d'eau et contient une quantité d'eau telle que l'on puisse disposer momentanément un débit supérieur à celui de l'arrivée.

Comme la consommation est souvent supérieure au débit d'arrivée, il est nécessaire d'avoir une réserve d'eau égale à 2 ou 3 fois la consommation au lieu d'un stockage d'eau répondant à une capacité égale à la consommation journalière.

V.2. Formes des réservoirs

Les réservoirs peuvent être rectangulaires ou circulaires. Notre projet va adapter un réservoir circulaire parce que cette forme résiste mieux aux forces de déformation. Aussi le coût du réservoir cylindrique est inférieur au coût du réservoir rectangulaire.

Exemple : A un volume et à une haute donnés, à une surface en plan S donnée, le développement de la paroi le plus faible conduit au réservoir le moins coûteux.

Carré de surface S : $p_1=4\sqrt{S}$

Cercle de surface S : $p_2=3,5\sqrt{S}=\sqrt{4\pi S}$

Rectangle de côté a et b = P3

Soit b = ka avec K >1= $p_2=2\frac{(k+1)\sqrt{k}}{k}x\sqrt{S}=y\sqrt{S}$

Avec k : une constante et

p : permettre

Pour k= 1 y = 4

Pour k = 2 y = 4,23

$P_2 < P_1 < P_3$

V.3. Emplacement des réservoirs

L'emplacement des réservoirs tient compte de :

-intervention du relief

-la variation des débits

-distribution

-capacité du réservoir

L'étanchéité des réservoirs doit être l'objet d'un soin particulier pour éviter les suintements .

V.2. Formes des réservoirs

Les réservoirs peuvent être rectangulaires ou circulaires. Notre projet va adapter un réservoir circulaire parce que cette forme résiste mieux aux forces de déformation. Aussi le coût du réservoir cylindrique est inférieur au coût du réservoir rectangulaire.

Exemple : A un volume et à une haute donnés, à une surface en plan S donnée, le développement de la paroi le plus faible conduit au réservoir le moins coûteux.

Carré de surface S : $p_1 = 4\sqrt{S}$

Cercle de surface S : $p_2 = 3{,}5\sqrt{S} = \sqrt{4\pi S}$

Rectangle de côté a et b = P3

Soit b = ka avec K >1= $p_2 = 2\frac{(k+1)\sqrt{k}}{k} x\sqrt{S} = y\sqrt{S}$

Avec k : une constante et

p : permettre

Pour k= 1 y = 4

Pour k = 2 y = 4,23

$P_2 < P_1 < P_3$

V.3. Emplacement des réservoirs

L'emplacement des réservoirs tient compte de :

-intervention du relief

-la variation des débits

-distribution

-capacité du réservoir

L'étanchéité des réservoirs doit être l'objet d'un soin particulier pour éviter les suintements .

Pour des réservoirs enterrés, la fuite de l'eau en dessous du réservoir gorge le terrain environnant d'eau et la même fuite peut permettre l'introduction de l'eau salle dans le réservoir par un mouvement retour. L'alimentation des réservoirs peut être par gravité au dessus ou en dessous :

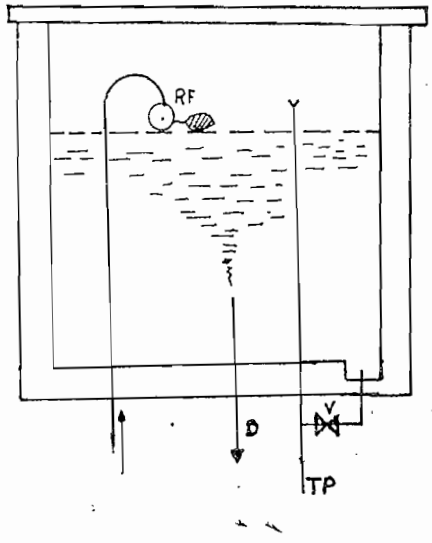


Fig 12

Alimentation par gravité au dessus

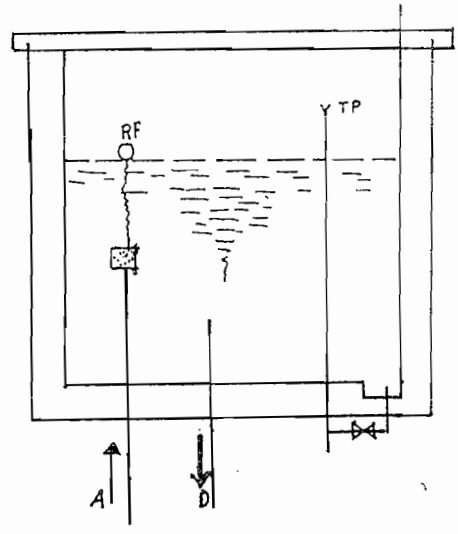


Fig 13

alimentation par gravité en bas

RF : robinet flotteur

A : alimentation

TP : trop plein

D : distribution

V : vidange

V.4. Equipement du réservoir.

Tous les réservoirs sont équipés de :

-La conduite d'alimentation : elle prend départ de la source captée vers le réservoir de stockage. A l'arrivée, la conduite peut être en chute ou noyée dans l'eau. Le bout de la conduite est muni d'un limiteur de débit et d'une vanne à flotteur à l'arrivée.

-un système de trop plein : Ce système permet d'éliminer sans causer des dégâts la quantité d'eau excédentaire au niveau prévu dans la réservoir . Cet excédent est renvoyé dans l'exutoire prévu pour cet effet.

-un système de ventilation (aération) : ce système est fait d'un dispositif similaire à une cheminée ou un trou carré qui sort de la couverture du réservoir et permet l'oxygénation de l'eau.

- un système de vidange : il est fait d'un conduite installée en bas du réservoir sur le radier. Son rôle est de permettre l'évacuation des dépôts. La conduite du vidange peut être raccordée sur la conduite du trop plein et est muni d'un robinet vanne que l'on ouvre au moment de vidange et que l'on ferme après le nettoyage.

-Un système d 'indicateur de niveau : il est constitué d'un flotteur (F) placé dans un réservoir et suspendu à un câble (A). Le câble passe par un jeu de poulie, un contre – poids et un index (I) de niveau sont opposés à l'extrémité du câble. Cet index se place sur une échelle graduée (E)et permet d'apprécier à chaque instant la quantité d'eau stockée dans le réservoir.

(voir figure 14)

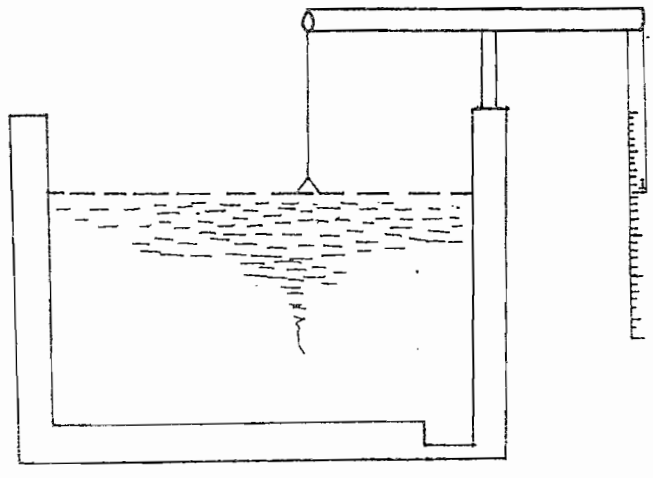


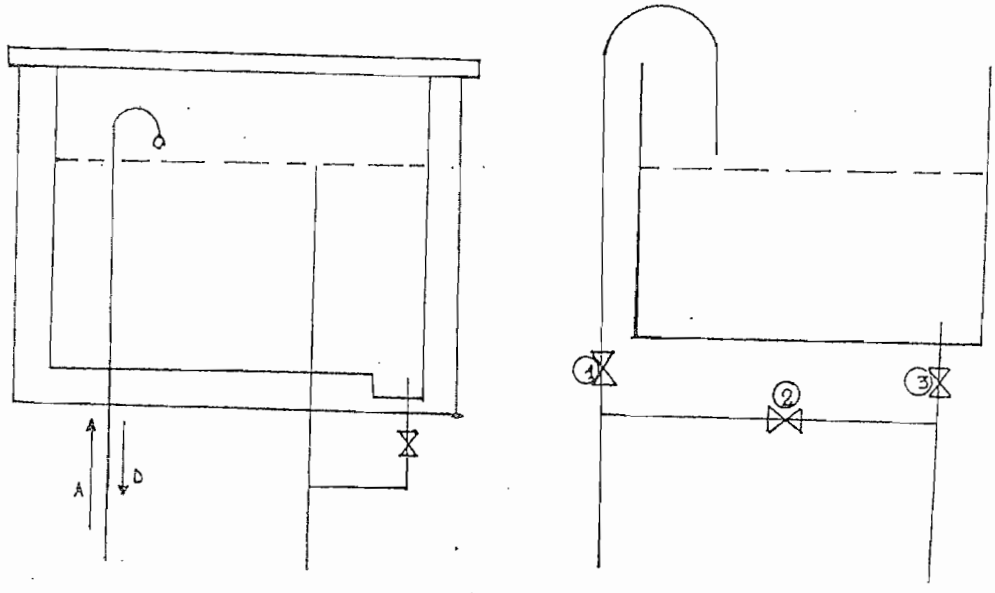
Fig 14

- Echelle d'accès : une échelle d'accès doit être prévue à l'extérieur et à l'intérieur du réservoir. L'accès à l'intérieur est facilité par un trou appelé **'' trou d'homme''** dont le diamètre est au moins égal à 600mm. Le trou d'homme est prévu sur la couverture supérieure.

- limiteur de débit, vanne à flotteur, crépine

- La conduite de distribution : La conduite de distribution prend départ de 15 cm au dessus du radier afin que les dépôts résultant de la décantation ne soient pas canalisées dans les conduites vers les points de puisage. Le départ peut être du côté opposé à celui de l'arrivée. Un robinet vanne est installé sur le départ de la conduite pour isoler cette dernière en cas de panne éventuelle. La conduite de distribution peut être liée à la conduite d alimentation par un système By-pass. En cas de nettoyage ou de réparation du réservoir, la conduite d'alimentation passe directement l'eau à la conduite de distribution. Ce qui permet aux bénéficiaires d'eau potable de ne pas connaître une carence. Le système exige une vérification efficace de la pression en aval pour éviter que les tuyaux ne se cassent.

Schémas explicatifs d'alimentation et de distribution assurée par la même canalisation.



Avantage de ce système.

Quand le réservoir est en réparation ou subit le nettoyage, la vanne 1 est fermée, ainsi que la vanne 3 , la vanne 2 est ouverte , ce qui permet une communication directe entre la conduite d'alimentation et celle de distribution. Cette dernière continue la distribution d'eau potable malgré l'indisponibilité du réservoir.

V.5.Choix du réservoir pour le projet

Le choix du réservoir pour le projet est guidé par son rôle qu'il doit assurer ainsi que le relief sur lequel ce réservoir est implanté. Comme l'alimentation en eau potable concerne des zones de bas reliefs desservis par des réservoirs installés dans les zones d'altitudes supérieures, l'alimentation reste gravitaire. Tenant compte des besoins globaux des bénéficiaires en eau potable, en particulier ceux des transversales considérées, tenant également compte du coût qui doit rester raisonnable, on peut se permettre le choix d'un réservoir en maçonnerie de moellons avec mortier de ciment dosé à 350kg/m^3.

V.6. Calcul de la capacité du réservoir

V.6.1. capacité théorique pour une adduction continue.

La détermination de la capacité du réservoir est conditionnée par les variations du débit en fonction du temps. Durant les 24 heures de la journée, les débits ne restent pas constants à cause des activités intenses suivant certaines heures de la journée.

Soit a, le débit horaire moyen de la consommation Q_m, totale journalière, on a

$$a=Q/24$$

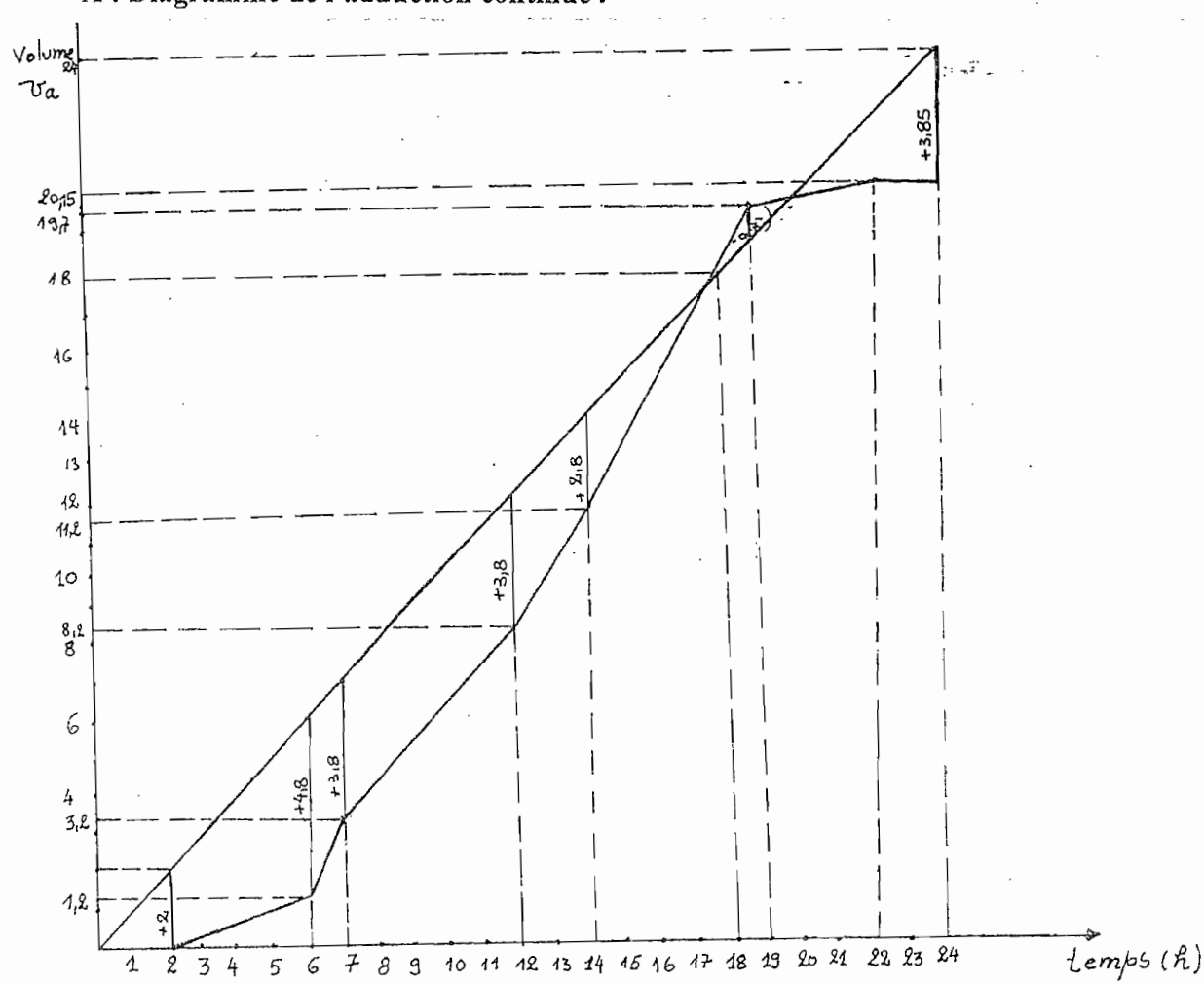
Le facteur démographique a permis de déterminer certaines valeurs qui constituent la base de calcul des variations des débits d'eau potable dans les conduites suivant les consommations des agglomérations.

