

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable du Lot
3 (C et D) de la nouvelle ville de Bouinan (w. Blida).

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 1-0005-19

APA Citation (APA توثيق):

Fazaz, Qays (2019). Dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable du
Lot 3 (C et D) de la nouvelle ville de Bouinan (w. Blida)[Mem Ing, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics.

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و
باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور
(أطروحات، مطبوعات بيداغوجية، مقالات الدوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة
للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : ALIMENTATION EN EAU POTABLE

THEME :

**Dimensionnement du réseau d'alimentation en eau
potable du lot 3 (C et D) de la nouvelle ville de BOUINAN
(W.Blida)**

Présenté par :
FAZAZ QAYS

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
MEDDI HIND	M.C.A	Président
DJELLAB MOHAMED	M.C.A	Examineur
KHALED/HOULI SAMIA	M.A.A	Examineur
HADJSADOK NABILA	M.A.A	Promotrice

Session septembre-2019

Dédicaces

JE Dedie ce modeste travail

*Spécialement à mes très chères parents pour leurs Sacrifices, leurs amour, leur
Aide et leurs soutien et me voir ainsi arriver à ce
Que je suis devenu aujourd'hui.*

*A mes très chères sœurs et mon frère ; A mes très chères NAWFEL, FIRAS,
SAMI ,ANES, BOUCHRA, JOURI ET ASILE . A mes frères coupins de
chambre; A mes amis de SKIKDA; A mes amis de l'EPST ;*

A tout mes amis (es) de l'école.

Remerciements

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Mes remerciements à mes très chères parents... Je remercie fortement mon promotrice : M^{me} N.HADJ SADOUK de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail.

Par la même occasion je remercie mes Enseignants de l'ENSH pour leurs contributions à ma formation d'ingénieur d'état en hydraulique.

Mes remerciements vont également à : SAMIR ET Ammar et tous mes amis.

À celui qui n'a jamais hésité le moindre instant à se tenir à mes côtés afin de me soutenir, m'aider, et m'encourager.

Ma gratitude va également aux membres du jury pour honorer ma soutenance et pour l'effort fourni afin de juger ce travail.

Qu'il me soit permis de remercier toutes les personnes qui ont Contribuées de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

ملخص

بعد عرض المنطقة ، و تقييم احتياجاتها من مياه الشرب ، قمنا بدراسة وتطوير نظام مناسب لتزويد المدينة الجديدة بوينان ولاية البليدة بمياه الشرب. من اجل الاستجابة من ناحية النوعية, الكمية والضغط للطلبات المتزايدة للسكان. دراستنا تخص كل جوانب الأزمة على مستوى الشبكة .

Résumé

Après avoir présenté la région l'objet de notre étude et évalué ses besoins en eau potable, nous avons étudié et développé un système approprié pour l'alimentation de la nouvelle ville de Bouinan (W.Blida) en eau potable afin de couvrir ses futurs besoins pour répondre qualitativement, quantitativement et en pression aux besoins croissant de la population

Notre étude analysera tous les aspects des problèmes au niveau de notre réseau et les résoudre.

Summary

After having presented the region the subject of our study and evaluate its drinking water needs we studied and developed an appropriate system for meeting the new town of Bouinan , city of Blida, with drinking water in order to answer qualitatively quantitatively and under pressure to the growing needs of the population.

Our study will analyze all problem aspect on level of our network and resolne them.

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de la nouvelle ville de Bouinan

Figure I-1 : localisation de la ville de Bouinan	3
Figure I-2 : le champ de captage Magtaâ lazreg	7

Chapitre III : Caractéristique de la consommation en eau

Figure III-1 Graphe de consommation.....	25
Figure III-2. courbe intégrale.....	26

Chapitre IV : Le réseau de distribution

Figure IV-1- perte de charge entre deux noeuds	51
--	----

Chapitre V : Les Réservoirs

Figure V-1 : conduite d'adduction.....	80
Figure V-2 : conduite de distribution	80
Figure V-3 : Matérialisation de la réserve d'incendie	81

Chapitre VI : POSE DE CANALISATION ET ACCESSOIRES

Figure VI-1 : Pose de conduite dans un terrain ordinaire.	90
Figure VI-2. Pose de conduite dans mauvais terrain.	91
Figure VI-3 Pose de canalisation en galerie.	91
Figure VI-4 Traversée d'une rivière	92
Figure VI-5 Robinet vanne à cage méplate.	93
Figure VI-6 Robinet vanne à cage ovale.	94
Figure VI-7_Robinet vanne à cage ronde [PN16-25].....	95
Figure VI-8. Robinet vanne à opercule.....	96
Figure VI-9 Vanne papillon.....	97
Figure VI-10 Ventouse à deux flotteurs.....	98
Figure VI-11 Ventouse à un seul flotteur.....	98
Figure VI-12 clapet a double battant	99
Figure VI-13 clapet a simple battant	99
Figure VI-14 clapet a simple battant (a brides).....	100
Figure VI-15 réservoir anti bélier à vessie butyle.....	101
Figure VI-16 joints pour canalisation en fonte.....	103
Figure VI-17 déviation angulaire	104
Figure VI-18 débitmètres déprimogènes	104
Figure VI-19 Manomètre	105

Chapitre VIII: Les surpresseurs

Figure VIII -1 :Les courbes caractéristiques de la pompe Movitec V006/08 B.....	118
Figure VIII -2 :Les courbes caractéristiques de la pompe Movitec V010/04 B.....	120
Figure VIII -3 :Les courbes caractéristiques de la pompe Movitec V002/05 B.....	122

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation de la nouvelle ville de Bouinan

Tableau I- 1 : Variations de la température à la station de Dar El Beida 1980-2010 (ONM)	5
Tableau I-3 : Intensité probable des précipitations (en mm/h)	6

Chapitre II : Evaluation des besoins en eau de l'agglomération

Tableau II-1 : besoins en eau domestiques	11
Tableau II-2 : besoins en eau administratifs et publics	12
Tableau II-3 : besoins en eau sanitaires	12
Tableau II-4 : besoins en eau socioculturels	13
Tableau II-5 : besoins en eau scolaires	13
Tableau II-6 : besoins totaux en eau	14

Chapitre III : Caractéristique de la consommation en eau

Tableau III-1 : débits maximums journaliers	18
Tableau III-2 : débits minimums journaliers	19
Tableau III-3 : variation du coefficient β_{\max}	20
Tableau III-4 : variation du coefficient B_{\min}	21
Tableau III-5: détermination de la variation des débits horaire	23

Chapitre IV : Le réseau de distribution

Tableau IV-1 : calcul des débits nodaux (cas de pointe).....	31
Tableau IV-2 : calcul des débits nodaux (cas de pointe+incendie)	40
Tableau IV-3 : caractéristiques des nœuds (Cas de pointe).....	53
Tableau IV-4 : caractéristiques des tronçons (Cas de pointe).....	58
Tableau IV-5: caractéristiques des nœuds (Cas de pointe+incendie)	64
Tableau IV-6 : caractéristiques des tronçons (Cas de pointe+incendie).....	69

Chapitre V : Les Réservoirs

Tableau V- calcul de la capacité du réservoir d'alimentation.....	86
---	----

Chapitre VI : POSE DE CANALISATION ET ACCESSOIRES

Tableau VI-1 Caractéristiques de la vanne à cage méplate	93
Tableau VI-2 : Caractéristiques de la vanne à cage ovale	93
Tableau VI-3: Caractéristiques de la vanne à cage ronde	94
Tableau VI-4 Caractéristiques de la vanne à opercule métallique	95

Liste des planches

Planche 01 : Plan de masse de la zone d'étude.

Planche 02 : Plan de masse avec réseau projeté.

Planche 03 : Profile en long de la conduite principale entre les nœuds 1-n55 .

Planche 04 : Les accessoires dans un réseau d'alimentation d'eau potable.

Planche 05 : Equipement du réservoir.

Sommaire

Introduction Générale :	1
-------------------------------	---

Chapitre I : Présentation de la nouvelle ville de Bouinan

Introduction :	3
I-1- Situation géographique :	3
I-2- Situation actuelle :	3
I-3- Situation topographique :	4
I-4 -Situation géologique :	4
I-5- Situation climatologique	5
I-5-1- climat :	5
I-5-2- Température :	5
I-5-3- Humidité :	5
I-6- Sismicité :	5
I-7-Pluviométrie :	5
I-8- Hydrographie :	6
Conclusion	7

Chapitre II : Evaluation des besoins en eau de l'agglomération

Introduction :	9
II -1- Evaluation de la population pour l'horizon d'étude 2048:	9
II-2- Catégories des besoins:	9
II-3- Détermination de la consommation moyenne journalière	10

II-5- Evaluation des besoins en eau :.....	10
II-5-1-Besoins en eau domestiques:.....	11
II-5-2- Besoins en eau collectifs	12
II-5-2-1- Besoins en eau administratifs et publics:.....	12
II-5-2-2- Besoins en eau sanitaires :	12
II-5-2-3- Besoins en eau socioculturels :	13
II-5-2-4- Besoins en eau scolaires :	13
II-6- Récapitulation des besoins en eau de la nouvelle ville :.....	14
Conclusion :	15

Chapitre III : Caractéristique de la consommation en eau

Introduction :.....	17
III-1- Variation de la consommation :	17
III-2-1 : consommation maximale journalière	17
III-2-1 : consommation minimale journalière.....	18
III-3- Calcule des débits journaliers :.....	18
III-3-1-débits maximums journaliers :.....	18
III-3-2- Pertes du réseau :	19
III-3-3- débits minimums journaliers :.....	19
III-4- Calcule des débits horaires :.....	19
III-4-1- 1 ^{ère} méthode :	19
III-4-1-1- Débit moyen horaire :.....	19
III-4-1-2- Débit maximum horaire:.....	20
III-4-1-3- Débit minimum horaire:	21
III-4-2- 2 ^{ème} méthode:.....	22
III-4-2-1- Evaluation de la consommation horaire en fonction du nombre d'habitants :	22
Conclusion :	26