Coefficients horaires pour les villages et consommation en tranches d'heures.

Heures	Coefficient	Consommation.
0-2	0	0a
2-6	0,3	0+0,3*4=1,2a
6-7	2	1,2a+2a*1=3,2a
7-12	1	3,2a+1a*5=8,2a
12-14	1,5	8,2a+1,5a*2=11,2a
14-19	1,7	11,2a+1,7a*5=19,7a
19-22	0,15	19,7a+0,15*3=20,15a
22-24	0	20,15a+0*2=20,15a

Ces valeurs de la consommation permettent de tracer les diagrammes de détermination de la capacité théorique en adduction continue.

A : Diagramme de l'adduction continue .



Capacité théorique : 4,8+0,7=5,5a (grand supplément +grand déficit)

Soit en pourcentage 5,5a/24a*100 = 22,9% soit 23% de la consommation journalière.

V.6.2. Capacité pratique du réservoir.

La détermination de la capacité pratique du réservoir est basée sur le calcul des besoins globaux journaliers des bénéficiaires. Ces besoins sont déterminés d'après les normes de consommation d'eau potable prévues par l'O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé). En zone industrielle, cette capacité est prise égale à la consommation totale journalière. En zone urbaine suivant son importance, la capacité varie entre ¼ et ½ de la consommation journalière.

Formule de détermination de la capacité pratique du réservoir :

C_{RE} = X*volume journalier.) C_{RE} : capacité du réservoir

X : coefficient de pointe.

D'une manière générale le principe du dimensionnement du réservoir est basé sur la différence entre le volume entrant VE et le volume sortant VS. Comme le débit est instantané on a :

$$C_{RE} = \int (QE - QS)dt$$

C_{RE} : capacité du réservoir

Q_S : débit sortant instantané.

Pour le projet d'étude, la capacité du réservoir d'après la capacité théorique en adduction continue et d'après la capacité pratique est de ¼ des besoins. Cette proportion est en même temps le quart de la consommation forte en adduction gravitaire. Soit une capacité égale à 7l*86400/4=151m^3.

V.7. Dimensions du réservoir

Les formules de FONLLADOSA aident pour le calcul des dimensions du réservoir.

$$D=1,405\sqrt[3]{V}$$ H=0,46*D h=0,46*7,7=3,542m=3,55m.

H est la hauteur d'eau utile.

On peut alors calculer la hauteur totale du réservoir H.

H=3,55+0,5=4m.

0,5m : hauteur libre pour l'air entre le niveau d'eau et le bord supérieur du réservoir. Cette hauteur est comprise entre 0,2 et 0,5(m).Nous adoptons 0,3m pour le projet.

Comme la pression hydrostatique augmente avec la hauteur, on peut prévoir la construction de 2 réservoirs de 75,5m^3.Ce qui diminue la hauteur et le diamètre des réservoirs.

$$D=1,405\sqrt[3]{80}$$

H = 0,46*5,9 = 2,7 m

H' = 2,7+0,3 = 3m (0,3 : hauteur libre entre le niveau d'eau et bordure supérieure du réservoir).

Comme dimensions du réservoir nous retenons :

D = 5,9 m

H = 3 m

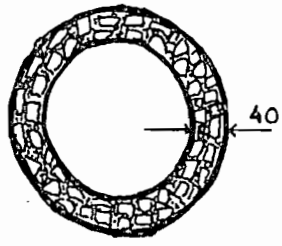
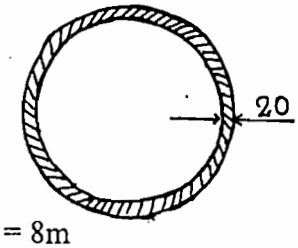
Un seul réservoir de telles dimensions, peut desservir toute la population des transversales d'une façon satisfaisante.

En effet, une capacité de 75m^3 est plus de 1/3des besoins des bénéficiaires des transversales qui est de 161m^3/jour. Mais comme, en étude des besoins, nous avons prévu une extension, la construction de deux réservoirs de capacité de 75m^3 chacun peut satisfaire aux besoins en eau potable pour les transversales T1, T2, T3, et T4 et pour des endroits environnants comme MPARAMBO – CAMPS SWAHILI et KIRWATI (à la commune Rugombo).

V.8. Construction du réservoir.

Le choix pour la construction du réservoir se fait entre le réservoir en maçonnerie, en béton armé ou métallique. Le réservoir métallique coûte très cher. Considérant la capacité du réservoir d'environ 160m3, il faut penser au réservoir en béton armé. Cas à étudier pour voir le coût. On peut envisager aussi la construction de 2 réservoirs en maçonnerie de capacité respective $80m^3$ chacun. Cas à étudier aussi pour le coût des deux. Tous ces réservoirs sont cylindriques, car comme nous l'avons signifié, le réservoir de forme cylindrique est le moins cher.

Coûts estimatifs des réservoirs

Réservoir en maçonnerie	Réservoir en béton armé.
$D=1,405\sqrt{V}$ = 6m ($D=1,405^3 x \sqrt[3]{80}$ ..	$D=1,40\sqrt{V}=7,6m$
h=0,46*6=2,76m. (h=0,46*D)	h=0,46*7,6m=3,5m
H=h+ha=2,76+0,3=3,06m=3,10m	H = h+ha = 3,5+0,3 = 3,8m
E : épaisseur 0,4 m pour question de pression hydraulique. 	ép. radier : 0,3m ép. Mûr 0,2m pour vaincre la pression hydrostatique intérieur. 
Diamètre du radier D_R = 6,00+0,8= 6,8m.	D radier = (7,6+0,4) m = 8m
V radier = $D^2/4*3,14*e$= $(6,8)^2/4*3,14*0,2=7,3m^3$	V radier = $8^2/4*3,14*0,3m^3=10,048m^3$
V couvercle = $(6,8)^2/4*3,14*0,15 = 5,5m^3$	V couvercle = $8^2/4*3,14*0,15m^3 = 7,536m^3$
V_t BA radier + couvercle = 7,3+5,5(m^3) = $12,8m^3$	Vtot.cyl.=$D^2/4*3,14*3,8= 190,912m^3$
Volume ép. Parois = $V_{tot.cyl.}$- Volume vide.	$D^2i/4*3,14*3,8= 172,298m^3$
V ext.= $6,8/4*3,14*3,10 = 112,5m^3$	Volume mur en BA =$18,614m^3$
Vint .= $6/4*3,14*3,10 = 87,6m^3$	Volume total en BA :
V ép. mur du réservoir =V ext.- Vint. (vide)= $(112,5-87,6)\ m^3 = 24,9m^3 = 25m^3$	$Vt_{BA}=10,048m^3+7,536m^3+18,414m^3=$ $35,998m^3=36m^3$
$25m^3$ sont en maçonnerie de moellons avec mortier de ciment.	PU pour BA= 919500Fbu/m^3
Coût de 2 couvercles et de 2 radiers	Prix réservoir en BA= 919.500Fbu*36,00= 33.102.000 Fb.
Coût du BA = 819.500 Fb*25,6 = 20979200F	
PU parois des réservoirs 129970F/m^3	
Coût maçonnerie = 129970F x 50 = 6498950 Coût total = 20979200 + 6498950 = 27478150F	

27478150F est inférieur à 33102000F

Nous retenons le réservoir en maçonnerie car son coût est inférieur au coût du réservoir en béton armé. La dalle de couverture est une dalle plancher. Les parois seront en moellons durs avec mortier de ciment. Sa résistance nominale f_{c28} est de 35MN/m² à l'âge de 28 jours.

V.8.1. Principe de construction.

1. Fouille de fondation profondeur de 0,80m=1,20m
2. Béton de propreté dosé à 150 Kg/m3
3. Fondation en radier épaisseur 30cm
4. Elévation de parois en moellon dur avec mortier de ciment dosé à 300 Kg/m^3 ciment de résistance nominale F_{c28}est de 35MN/m^2.
5. Enduit intérieur avec couche d'étanchéité
6. Couvercle en dalle en béton armé dosé à 350 Kg/m^3. Le couvercle est équipé d'un trou d'homme (D=600mm)
7. Echelle d'accès à l'intérieur du réservoir et l'extérieur

V.8.2. Prédimensionnement des éléments du réservoir

V.8.2.1. Dalle de couverture.

La dalle de couverture est du type plancher dalle.

Elle protège l'eau contre les intempéries et autre élément nuisible à l'eau potable.

Lors de son prédimensionnement, il sera tenu compte les éléments suivants :

1°) Le poids propre appelé charge permanente G. Elle est composée de :

- béton armé 25kN/m^3
- Etanchéité en bitume 12KN/m^2
- Gravions (ép. 0,1m) 20KN/m^2

2°) Les surcharges appelées « charges d'exploitation Q »

Charge d'exploitation : 1KN/m^2*2=2kN/m².

(On suppose que 2 personnes peuvent assurer l'entretien au dessus de la couverture).

La dalle de couverture est circulaire de D=6, 80m avec une forme plate. Elle est supportée par les parois du réservoir.

Le calcul se fait sur une bande de 1m de largeur d'après la méthode BAEL (91).Comme la dalle est circulaire, elle sera étudiée comme un carré dont le côté est égal au diamètre du cercle.

Détermination de la hauteur de la dalle

$$\frac{l}{40} \leq h' \leq \frac{l}{30} \qquad \frac{600}{40} \leq h' \leq \frac{600}{30}$$

La hauteur de la dalle est estimée entre les valeurs :

l/40 et l/30, donc l/40 <h < l/30 (dalle considérée sur 4 appuis)

6,80/40 < h< 6,80/30

h est comprise entre 13,6cm et 17Cm.nous pouvons l'estimer à **15cm**.

Une dalle peut porter dans : un sens si lx/ly ≤0,4 ; deux sens si lx/ly ≤1, ou 0,4 < lx / ly.

lx : longueur de la dalle dans un sens x : le sens de la plus petite portée.

ly : longueur de la dalle dans un sens y : le sens de la plus grande portée.

lx/ly = 6,8/6,8=1, donc , la dalle porte dans deux sens.

Nous évaluons les moments sur appuis en prenant les parois du réservoir comme deux appuis.

Déterminons les charges q=G+Q.

G= KN/m²*25*0,15+1,2+2=6,95KNm²

Q= 2KN m²

Q = G+Q= 6,95K m²+2Km²= 8,95KNm² (q : charges ultimes)

Déterminons les sollicitations.

Pu=1,35G+1,5Q=1,35.6, 95+1,5.2=12,3825 KN/m²

Evaluons les moments sur les appuis et en travée.

Formules et coefficients de calculs :

Mox = Ux.Pul²

Moy = Uy.Pu.M0x

$$Mti \geq 1,25\, Moi - \frac{Mwi + Mei}{2}$$

Avec Mox : moment initial dans le sens de la petite portée, donc sens de x

Moy : moment initial dans le sens de la grande portée, sens de y

Mti : Moment en travée dans le sens considéré.

Mwi : Moment sur appui à gauche.

Mei : Moment sur appui à droite.

Donc : Ux : valeur lue dans un tableau correspondant au rapport lx/ly dans le sens de X

Uy : valeur lue dans un tableau correspondant au rapport lx/ly dans le sens de Y

Le tableau donne : lx/ly = 6,80/6,80=1 : Ux =0,0423

Uy = 1

Calcul

Moy=24,219*1 (KNm)=24,219KNm

Donc Mox=Moy.

Mwx = Mex=0,5*24,219KNm=12,1095KNm

Mwy = 0,5*24,219KNm=12,1095KNm

Mey = 0,2*24,219KNm=4,8438KNm

$$Mtx = 1,25*24,219 - \frac{12,1095+12,1195}{2} = 18,164 KNm$$

$$Mtx = 1,25*24,219 - \frac{12,1095+4,8438}{2} = 21,7971 KNm$$

La section des aciers est déterminée d'après la formule suivante :

$A_U = \frac{M_U}{Z \sigma_s}$ Au : section des aciers porteurs

Mu : le moment sollicitant maximum

σs : contrainte admissible de l'acier (à voir dans l'abaque)

Z : le bras de levier de couple des forces développées par les aciers tendus du béton comprimé.

Calculs

Nous considérons σs pour acier type Fe E 40 Naturel

σs = 347,8 MPA

Z= 0,088

- Mwx = Mex = 12,1095 KNm

$$A_U = \frac{12,1095 * 10^{-3}}{0,088 * 347,8} = 0,395 * 10^{-3} m^2$$

Au = 3,95 cm²

Barres : 5 Ø10

Espacement (e) : aire A pour Ø10 = (1 cm * 1²*3,14) /4 = 0,785 cm²

Aire totale A_t = 3, 95*6, 8 (cm²) = 26, 88 cm²

Nombre de barres = 1 barre*(26, 88 *10^{-3}) / 0,785 = 35 barres

Espacement: e = 680 / 34 = 20 cm

Mwy = 12,1095 KNm Au =(12,1095*10^{-3}) / (0, 88*347,8) = 395 cm²

Barres : 5 Ø10

Nombre de barres : 35 barres

Espacement 20 cm

- Mey = 4,8438 KNm Au = $(4,8438.10^{-3}) / (0,088*347,8) = 1,58\ cm^2$

Barres : 6 Ø 6

Aire A = $(0,6^2*3,14) / 4 = 0,2826\ cm^2$

Aire totale = $1,58*6,8\ cm^2 = 10,744\ cm^2$
Nombre de barres = 1 barre * (10,744 / 0,2826) = 38 barres

Espacement : e = 680 cm /37 =18cm

- Mtx = 18,1642 KNm Au = $(18,1\ 642.10^{-3}) / (0,088*347,8) = 5,93\ cm^2$

Barres : 4 Ø 14

Aire : $1,4^2*3,14 / 4 = 1,5386\ cm^2$

Aire totale $5,93\ cm^2 *6,8 = 40,324\ cm^2$

Nombre de barres total = 1 b *(40,324) / 1,5386= 27 barres

Espacement : e = 680 / 26= 26 cm

- Mty = 21,7971 KNm Au = $(21,7971 .10^{-3}) / (0,088*347,8) = 7,12\ cm^2$

Barres = 5 Ø 14

Aire A = $(1,4^2*3,14) /4 = 1,55386\ cm^2$

Aire totale = $7,12\ cm^2 *6,8 = 48,416\ cm^2$

Nombre total de barres = 1 b*(48,416)/ 1,5386 = 32 barres

Espacement : e = (cm) 680 / 31 = 21 cm

Tableau XX : Récapitulatif des résultats dans le tableau

Moment en (KNm)		Sens des x		Sens des y		
		Mwx=Mex	Mtx	Mwy	Mey	Mty
		12,095	18,1642	12,1095	4,8438	21,7971
Au (cm^2)		3,95	5,93	3,95	1,58	7,12
Choix	Ø/ml	5 Ø / 10	4 Ø 14	5 Ø 10	6 Ø 6	5 Ø 14
	Espacement (cm)	20	26	20	18	21
Nombre total de barres sur 6,8 m		35	27	35	38	32

V.8.2.2. Parois des réservoirs

Les parois du réservoir sont en moellons dur avec mortier du ciment dosé à 350 kg/m^3 (ép. 40 cm). Avec cette épaisseur, la paroi peut résister à la poussée de l'eau et au poids lui soumis par la dalle de couverture. La paroi intérieure de réservoir doit être soigneusement aménagée surtout vers le fond car la pression hydrostatique augmente linéairement avec la profondeur.

$P = \rho g\ h$

ρ : masse volumique de l'eau 1000 kg/m^3

g : accélération de pesanteur

H : hauteur du réservoir

Poids = 1000 * 9,81 * 3 = 29 430 ($Kg.m/s^2$) = 29430 ($Kg.m / s^2$)

V.8.2.3. Vérification du réservoir vide

Calcul des charges et des sollicitations

- Charge permanent G :

$G = (25*0,3+0,7*0,05+23*0,1) = 9,835\ KNm^2$

- Surcharges Q = 12,3825 KNm +(0,3+0,7)*0,45+25*$0,2^2$*3

Q= 15,8325 +KNm

PU [1,35 * 9,835+15,8325 * 1,5] KN = 37,026 KN/m^2

Calcul des moments

Mox = [0,0423 * 37,026 * $6,8^2$] KNm = 72,42 KNm

Mox = Moy = 72,42 KNm

Mwx = Mex = [0,5 * 72,42]KNm = 36,21 KNm

Mey = [0,2 * 72,42] KNm = 14,484 KNm

Mtx = [1,25 * 72,42-36,21]KNm = 54,315 KNm

Mty = 1,25 * 72,42-(36,21+14,484) / 2 = 65,178 KNm

V.8.2.4. Radier

Le radier est calculé comme une planche dalle (dalle de couverture). Le radier doit supporter :
Son poids propre « la charge permanente ».

- Surcharge due à l'eau et celle transmise par la paroi qui reçoit à son tour la charge de la couverture

  - Charge permanente G :
    - Béton armé 25 KNm /m^3
    - Enduit plus Etanchéité 0,7 KNm/m^2
    - Béton de propreté (ép. 10 cm) : 23 KNm/m^2
  - Charge d'exploitation Q :
    - Eau = 1000 kg/m3
    - Moellon en dur + mortier ciment (0,3+0,7) KNm/m^2
    - Charge due à la couverture

Détermination de la hauteur du radier.

l /40 ≤h' ≤l /30 680/40 ≤h' ≤680/30

Prenons h = 30 cm

Calcul des charges et des sollicitations :

* Charge permanente de Lt

Lt = (25 x 0,3 + 0,7 x 0,05 + 23x0,1) = 9,835KNm^2

* Surcharges Q = 10 KNm x 3 m + 12,3825 KNm +(0,3 + 0,7) x 0,45 + 25 x $0,2^2$ x3

Q = 45,8325 KNm = 46 KNm

* PV : [1,35 x 9,835 + 46 x 1,5] KN = 82,28. KN/m^3

Comme la dalle de couverture, le radier est calculé en deux sens car lx/ly=1 ≥0,4

Calcul des moments

Nx = [0,0423 x 82,28 + $6,8^2$] KNm = $160,94^8$ KNm

Mox = Moy = 160,94 KNm

Mwx = Mex = [0,5 x $160,94^8$] KNm = 80,47 KNm

Mwy = [0,5 x $160,94^8$] KNm = 80,47 KNm

Mey = [0,2 x $160,94^8$] KNm = 32,18 KNm

Mtx = [1,25 x $160,94^8$-80,47] KNm = 120,705 KNm

Mty = [1,25 x $160,94^8$-(80,47+32,18)/2] KNm = 144,85 KNm

V.8.2.5. Calcul des sections des aciers

- Mwx = Mex= 80,47 KNm

  Au = ($80,47.10^{-3}$) / 0,088 x 347,8=20,29 cm^2

Barre 9 Ø 20 [ou 10 Ø 16 et 10 Ø 10 , qui se trouvent sur le marché)

Aire d'une barre = $(0,2)^2$ x 3,14 / 4 = 3, 14 cm^2

Aire Totale = 26,25 cm^2 x 6,8 = 178,77 cm^2

Nombre de barres = 178,77 / 3,14 cm^2= 57 barres

Espacement = 680/56= 12 cm

- Mwy = Mex= 80,47 KNm

  Au = 26,29 cm^2

Barre 9 Ø 20 (ou 10 Ø 16 et 10 Ø 10 , qui sont sur le marché)

Nombre de barres = 57 barres

Espacement = 12 *cm*

- Mey = 32,48 KNm

  Au = ($32,48.10^{-3}$) / 0,088 x 347,8 =10,51 cm^2

Barre 7 Ø 14

Aire d'une barre = $((1,4)^2$ x 3,14) / 4 = 1, 5386 cm^2

Aire Totale = 10,51 cm^2 x 6,8 = 79,468 cm^2

Nombre de barres = 1 barre x 71,468 cm^2/ 1,5386= 46 barres

Espacement = 680 / 45= 15 cm

Mtx = 120,705 KNm

Au = $(10,705.10^{-3})/(0,088 \times 347,8)=39,43\ cm^2$

Barre 5 Ø 32

Calculons pour 5 Ø 32

Aire d'une barre = $((3,5)^2 \times 3,14) /4 = 8, 038\ cm^2$

Aire Totale = $39,43\ cm^2 \times 6,8 = 268,124\ cm^2$

Nombre de barres = 1 barre x (268,124)/ $18,038\ cm^2$ = 33 barres

Espacement = 680/32 = 21 cm

- Mty = 144,85 KNm

  Au = $(144,85.10^{-3}) / (0,088 \times 347,8) = 47,32\ cm^2$

Barre 6 Ø 32

Aire d'une barre = $((3,2)^2 \times 3,14) / 4= 8, 0384\ cm^2$

Aire Totale = $47,73\ cm^2 \times 6,8 = 321,776\ cm^2$

Nombre de barres = 1 barre x(321,776/8,0384) cm^2 = 40 barres

Espacement = 680/39 = 17 cm

Tableau XXI : Tableau récapitulatif

Moments en [KNm]		**SENS DES x**	**SENS DES Y**			
		Mwx = Mex	Mtx	Mwy	Mey	Mty
		80,47	120,705	80,47	32,18	144,85
Au [cm^2]		26,29	39,43	26,29	10,51	47,32
Choix	Ø / ml	9 Ø 20 et 10 Ø 10	5 Ø 30	9 Ø 20 et 10 Ø 10	7 Ø 14	6 Ø 32
	Esp [cm^2]	12	21	12	15	17
Nombre total de barres		57	33	57	46	40

V.8.2.4. Poteau

Tenant compte de la portée (diamètre du réservoir 6,8 m) prévoyons un poteau ancré dans le radier. Ce poteau va supporter une partie des charges de la dalle de couverture car une autre partie est supportée par les parois. Horizontalement le poteau subit d'un côté et de l'autre une poussée hydrostatique horizontale qui s'annule car elle s'équilibre.

Le calcul du poteau se fait à base de toute les charges imposées par la dalle de couverture PU= 12,382 KNm/m^3 ainsi que son poids propre.

Charge totale NU poteau : Nu = 12,382 s +12, 38225 KNx (6,82 x 3,14) /4= 449,46 KN

V.8.2.7. Prédimensionnement du poteau

Supposons un poteau rectangulaire de petit côté a et grand côté b

Soit a = 0,2 m, et x $\leq$35
Lf = 0,7.lo lf = 0,7x3 = 2,1
X= 3,5 x lf /a= 2,1x 3,5 / 0,2= 36,75 < 50 (ce qui est bon)

B $\geq$(0,055 x B.Nu) / (a-0,02) + 0,02 avec β = 1+0,2 $(x)^2$ pour x < 50

β = 1,22
b= ((0, 055 x 1,22 x 449,46x 10^{-3}) / 0,2 - 0,02) +0,02 = 0,167 m = 16,7 cm

Admettons un poteau carré de (20 x 20) cm.

Avec : LF : longueur réduite en fonction de la fixation aux extrémités

X : Elancement du poteau

B : Coefficient de calcul qui dépende de X

Nu : chargée maximal appliquée au poteau

a et b : côté du poteau

Calcul des Aciers

Amin $\geq$4 x P Périmètre de la section du béton

Amin : Section d'aciers longitudinaux

P (0,2*4) = 0,8

4p=ou 3,2 cm

Amin ≥3 Ø 12

on adopte : Øt ≤0,33 Øl

Aciers transversaux Ø6, espacement 15 c

V.8.2.6. Calcul de la semelle

Rôle de la semelle : Elle sert d'appui et reçoit toutes les sollicitations résultant de la descente des charges. C'est le poteau qui lui transmet ces charges. La semelle choisie projet est en béton armé.

Les charges considérées : c'est la charge que supporte le radier. Qt = 82,280 KN

Détermination des dimensions de la semelle

Soit A et B les dimensions du massif (semelle)

Prédimensionnement

k= a/b

$b=\frac{\sqrt{Nu}}{K\sigma_s}$

B = côté de la semelle en plan

N_U : Charge transmise sur la semelle

K = rapport entre les côtés du poteau

σs = Contrainte admissible du sol

Nous retenons σs = 0,6 bars car le sol est argileux δs = 0,4-0,8 bars à 1,50 m

h = hauteur de la semelle

b : Le côté du poteau

Soit 0,6 bars δs moyenne

0,6 bars = 0,06 N/mm^2

B= [82,280 N]/(1 * 0,006) = 1.171.mm = 1,171 m Soit 1,20 m.

h = (1,20 - 0,2)/ 4= 0,25 m

Dimension Semelle : A = B 1,20 m, h = 0,25 m.

Pour lutter contre la réaction du sol contre le massif, nous devons l'armer/

Dimensionnement des aciers:

$A = Nu\ (B-h) / (8h.\ \sigma adm)$

σ adm : Contrainte admissible des aciers = 347,8MPa

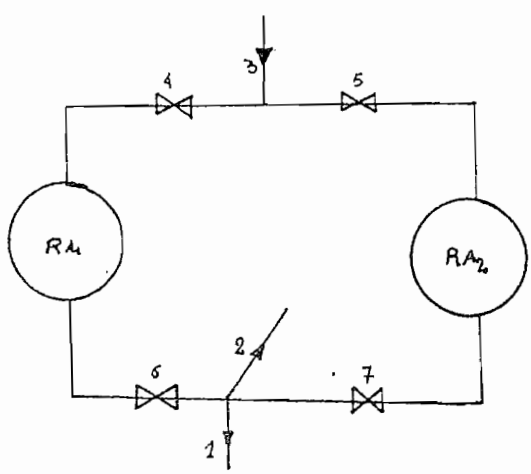
Calcul

$A = 82,280*10^{-3}* (1,2-0,2)/(8*0,25*347,8) = 1,182cm^2$

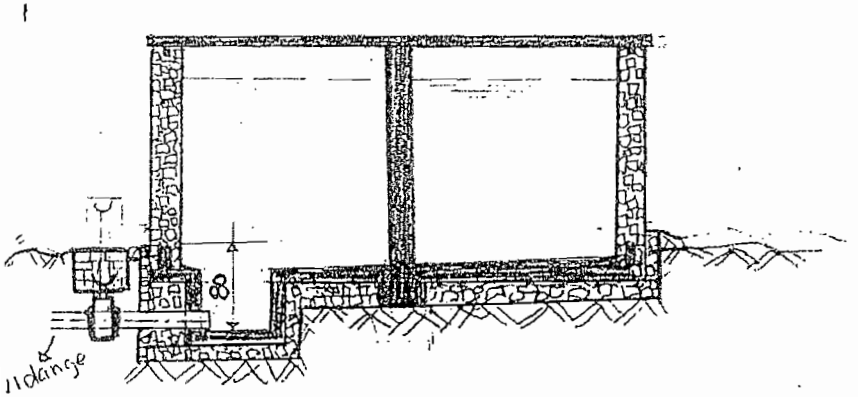
$A = 1,182cm^2$, ça nous conduit au choix de 7Ø5

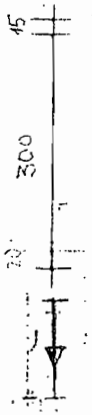
Malgré le résultat des calculs Ø5 est très petit, nous pouvons considérer 4Ø8 dont la section est de $2,01cm^2$.

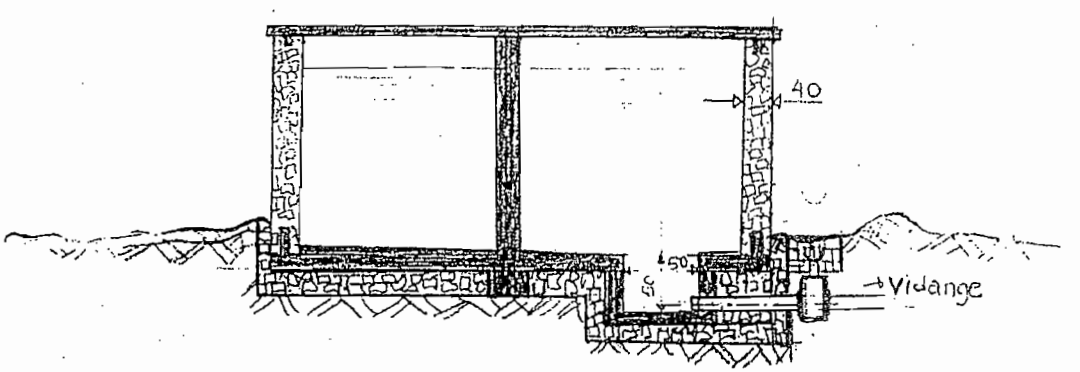
Fig : Schémas d'installation des réservoirs de MUHABURA