Chapitre IV : Le réseau de distribution

Introduction :	28
IV-1-Classification des réseaux de distribution :	28
IV-1-1 -Réseau ramifié :	28
IV-1-2- Réseau maillé :	28
IV-1-3-Réseau étagé :	28
IV-1-4-Réseau mixte :	28
IV-2- Conception d'un réseau :	29
IV-3- Principe du tracé du réseau maillé :	29
IV-4-Calcul hydraulique du réseau maillé :	29
IV -5- Détermination des débits :	29
IV-5-1-débit spécifique :	29
IV-5-2-débit en route :	30
IV-5-3-débits aux nœuds :	30
IV-6-Calcul des débits	30
IV-6-1-Cas de pointe :	30
IV-6-2- Cas de pointe + incendie :	39
IV-7-Calcul hydraulique du réseau de distribution :	49
IV-7-1-Méthode du calcul :	49
IV-7-1-1- 1 ^{ère} loi : loi des nœuds :	49
IV-7-1-2- 2 ^{ème} loi : loi des mailles :	49
IV-7-2-Principe de la méthode de HARDY-CROSS :	50
IV-8-Calcul de réseau :	51
IV-8-1- Qu'est ce que EPANET	51
IV-8-2- Principe hydraulique régissant les calculs du logiciel :	51
IV-8-4-Répartition définitive des débits et des pressions :	52
IV-8-4-1- Cas de pointe :	52
IV-8-4-2- Cas de pointe + incendie :	64

IV-9- Interprétation des Résultats :.....	75
IV-10- Equipement du réseau de distribution :.....	75
IV-10- 1- Type de canalisation :	75
IV-10- 2- Equipement d'incendie :.....	75
IV-10- 3- Critères techniques :	75
IV-10- 4- Pression :.....	76
Conclusion :	76

Chapitre V : Les Réservoirs

Introduction :.....	78
V-1- Rôles des réservoirs :.....	79
V-2-Emplacement des réservoirs :.....	79
V-3-classification des réservoirs :.....	80
V-4-principe de la construction :	80
V-5- choix de la forme du réservoir :.....	81
V-5- 1-Formes :.....	81
V-5- 2- Hauteur d'eau :	81
V-6- Equipements du réservoir :.....	81
V-6-1- Conduite d'adduction :	81
V-6-2- Conduite de distribution :.....	82
V-6-3- Conduite du trop-plein :	83
V-6-4- Conduite de vidange :	83
V-6-5- Conduite BY-PASS :	83
V-6-6- Matérialisation de la réserve d'incendie :	83
V-7-Détermination de la capacité des réservoirs :.....	84
V-7-1-Principe du calcul :.....	84

V-7-1-1-La méthode analytique.....	84
V-7-1-2-Méthode graphique	85
V-8-Dimensions des réservoirs:.....	87
V-8-1-Calcul du diamètre du réservoir :.....	87
V-8-2-Hauteur de la réserve d'incendie :.....	87
Conclusion.....	87

Chapitre VI : POSE DE CANALISATION ET ACCESSOIRES

Introduction.....	89
VI -I : Pose de canalisation	89
VI -I-1 : Principe de pose des canalisations	89
VI -I-2 : Pose de canalisation dans un terrain ordinaire	89
VI -I-3 : Pose de canalisation dans un mauvais terrain :.....	90
VI -I-4 : Pose de canalisation en galerie :.....	91
VI -I-5 : Traversée d'une rivière :.....	91
VI -II : Accessoires :	92
VI -II-1 : Les robinets vannes	92
VI -II-2 : Les ventouses :	97
VI -II-3 : Clapets anti retour	99
VI-II.4. Vannes de décharge	100
VI-II.5. Moyens anti-bélier.....	100
VI-II.6. By-pass	101
VI-II.7. Poteaux d'incendie	102
VI-II.8. Crépines	102
VI-II.9. Déversoirs de trop plein	102
VI-II.10. Joints de raccordement	102
VI-II.11. Organes de mesure	104
VI- II.12. Organes de raccordement	106
Conclusion.....	107

Chapitre VII : Protection et sécurité de travail

Introduction	109
VII.1.Causes des accidents de travail dans un chantier hydraulique	109
VII.2.Liste des conditions dangereuses	110
VII.3.Liste des actions dangereuses	110
VII.4.Mesures préventives pour éviter les causes des accidents	111
VII.4.1.Protection individuelle	111
VII.4.2.Autre protections	111
VII .4.3.Protection collective	111
<i>Conclusion</i> :	<i>112</i>

Chapitre VIII: Les surpresseurs

Introduction :	113
VIII -1- Objectif :	113
VIII-2- Définition de surpression :	113
VIII-3- Définition d'un surpresseur :	113
VIII-4- Type de surpresseur :	113
VIII-4-1- A vitesse fixe :	113
VIII-4-2- Surpresseur à vitesse variable :	113
VIII-5- Raccordement de surpresseur :	114
VIII-6-1 - Raccordement sur bêche :	114
VIII-6-2- Raccordement sur le réseau "eau de ville"	114
VIII-6- Constituants de station de surpresseur :	114
VIII -7- Choix de la pompe de refoulement :	114

Conclusion :	122
--------------	-----

Chapitre IX : Gestion des Réseaux

Introduction.....	124
IX -1- But de la gestion.....	124
IX -2-Entretien de Réseau :	124
IX-2-1-Entretien curatif :	124
IX- 2-2- Entretien préventif	124
IX- 2-2-1- Procédures de réhabilitation.....	124
IX- 2-2-2- Le remplacement.....	125
IX -3-Vieillessement d'un réseau.....	125
IX-3-1- Mauvais fonctionnement hydraulique du réseau.....	125
IX-3-1-1- Chute de pression.....	125
IX-3-1-2- Fuites diffuses.....	125
IX-3-1-3- Rupture.....	125
IX-3-2-Dommage divers engendrés par le vieillissement d'une conduite.....	125
IX-3-2-1-Détérioration de la qualité de l'eau.....	125
IX-3-2-2- Fuites diffuses.....	125
IX-3-2-3- Rupture.....	125
IX-4-Défaillances des conduites.....	126
IX-4-1- Les fuites.....	126
IX-4-2- Les ruptures sur conduites.....	126
IX-5- Méthodes et techniques de détection des fuites dans les réseaux d'eau potable.....	126
IX-6- Gestion technique et suivi générale des installations.....	127
IX-7- Gestion des ouvrages de stockages.....	127
IX-7-1 Nettoyage des ouvrages de stockage.....	127
IX-8-Contrôle de qualité de l'eau.....	127
IX-8-1- Contrôle mensuel.....	127
X-8-2- Contrôle semestriel.....	128
Conclusion.....	128
Conclusion Générale	130

Introduction général

Introduction générale :

L'eau représente notre ressource naturelle la plus précieuse. Ayant une importance considérable pour le développement social et économique d'un pays. Elle est indispensable à tous les besoins humains fondamentaux, notamment : l'alimentation, l'eau potable, la santé et l'énergie.

Toutes les eaux présentes dans la nature, ce qu'on appelle rivières, lacs, cours d'eau ou nappes phréatiques ne sont pas forcément potables pour l'homme. Une eau d'apparence claire peut transporter des substances inertes et vivantes, dans certaines peuvent être dangereuses pour l'homme. L'eau doit donc subir un traitement avant d'être consommée.

Sa gestion adéquate constitue le défi le plus urgent dans le domaine des ressources naturelles. Sans eau, nous n'aurions ni société, ni économie, ni culture, ni vie. De par sa nature même et ses usages multiples, l'eau est un sujet complexe. Même si l'eau constitue un enjeu mondial, les problèmes et les solutions se situent souvent à un niveau local.

La bonne gestion d'un système d'alimentation en eau potable débute par un bon dimensionnement du réseau pour assurer les besoins de l'agglomération à l'horizon.

Dans ce contexte s'inscrit le thème de mon mémoire de fin d'étude qui est l'étude du système d'alimentation en eau potable de la nouvelle ville de BOUINAN (wilaya de BLIDA).

Cette étude analyse le système d'alimentation en eau potable en passant par une présentation de la nouvelle ville, l'estimation des besoins en eau, l'étude des caractéristiques de la consommation en eau, le réservoir du réseau de distribution,

Chapitre I :

Présentation de la nouvelle ville

de Bouinan

Ce chapitre a pour but de faire une présentation générale de la zone d'étude à savoir :

I-1- Situation géographique :

La nouvelle ville de BOUINAN est située à 14km à l'EST de BLIDA et à 35km au sud d'Alger

La nouvelle ville de Bouinan est limitée au Nord par Boufarik, au Sud par Hammam melouane et de chréa. à l'Est par Bougara et à l'Ouest par la commune de Soumaa .



Figure I-1 : localisation de la ville de Bouinan

source : DRE Blida (2018)

I-2- Situation actuelle :

La ville de Bouinan se compose de 124 blocs (88blocs R+5, 26blocs R+9, 10 blocs R+14) .

Partager on deux projet 2600 LOG ET 1000 LOG comme suite :

Projet 1000 LOG :

Nombre de logements :

- 1000 logements dont
 - 500 logements F3
 - 500 logements F4.
 - Surface : F3 = 70 m² / F4 = 85 m²

Nombre de blocs :

- 33 blocs dont :
- 22 blocs R+5 = 508 logts
- 07 blocs R+9 = 252 logts
- 04 blocs en R+14 = 240 logts

Projet 2600 LOG :**Nombre de logements :**

- 2600 logements dont
- 1300 logements F3
- 1300 logements F4.
- Surface : F3 = 70 m² / F4 = 85 m²

Nombre de blocs :

- 91 blocs dont :
- 66 blocs R+5 = 1553 logts
- 19 blocs R+9 = 684 logts
- 06 blocs en R+14 = 363 logts

I-3- Situation topographique :

La nouvelle ville de Bouinan est située sur l'Atlas blidiéen.,l'altimétrie du site se situe entre les cotes topographiques de 69.12 m et de 100.85 m.

Vu ces conditions topographiques on admet un réseau à écoulement gravitaire.

I-4 -Situation géologique :

La nouvelle ville de Bouinan fait partie de la Mitidja, alors sa nature géologique est très riche par des terres fertiles constituée essentiellement par les alluvions (argile, limon, sable), se sont les terres les plus fertiles de la Mitidja, représentant plus de 50% de sa composition géologique, ces terres sont les plus favorables pour les exploitations agricoles.