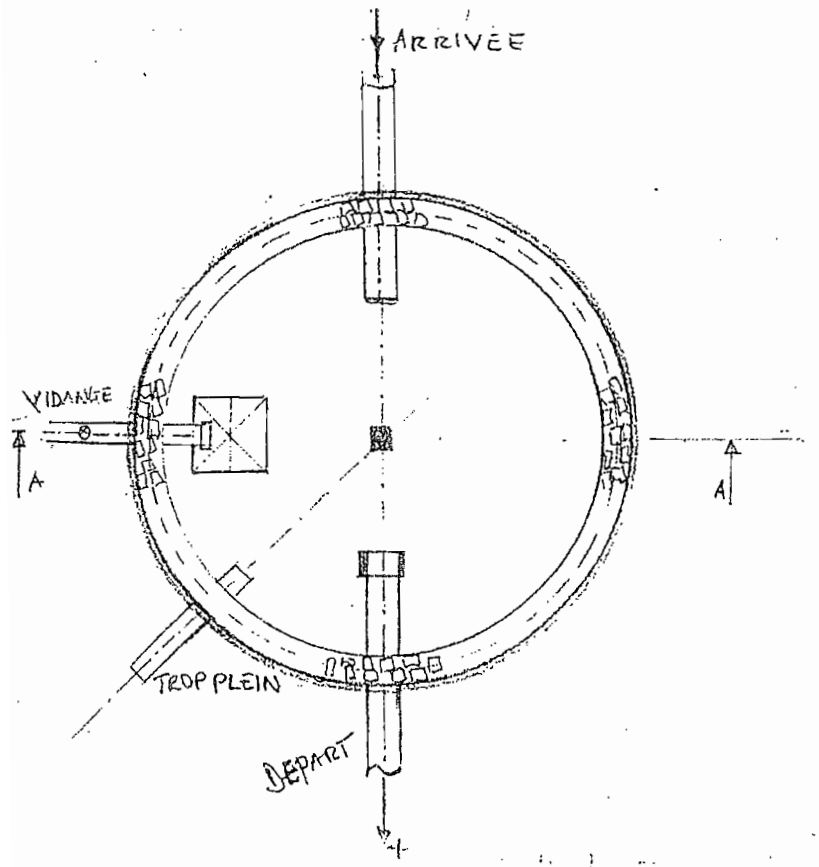


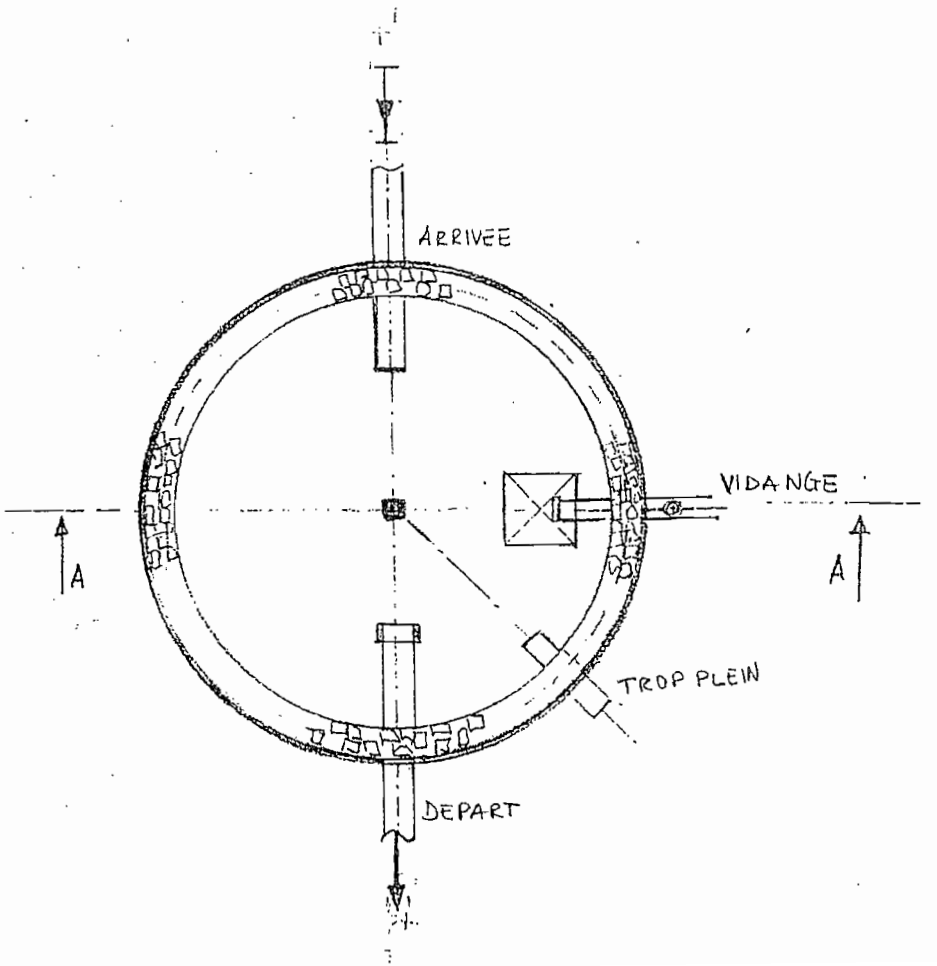
1. Conduite de distribution pour T1
2. conduite de distribution pour le transversales T2, T2,T4
3. Conduite d'arrivée
4. 5, 6,7 : Vanne pour l'arrêt momentané de fonctionnement de l'un des réservoirs.
   RA1, RA2 : Réservoir d'arrivée n° 1 et n°2


80
Vidange

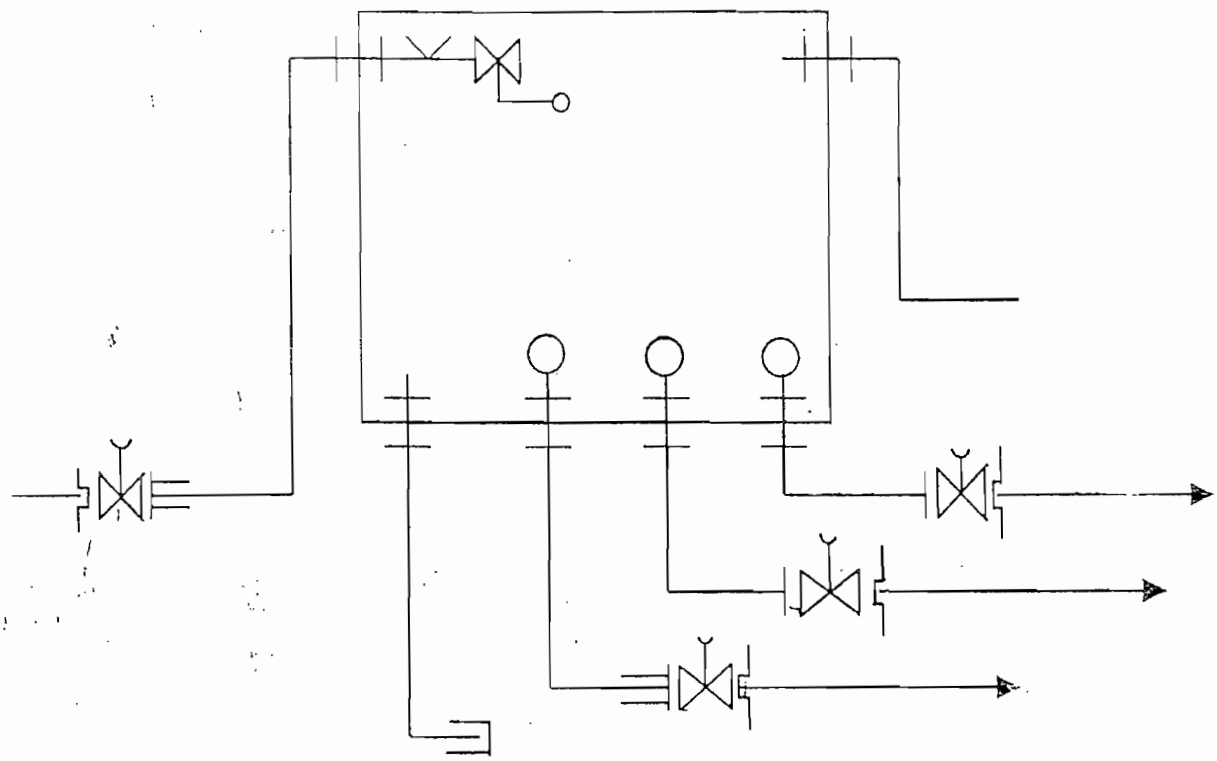

45
300
20


40
50
Vidange


ARRIVÉE
VIDANGE
A
A
TROP PLEIN
DEPART


ARRIVEE
VIDANGE
A
A
TROP PLEIN
DEPART

Equipement du réservoir



Symbole	Article
	Vanne en fonte à brides sous bouche à clé
	Passe cloison
	Bride taraudée
	Contre bride
	Vanne à flotteur
	Limiteur de débit
	Coude
	Crépine avec RU
	Bouchon galva
	Tuyau galva

CHAP. VI. ANALYSE DE L'ENVELOPPE FINANCIERE

L'étude financière consiste à dresser un métré des fournitures et des travaux afin d'estimer le coût total du devis estimatif

Notre projet nécessite une détermination de l'enveloppe financière que peut prendre l'exécution des travaux sans oublier les fournitures. A la fin est établit le planning des travaux. Les tableaux qui vont suivre vont nous montrer les résultats des calculs faits des détails des fournitures et des travaux

VI.1.1. Détail des travaux.

I. Installation du chantier :

- Construction des baraques de chantier tels que les bureaux, les sanitaires, magasins
- Aménagement d'accès aux chantiers
- Aménagement des lieux de déchargement

II. Terrassement

- des tranchées ordinaire
- des tranchées rocheux

III. Pose des canalisations et équipement hydraulique : Conduites suivant les diamètres nominaux

IV. Génie-Civil

Les réservoirs, les purges, les ventouses, les butés, chambre non étanche (1,50 m x 1,50m) construction Bonne fontaine. BF

V. Mise en service du réseau AEP

VI.1.2. Fournitures

Il s'agit de fourniture des tuyaux et autres accessoires hydrauliques intervenant pour une alimentation en eau potable (AEP).

PROJET A.E.P DES TRANSVERALES T1, T2, T3, et T4 A RUGOMBO.
Tableau XXII : Fournitures

Poste	Désignation		Uté	Qté	PU	PT
1.	TUYAUX PVC AVEC JOINT					
	L = 6,0 (m)					
	DN 40	PN10	ml	3744	2640	9 884 160
	DN 40	PN16	ml	4062	2915	11 840 730
	DN 50	PN16	ml	2400	3000	7 200 000
	DN 65	PN10	ml	5058	4320	21 850 560
	DN 65	PN16	ml	2664	5100	13 586 400
	DN 80	PN6	ml	948	4235	4 014 780
		PN10	ml	480	6250	3 000 000
		PN16	ml	1860	12100	22 506 000
	DN 100	PN10	ml	2208	9800	21 638 400
	TOTAL I					**115 521 030**
2.	TUYAUX A.G					
	DN 100	4"	ml	18	22935	412 830
	DN 80	3"	ml	36	15342	552 312
	DN 50	1"	ml	48	4502	216 096
	TOTAL II					**1 181 238**
3.	ACCESSOIRES F.D PN16					
3.1.	DN 40		pce	3	128160	384 480
	DN 65		pce	2	153840	307 680
	DN 80		pce	3	175560	526 680
	DN 100		pce	1	121000	121 000

3.2.	Té à Brides				
	DN 100/100/100	pce	1	74040	74 040
	DN 80/80/80	pce	2	105840	211 680
3.3	Té à 2 emboîtements à 1 tubulure Bride				
	DN 40/40/40	pce	1	60000	60 000
	DN 100/100/100	pce	2	105840	211 680
	DN 65/65/65	pce	3	80000	240 000
3.4.	Cône à 2 brides				
	DN 100/50	pce	1	61440	61 440
	DN 80/65	pce	3	67560	202 680
	DN 80/60	pce	2	81840	163 680
3.5.	Manchette d'ancrage à 2 brides et collerette				
	DN 80	pce	8	48240	385 920
3.6.	Vanne avec volant à entraînement direct				
	DN 80	pce	2	143160	286 320
	DN 100	pce	1	1469080	1 469 080
3.7.	Compteur				
	DN 50	pce	1	229200	229 200
3.8.	Ventouse à simple fonction				
	DN 60	pce	4	495000	1 980 000
	TOTAL III				**6 915 560**
4.	ACCESSOIRES PVC				
4.1.	Cône PVC				
	DN 80/65	pce	3	42100	126 300,0
	DN 65/50	pce	1	40000	40 000
	DN 65/40	pce	2	35000	70 000
	DN 80/32	pce	2	38000	76 000
	DN 65/32	pce	7	30000	210 000

Poste	Désignation	Unité	Qté	P.U	P.T
	DN 50/32	Pce	2	28.000	56.000
	DN 40/32	Pce	7	25.000	175.000
4.2	COUDE PVC				
	DN 65	Pce	4	7.000	28.000
4.3.	T2 pvc				
	DN 80X80X80	6		6.500	39.000
	DN 65 X 65X 65	6		5.500	33.000
	DN 50 X 50 X50	4		4.000	16.000
	DN 40 X 40 X 40	7		4.000	28.000
	TOTAL IV				**897.300**
V	**ACCESSOIRES A.G**				
5.1.	Crépine à bride		21	187.000	3.927.000
	DN 80	Pce	1	37.320	37.320
5.2.	Trappe d'accès 0,50 * 0,50m	Pce	11	45.600	501.600
5.3.	Raccords unions mixtes 32/10	Pce	19	20.000	380.000
5.4.	Coude 90° 4"	Pce	4	40.500	162.000
5.5.	Coude 90° 3"	Pce	8	37.500	300.000
5.6	Coude 90° 1"	Pce	38	8.200	311.600
5.7	Réduction 1" 3,4"	Pce	19	5.100	96/900
5.8	Robinet puisage 3 ;4'	Pce	19	55.000	1.045.000
5.9	Vanne à flotter 3"	Pce	2	75.000	150.000
6.0	Limiteur de débit 3"	Pce	2	85.500	171.000
	TOTAL V				**3.155.42**
	TOTAL : FOURNITURE				127.870.548

II.TABLEAU XXIII : Détail estimatif des travaux.

Poste	Désignation	Unité	Qté	P.U	P.T
I	**Installation de chantier**				
	Installation de chantier	FF		190.000	1.900.000
	TOTAL I				**1.900.000**
II	TERRASSEMENT				
1	Terrassement tranchée ordinaire	Ml	22.77	800	17.659.200
2	Terrassement tranchée rocheux	Ml	1.140	5.500	6.270.000
	TOTAL II				**23.929.200**
III	**Pose de canalisation et équipements hydraulique**				
1	Pose tuyau PVC	Ml	22.074	1.500	33.111.000
2	Pose équipement hydraulique dans les chambres, purges, ventouses, réservoir	Pce	11	38.500	423.500
	TOTAL III				**33.534.500**
IV	**GENIE CIVIL**				
1	Réservoir en maçonnerie (80 m3 X 2)	Pce	2	2,5 + 07	49.500.000
2	Maçonnerie d'ancrage (butée)	M2	3,6	132.000	475.200
3	Chambre non étanche (1,50 x 1,5m)	Pce	8	275.000	2.500.000
3	Construction borne fontaine	Pce	19	430.000	8.170.000
	TOTAL IV				**60.345.200**
V	**MISE EN SERVICE**				
	Mise en service AEP		21	187.000	3.927.000
	TOTAL TRAVAUX				**123.635.900**
	TOTAL GENERAL : FOURNITURE ET TRAVAUX				**251.306.448**

Nous disons ;**DEUX CENT CINQUANTE ET UN MILLIONS TROIS CENT SIX MILLE QUATRE CENT QUARANTE HUIT FRANCS BURUNDAIS**

N.B : Le coût pour les manœuvres et la taxe de transaction (17%) sont inclus dans les prix unitaires des travaux

ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES TRANSVERSALES T1, T2, T3 ET T4 DE RUGOMBO A CIBITOKE
PLANING DES TRAVAUX

	1er mois				2ème mois				3è mois				4è mois				5è mois			
N° POSTE	1ère S	2è S	3è S	4è S	1ère S	2è S	3è S	4è S	1ère S	2è S	3è S	4è S	1ère S	2è S	3è S	4è S	1ère S	2è S	3è S	4è S
	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV	LMMeJV
I. INSTALLATION DU CHANTIER																				
II. FOUILLE POUR CANALISATION																				
III.MACONNERIE III1.Réservoirs																				
III3.Chambres de ventouse purge et brise charge																				
IV. BETON ARME																				
IV1. Radier																				
IV2. Dalle de couverture																				
V. POSE DE CANALISATION																				
VI.CONSTRUCTION BORNES FONTAINES																				
VII.REVETEMENT INTERIEUR DES RESERVOIRS																				
VIII.MISE EN SERVICE																				

N.B : S : Semaine , L : Lundi , M: Mardi , Me: Mercredi, J: Jeudi, V: Vendredi

CHAP VII. GESTION DES RESAUX

La gestion des réseaux se fait à deux niveaux :

1. La gestion des réseaux individuels (branchements privés)
2. La gestion des réseaux publics (bornes fontaines)

VII.1. La gestion des réseaux privés

Les branchements privés ne doivent pas être entretenu n'importe comment car l'exécution du projet hydraulique impose des coûts énormes.

Les bénéficiaires doivent être informés d'une série de mesures pour le bon entretien de réseau :

- Protection des tuyaux contre tous les incidents éventuels
- Surveillance du réseau afin de dépister les fuites
- Contrôle de la qualité et quantité de l'eau fournie
- Munir les branchements des compteurs
- Demander l'intervention d'un technicien qualifiée en cas d'incident
- Régulariser les factures données par les services qui s'occupent de la gestion de l'eau.

VII.2. La gestion des réseaux publics

La gestion des réseaux publics est confiée à des collectivités qui bénéficient des eaux potables du réseau :

- organisme local (Régie communale de l'eau) pour le milieu rural
- organisme national (Régideso) pour les centres urbains

VII.3. Rôle du gestionnaire

Le gestionnaire doit :

- assurer le bon fonctionnement du réseau. La tâche la plus importante est de contrôler la quantité et la qualité de l'eau fournie.
- Collecter les redevances : il est nécessaire d'avoir un personnel suffisant et qualifié pour procéder au relever des compteurs, exiger le paiement.
- Former le personnel technique et de gestion
- Adapter le réseau à l'évolution de la consommation (renforcement et extension)

l'entretien demande l'existence d'équipe d'intervention qualifiée et la présence des pièces détachées (stock de pièces).

CONCLUSION

Ce projet de fin d'étude universitaire est centré sur le problème et remède de carence d'eau potable pour les populations des transversales T1, T2, T3, et T4 de la Commune Rugombo en province de CIBITOKE.

Cette carence arrive à occasionner des maladies hydriques dans cette province particulièrement pour les populations des paysannats qui normalement habitent en chaînes sur les transversales. Ces dernières n'ont pas de bornes fontaines en suffisances. Même celles qui existent entre RN7 et RIG9 sont toutes non fonctionnelles. Entre RN7 et RIG9, il y a en moyenne 3 KM et une seule borne fontaine, d'où il faut une amélioration de ce système d'alimentation en eau potable.

Pour la réussite du projet, nous avons d'abord rassemblé tous les éléments qui peuvent influer, comme l'analyse du milieu naturel qui nous a obligé de considérer le milieu du côté géo-historique et du côté morphologique. Le constat a été que le relief et le climat de la Province peuvent être des atouts pour la réussite du projet. A titre d'exemple, la Commune Mugina possède des collines comme Mwarangambo dont les vallées de NTARUKO et MUSURI possèdent des sources de débit suffisant pouvant alimenter Rugombo en eau potable. Comme ces sources sont dans des collines de hauteurs élevées à 1332 m d'altitude et que les endroits à desservir ont une moyenne d'altitude égale à 930 m l'alimentation ne peut qu'être gravitaire. Les mêmes sources avaient déjà été captées longtemps avant mais sans fournir de débit suffisant comparablement aux bénéficiaires. C'est pour cette raison que l'ARP a repris les travaux de captages des sources. Ce nouveau captage augmentera le stockage de R1 qui passera de 100 m^3 à 300 m^3 d'eau.
Nous avons ainsi projeté sur ce stockage pour desservir les populations des transversales T1, T2, T3 et T4 de Rugombo.

Pour renaître l'espoir de ces populations, nous avons procéder par une détermination des bénéficiaires en eau potable afin d'inventorier les besoins globaux. Apres cet inventaire , il a suivi le calcul hydraulique pour la détermination des fournitures nécessaires.

Ainsi, les conduites en PVC : PN6, PN10 et PN16 ont été choisis pour leur multiples avantages. Un système de deux réservoirs de capacité de 80 m^3 chacun sera construit à Muhabura. Au total, 19 bornes fontaines seront construites.

Les résultats du mettré nous ont conduit à l'élaboration de l'enveloppe financière.
Enfin, nous demanderions à toute personne tant physique que morale de comprendre les souffrances de ces populations puis financer ce projet.

BIBLIOGRAPHIE

1. Hydraulique Urbaine par A. Dupon Tome II.
Ouvrages de transport, élévation et Distribution des eaux ; Eurolles 1979

2. Hydraulique Urbaine par A. Dupon Tome I.
Hydrologie – Captage et traitement des eaux

3.Traité de Plomberie Henri Charlent

4.Hydrologie (Notes de Cours)

5. Analyse du milieu Naturel (Notes de Cours)

6. Le calcul des pertes de charges A. Boussicaud

7. A.E.P. CIBITOKE. Plan Directeur 1983. Besoin en Eau

8. Distribution d'Eau dans les agglomérations urbaines et rurale :
Eddition Eurolles. Par Cyrille Gomella

9. Seminaire : ministère de la Coopération : Fond d'Aide et de
Coopération ; Alimentation en Eau

10. Calcul pratique du Béton Armé : Règle BAEL : 83
(notes de Cours)

11. Cours de Technologie du Béton Armé FSA.
Université du Burundi 1989.

12. Les potentialités et les contraintes de mise en valeurs de la
Commune MUGINA (HICUBURUNDI Naphtal)

13. Cartes de IGEBU : 1/50000 CIBITOKE

14. Alimentation en eau potable et Industrielle.

Annexe 1

REGIDESO
DIRECTION D 'EAU
.aboratoire -Eau

Bulletin d'analyse complète Nr.

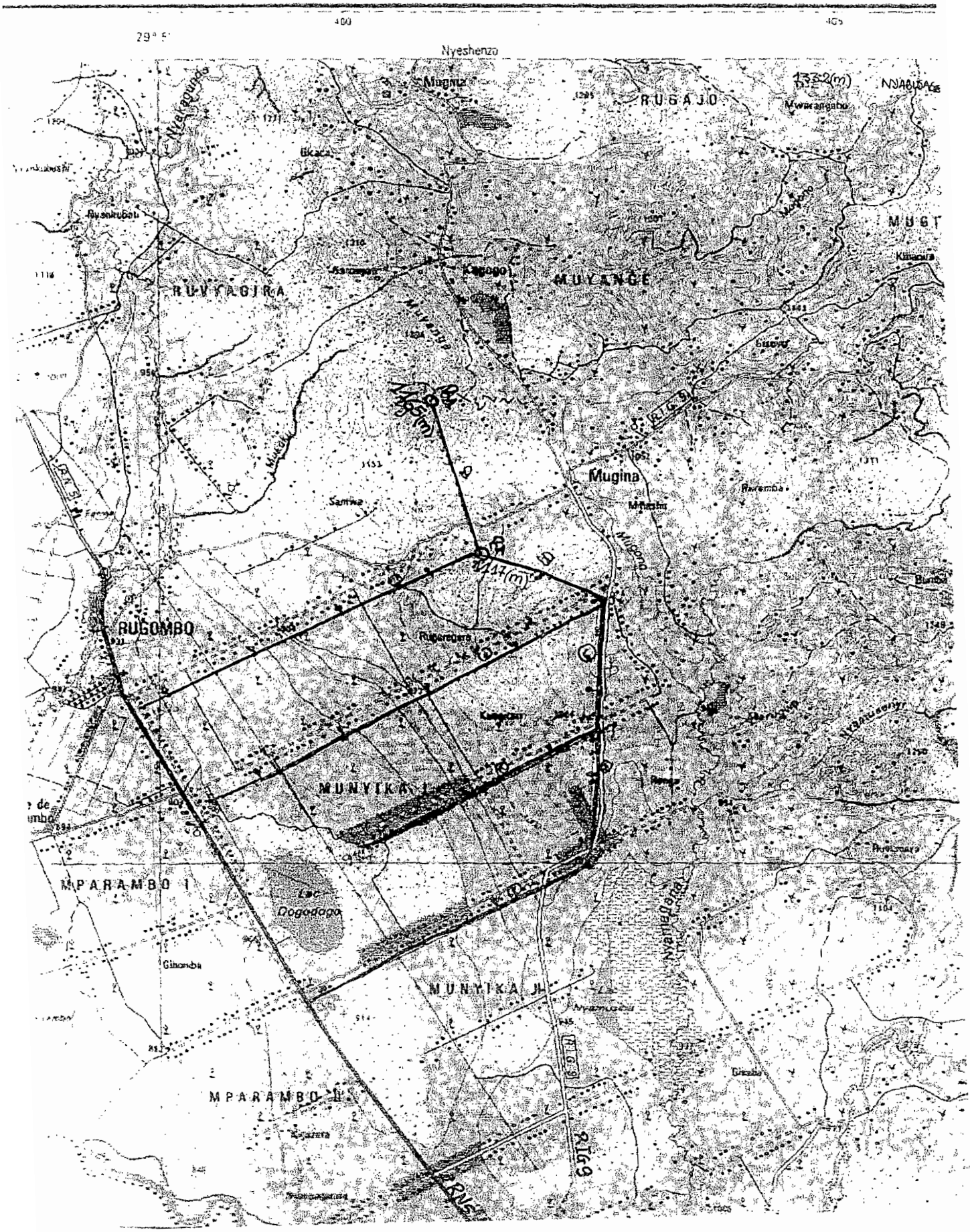
LIEU DE PRELEVEMENT Nyabusage IV ANALYSES											Directives O.M.S
			SOURCE I 4	SOURCE II 4	SOURCE III 4						
1 Paramètres mesurés sur place											
1.1 Température	°c										
1.2 pH			7.55	6.55	7.18						6,5 à 9
1.3 Oxygène dissout	mg O_2/l										
1.4 Turbidité	NTU(TE/F)		0.23	0.52	0.30						5
1.5 Conductivité	µS/cm		13	14	14						
1.6 Gaz carbonique	mg CO_2/l										0
1.7 Aspect optique											
2 Paramètres mesurés au Laboratoire											
2.1 Acidité	mg $CaCO_3$/l										
2.2 AlcanitéOH-	mg $CaCO_3$/l										
2.3 Alcanité Totale	mg $CaCO_3$/l										
2.4 Dureté Totale	mg $CaCO_3$/l										500
2.5 Chlorures	mg Cl^-/l										250
2.6 Fer total	mg $Fe^{2/3+}$/l										0,3
2.7 Manganèse	mg Mn^{2+}/l										0,1
2.8 Sulfates	mg SO_4^{2-}/l										400
2.9 Nitrates	mg NO_3^-/l										44
2.10 Nitrites	mg NO_2^-/l										
2.11 Azote ammoniacale	mg N-NH_4^+/l										
2.12 Phospates totaux	mg PO_4^{3-}/l										
1.13 Orthoposphates	mg PO_4^{3-}/l										
2.14 Matières en suspension	mg/l										
2.15 DBO5	mg O_2/l										
2.16 Chlore	mg Cl_2/l										0,5
2.17 Radioactivité	µSv										0
2.18 H2S	mg/l										0
2.19 Hydrocarbures(qualitatives)											
3 Bactériologie											
3.1 Germes totaux	Col./ 1 ml										1000
3.2 Coliformes fécaux	col./100ml		0	0	0						0
3.3 E.Coli	col./100ml		0	0	0						0
3.4 API (identification)											

Ces résultats sont très bons et montrent que cette eau est de très bonne qualité au niveau physico-chimique et bactériologique.
Il faudra cependant faire le captage en amont des habitations existantes, dans la mesure du possible, afin d'éviter l'influence négative de celles-ci sur la qualité de l'eau.
D'autres analyses seront faites pendant et après les travaux de captage.

Fait à Bujumbura, le 16/12/2002

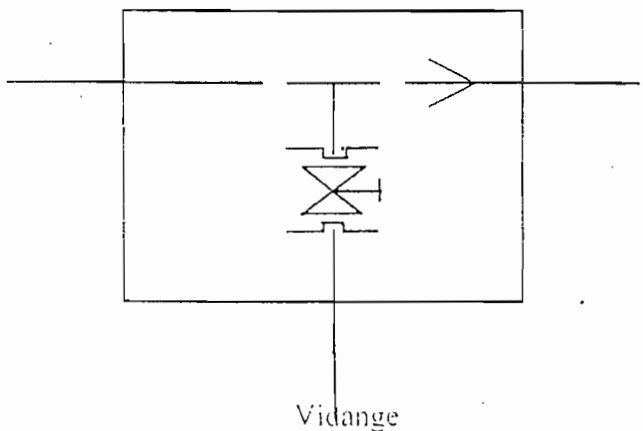
LE CHEF DE LABORATOIRE -EAU DE LA REGIDESO
Dr. Joseph NDAYEGAMIYE

A NNEXE 2


Nyeshenzo
Mugina
RUGAJO
Mwirangabu
Gikaca
Nyakubuga
MUGI
Kinanira
Kagogo
MUYANGE
RUVYAGIRA
Bigovu
Mugina
Ravembe
Samira
Mibirizi
Rugombo
Ruparegera
Kagogo
MUNYIKA I
MPARAMBO I
Loc
Dogodago
Gihombo
MUNYIKA II
Nyamugali
MPARAMBO II
RN5
RN6
RN9
RN7

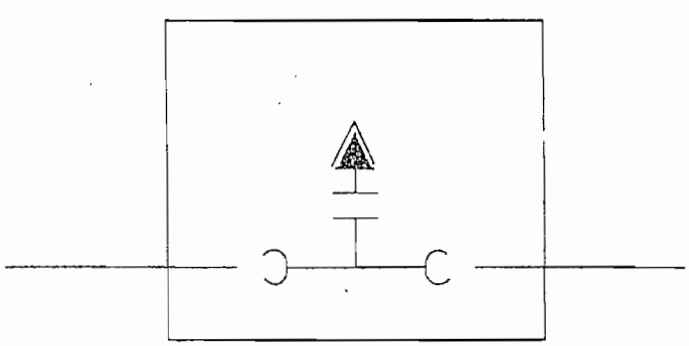
Annexe 3

Chambre de purge



Symbole	Article
	Té PVC
	Vanne en fonte à brides
	Contre bride
	Réduction PVC
	Tuyau PVC