I-5- Situation climatologique :

I-5-1- Le climat :

L'étude climatique est nécessaire pour tout projet d'Alimentation en Eau Potable afin d'avoir une connaissance parfaite que possible de l'alimentation de la nappe en fonction des précipitations.

Par sa situation géographique, la ville de Bouinan a un climat méditerranéen semi-aride , caractérisé par deux saisons, la première sèche et chaude débutée pratiquement du mois de Mai à septembre et l'autre saison humide et froide débute au mois d'octobre à Avril.

I-5-2- Température :

Les observations effectuées à la station de Dar El Beida sont les plus complètes et les plus régulières. Elles sont représentatives de la Mitidja orientale.

Tableau N° I- 1 : Variations de la température à la station de Dar El Beida 1980-2010 (ONM)

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moyenne interannuelle
Moy	23,57	20,12	15,44	12,5	11,13	11,65	13,25	15,05	18,33	22,25	25,2	26,11	17.88
Min	17,6	14,2	10	6,9	5,6	5,1	7,1	9,4	13	16,5	19	20,1	12.04
Max	29,54	26,04	20,88	18,1	16,66	18,2	19,4	20,7	23,66	28	31,4	32,12	23.72

Source : ANRH Blida (2017)

On peut distinguer dans cette série deux périodes :

- Une période froide s'étalant depuis Novembre jusqu'à Avril .
- Une période chaude s'étalant de Mai jusqu'à Octobre .

La température a une influence important sur la viscosité de l'eau.

I-5-3- Humidité :

L'humidité relative de l'air varie entre 77% et 80% dans la zone d'étude.

I-6- Sismicité :

D'après le nouveau découpage des zones sismiques en Algérie, due au dernier séisme de Boumerdes en 2003, la Wilaya se trouve dans la zone 1, c'est-à-dire une zone à forte sismicité. car elle se situe au dessus de la faille tectonique qui sépare le continent Africain du continent Européen

I-7-Pluviométrie

La région caractérisée par des pluies importante en saison humide notamment au mois de novembre à février, mais en période sèche les pluies presque nul.

L'intensité probable des précipitations estimées par l'Agence nationale des Ressources hydraulique (ANRH) est donnée par le tableau N⁰ : I-1

Tableau N⁰I-2 : Intensité probable des précipitations (en mm/h)

Fré qu en ce (an s)	Durée							
	1 5 m i n	3 0 m i n	1 h	2 h	3 h	6 h	1 2 h	2 4 h
5	4	3	2	1	1	7	5	3
	6	1	1	4	1	,	,	,
	,	,	,	,	,	5	1	4
	2	1	0	1	2	7	0	3
	8	8	1	6	4	2	2	8
10	5	3	2	1	1	8	5	4
	3	6	4	6	3	,	,	,
	,	,	,	,	,	8	9	0
	8	3	4	4	0	1	4	0
	8	1	6	8	8	7	1	3
20	6	4	2	1	1	1	6	4
	1	1	7	8	4	0	,	,
	,	,	,	,	,	,	7	5
	1	2	7	7	8	0	4	4
	8	2	8	2	6	1	5	5
10	7	5	3	2	1	1	8	5
0	7	2	5	3	8	2	,	,
	,	,	,	,	,	,	5	7
	7	3	2	7	8	7	6	7
	0	6	8	7	7	1	7	2

Source : ANRH de Blida

I-8- Hydrographie :

Le réseau hydrographique du site de la nouvelle ville est constitué d'oueds de Magtaa lazreg. Ces oueds ont un débit presque nul durant la saison sèche, mais durant la saison des pluies leurs débits augmentent Considérablement en charriant des terres et du sable. Une partie importante de ces eaux s'infiltré dans le sol notamment au niveau de la zone de plaine.

Sur la base des observations menées sur le site du projet, La période des pluies la plus importante s'étale de novembre à février.

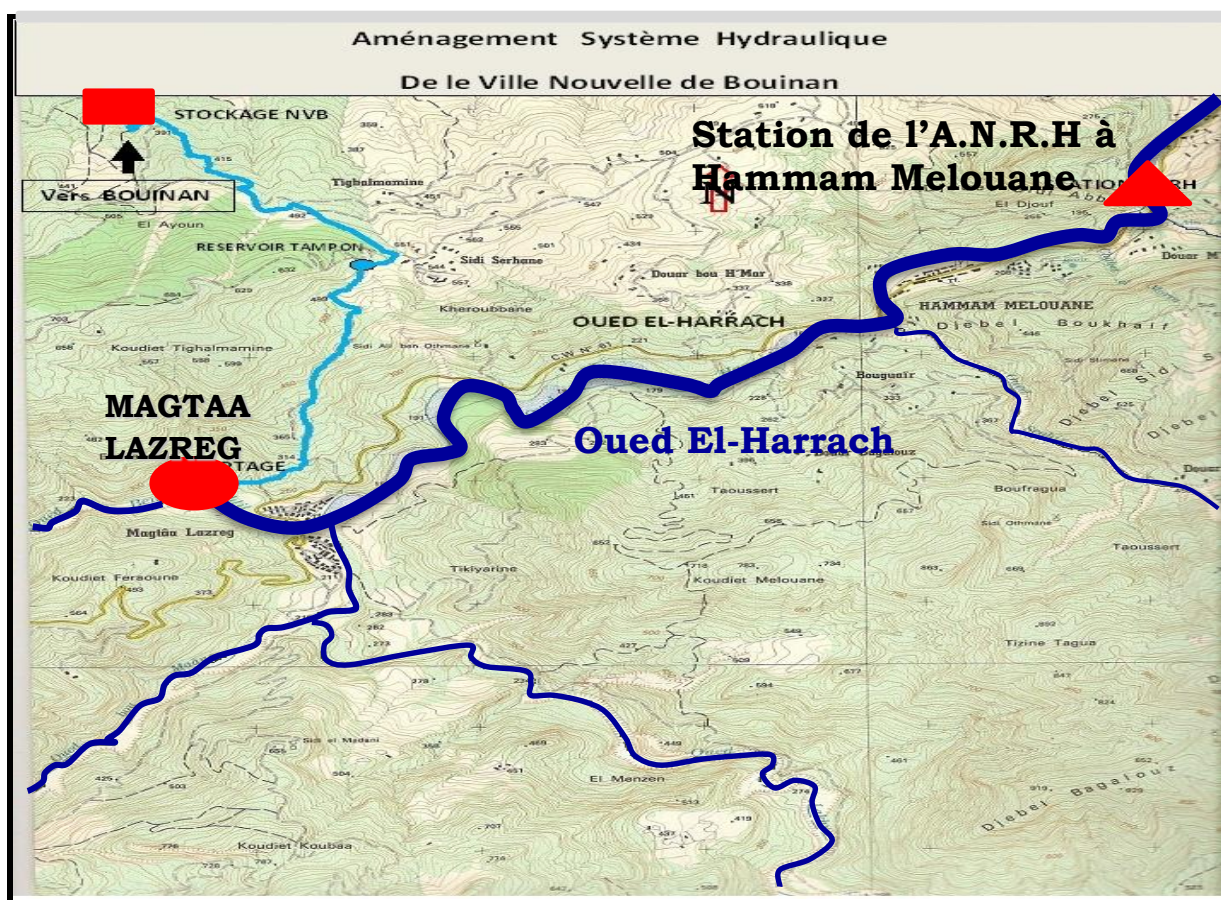


Figure I-2:le champ de captage Magtaâ lazreg

source :

Organisme de la nouvelle ville de Bouinan

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu sur la nouvelle ville de Bouinan, Connaissions la topographie, le climat et l'état actuel du système d'alimentation en eau potable .Ces différentes informations représentent les données de base pour l'élaboration de notre travail qu'est la conception d'un nouveau réseau afin de résoudre tous les problèmes de l'agglomération.

Chapitre : II

Evaluation des besoins en eau de l'agglomération

I- Introduction :

Le calcul des besoins en eau d'alimentation pour une agglomération exige une fixation impérative des normes pour chaque catégorie de consommateur. Ces normes doivent rester valables tant que les critères qui ont contribué à l'établissement de ces derniers restent inchangés.

La norme unitaire est définie comme un rapport entre le débit journalier et le nombre unité de consommateur.

Pour l'essentiel, on peut dire que l'évaluation des besoins en eau d'alimentation vise la satisfaction d'un niveau sanitaire générale en étroite relation et dépendance avec le développement socio-économique du pays (l'évolution de la population, l'équipement sanitaires, niveau de vie de la population...).

Dans ce projet, le calcul des besoins se base sur les données de l'APC (population et orientation des équipements).

II -1- Evaluation de la population pour l'horizon d'étude:

La nouvelle ville va être urbanisée en 2019 , le taux d'occupation pour l'horizon d'étude 2049 est sept (07) personnes par logement , ce qui fait :

on a 3600 logements , et le taux d'occupation est 7 personnes par logement :

$$P = 3600 \times 7 = 25200 \text{ habitants}$$

II-2- Catégories des besoins :

Les besoins en eau sont très différents d'une région à l'autre .L'agriculture est l'activité la Plus consommatrice d'eau, avant même l'industrie et surtout les besoins domestiques.

L'estimation des besoins futurs doit être envisagée pour une période dite raisonnable qui

Équivaut à la durée de vie du projet. Il est donc conseillé pour définir le niveau des

Consommateurs, d'effectuer une analyse détaillée des différents besoins unitaires c'est-à-dire :

- Besoins domestiques (Catégorie 1).
- Besoins des services publics (Catégorie 2).
- Besoins de commerçants (Catégorie 3).
- Besoins industriels (Catégorie 4).

II-3- Détermination de la consommation moyenne journalière :

Le débit moyen journalier au cours d'une année est calculé par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy.j}} = \frac{q_i * N_i}{1000} \quad (\text{m}^3/\text{j})$$

Avec :

$Q_{\text{moy.j}}$: Consommation moyenne journalière (m^3/j).

N_i : nombre de consommateurs dans chaque catégorie.

q_i : norme moyenne journalière de la consommation pour chaque catégorie (l/j/unité).

II-5- Evaluation des besoins en eau :

La quantité d'eau potable à garantir est fonction des différents besoins suivants :

➤ **Besoins domestique :**

On entend par besoins domestiques, l'utilisation de l'eau pour : la boisson, la préparation des repas, la propreté, le lavage de la vaisselle et du linge, les douches, l'arrosage des jardins familiaux ...etc.