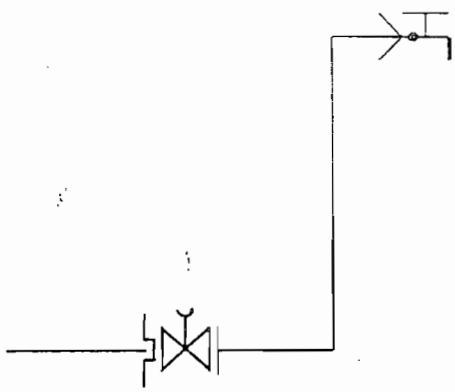
Chambres de ventouse



Symbole	Article
	Ventouse à brides
	Té à 2 emboîtements et tubulure bride
	Té PVC
	Contre bride

Annexe 4

Equipement des Bornes fontaines :



Symbole	Article
	Vanne en fonte à brides sous bouche à clé
	Bride taraudée
	Contre bride
	Réduction galva
	Nipple
	Coude galva
	Robinet poussoir (Type TALBOT)
	Tuyau galva

ANNEXE 5

VITESSE MOYENNE EN METRES	DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,040 m — Section de la conduite 0,0012566 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,050 m — Section de la conduite 0,0019635 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,060 m — Section de la conduite 0,00282744 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,080 m — Section de la conduite 0,0050265 m²		
	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.
	$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$	
0,01			0,012 5			0,019 6			0,028 3			0,050 3
0,05			0,062 8			0,098 2			0,141 4			0,251 3
0,10			0,125 6			0,196 3			0,282 7	0,000 256		0,502 7
0,15			0,188 4			0,294 5	0,000 753		0,424 1	0,000 520		0,754 0
0,20	0,002 115		0,251 3	0,001 590		0,392 7	0,001 249		0,565 5	0,000 863	0,001 438	1,005 3
0,25	0,003 138		0,314 0	0,002 358		0,490 9	0,001 856		0,706 9	0,001 280	0,002 213	1,256 6
0,30	0,004 329		0,376 9	0,003 248		0,589 0	0,002 557	0,004 713	0,848 2	0,001 775	0,003 154	1,508 0
0,35	0,005 694		0,439 6	0,004 281	0,008 237	0,687 2	0,003 364	0,006 354	0,989 6	0,002 336	0,004 263	1,759 3
0,40	0,007 242		0,502 4	0,005 451	0,010 690	0,785 4	0,004 277	0,008 262	1,131 0	0,002 994	0,005 539	2,010 6
0,45	0,008 966	0,018 576	0,565 2	0,006 708	0,013 458	0,883 6	0,005 289	0,010 406	1,272 3	0,003 702	0,006 969	2,262 0
0,50	0,010 861	0,022 868	0,628 0	0,008 115	0,016 587	0,981 7	0,006 412	0,012 803	1,413 7	0,004 467	0,008 568	2,513 3
0,55	0,012 895	0,027 640	0,690 8	0,009 668	0,020 046	1,079 9	0,007 633	0,015 466	1,555 1	0,005 339	0,010 347	2,764 6
0,60	0,015 116	0,032 856	0,753 8	0,011 340	0,023 826	1,178 1	0,008 961	0,018 374	1,696 5	0,006 274	0,012 290	3,015 9
0,65	0,017 493	0,038 512	0,816 4	0,013 118	0,027 924	1,276 3	0,010 388	0,021 530	1,837 8	0,007 280	0,014 396	3,267 2
0,70	0,020 072	0,044 652	0,879 2	0,015 013	0,032 374	1,374 4	0,011 907	0,024 955	1,979 2	0,008 353	0,016 680	3,518 6
0,75	0,022 793	0,051 212	0,942 0	0,017 030	0,037 128	1,472 6	0,013 523	0,028 612	2,120 6	0,009 450	0,019 120	3,769 9
0,80	0,025 647	0,058 227	1,004 8	0,019 213	0,042 210	1,570 8	0,015 223	0,032 522	2,261 9	0,010 646	0,021 733	4,021 2
0,85	0,028 681	0,065 742	1,067 6	0,021 509	0,047 658	1,669 0	0,017 034	0,036 682	2,403 3	0,011 910	0,024 515	4,272 6
0,90	0,031 845	0,073 703	1,130 4	0,023 948	0,053 429	1,767 1	0,018 959	0,041 084	2,544 7	0,013 249	0,027 458	4,523 9
0,95	0,035 190	0,082 110	1,193 2	0,026 496	0,059 524	1,865 3	0,020 968	0,045 771	2,686 1	0,014 651	0,030 590	4,775 2
1,00	0,038 546	0,090 981	1,256 6	0,029 155	0,065 955	1,963 5	0,023 064	0,050 715	2,827 4	0,016 119	0,033 895	5,026 6
1,05	0,042 143	0,100 299	1,319 4	0,031 916	0,072 710	2,061 7	0,025 257	0,055 909	2,968 8	0,017 644	0,037 367	5,277 9
1,10	0,046 021	0,110 081	1,382 2	0,034 782	0,079 801	2,159 8	0,027 556	0,061 361	3,110 2	0,019 241	0,041 011	5,529 2
1,15	0,050 052	0,120 327	1,445 1	0,037 750	0,087 229	2,258 0	0,029 941	0,067 073	3,251 6	0,020 906	0,044 828	5,780 5
1,20	0,054 224	0,131 019	1,507 9	0,040 884	0,094 980	2,356 2	0,032 418	0,073 033	3,392 9	0,022 635	0,048 811	6,031 9
1,25	0,058 535	0,142 157	1,570 7	0,044 152	0,103 054	2,454 4	0,034 975	0,079 242	3,534 3	0,024 420	0,052 961	6,283 2
1,30	0,063 011	0,153 760	1,633 5	0,047 549	0,111 465	2,552 5	0,037 615	0,085 709	3,675 7	0,026 273	0,057 283	6,534 5
1,35	0,067 647	0,165 809	1,696 3	0,051 090	0,120 200	2,650 7	0,040 392	0,092 426	3,817 0	0,028 181	0,061 772	6,785 8
1,40	0,072 428	0,178 322	1,759 2	0,054 745	0,129 271	2,748 9	0,043 257	0,099 401	3,958 4	0,030 145	0,066 434	7,037 2
1,45	0,077 423	0,191 281	1,822 0	0,058 509	0,138 665	2,847 1	0,046 204	0,106 624	4,099 8	0,032 175	0,071 261	7,288 5
1,50	0,082 570	0,204 704	1,884 6	0,062 386	0,148 396	2,945 2	0,049 255	0,114 106	4,241 2	0,034 261	0,076 262	7,539 8
1,55	0,087 865	0,218 591	1,947 4	0,066 373	0,158 463	3,043 4	0,052 392	0,121 848	4,382 5	0,036 478	0,081 436	7,791 1
1,60	0,093 293	0,232 907	2,010 5	0,070 459	0,168 841	3,141 6	0,055 606	0,129 828	4,523 9	0,038 753	0,086 769	8,042 5
1,65	0,098 874	0,247 704	2,073 3	0,074 658	0,179 568	3,239 7	0,058 908	0,138 076	4,665 3	0,041 093	0,092 283	8,293 7
1,70	0,104 657	0,262 931	2,136 2	0,078 953	0,190 606	3,337 9	0,062 308	0,146 564	4,806 6	0,043 490	0,097 955	8,545 1
1,75	0,110 597	0,278 639	2,199 0	0,083 420	0,201 993	3,436 1	0,065 796	0,155 320	4,948 0	0,045 952	0,103 807	8,796 5
1,80	0,116 671	0,294 775	2,260 8	0,088 020	0,213 691	3,534 3	0,069 359	0,164 314	5,089 4	0,048 489	0,109 818	9,047 8
1,85	0,122 893	0,311 375	2,323 6	0,092 732	0,225 725	3,632 4	0,073 003	0,173 568	5,230 8	0,051 089	0,116 003	9,299 1
1,90	0,129 260	0,328 440	2,386 4	0,097 557	0,238 096	3,730 6	0,076 759	0,183 080	5,372 1	0,053 751	0,122 360	9,550 5
1,95	0,135 764	0,345 951	2,449 9	0,102 487	0,250 790	3,828 8	0,080 625	0,192 841	5,513 5	0,056 472	0,128 884	9,801 8
2,00	0,142 410	0,363 926	2,513 2	0,107 526	0,263 821	3,927 0	0,084 576	0,202 861	5,654 9	0,059 253	0,135 580	10,053 1
2,05	0,149 244	0,382 347	2,576 0	0,112 669	0,277 175	4,025 1	0,088 607	0,213 129	5,796 3	0,062 118	0,142 443	10,304 4
2,10	0,156 222	0,401 232	2,638 8	0,117 920	0,290 865	4,123 3	0,092 722	0,223 656	5,937 6	0,065 046	0,149 479	10,555 8
2,15	0,163 337	0,420 564	2,701 6	0,123 271	0,304 879	4,221 5	0,096 914	0,234 432	6,079 0	0,068 032	0,156 680	10,807 1
2,20	0,170 586	0,440 342	2,764 5	0,128 772	0,319 217	4,319 7	0,101 266	0,245 457	6,220 4	0,071 078	0,164 049	11,058 4
2,25	0,178 048	0,460 601	2,827 3	0,134 336	0,333 904	4,417 9	0,105 710	0,256 749	6,361 7	0,074 187	0,171 597	11,309 7
2,30	0,185 708	0,481 290	2,888 8	0,140 046	0,348 901	4,516 0	0,110 234	0,268 282	6,503 1	0,077 350	0,179 304	11,561 0
2,35	0,193 518	0,502 442	2,951 6	0,145 863	0,364 235	4,614 2	0,114 844	0,280 072	6,644 5	0,080 574	0,187 184	11,812 4
2,40	0,201 476	0,524 058	3,015 8	0,151 786	0,379 905	4,712 4	0,119 540	0,292 122	6,785 9	0,083 857	0,195 238	12,063 7
2,45	0,209 576	0,546 121	3,078 6	0,157 870	0,395 899	4,810 6	0,124 318	0,304 420	6,927 2	0,087 196	0,203 457	12,315 0
2,50	0,217 815	0,568 630	3,141 2	0,164 058	0,412 217	4,908 7	0,129 176	0,316 967	7,068 6	0,090 591	0,211 842	12,566 4
3,00	0,307 923	0,818 833	3,769 8	0,233 035	0,593 597	5,890 5	0,183 110	0,456 436	8,482 3	0,128 731	0,305 056	15,079 5
3,50	0,414 432	1,114 518	4,398 1	0,312 190	0,807 948	6,872 3	0,246 110	0,621 258	9,896 0	0,172 875	0,415 213	17,592 8
4,00	0,536 204	1,455 703	5,026 4	0,404 498	1,055 283	7,854 0	0,318 732	0,811 442	11,309 8	0,224 268	0,542 321	20,106 0

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

VITESSE MOYENNE EN METRES	DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,250 m — Section de la conduite 0,0490875 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,300 m — Section de la conduite 0,070686 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,350 m — Section de la conduite 0,0962115 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,400 m — Section de la conduite 0,125664 m²		
	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.
	$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$	
0,01			0,490 9			0,706 9			0,962 1			1,256 6
0,05	0,000 017	0,000 022	2,454 4	0,000 014	0,000 018	3,534 3	0,000 011	0,000 014	4,810 6	0,000 010	0,000 012	6,283 2
0,10	0,000 060	0,000 081	4,908 7	0,000 048	0,000 064	7,068 6	0,000 039	0,000 052	9,621 1	0,000 033	0,000 044	12,566 4
0,15	0,000 122	0,000 175	7,363 1	0,000 097	0,000 139	10,602 9	0,000 081	0,000 112	14,431 7	0,000 068	0,000 094	18,849 6
0,20	0,000 204	0,000 305	9,817 5	0,000 163	0,000 241	14,137 2	0,000 135	0,000 195	19,242 3	0,000 115	0,000 164	25,132 8
0,25	0,000 303	0,000 469	12,271 9	0,000 244	0,000 370	17,671 5	0,000 203	0,000 298	24,052 9	0,000 172	0,000 253	31,416 0
0,30	0,000 424	0,000 668	14,726 2	0,000 339	0,000 527	21,205 8	0,000 282	0,000 425	28,863 4	0,000 239	0,000 360	37,699 2
0,35	0,000 563	0,000 902	17,180 6	0,000 450	0,000 711	24,740 1	0,000 374	0,000 574	33,674 0	0,000 317	0,000 485	43,982 4
0,40	0,000 720	0,001 173	19,635 0	0,000 574	0,000 925	28,274 4	0,000 477	0,000 747	38,484 6	0,000 406	0,000 631	50,265 6
0,45	0,000 890	0,001 477	22,089 4	0,000 712	0,001 164	31,808 7	0,000 594	0,000 941	43,295 2	0,000 506	0,000 795	56,548 8
0,50	0,001 080	0,001 815	24,543 7	0,000 864	0,001 431	35,343 0	0,000 721	0,001 157	48,105 7	0,000 615	0,000 978	62,832 0
0,55	0,001 286	0,002 188	26,998 1	0,001 031	0,001 725	38,877 3	0,000 860	0,001 396	52,916 3	0,000 732	0,001 180	69,115 2
0,60	0,001 512	0,002 594	29,452 5	0,001 215	0,002 046	42,411 6	0,001 009	0,001 657	57,726 9	0,000 858	0,001 400	75,398 4
0,65	0,001 753	0,003 034	31,906 9	0,001 411	0,002 393	45,945 9	0,001 172	0,001 942	62,537 5	0,000 996	0,001 640	81,681 6
0,70	0,002 013	0,003 511	34,361 2	0,001 622	0,002 769	49,480 2	0,001 348	0,002 252	67,348 0	0,001 146	0,001 899	87,964 8
0,75	0,002 294	0,004 024	36,815 6	0,001 845	0,003 170	53,014 5	0,001 533	0,002 584	72,158 6	0,001 305	0,002 177	94,248 0
0,80	0,002 586	0,004 573	39,270 0	0,002 079	0,003 603	56,548 8	0,001 730	0,002 940	76,969 2	0,001 472	0,002 473	100,531 2
0,85	0,002 896	0,005 159	41,724 4	0,002 326	0,004 064	60,083 1	0,001 936	0,003 320	81,779 8	0,001 648	0,002 790	106,814 4
0,90	0,003 226	0,005 781	44,178 7	0,002 588	0,004 556	63,617 4	0,002 153	0,003 722	86,590 3	0,001 832	0,003 128	113,097 6
0,95	0,003 571	0,006 440	46,633 1	0,002 866	0,005 076	67,151 7	0,002 383	0,004 147	91,400 9	0,002 026	0,003 485	119,380 8
1,00	0,003 935	0,007 136	49,087 5	0,003 157	0,005 624	70,686 0	0,002 626	0,004 595	96,211 5	0,002 233	0,003 861	125,664 0
1,05	0,004 315	0,007 867	51,541 8	0,003 461	0,006 200	74,220 3	0,002 878	0,005 065	101,022 1	0,002 447	0,004 257	131,947 2
1,10	0,004 712	0,008 634	53,996 2	0,003 778	0,006 804	77,754 6	0,003 142	0,005 559	105,832 6	0,002 672	0,004 672	138,230 4
1,15	0,005 123	0,009 437	56,450 6	0,004 110	0,007 438	81,288 9	0,003 417	0,006 077	110,643 2	0,002 905	0,005 106	144,513 6
1,20	0,005 555	0,010 276	58,905 0	0,004 453	0,008 099	84,823 2	0,003 701	0,006 616	115,453 8	0,003 147	0,005 560	150,796 8
1,25	0,006 002	0,011 150	61,359 3	0,004 808	0,008 787	88,357 5	0,003 998	0,007 179	120,264 4	0,003 399	0,006 033	157,080 0
1,30	0,006 464	0,012 060	63,813 7	0,005 177	0,009 504	91,891 8	0,004 304	0,007 765	125,074 9	0,003 659	0,006 525	163,363 2
1,35	0,006 944	0,013 005	66,268 1	0,005 561	0,010 249	95,426 1	0,004 623	0,008 373	129,885 5	0,003 929	0,007 037	169,646 4
1,40	0,007 441	0,013 986	68,722 5	0,005 957	0,011 022	98,960 4	0,004 952	0,009 005	134,696 1	0,004 208	0,007 567	175,929 6
1,45	0,007 956	0,015 002	71,176 9	0,006 365	0,011 823	102,494 7	0,005 291	0,009 660	139,506 7	0,004 498	0,008 117	182,212 8
1,50	0,008 486	0,016 055	73,631 2	0,006 785	0,012 653	106,029 0	0,005 642	0,010 338	144,317 2	0,004 796	0,008 687	188,496 0
1,55	0,009 033	0,017 144	76,085 6	0,007 217	0,013 511	109,563 3	0,006 004	0,011 039	149,127 8	0,005 107	0,009 276	194,779 2
1,60	0,009 593	0,018 267	78,540 0	0,007 659	0,014 397	113,097 6	0,006 375	0,011 762	153,938 4	0,005 425	0,009 884	201,062 4
1,65	0,010 169	0,019 428	80,994 4	0,008 123	0,015 311	116,631 9	0,006 760	0,012 509	158,749 0	0,005 752	0,010 512	207,345 6
1,70	0,010 759	0,020 622	83,448 7	0,008 602	0,016 252	120,166 2	0,007 155	0,013 278	163,559 5	0,006 087	0,011 158	213,628 8
1,75	0,011 364	0,021 854	85,903 1	0,009 090	0,017 223	123,700 5	0,007 560	0,014 071	168,370 1	0,006 431	0,011 825	219,912 0
1,80	0,011 989	0,023 120	88,357 5	0,009 595	0,018 221	127,234 8	0,007 979	0,014 886	173,180 7	0,006 783	0,012 509	226,195 2
1,85	0,012 629	0,024 422	90,811 8	0,010 106	0,019 247	130,769 1	0,008 403	0,015 725	177,991 3	0,007 143	0,013 214	232,478 4
1,90	0,013 285	0,025 760	93,266 2	0,010 635	0,020 302	134,303 4	0,008 842	0,016 586	182,801 8	0,007 516	0,013 938	238,761 6
1,95	0,013 954	0,027 133	95,720 6	0,011 170	0,021 384	137,837 7	0,009 286	0,017 470	187,612 4	0,007 898	0,014 681	245,044 8
2,00	0,014 639	0,028 543	98,175 0	0,011 723	0,022 495	141,372 0	0,009 745	0,018 378	192,423 0	0,008 288	0,015 444	251,328 0
2,05	0,015 345	0,029 988	100,629 3	0,012 288	0,023 633	144,906 3	0,010 214	0,019 309	197,233 6	0,008 636	0,016 226	257,611 2
2,10	0,016 067	0,031 469	103,083 7	0,012 865	0,024 801	148,440 6	0,010 693	0,020 262	202,044 1	0,009 092	0,017 027	263,894 4
2,15	0,016 804	0,032 985	105,538 1	0,013 461	0,025 996	151,974 9	0,011 188	0,021 239	206,854 7	0,009 513	0,017 848	269,177 6
2,20	0,017 564	0,034 537	107,992 4	0,014 070	0,027 218	155,509 2	0,011 693	0,022 237	211,665 3	0,009 942	0,018 687	276,460 8
2,25	0,018 341	0,036 126	110,446 8	0,014 691	0,028 470	159,043 5	0,012 239	0,023 261	216,475 9	0,010 380	0,019 547	282,744 0
2,30	0,019 133	0,037 748	112,901 2	0,015 324	0,029 749	162,577 8	0,012 734	0,024 305	221,286 4	0,010 826	0,020 425	289,027 2
2,35	0,019 940	0,039 407	115,355 5	0,015 969	0,031 057	166,112 1	0,013 270	0,025 373	226,097 0	0,011 280	0,021 322	295,310 4
2,40	0,020 763	0,041 103	117,809 9	0,016 627	0,032 393	169,646 4	0,013 816	0,026 465	230,907 6	0,011 744	0,022 240	301,593 6
2,45	0,021 600	0,042 833	120,264 3	0,017 296	0,033 756	173,180 7	0,014 371	0,027 579	235,718 2	0,012 215	0,023 176	307,876 8
2,50	0,022 465	0,044 598	122,718 7	0,017 988	0,035 148	176,715 0	0,014 945	0,028 716	240,528 7	0,012 695	0,024 131	314,160 0
3,00	0,031 873	0,064 222	147,262 5	0,025 490	0,050 613	212,058	0,021 167	0,041 351	288,634 5	0,017 971	0,034 749	376,992
3,50	0,042 907	0,087 413	171,806 3	0,034 341	0,068 890	247,401	0,028 543	0,056 283	336,740 3	0,024 273	0,047 297	439,824

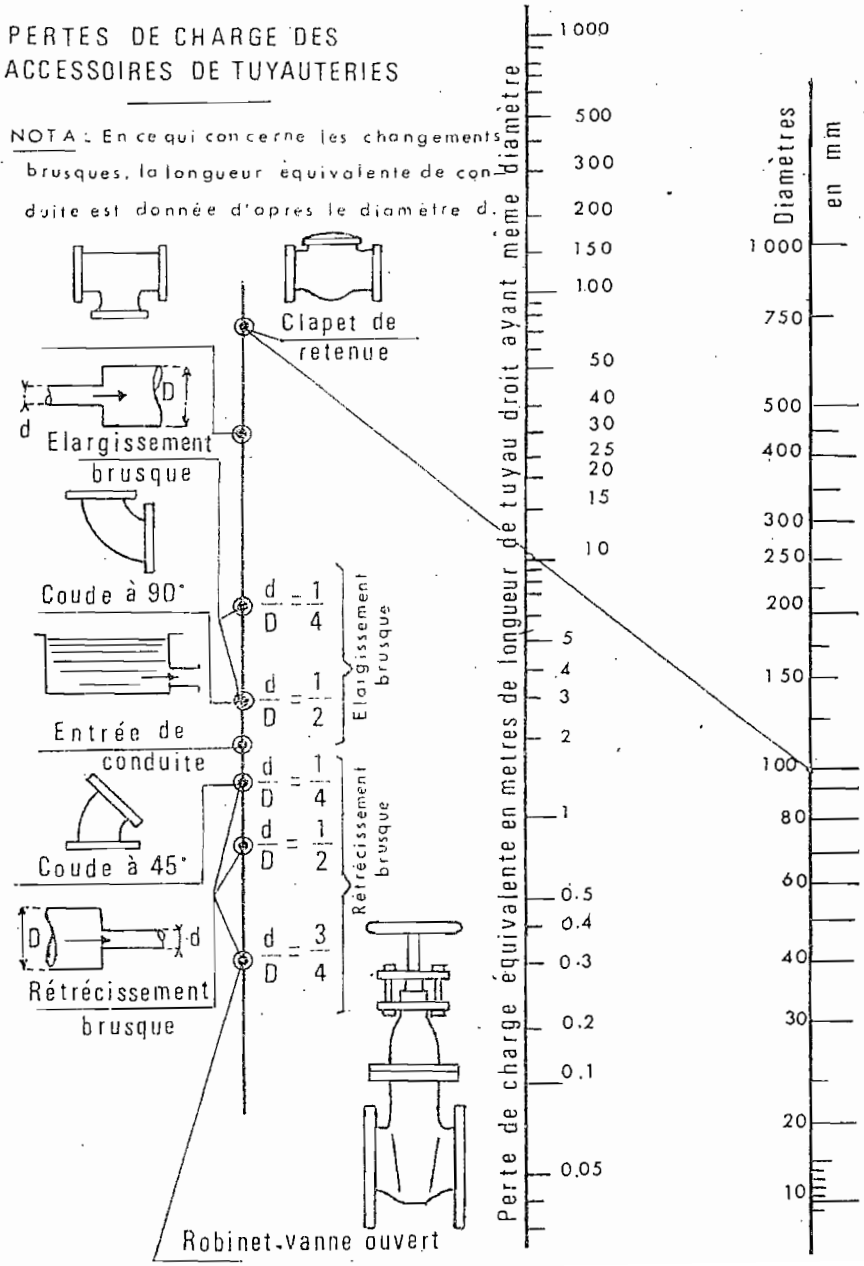
VITESSE MOYENNE EN METRES	DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,450 m — Section de la conduite 0,1590435 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,500 m — Section de la conduite 0,19635 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,600 m — Section de la conduite 0,282744 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,800 m — Section de la conduite 0,502656 m²		
	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.
	$k = 10^{-4}$	$k = 2,10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2,10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2.10^{-3}$	
0,01			1,590 4			1,963 5			2,827 4			5,026 5
0,05	0,000 008	0,000 010	7,952 2	0,000 007	0,000 009	9,817 5	0,000 006	0,000 007	14,137 2	0,000 004	0,000 005	25,132 8
0,10	0,000 029	0,000 037	15,904 3	0,000 025	0,000 033	19,635 0	0,000 020	0,000 026	28,274 4	0,000 014	0,000 018	50,265 6
0,15	0,000 059	0,000 081	23,856 5	0,000 052	0,000 070	29,452 5	0,000 041	0,000 056	42,411 6	0,000 029	0,000 039	75,398 4
0,20	0,000 099	0,000 141	31,808 7	0,000 088	0,000 123	39,270 0	0,000 068	0,000 095	56,548 8	0,000 049	0,000 067	100,531 2
0,25	0,000 149	0,000 217	39,760 9	0,000 131	0,000 189	49,087 5	0,000 105	0,000 149	70,686 0	0,000 074	0,000 103	125,664 0
0,30	0,000 207	0,000 309	47,713 0	0,000 182	0,000 270	58,905 0	0,000 146	0,000 212	84,823 2	0,000 103	0,000 147	150,796 8
0,35	0,000 275	0,000 418	55,665 2	0,000 242	0,000 365	68,722 5	0,000 193	0,000 287	98,960 4	0,000 137	0,000 198	175,929 6
0,40	0,000 352	0,000 543	63,617 4	0,000 310	0,000 474	78,540 0	0,000 247	0,000 372	113,097 6	0,000 174	0,000 258	201,062 4
0,45	0,000 438	0,000 684	71,569 6	0,000 386	0,000 597	88,357 5	0,000 307	0,000 469	127,234 8	0,000 216	0,000 324	226,195 2
0,50	0,000 533	0,000 841	79,521 7	0,000 469	0,000 735	98,175 0	0,000 372	0,000 577	141,372 0	0,000 262	0,000 398	251,328 0
0,55	0,000 636	0,001 016	87,473 9	0,000 560	0,000 887	107,992 5	0,000 443	0,000 697	155,509 2	0,000 312	0,000 481	276,460 8
0,60	0,000 746	0,001 206	95,426 1	0,000 658	0,001 053	117,810 0	0,000 521	0,000 827	169,646 4	0,000 367	0,000 572	301,593 6
0,65	0,000 865	0,001 412	103,378 3	0,000 763	0,001 233	127,627 5	0,000 605	0,000 969	183,783 6	0,000 425	0,000 670	326,726 4
0,70	0,000 994	0,001 634	111,330 4	0,000 875	0,001 427	137,445 0	0,000 695	0,001 122	197,920 8	0,000 489	0,000 776	351,859 2
0,75	0,001 131	0,001 872	119,282 6	0,000 995	0,001 635	147,262 5	0,000 790	0,001 287	212,058 0	0,000 557	0,000 890	376,992 0
0,80	0,001 276	0,002 127	127,234 8	0,001 123	0,001 856	157,080 0	0,000 890	0,001 463	226,195 2	0,000 628	0,001 012	402,124 8
0,85	0,001 429	0,002 399	135,187 0	0,001 258	0,002 093	166,897 5	0,000 996	0,001 651	240,332 4	0,000 703	0,001 142	427,257 6
0,90	0,001 589	0,002 688	143,139 1	0,001 400	0,002 343	176,715 0	0,001 107	0,001 849	254,469 6	0,000 781	0,001 279	452,390 4
0,95	0,001 757	0,002 991	151,091 3	0,001 548	0,002 606	186,532 5	0,001 221	0,002 059	268,606 8	0,000 864	0,001 425	477,523 2
1,00	0,001 936	0,003 313	159,043 5	0,001 704	0,002 885	196,350 0	0,001 341	0,002 279	282,744 0	0,000 952	0,001 579	502,656 0
1,05	0,002 122	0,003 652	166,995 7	0,001 869	0,003 180	206,167 5	0,001 472	0,002 513	296,881 2	0,001 044	0,001 741	527,788 8
1,10	0,002 316	0,004 008	174,947 8	0,002 040	0,003 491	215,985 0	0,001 609	0,002 758	311,018 4	0,001 139	0,001 910	552,921 6
1,15	0,002 520	0,004 382	182,900 0	0,002 219	0,003 815	225,802 5	0,001 750	0,003 014	325,155 6	0,001 239	0,002 088	578,054 4
1,20	0,002 730	0,004 771	190,852 2	0,002 405	0,004 154	235,620 0	0,001 897	0,003 282	339,292 8	0,001 341	0,002 274	603,187 2
1,25	0,002 948	0,005 177	198,804 4	0,002 596	0,004 508	245,437 5	0,002 049	0,003 561	353,430 0	0,001 448	0,002 467	628,320 0
1,30	0,003 174	0,005 599	206,756 5	0,002 794	0,004 876	255,255 0	0,002 208	0,003 852	367,567 2	0,001 559	0,002 668	653,452 8
1,35	0,003 408	0,006 038	214,708 7	0,003 000	0,005 258	265,072 5	0,002 372	0,004 154	381,704 4	0,001 673	0,002 877	678,585 6
1,40	0,003 650	0,006 494	222,660 9	0,003 213	0,005 654	274,890 0	0,002 541	0,004 467	395,841 6	0,001 791	0,003 095	703,718 4
1,45	0,003 901	0,006 965	230,613 1	0,003 436	0,006 065	284,707 5	0,002 715	0,004 792	409,978 8	0,001 914	0,003 319	728,851 2
1,50	0,004 162	0,007 454	238,565 2	0,003 665	0,006 491	294,525 0	0,002 896	0,005 128	424,116 0	0,002 041	0,003 552	753,984 0
1,55	0,004 430	0,007 960	246,517 4	0,003 902	0,006 931	304,342 5	0,003 082	0,005 476	438,253 2	0,002 174	0,003 793	779,116 8
1,60	0,004 706	0,008 481	254,469 6	0,004 144	0,007 385	314,160 0	0,003 273	0,005 835	452,390 4	0,002 309	0,004 042	804,249 6
1,65	0,004 990	0,009 020	262,421 8	0,004 393	0,007 854	323,977 5	0,003 469	0,006 205	466,527 6	0,002 449	0,004 298	829,382 4
1,70	0,005 280	0,009 574	270,373 9	0,004 649	0,008 337	333,795 0	0,003 673	0,006 587	480,664 8	0,002 593	0,004 563	854,515 2
1,75	0,005 578	0,010 147	278,326 1	0,004 911	0,008 835	343,612 5	0,003 879	0,006 980	494,802 0	0,002 740	0,004 835	879,648 0
1,80	0,005 883	0,010 734	286,278 3	0,005 179	0,009 347	353,430 0	0,004 090	0,007 384	508,939 2	0,002 890	0,005 115	904,780 8
1,85	0,006 194	0,011 338	294,230 5	0,005 456	0,009 873	363,247 5	0,004 309	0,007 800	523,076 4	0,003 044	0,005 403	929,913 6
1,90	0,006 518	0,011 960	302,182 6	0,005 741	0,010 414	373,065 0	0,004 533	0,008 228	537,213 6	0,003 202	0,005 699	955,046 4
1,95	0,006 848	0,012 598	310,134 8	0,006 031	0,010 970	382,882 5	0,004 761	0,008 666	551,350 8	0,003 363	0,006 003	980,179 2
2,00	0,007 186	0,013 252	318,087 0	0,006 328	0,011 540	392,700 0	0,004 995	0,009 117	565,488 0	0,003 530	0,006 315	1.005,312 0
2,05	0,007 530	0,013 923	326,039 2	0,006 632	0,012 124	402,517 5	0,005 234	0,009 578	579,625 2	0,003 700	0,006 635	1.030,444 8
2,10	0,007 887	0,014 611	333,991 3	0,006 946	0,012 723	412,335 0	0,005 477	0,010 051	593,762 4	0,003 875	0,006 963	1.055,577 6
2,15	0,008 252	0,015 315	341,943 5	0,007 266	0,013 336	422,152 5	0,005 729	0,010 536	607,899 6	0,004 052	0,007 298	1.080,710 4
2,20	0,008 623	0,016 035	349,895 7	0,007 593	0,013 963	431,970 0	0,005 986	0,011 031	622,036 8	0,004 234	0,007 641	1.105,843 2
2,25	0,009 003	0,016 773	357,847 9	0,007 927	0,014 605	441,787 5	0,006 249	0,011 539	636,174 0	0,004 419	0,007 993	1.130,976 0
2,30	0,009 389	0,017 526	365,800 0	0,008 267	0,015 261	451,605 0	0,006 516	0,012 057	650,311 2	0,004 611	0,008 352	1.156,108 8
2,35	0,009 783	0,018 296	373,752 2	0,008 613	0,015 932	461,422 5	0,006 788	0,012 587	664,448 4	0,004 806	0,008 719	1.181,241 6
2,40	0,010 184	0,019 083	381,504 4	0,008 966	0,016 617	471,240 0	0,007 066	0,013 128	678,585 6	0,005 006	0,009 094	1.206,374 4
2,45	0,010 593	0,019 887	389,656 6	0,009 325	0,017 317	481,057 5	0,007 353	0,013 681	692,722 8	0,005 209	0,009 477	1.231,507 2
2,50	0,011 008	0,020 706	397,608 7	0,009 697	0,018 030	490,875 0	0,007 645	0,014 245	706,860 0	0,005 416	0,009 867	1.256,640 0
3,00	0,015 607	0,029 817	477,130 5	0,013 762	0,025 964	589,05	0,010 841	0,020 513	848,232	0,007 695	0,014 209	1.507,968
3,50	0,021 035	0,040 585	556,652 3	0,018 519	0,035 340	687,225	0,014 610	0,027 920	989,604	0,010 357	0,019 340	1.759,296
4,00	0,027 034	0,053 009	636,174	0,023 976	0,046 158	785,4	0,018 893	0,036 467	1.130,976	0,013 405	0,025 261	2.010,624