Les besoins en eau domestique dépendent essentiellement du développement des installations sanitaires et des habitudes de la population.

➤ **Besoins publics:**

On entend par les besoins publics, l'utilisation de l'eau pour : le nettoyage des marchés et des caniveaux, le lavage des automobiles et l'eau que demandent les casernes, les administrations, les cantines...etc.

➤ **Besoins industriels et agricoles :**

Les entreprises industrielles et agricoles ont besoin d'une quantité d'eau importante pour leur fonctionnement. La qualité d'eau exigée est différente d'une industrie à une autre en fonction du type du produit fabriqué ou transformé.

➤ **Besoins scolaires :**

On entend par besoins scolaires, les quantités d'eau demandées par les écoles primaires, moyennes et secondaires, privées ou publiques, les centres de formation...etc.

➤ **Besoins sanitaires :**

On entend par besoins sanitaires, les quantités d'eau nécessaires pour le lavage des cours, des baignoires, des douches, des WC (Water-closet) et des éviers...etc.

➤ **Besoins d'incendie :**

On entend par besoins d'incendie, les quantités d'eau nécessaires pour la lutte contre l'incendie.

II-5-1- Besoins en eau domestiques pour l'horizon 2049 :

Dans une agglomération donnée, la consommation en eau dépend essentiellement de développement sanitaire et les habitudes de la population. Pour les petites agglomérations la dotation varie de 80 à 100 l/j/hab et de 150 à 200 l/j/hab pour les grandes agglomérations.

Pour notre projet et d'après les informations données par l'organisme de la nouvelle ville de Bouinan et comme notre agglomération est grande , les besoins seront estimés sur la base de la dotation de 150 l/j/hab.

Les besoins en eau domestique sont résumé dans le tableau suivant :

Tableau II-1: besoins en eau domestiques

Année	Nombre d'habitants	Dotation moyenne (L/j/hab)	Consommation moyenne journalière (m³/j)
2049	25200	150	3780

II-5-2- Besoins en eau collectifs pour l'horizon 2049 :**II-5-2-1- Besoins en eau administratifs et publics:****Tableau II-2 : besoins en eau administratifs et publics**

Equipements	Nombre	Dotation (l/j/unité)	unité	Q_{moyjn} (m³/j)
Maison de jeune	1	15	250personnes	3.75
Poste police	1	20	8 agent	0,2
Station de lavage	1	120	50voiture	6
TOTAL	/			9.95

II-5-2-2- Besoins en eau sanitaires :**Tableau II-3 : besoins en eau sanitaires**

Equipements	Nombre	Dotation (l/j/unité)	unité	Q_{moyj} (m³/j)
polyclinique	1	20	120 patient	2.4
Sale de soine	2	15	80	1.2
TOTAL	/			3.6

II-5-2-3- Besoins en eau socioculturels :

Equipements	Nombre	Dotation (l/j/unité)	unité	Q_{moyj} (m³/j)
Mosquée	1	20	320 fidèle	6.4
Centre psycopedagogique	1	15	70	1.05
TOTAL	/			9.3

Tableau II-4 : besoins en eau socioculturels**II-5-2-4- Besoins en eau scolaires :****Tableau II-5 : besoins en eau scolaires**

Equipements	Nombre	Dotation (l/j/unité)	unité	Q_{moyj} (m³/j)
Ecole primaire	2	20	626 élève	12.52
CEM	2	20	740 élève	14.8
TOTAL	/			27.32

II-6- Récapitulation des besoins en eau de la nouvelle ville pour l'horizon 2049 :

Après l'étude détaillée des besoins en eau de la nouvelle ville de Bouinan, on peut calculer le débit moyen journalier qui alimentera la nouvelle ville.

Les besoins totaux en eau sont donnés par Le tableau II-6

Tableau II-6 : besoins totaux en eau

Type de besoins	Consommation moyenne journalière (m ³ /j)
domestiques	3780
Administratifs et publics	9.95
sanitaires	3.6
socioculturels	9.31
scolaires	27.33
TOTAL	3830.19

Conclusion :

L'étude des différentes catégories des besoins en eau que nous avons effectuée dans ce chapitre, nous permet de calculer La consommation moyenne journalière qui est de **3830.19**

m³/j

et qui sera consommée par la nouvelle ville de Bouinan au 2049 . Et ceci nous permettra dans le chapitre suivant de calculer les différents débits de dimensionnements.

Chapitre : III

Caractéristique de La consommation en eau

Introduction :

Avant tout projet, il est nécessaire de connaître le régime de consommation de l'agglomération qui nous donnera un aperçu, non seulement sur le régime de travail de tous les éléments du système d'alimentation en eau potable, mais également sur leur dimensionnement.

Dans ce chapitre on va essayer de connaître la variation des débits journaliers et horaires de la nouvelle ville.

III-1- Variations de consommation journalière

Avant tout projet d'alimentation en eau potable, il faut connaître le régime de consommation de l'agglomération, qui est utile pour le fonctionnement du système, et leur dimensionnement. Au cours de la journée, la consommation en eau varie en présentant des maximums et des minimums, tel que :

$$Q_{max j} = K_{max j} * Q_{moy j}$$

$$Q_{min j} = K_{min j} * Q_{moy j}$$

III-2-1 Consommation maximale journalière

Par rapport à la consommation moyenne journalière déterminée, nous pouvons mettre en évidence un rapport nous indiquant de combien de fois la consommation maximale dépassera la moyenne de consommation. Ce rapport est désigné sous le terme de coefficient d'irrégularité journalière maximum et noté $K_{max j}$ Ainsi nous pouvons écrire:

$$K_{max. j} = \frac{Q_{max.j}}{Q_{moy.j}}$$

Avec :

$Q_{moy j}$: débit moyen journalier (m³/j).

$Q_{max j}$: débit maximum journalier (m³/j).

$K_{max j}$: coefficient d'irrégularité maximum, ce coefficient varie entre 1.1 et 1,3

Pour notre calcul nous prenons :

$K_{max j} = 1,2$ pour les besoins domestiques.

$K_{max j} = 1,1$ pour les autres besoins.

III-2-2 Consommation minimale journalière

Par rapport à la consommation moyenne journalière déterminée, nous pouvons aussi mettre en évidence un rapport nous indiquant de combien de fois la consommation minimale est inférieure à la moyenne de consommation. Ce rapport est désigné sous le terme de coefficient d'irrégularité journalière minimum et noté $K_{\min j}$. Ainsi nous pouvons écrire:

$$K_{\min . j} = \frac{Q_{\min . j}}{Q_{\text{moy. j}}}$$

Avec :

$Q_{\text{moy j}}$: débit moyen journalier (m³/j).

$Q_{\min j}$: débit minimum journalier (m³/j).

$K_{\min j}$: coefficient d'irrégularité minimum, ce coefficient varie entre 0,7 à 0,9.

Pour notre calcul nous prenons :

$K_{\min j} = 0,8$ pour les besoins domestiques.

$K_{\min} = 0,7$ pour les autres besoins.

III-3- Calcul des débits journaliers :

III-3-1-débits maximums journaliers :

Les débits maximums journaliers sont résumés dans le Tableau III-01

Tableau III-1 : débits maximums journalier

Type de besoins	Consommation moyenne	$K_{\max h}$	$Q_{\max j}(\text{m}^3/\text{j})$
domestiques	3780	1.2	4530
Administratifs	9.95	1.1	10.94
et publics sanitaires	3.6	1.1	3.96
socioculturels	9.31	1.1	10.24
scolaires	27.33	1.1	30.06
TOTAL	3830.19		4585.20

III-3-2- Pertes du réseau :

- Puisque le réseau est tellement nouveau les pertes sont considérées entre 10% et 15% du débit maximum journalier $Q_{\max j}$:

$$Q_{\max j} = 4585.20 * 1.15 = 5272.98(\text{m}^3/\text{j})$$

III-3-3- débits minimums journaliers :

Les débits minimums journaliers sont résumés dans le Tableau III-02 :

Tableau III-2 : débits minimums journaliers

Type de besoins	Consommation moyenne	$K_{\min h}$	$Q_{\min j}(\text{m}^3/\text{j})$
domestiques	3780	0.8	3024
Administratifs	9.95	0.7	6.96
et publics sanitaires	3.6	0.7	2.52
socioculturels	9.31	0.7	6.51
scolaires	27.33	0.7	19.13

TOTAL**3830.19**

3059.12

III-4- Calcule des débits horaires :

Pour la vérification des calcules des débits horaires on utilise deux méthodes.

III-4-1- 1^{ère} méthode :

Cette méthode consiste à déterminer le débit moyen horaire, en suite on détermine les débits horaires maximum et minimum, on tient compte les coefficients horaires qui dépendant des caractéristiques de l'agglomération.

III -4-1- 1- Débit moyen horaire :

Le débit moyen horaire est donné par la formule suivante :

$$Q_{\text{moyh}} = \frac{Q_{\text{maxj}}}{24} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Avec :

Q_{moyh} : débit moyen horaire (m^3/j)

Q_{maxj} : débit maximum journalier (m^3/j)

$$Q_{\text{moyh}} = \frac{5272.98}{24} = 219.70 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{moyh}} = 219.70 \text{ m}^3/\text{h} = 61.02 \text{ l/s}$$

III-4-1-2- Débit maximum horaire:

Ce débit correspond à l'heure de pointe où la consommation est la plus importante durant la journée, on l'utilise pour le dimensionnement du réseau de distribution.

Le débit maximum horaire est donné par la formule suivante :

$$Q_{\max h} = K_{\max h} * Q_{\text{moyh}} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Avec :- $Q_{\max h}$: débit maximum horaire (m^3/h)

- Q_{moyh} : débit moyen horaire (m^3/h)

- $K_{\max h}$: coefficient maximum horaire

Le coefficient maximum horaire est calculé par la formule suivante :

$$K_{\max h} = \alpha_{\max} * \beta_{\max}$$

α_{\max} : coefficient qui dépend des habitudes de la population et le niveau de développement, il varie de 1,2 à 1,4

On prend $\alpha_{\max} = 1,3$

β_{\max} : coefficient qui dépend de l'accroissement de la population, il est donnée par le Tableau suivant :

Tableau III-3 : variation du coefficient β_{\max}

Po

pu

lat

io

n

(h

ab

)

(1

0³)

β_m

ax

Vu le nombre d'habitant de la nouvelle ville qui est 25200 La valeur de β_{max} correspondant est :
 $\beta_{max} = 1.15$

Donc : $K_{maxh} = 1,3 * 1,15 = 1,5$

$Q_{maxh} = 1.5 * 219.70 = 329.55 m^3/h$

$Q_{maxh} = 91.54 l/s$

III-4-1-3- Débit minimum horaire:

Le calcul de ce débit est important pour le dimensionnement mécanique de la conduite et pour la détection des fuites.

Le débit minimum horaire est donné par la formule suivante :

$$Q_{minh} = K_{minh} * Q_{moyh} \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Avec : - Q_{minh} : débit minimum horaire (m^3/h)

- Q_{moyh} : débit moyen horaire (m^3/h)

- K_{minh} : coefficient minimum horaire

Le coefficient minimum horaire est calculé par la formule suivante :

$$K_{minh} = \alpha_{min} * \beta_{min}$$

α_{min} : coefficient qui dépend des habitudes de la population et le niveau de développement, il varie de 0,4 à 0,6

On prend $\alpha_{min} = 0,5$

β_{min} : coefficient qui dépend de l'accroissement de la population, il est donnée par le Tableau suivant :

Tableau III-4 : variation du coefficient B_{min}

Po

pul

ati

on

(ha

b)

(10

3)

B_{mi}

n

€	((
(((
(((
,	,	,
€	€	€

Vu le nombre d’habitant de la nouvelle ville qui est 25200 hab ,La valeur de β_{min} correspondante est : $\beta_{min}=0.6$

Donc : $K_{minh}=0,5*0,6 =0,3$

$Q_{minh}= 0,3*219.70= 65,91m^3/h$

$Q_{minh}= 18.30 l/s$

III-4-2- 2^{ème} méthode:

Cette méthode nous permet de déterminer la répartition des débits en chaque heure, qui varient d’une agglomération à une autre en fonction du nombre d’habitants.

III-4-2-1- Evaluation de la consommation horaire en fonction du nombre d’habitants :

Le débit horaire d’une agglomération est variable selon l’importance de cette dernière et l’habitude quotidienne des habitants. La variation des débits horaires dans une journée est représentée en fonction du nombre d’habitants dans le tableau (annexe III-1) .

Puisque le nombre d'habitants à l'horizon est 25200 hab . la répartition convenable est celle de la troisième colonne (**entre 10 001et 50 000hab**) .

Tableau III-5 : détermination de la variation des débits horaire

Heurs	Qmaxj =5272.98m ³ /j		Cumulé m ³ /j	
	Agglomération		Cumulé	
	(%)	(m ³ /h)	(%)	(m ³ /h)
0-1	1.5	79.09	1.5	79.09
1-2	1.5	79.09	3	158.18
2-3	1.5	79.09	4.5	237.27
3-4	1.5	79.09	6	316.36
4-5	2.5	131.82	8.5	448.18
5-6	3.5	184.55	12	632.73
6-7	4.5	237.28	16.5	870.01
7-8	5.5	290.01	22	1160.02
8-9	6.25	329.56	28.25	1489.58
9-10	6.25	329.56	34.5	1819.14

10-11	6.25	329.56	40.75	2148.7
11-12	6.25	329.56	47	2478.26
12-13	5	263.64	52	2741.9
13-14	5	263.64	57	3005.54
14-15	5.5	290.01	62.5	3295.55
15-16	6	316.37	68.5	3611.92
16-17	6	316.37	74.5	3928.29
17-18	5.5	290.01	80	4218.3
18-19	5	263.64	85	4481.94
19-20	4.5	237.28	89.5	4719.22
20-21	4	210.91	93.5	4930.13
21-22	3	158.18	96.5	5088.31
22-23	2	105.45	98.5	5193.76
23-24	1.5	79.09	100	5272.98
TOTAL	100	5272.98	100	5272.98

D'après les valeurs de tableau précédent l'heure de pointe est située de 9h à 10h et le débit correspondant est :

$$Q_{\max h} = 329.56 = 91.54 \text{ l/s}$$

Remarque :

Après l'utilisation des deux méthodes on a trouvé presque le même résultat par les deux méthodes pour le calcul de débit maximum et $Q_{\max h} = 329.56 \text{ m}^3/\text{h}$, ce qui nous donne une exactitude pour le dimensionnement de réseau de distribution.

Connaissant les débits en chaque heure nous pouvons tracer le graphe de consommation et la courbe intégrale de la consommation.

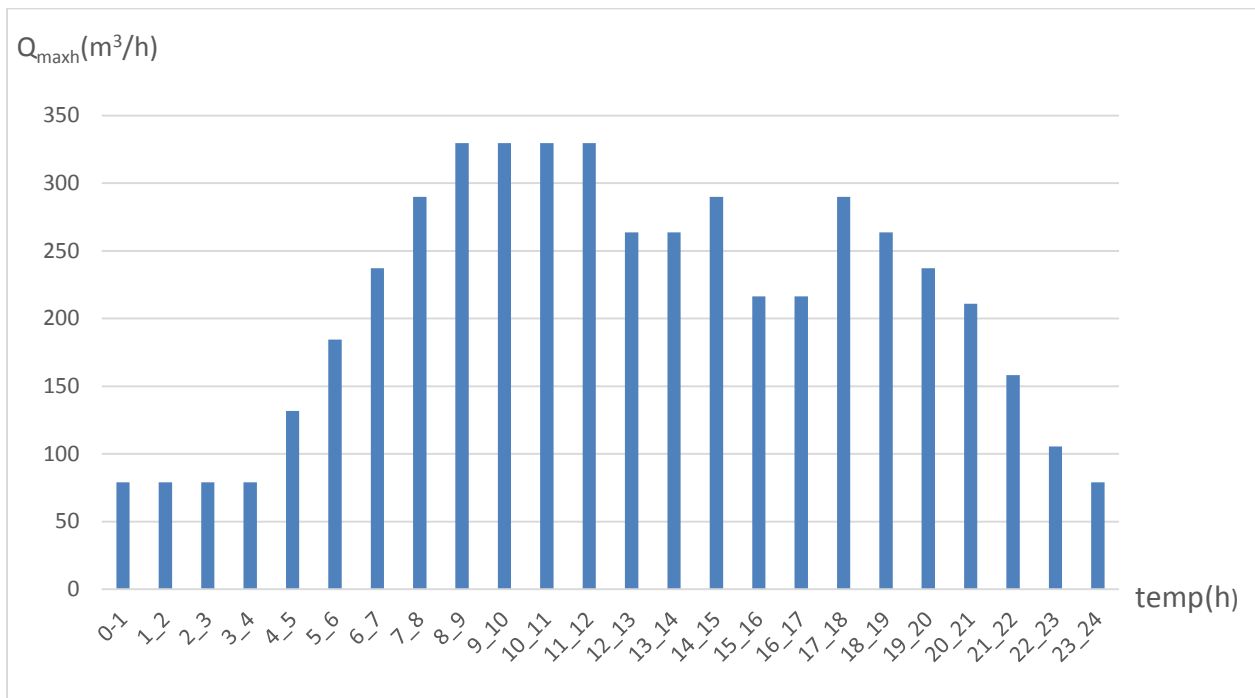


Figure III-1 : Graphe de consommation

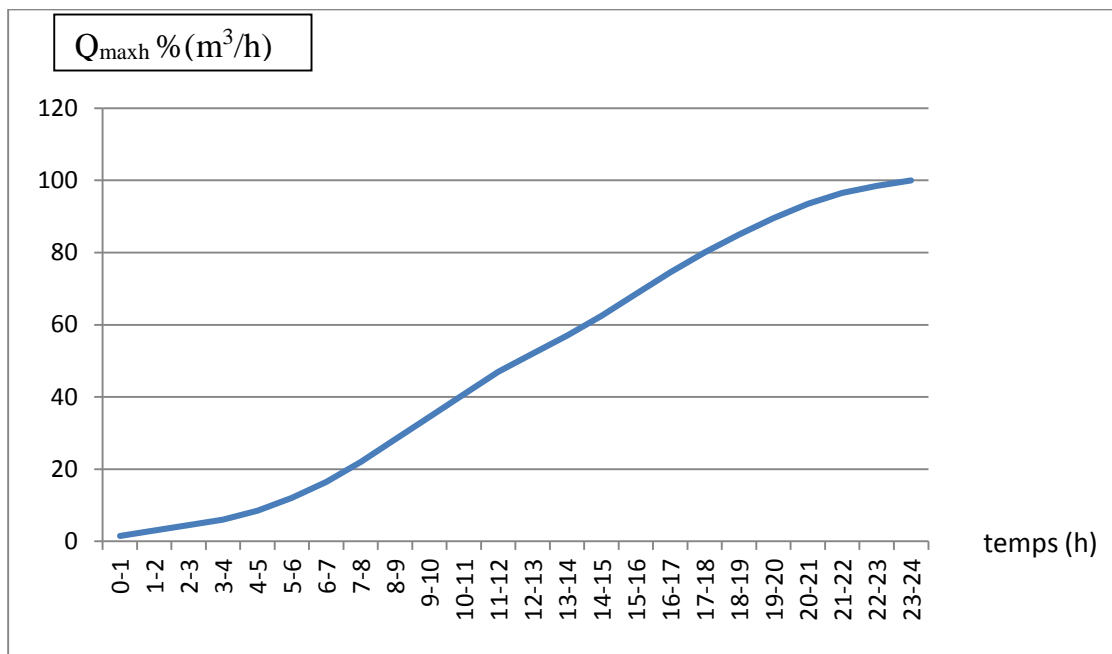


Figure III-2 : courbe intégrale

Conclusion :

Dans Ce chapitre nous avons déterminé les débits journaliers (maximum et minimum) et tracer les courbes de consommation horaires et la courbe intégrale, afin de déterminer tous Les débits horaires (moyen, maximum et minimum).

En tous cas nous disons qu'on peut satisfaire les besoins de l'agglomération à l'horizon considéré.

Chapitre IV

Réseau de distribution

Introduction :

Le but principal d'un réseau de distribution est d'amener l'eau aux différentes catégories de consommateurs, et à tous les points de l'agglomération, sans oublier de satisfaire la demande des consommateurs en débit et en pression. Pour cela, les différents tronçons des canalisations du réseau doivent avoir des diamètres optimums et ils seront dimensionnés en conséquence.

Le réseau de distribution peut prendre plusieurs schémas, qui seront choisis selon l'importance de l'agglomération. Ces réseaux peuvent être mailles ou ramifiés. Mais le plus utilisé c'est le réseau maillé.

IV-1-Classification des réseaux de distribution :

Les réseaux de distribution peuvent être classés comme suit :

- Les réseaux ramifiés ;
- Les réseaux maillés ;
- Les réseaux étagés ;
- Les réseaux à alimentation distincte ;
- Les réseaux mixtes.

IV-1-1 -Réseau ramifié :

Caractérisé par une alimentation à sens unique, il présente l'avantage d'être économique mais manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture.

IV-1-2- Réseau maillé :

Permet une alimentation en retour, une simple manœuvre de robinet permet l'isolement du tronçon et la poursuite de l'alimentation en aval. Il est plus coûteux, mais préférable au réseau ramifié, pour la commodité et la sécurité qu'il procure.

IV-1-3-Réseau étagé:

Lors de l'étude d'un projet d'alimentation d'une ville en eau potable, il arrive que cette ville présente des différences de niveau importantes. La distribution par le réservoir projeté donne des fortes pressions aux points plus bas de réseau. En effet la bonne solution pour ce problème c'est de créer diverses zones indépendantes les une des autre en ce qui concerne le niveau de la pression. Pour se faire, on installe soit des vannes de réduction de pression, s'il faut réduire la pression (l'eau provenant d'une zone plus élevée), soit des postes de surpression, s'il faut augmenter la pression (l'eau provenant d'une zone plus basse).

IV-1-4-Réseau mixte:

Un réseau est dit mixte (maillé-ramifié), lorsque ce dernier est constitué d'une partie ramifiée et une autre maillée.

Remarque :

Vu la bonne répartition des équipements de la nouvelle ville de Bouinan on adopte le réseau maillé.

IV-2- Conception d'un réseau :

Pour la conception d'un réseau de distribution, il est nécessaire de tenir compte de certains facteurs :

- L'emplacement des quartiers.
- l'emplacement des consommateurs.
- le relief.

IV-3- Principe du tracé du réseau maillé :

Le tracé se fait comme suit :

- Tout d'abord, il faut repérer les consommateurs importants (débits concentrés soutirés) , pour notre projet on n'a pas de consommateurs importants .
- Repérer les quartiers ayant une densité de population importante.
- déterminer l'itinéraire (sens) principal pour assurer la distribution à ces consommateurs.
- suivant ce sens, tracer les conduites principales en parallèle.
- Ces conduites principales doivent être bien réparties pour avoir une bonne distribution d'eau.
- pour alimenter l'intérieur des quartiers, ces conduites principales sont reliées entre elles par des conduites secondaires pour former des boucles (mailles).

IV-4-Calcul hydraulique du réseau maillé:

La détermination des débits dans un réseau maillé s'effectue de la manière suivante:

- On détermine la longueur de chaque tronçon du réseau.
- On calcule le débit route.
- On détermine le débit spécifique.
- on détermine les débits aux nœuds.

IV -5- Détermination des débits:

Le système projeté dans la nouvelle ville de Bouinan est le système de distribution avec un réservoir de tête. Pour la détermination des différents paramètres hydraulique de réseau on va étudier les deux cas : cas de pointe et cas de pointe+incendie.

IV-5-1-débit spécifique:

Pour le calcul on admet l'hypothèse selon laquelle la répartition des habitants est uniforme sur la longueur du réseau de distribution.

Le débit spécifique se calcule comme suit :

$$q_{sp} = \frac{Q_r}{\sum L} \text{ (l/s/ml)}$$

$\sum L$: somme des longueurs des tronçons du réseau (m)

Q_r : débit en route total avec $Q_r = Q_{\max h} - \sum Q_{\text{conc}}$

$\sum Q_{\text{conc}}$: la Somme de débits concentrés.

IV-5-2-débit en route:

Le débit en route pour chaque tronçon est calculé par la formule suivante:

$$Q_r = q_{\text{sp}} * l_i \quad (\text{l/s})$$

Avec:

Q_r : débit en route total.

q_{sp} : débit spécifique

l_i : la longueur du tronçon

IV-5-3-débits aux nœuds:

Les débits correspondant en chaque nœud seront calculés par la formule suivante :

$$Q_{n,i} = 0,5 \sum Q_{ri-k} + Q_{\text{conc}}$$

Avec :

$Q_{n,i}$: débit au nœud i

$\sum Q_{ri-k}$: somme des débits route des tronçons reliés au nœud i

Q_{conc} : débit concentrés au nœud i (pour notre projet on n'a pas du débit concentré : $Q_{\text{conc}} = 0$)

IV-6-Calcul des débits

IV-6-1-Cas de pointe :

Le cas de pointe comme le montre le graphe de consommation s'effectué entre 9h et 10h.

Nous avons : $Q_{\max h} = 329,56 \text{ m}^3/\text{h} = 91,54 \text{ l/s}$

La longueur total de réseau : $\sum L_i = 10867,87 \text{ m}$

$$q_{\text{sp}} = \frac{91,54}{10867,87} = 0,008 \text{ l/s/m}$$

Les résultats de calcul sont établis dans les tableaux suivants:

Tableau IV-1 : calcul des débits nodaux (cas de pointe)

Nœud	tronçon	longueur(m)	Qsp	Qr	Qn
n1	P1	121	0,008	0,96	0,48
n2	P1	121	0,008	0,96	1,97
	P2	249.3	0,008	1,99	
	P3	123.6	0,008	0,98	
n3	P2	249.3	0,008	1,99	2,11
	P25	135.4	0,008	1,08	
	P26	145.9	0,008	1,16	
n4	P3	123.6	0,008	0,98	0,65
	P4	21.75	0,008	0,17	
	P28	20.56	0,008	0,16	
n5	P4	21.75	0,008	0,17	2,34
	P5	126.5	0,008	1,01	
	P7	105.8	0,008	0,846	
	P27	270.3	0,008	2,16	
	P39	62.48	0,008	0,5	
n6	P5	126.5	0,008	1,01	0,50
n7	P7	105.8	0,008	0,84	1,35
	P8	220	0,008	1,76	
	P67	13.08	0,008	0,10	
n8	P8	220	0,008	1,76	1,71
	P9	153.3	0,008	1,22	
	P10	56.09	0,008	0,44	
n9	P9	153.3	0,008	1,22	0,6
n10	P10	56.09	0,008	0,44	2,5

	P11	146.9	0,008	1,17	9
	P12	149	0,008	1,19	
	P23	298.2	0,008	2,38	
n11	P11	146.9	0,008	1,17	0,5 8
n12	P12	149	0,008	1,19	0,9 4
	P13	36.44	0,008	0,29	
	P16	51.93	0,008	0,41	
n13	P13	36.44	0,008	0,29	0,9 2
	P14	97.48	0,008	0,77	
	P15	98.09	0,008	0,78	
n14	P14	97.48	0,008	0,77	0,3 8
n15	P15	98.09	0,008	0,78 4	0,3 9
n16	P16	51.93	0,008	0,41	2,5 0
	P17	143.3	0,008	1,14	
	P19	162.8	0,008	1,30	
	P21	270	0,008	2,16	
n17	P17	143.3	0,008	1,14	0,5 7
n18	P18	44.38	0,008	0,35	1,9 8
	P19	162.8	0,008	1,30	
	P21	270	0,008	2,16	
	P122	20.31	0,008	0,16	
n19	18	44.38	0,008	0,35	0,1
n20	P22	42.9	0,008	0,34	0,9
	P122	20.31	0,008	0,16	
	P123	162.2	0,008	1,3	

n21	P24	125.5	0,008	1,04	0,6 9
	P22	42.9	0,008	0,34	
n22	P24	125.5	0,008	1,04	0,5 3
n23	P25	135.4	0,008	1,08	0,5 4
n24	P27	270.3	0,008	2,16	2,4 0
	P26	145.9	0,008	1,16	
	P38	187.2	0,008	1,49	
n25	P28	20.56	0,008	0,16	0,7 2
	P29	43.12	0,008	0,34	
	P35	118.3	0,008	0,94	
n26	P29	43.12	0,008	0,34	0,7 9
	P30	64.02	0,008	0,51	
	P121	93.02	0,008	0,74	
n27	P30	64.02	0,008	0,51	1,1 1
	P31	191.7	0,008	1,53	
	P32	23.89	0,008	0,19	
n28	P31	191.7	0,008	1,53	0,7 6
n29	P31	23.89	0,008	0,19	0,7 6
	P33	68.58	0,008	0,54	
	P34	98.91	0,008	0,79	
n30	P33	68.58	0,008	0,54	0,2 7
n31	P34	98.91	0,008	0,79	0,3
n32	P35	118.3	0,008	0,94	0,4 7
n33	P36	298.2	0,008	2,38	1,2

	P37	10.55	0,008	0,08	3
n34	P37	10.55	0,008	0,08	1,6
	P38	187.2	0,008	1,49	
	P77	217.8	0,008	1,74	5
n35	P39	62.48	0,008	0,49	1,1
	P65	128.7	0,008	1,02	
	P66	58.97	0,008	0,47	
	P40	37.45	0,008	0,29	
n36	P40	37.45	0,008	0,29	0,6
	P41	102	0,008	0,81	
	P63	22.15	0,008	0,17	
n37	P41	102	0,008	0,81	1,4
	P42	16.09	0,008	0,12	
	P45	239.8	0,008	1,91	
n38	P43	78.1	0,008	0,62	0,5
	P44	48.76	0,008	0,39	0
n39	P43	78.1	0,008	0,62	0,3
n40	P44	48.76	0,008	0,39	1
n41	P45	239.8	0,008	1,91	1,7
	P46	118.3	0,008	0,94	
	P47	80.87	0,008	0,64	
n42	P46	118.3	0,008	0,94	0,4
n43	P49	32.67	0,008	0,26	1,2
	P74	110.3	0,008	0,88	
	P47	80.87	0,008	0,64	1
	P48	81.2	0,008	0,64	
n44	P48	81.2	0,008	0,64	0,3

n45	P53	107.1	0,008	0,85	0,6 4
	P49	32.67	0,008	0,26	
	P50	22.94	0,008	0,18	
n46	P50	22.94	0,008	0,18	0,4 4
	P51	58.84	0,008	0,47	
	P52	29.23	0,008	0,23	
n47	P51	58.84	0,008	0,47	0,2
n48	P52	29.23	0,008	0,23	0,1 1
n49	P54	127	0,008	1,01	2
	P53	107.1	0,008	0,68	
	P59	100.4	0,008	0,39	
	P56	22.67	0,008	1,91	
n50	P54	127	0,008	0,94	0,4 7
n51	P56	22.67	0,008	0,18	0,4 5
	P57	57.94	0,008	0,46	
	P58	33.94	0,008	0,27	
n52	P57	57.94	0,008	0,46	0,2 3
n53	P58	33.94	0,008	0,27	0,1
n54	P59	100.4	0,008	0,80	0,5 5
	P60	17.23	0,008	0,13	
	P63	22.15	0,008	0,17	
n55	P60	17.23	0,008	0,13	0,5 0
	P61	68.4	0,008	0,54	
	P62	43.38	0,008	0,34	
n56	P61	68.4	0,008	0,54	0,2
n57	P62	43.38	0,008	0,34	0,1 7

n58	P65	128.7	0,008	1,02	0,7 1
	P67	13.08	0,008	0,10	
	P71	38.61	0,008	0,30	
n59	P66	58.97	0,008	0,47	0,2 3
n60	P70	250.1	0,008	2	2,1
	P71	38.61	0,008	0,30	
	P73	237.7	0,008	1,90	
n61	P70	250.1	0,008	2	1
n62	P73	237.7	0,008	1,90 1	0,9 5
n63	P74	110.3	0,008	0,88	1,8 1
	P75	125.9	0,008	1,07	
	P76	209.8	0,008	1,67	
n64	P75	125.9	0,008	1,07	0,5 3
n65	P76	209.8	0,008	1,67	0,8 3
n66	P77	217.8	0,008	1,74	0,8 7
n67	P78	39.23	0,008	0,31	1,1 0
	P79	225	0,008	1,8	
	P80	13.43	0,008	0,10	
n68	P79	225	0,008	1,8	0,9
n69	P80	13.43	0,008	0,10	0,3 9
	P81	65.43	0,008	0,52	
	P105	20.69	0,008	0,16	
n70	P81	65.43	0,008	0,52	1,1 9
	P82	87.12	0,008	0,69	

	P93	148.6	0,008	1,18	
n71	P82	87.12	0,008	0,69	0,5 8
	P83	22.11	0,008	0,17	
	P84	38.09	0,008	0,30	
n72	P83	22.11	0,008	0,17	0,7 0
	P91	96.12	0,008	0,76	
	P92	58.62	0,008	0,46	
n73	P84	38.09	0,008	0,30	0,4 1
	P85	46.93	0,008	0,37	
	P88	20.72	0,008	0,16	
n74	P85	46.93	0,008	0,37	0,7 4
	P86	48.97	0,008	0,39	
	P87	92.36	0,008	0,73	
n75	P86	48.97	0,008	0,39	0,1 9
n76	P87	92.36	0,008	0,73	0,3 6
n77	P88	20.72	0,008	0,16	0,4 6
	P89	60.21	0,008	0,48	
	P90	35.1	0,008	0,28	
n78	P89	60.21	0,008	0,48	0,2 4
n79	P90	35.1	0,008	0,28	0,1
n80	P91	96.12	0,008	0,76	0,3 8
n81	P92	58.62	0,008	0,46	0,2
n82	P93	148.6	0,008	1,18	0,7 6
	P94	22.8	0,008	0,18	
	P95	21.75	0,008	0,17	

n83	P94	22.8	0,008	0,18	0,1 4
	P115	14.18	0,008	0,11	
n84	P95	21.75	0,008	0,17	0,6 8
	P96	120.4	0,008	0,96	
	P97	30.8	0,008	0,24	
n85	P96	120.4	0,008	0,96	0,4 8
n86	P97	30.8	0,008	0,24	0,7 4
	P98	61.73	0,008	0,49	
	P99	130.4	0,008	0,37	
	P100	218.7	0,008	0,39	
n87	P98	61.73	0,008	0,73	0,3 6
n88	P99	130.4	0,008	1,04	0,5 2
n89	P100	218.7	0,008	1,74	0,8
n90	P101	46.3	0,008	0,37	0,1 8
n91	P101	46.3	0,008	0,37	1,7 7
	P102	204.3	0,008	1,63	
	P103	193.5	0,008	1,54	
n92	P102	204.3	0,008	1,63	1,7 4
	P103	193.5	0,008	1,54	
	P104	39.59	0,008	0,31	
n93	P104	39.59	0,008	0,31	0,1
n94	P105	20.69	0,008	0,16	0,3 4
	P107	52.99	0,008	0,42	
	P120	13.69	0,008	0,10	
n95	P107	52.99	0,008	0,42	0,7 6
	P108	108.2	0,008	0,86	

	P109	32.4	0,008	0,25	
n96	P108	108.2	0,008	0,86	0,4 3
n97	P109	32.4	0,008	0,25	1,2
	P110	94.72	0,008	0,75	6
	P111	190.4	0,008	1,52	
n98	P110	94.72	0,008	0,75	0,3 7
n99	P111	190.4	0,008	1,52	0,7 6
n100	P112	202.5	0,008	1,62	0,8
n101	P112	202.5	0,008	1,62	1,3
	P114	120	0,008	0,96	4
	P120	13.69	0,008	0,10	
n102	P114	120	0,008	0,96	0,4 8
n103	P115	14.18	0,008	0,11	1,5
	P116	188	0,008	1,50	2
	P117	180.2	0,008	1,44	
n104	P116	188	0,008	1,50	0,7 5
n105	P117	180.2	0,008	1,44	0,7 2
n106	P121	93.02	0,008	0,74	0,3 7
n107	P123	162.2	0,008	1,29	0,6 4

IV-6-2- Cas de pointe + incendie :

Dans ce cas le calcul se fait de la même manière que le cas précédent mais on tien compte le débit d'incendie donné par le réservoir (17l/s), qui doit être soutiré ou point plus défavorable qui est le nœud n55 (le noeud le plus loin du réservoir) et le débit véhiculé dans le réseau sera égale au débit de pointe+débit d'incendie

$$Q_{\max h+ inc} = 91,54 + 17 = 108,54 \text{ l/s}$$

débit nodal au point défavorable sera :

$$Q_{n55} = 0.5 + 17 = 17.5 \text{ l/s}$$

Tableau IV-2 : calcul des débits nodaux (cas de pointe+incendie)

Nœud	tronçon	longueur(m)	Qsp	Qr	Qn
n1	P1	121	0,008	0,96	0,48
n2	P1	121	0,008	0,96	1,97
	P2	249.3	0,008	1,99	
	P3	123.6	0,008	0,98	
n3	P2	249.3	0,008	1,99	2,11
	P25	135.4	0,008	1,08	
	P26	145.9	0,008	1,16	
n4	P3	123.6	0,008	0,98	0,65
	P4	21.75	0,008	0,17	
	P28	20.56	0,008	0,16	
n5	P4	21.75	0,008	0,17	2,34
	P5	126.5	0,008	1,01	
	P7	105.8	0,008	0,846	
	P27	270.3	0,008	2,16	
	P39	62.48	0,008	0,5	
n6	P5	126.5	0,008	1,01	0,50
n7	P7	105.8	0,008	0,84	1,35
	P8	220	0,008	1,76	
	P67	13.08	0,008	0,10	
n8	P8	220	0,008	1,76	1,71
	P9	153.3	0,008	1,22	
	P10	56.09	0,008	0,44	
n9	P9	153.3	0,008	1,22	0,6
n10	P10	56.09	0,008	0,44	2,5

	P11	146.9	0,008	1,17	9
	P12	149	0,008	1,19	
	P23	298.2	0,008	2,38	
n11	P11	146.9	0,008	1,17	0,5 8
n12	P12	149	0,008	1,19	0,9 4
	P13	36.44	0,008	0,29	
	P16	51.93	0,008	0,41	
n13	P13	36.44	0,008	0,29	0,9 2
	P14	97.48	0,008	0,77	
	P15	98.09	0,008	0,78	
n14	P14	97.48	0,008	0,77	0,3 8
n15	P15	98.09	0,008	0,78 4	0,3 9
n16	P16	51.93	0,008	0,41	2,5 0
	P17	143.3	0,008	1,14	
	P19	162.8	0,008	1,30	
	P21	270	0,008	2,16	
n17	P17	143.3	0,008	1,14	0,5 7
n18	P18	44.38	0,008	0,35	1,9 8
	P19	162.8	0,008	1,30	
	P21	270	0,008	2,16	
	P122	20.31	0,008	0,16	
n19	18	44.38	0,008	0,35	0,1
n20	P22	42.9	0,008	0,34	0,9
	P122	20.31	0,008	0,16	
	P123	162.2	0,008	1,3	
n21	P24	125.5	0,008	1,04	0,6

	P22	42.9	0,008	0,34	9
n22	P24	125.5	0,008	1,04	0,5 3
n23	P25	135.4	0,008	1,08	0,5 4
n24	P27	270.3	0,008	2,16	2,4 0
	P26	145.9	0,008	1,16	
	P38	187.2	0,008	1,49	
n25	P28	20.56	0,008	0,16	0,7 2
	P29	43.12	0,008	0,34	
	P35	118.3	0,008	0,94	
n26	P29	43.12	0,008	0,34	0,7 9
	P30	64.02	0,008	0,51	
	P121	93.02	0,008	0,74	
n27	P30	64.02	0,008	0,51	1,1 1
	P31	191.7	0,008	1,53	
	P32	23.89	0,008	0,19	
n28	P31	191.7	0,008	1,53	0,7 6
n29	P31	23.89	0,008	0,19	0,7 6
	P33	68.58	0,008	0,54	
	P34	98.91	0,008	0,79	
n30	P33	68.58	0,008	0,54	0,2 7
n31	P34	98.91	0,008	0,79	0,3
n32	P35	118.3	0,008	0,94	0,4 7
n33	P36	298.2	0,008	2,38	1,2
	P37	10.55	0,008	0,08	3

n34	P37	10.55	0,008	0,08	1,6 5
	P38	187.2	0,008	1,49	
	P77	217.8	0,008	1,74	
n35	P39	62.48	0,008	0,49	1,1 3
	P65	128.7	0,008	1,02	
	P66	58.97	0,008	0,47	
	P40	37.45	0,008	0,29	
n36	P40	37.45	0,008	0,29	0,6 3
	P41	102	0,008	0,81	
	P63	22.15	0,008	0,17	
n37	P41	102	0,008	0,81	1,4 2
	P42	16.09	0,008	0,12	
	P45	239.8	0,008	1,91	
n38	P43	78.1	0,008	0,62	0,5 0
	P44	48.76	0,008	0,39	

Suite du Tableau IV-2 : calcul des débits nodaux (cas de pointe+incendie)

Nœu	tronço	longueur(Qsp	Qr	Qn
n39	P43	78.1	0,00 8	0,62	0,31
n40	P44	48.76	0,00 8	0,39	0,19
n41	P45	239.8	0,00 8	1,91	1,74
	P46	118.3	0,00 8	0,94	
	P47	80.87	0,00 8	0,64	
n42	P46	118.3	0,00 8	0,94	0,47
n43	P49	32.67	0,00 8	0,26	1,21
	P74	110.3	0,00 8	0,88	
	P47	80.87	0,00 8	0,64	
	P48	81.2	0,00 8	0,64	
n44	P48	81.2	0,00 8	0,64	0,32
n45	P53	107.1	0,00 8	0,85	0,64
	P49	32.67	0,00 8	0,26	
	P50	22.94	0,00 8	0,18	
n46	P50	22.94	0,00 8	0,18	0,44
	P51	58.84	0,00 8	0,47	
	P52	29.23	0,00 8	0,23	
n47	P51	58.84	0,00 8	0,47	0,23
n48	P52	29.23	0,00 8	0,23	0,11

n49	P54	127	0,00 8	1,01	2
	P53	107.1	0,00 8	0,68	
	P59	100.4	0,00 8	0,39	
	P56	22.67	0,00 8	1,91	
n50	P54	127	0,00 8	0,94	0,47
n51	P56	22.67	0,00 8	0,18	0,45
	P57	57.94	0,00 8	0,46	
	P58	33.94	0,00 8	0,27	
n52	P57	57.94	0,00 8	0,46	0,23
n53	P58	33.94	0,00 8	0,27	0,13
n54	P59	100.4	0,00 8	0,80	0,55
	P60	17.23	0,00 8	0,13	
	P63	22.15	0,00 8	0,17	
n55	P60	17.23	0,00 8	0,13	17,5 0
	P61	68.4	0,00 8	0,54	
	P62	43.38	0,00 8	0,34	
n56	P61	68.4	0,00 8	0,54	0,27
n57	P62	43.38	0,00 8	0,34	0,17
n58	P65	128.7	0,00 8	1,02	0,71
	P67	13.08	0,00 8	0,10	
	P71	38.61	0,00 8	0,30	
n59	P66	58.97	0,00 8	0,47	0,23
n60	P70	250.1	0,00 8	2	2,1
	P71	38.61	0,00 8	0,30	
	P73	237.7	0,00 8	1,90	
n61	P70	250.1	0,00 8	2	1
n62	P73	237.7	0,00 8	1,90 1	0,95

n63	P74	110.3	0,00 8	0,88	1,81
	P75	125.9	0,00 8	1,07	
	P76	209.8	0,00 8	1,67	
n64	P75	125.9	0,00 8	1,07	0,53
n65	P76	209.8	0,00 8	1,67	0,83
n66	P77	217.8	0,00 8	1,74	0,87
n67	P78	39.23	0,00 8	0,31	1,10
	P79	225	0,00 8	1,8	
	P80	13.43	0,00 8	0,10	
n68	P79	225	0,00 8	1,8	0,9
n69	P80	13.43	0,00 8	0,10	0,39
	P81	65.43	0,00 8	0,52	
	P105	20.69	0,00 8	0,16	
n70	P81	65.43	0,00 8	0,52	1,19
	P82	87.12	0,00 8	0,69	
	P93	148.6	0,00 8	1,18	
n71	P82	87.12	0,00 8	0,69	0,58
	P83	22.11	0,00 8	0,17	
	P84	38.09	0,00 8	0,30	
n72	P83	22.11	0,00 8	0,17	0,70
	P91	96.12	0,00 8	0,76	
	P92	58.62	0,00 8	0,46	
n73	P84	38.09	0,00 8	0,30	0,41
	P85	46.93	0,00 8	0,37	
	P88	20.72	0,00 8	0,16	
n74	P85	46.93	0,00 8	0,37	0,74
	P86	48.97	0,00 8	0,39	

	P87	92.36	0,00 8	0,73	
n75	P86	48.97	0,00 8	0,39	0,19
n76	P87	92.36	0,00 8	0,73	0,36
n77	P88	20.72	0,00 8	0,16	0,46
	P89	60.21	0,00 8	0,48	
	P90	35.1	0,00 8	0,28	
n78	P89	60.21	0,00 8	0,48	0,24
n79	P90	35.1	0,00 8	0,28	0,14
n80	P91	96.12	0,00 8	0,76	0,38
n81	P92	58.62	0,00 8	0,46	0,23
n82	P93	148.6	0,00 8	1,18	0,76
	P94	22.8	0,00 8	0,18	
	P95	21.75	0,00 8	0,17	
n83	P94	22.8	0,00 8	0,18	0,14
	P115	14.18	0,00 8	0,11	
n84	P95	21.75	0,00 8	0,17	0,68
	P96	120.4	0,00 8	0,96	
	P97	30.8	0,00 8	0,24	
n85	P96	120.4	0,00 8	0,96	0,48
n86	P97	30.8	0,00 8	0,24	0,74
	P98	61.73	0,00 8	0,49	
	P99	130.4	0,00 8	0,37	
	P100	218.7	0,00 8	0,39	
n87	P98	61.73	0,00 8	0,73	0,36
n88	P99	130.4	0,00 8	1,04	0,52
n89	P100	218.7	0,00 8	1,74	0,87

Suite du Tableau IV-2 : calcul des débits nodaux (cas de pointe+incendie)

Nœu	tronço	longueur(Qsp	Qr	Qn
n90	P101	46.3	0,00 8	0,3 7	0,1 8
n91	P101	46.3	0,00 8	0,3 7	1,7 7
	P102	204.3	0,00 8	1,6 3	
	P103	193.5	0,00 8	1,5 4	
n92	P102	204.3	0,00 8	1,6 3	1,7 4
	P103	193.5	0,00 8	1,5 4	
	P104	39.59	0,00 8	0,3 1	
n93	P104	39.59	0,00 8	0,3 1	0,1
n94	P105	20.69	0,00 8	0,1 6	0,3 4
	P107	52.99	0,00 8	0,4 2	
	P120	13.69	0,00 8	0,1 0	
n95	P107	52.99	0,00 8	0,4 2	0,7
	P108	108.2	0,00 8	0,8 6	6

	P109	32.4	0,00 8	0,2 5	
n96	P108	108.2	0,00 8	0,8 6	0,4 3
n97	P109	32.4	0,00 8	0,2 5	1,2 6
	P110	94.72	0,00 8	0,7 5	
	P111	190.4	0,00 8	1,5 2	
n98	P110	94.72	0,00 8	0,7 5	0,3 7
n99	P111	190.4	0,00 8	1,5 2	0,7 6
n100	P112	202.5	0,00 8	1,6 2	0,8
n101	P112	202.5	0,00 8	1,6 2	1,3 4
	P114	120	0,00 8	0,9 6	
	P120	13.69	0,00 8	0,1 0	
n102	P114	120	0,00 8	0,9 6	0,4 8
n103	P115	14.18	0,00 8	0,1 1	1,5 2
	P116	188	0,00 8	1,5 0	
	P117	180.2	0,00 8	1,4 4	
n104	P116	188	0,00 8	1,5 0	0,7 5
n105	P117	180.2	0,00 8	1,4 4	0,7 2
n106	P121	93.02	0,00 8	0,7 4	0,3 7
n107	P123	162.2	0,00 8	1,2 9	0,6 4

IV-7-Calcul hydraulique du réseau de distribution :

A partir du réservoir, l'eau est distribuée dans un réseau de canalisation, dans laquelle les branchements seront réalisés.

En vue de l'alimentation des abonnées, Les canalisations devront en conséquence présenter un diamètre compatible au débit transporter et supporter les différentes pressions de service.

IV-7-1-Méthode du calcul :

La méthode utilisée dans les calculs du réseau de distribution est celle de **HARDY CROSS** effectuée par le logiciel de simulation **EPANET** Version **2.0 français** , il utilise l'algorithme **HARDY CROSS** pour déterminer la valeur et le sens du débit réel circulant dans les conduites.

La méthode de HARDY CROSS est une méthode d'approximations successives **qui repose sur deux lois :**

IV-7-1-1- 1^{ère} loi : loi des nœuds:

En un nœud quelconque d'une maille, la somme des débits entrants est égale à la somme des débits sortants.

IV-7-1-2- 2^{ème} loi : loi des mailles :

Le long d'un parcours orienté et fermé, la somme des pertes de charges doit être nulle

$$\Sigma \Delta H = \Sigma (R Q^n) = 0$$

Où :

n : désigne l'exposant qui tient compte du régime d'écoulement.

R : la résistance de la conduite.

Q : le débit circulant dans la conduite.

IV-7-2-Principe de la méthode de HARDY-CROSS :

Après une répartition arbitraire des débits, ainsi que le sens d'écoulement d'une manière à satisfaire la 1^{ère} loi (loi des nœuds), nous arrivons à l'obtention d'une répartition finale vérifiant la 2^{ème} loi de KIRCHOFF (loi de maille) par approximation successive.

➤ Détermination du débit correctif :

Nous avons : $Q = Q_0 + \Delta Q$

Avec

Q : Débit réel.

Q_0 : Débit arbitraire supposé.

ΔQ : Débit correctif.

Nous avons : $\Delta H = RQ^2$

R : Résistance de la conduite.

$$\Delta H = R(Q_0 + \