VITESSE MOYENNE EN METRES	DIAMETRE DE LA CONDUITE 1,000 m — Section de la conduite 0,785398 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 1,250 m — Section de la conduite 1,22719 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 1,500 m — Section de la conduite 1,76715 m²			DIAMETRE DE LA CONDUITE 1,750 m — Section de la conduite 2,405281 m²		
	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.
	$k = 10^{-4}$	$k = 2,10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2,10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2,10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2,10^{-3}$	
0,01			7,853 9			12,271 5			17,671			24,053
0,05	0,000 003	0,000 004	39,269 4	0,000 002	0,000 003	61,357 5	0,000 002	0,000 002	88,355	0,000 002	0,000 002	120,264
0,10	0,000 010	0,000 013	78,538 9	0,000 008	0,000 010	122,715 0	0,000 006	0,000 008	176,710	0,000 005	0,000 007	240,528
0,15	0,000 022	0,000 029	117,808 3	0,000 017	0,000 022	184,072 5	0,000 013	0,000 018	265,065	0,000 011	0,000 014	360,792
0,20	0,000 037	0,000 051	157,077 8	0,000 028	0,000 038	245,430 0	0,000 023	0,000 030	353,420	0,000 019	0,000 025	481,056
0,25	0,000 056	0,000 078	196,347 2	0,000 043	0,000 059	306,787 5	0,000 034	0,000 047	441,775	0,000 028	0,000 038	601,320
0,30	0,000 078	0,000 111	235,616 7	0,000 060	0,000 084	368,145 0	0,000 048	0,000 067	530,130	0,000 040	0,000 055	721,584
0,35	0,000 103	0,000 150	274,886 1	0,000 079	0,000 113	429,502 5	0,000 063	0,000 090	618,485	0,000 053	0,000 074	841,848
0,40	0,000 132	0,000 195	314,155 6	0,000 101	0,000 147	490,860 0	0,000 081	0,000 117	706,840	0,000 068	0,000 096	962,112
0,45	0,000 164	0,000 246	353,425 0	0,000 125	0,000 185	552,217 5	0,000 101	0,000 148	795,195	0,000 084	0,000 121	1.082,376
0,50	0,000 200	0,000 302	392,694 5	0,000 152	0,000 227	613,575 5	0,000 122	0,000 182	883,550	0,000 102	0,000 149	1.202,641
0,55	0,000 239	0,000 365	431,963 9	0,000 182	0,000 274	674,932 5	0,000 146	0,000 219	971,905	0,000 122	0,000 181	1.322,905
0,60	0,000 280	0,000 433	471,233 4	0,000 213	0,000 326	736,290 0	0,000 172	0,000 260	1.060,260	0,000 144	0,000 215	1.443,169
0,65	0,000 325	0,000 507	510,502 8	0,000 248	0,000 382	797,647 5	0,000 200	0,000 305	1.148,615	0,000 167	0,000 251	1.563,433
0,70	0,000 372	0,000 587	549,772 3	0,000 285	0,000 443	859,005 0	0,000 230	0,000 353	1.236,970	0,000 191	0,000 291	1.683,697
0,75	0,000 423	0,000 673	589,041 7	0,000 324	0,000 509	920,362 5	0,000 261	0,000 405	1.325,325	0,000 217	0,000 334	1.803,961
0,80	0,000 478	0,000 765	628,311 2	0,000 366	0,000 579	981,720 0	0,000 295	0,000 461	1.413,680	0,000 246	0,000 380	1.924,225
0,85	0,000 536	0,000 863	667,580 6	0,000 409	0,000 653	1.043,077 5	0,000 330	0,000 521	1.502,035	0,000 276	0,000 429	2.044,489
0,90	0,000 596	0,000 966	706,850 1	0,000 456	0,000 732	1.104,435 0	0,000 368	0,000 584	1.590,390	0,000 306	0,000 481	2.164,753
0,95	0,000 660	0,001 076	746,119 5	0,000 505	0,000 815	1.165,792 5	0,000 406	0,000 651	1.678,745	0,000 339	0,000 536	2.285,017
1,00	0,000 726	0,001 193	785,398 0	0,000 556	0,000 903	1.227,150 0	0,000 447	0,000 721	1.767,100	0,000 373	0,000 594	2.405,281
1,05	0,000 795	0,001 315	824,658 4	0,000 609	0,000 995	1.288,507 5	0,000 490	0,000 795	1.855,455	0,000 409	0,000 654	2.525,545
1,10	0,000 868	0,001 443	863,927 9	0,000 665	0,001 092	1.349,865 0	0,000 535	0,000 872	1.943,810	0,000 447	0,000 718	2.645,809
1,15	0,000 944	0,001 577	903,197 3	0,000 723	0,001 193	1.411,222 5	0,000 582	0,000 953	2.032,165	0,000 486	0,000 785	2.766,073
1,20	0,001 024	0,001 718	942,466 8	0,000 783	0,001 299	1.472,580 0	0,000 631	0,001 038	2.120,520	0,000 527	0,000 854	2.886,337
1,25	0,001 106	0,001 864	971,736 2	0,000 846	0,001 409	1.533,937 5	0,000 682	0,001 126	2.208,875	0,000 570	0,000 927	3.006,601
1,30	0,001 191	0,002 016	1.021,005 7	0,000 911	0,001 524	1.595,295 0	0,000 735	0,001 218	2.297,230	0,000 614	0,001 003	3.126,865
1,35	0,001 280	0,002 174	1.050,275 1	0,000 979	0,001 644	1.656,652 5	0,000 789	0,001 314	2.385,585	0,000 659	0,001 081	3.247,129
1,40	0,001 372	0,002 338	1.099,544 6	0,001 049	0,001 767	1.718,010 0	0,000 845	0,001 412	2.473,940	0,000 706	0,001 163	3.367,393
1,45	0,001 466	0,002 508	1.138,814 0	0,001 121	0,001 895	1.779,367 5	0,000 903	0,001 515	2.562,295	0,000 754	0,001 247	3.487,657
1,50	0,001 563	0,002 684	1.178,083 5	0,001 196	0,002 028	1.840,725 0	0,000 963	0,001 621	2.650,650	0,000 805	0,001 335	3.607,922
1,55	0,001 663	0,002 866	1.217,352 9	0,001 274	0,002 166	1.902,082 5	0,001 025	0,001 731	2.739,005	0,000 857	0,001 425	3.728,186
1,60	0,001 767	0,003 053	1.256,622 4	0,001 353	0,002 307	1.963,440 0	0,001 089	0,001 844	2.827,360	0,000 911	0,001 519	3.848,500
1,65	0,001 873	0,003 247	1.295,891 8	0,001 434	0,002 454	2.024,797 5	0,001 155	0,001 961	2.915,715	0,000 966	0,001 615	3.968,714
1,70	0,001 983	0,003 447	1.335,161 3	0,001 518	0,002 604	2.086,155 0	0,001 223	0,002 082	3.004,070	0,001 023	0,001 715	4.088,978
1,75	0,002 096	0,003 653	1.374,430 7	0,001 603	0,002 760	2.147,512 5	0,001 292	0,002 206	3.092,425	0,001 080	0,001 817	4.209,242
1,80	0,002 213	0,003 864	1.413,700 2	0,001 691	0,002 920	2.208,870 0	0,001 363	0,002 334	3.180,780	0,001 140	0,001 922	4.329,506
1,85	0,002 332	0,004 082	1.452,969 6	0,001 782	0,003 084	2.270,227 5	0,001 436	0,002 466	3.269,135	0,001 201	0,002 030	4.449,770
1,90	0,002 455	0,004 306	1.492,238 1	0,001 875	0,003 253	2.331,585 0	0,001 512	0,002 601	3.357,490	0,001 264	0,002 142	4.570,034
1,95	0,002 580	0,004 535	1.531,507 5	0,001 971	0,003 427	2.392,942 5	0,001 589	0,002 739	3.445,845	0,001 329	0,002 256	4.690,298
2,00	0,002 708	0,004 771	1.570,778 0	0,002 068	0,003 605	2.454,300 0	0,001 669	0,002 882	3.534,200	0,001 396	0,002 373	4.810,562
2,05	0,002 838	0,005 012	1.610,047 4	0,002 168	0,003 787	2.515,657 5	0,001 749	0,003 027	3.622,555	0,001 463	0,002 493	4.930,826
2,10	0,002 972	0,005 260	1.649,316 9	0,002 269	0,003 974	2.577,015 0	0,001 833	0,003 177	3.710,910	0,001 531	0,002 617	5.051,090
2,15	0,003 108	0,005 513	1.688,586 3	0,002 375	0,004 166	2.638,372 5	0,001 916	0,003 330	3.799,265	0,001 602	0,002 742	5.171,354
2,20	0,003 246	0,005 773	1.727,855 8	0,002 483	0,004 361	2.699,730 0	0,002 003	0,003 487	3.887,620	0,001 675	0,002 872	5.291,618
2,25	0,003 388	0,006 038	1.767,125 2	0,002 593	0,004 562	2.761,087 5	0,002 092	0,003 647	3.975,975	0,001 749	0,003 004	5.411,882
2,30	0,003 532	0,006 309	1.806,394 7	0,002 705	0,004 767	2.822,445 0	0,002 182	0,003 811	4.064,330	0,001 824	0,003 138	5.532,146
2,35	0,003 679	0,006 587	1.845,664 1	0,002 819	0,004 976	2.883,802 5	0,002 274	0,003 978	4.152,685	0,001 901	0,003 277	5.652,410
2,40	0,003 831	0,006 870	1.884,933 6	0,002 936	0,005 191	2.945,160 0	0,002 378	0,004 149	4.241,040	0,001 980	0,003 417	5.772,674
2,45	0,003 985	0,007 159 1	1.924,203 0	0,003 055	0,005 409	3.006,517 5	0,002 462	0,004 324	4.329,395	0,002 058	0,003 561	5.892,938
2,50	0,004 141	0,007 454	1.963,472 5	0,003 178	0,005 632	3.067,875 0	0,002 557	0,004 502	4.417,750	0,002 139	0,003 708	6.013,203
3,00	0,005 895	0,010 734	2.356,194	0,004 510	0,008 110	3.681,57	0,003 633	0,006 483	5.301,45	0,003 035	0,005 340	7.215,843
3,50	0,007 930	0,014 610	2.748,893	0,006 084	0,011 039	4.295,165	0,004 891	0,008 825	6.185,025	0,004 092	0,007 268	8.418,484
4,00	0,010 259	0,019 083	3.141,592	0,007 825	0,014 418	4.908,76	0,006 350	0,011 526	7.068,600	0,005 303	0,009 493	9.621,124

ANNEXE II

PERTES DE CHARGE DES ACCESSOIRES DE TUYAUTERIES

NOTA : En ce qui concerne les changements brusques, la longueur équivalente de conduite est donnée d'après le diamètre d.



ANNEXE III

ABAQUE

pour le calcul des tuyaux en matière plastique

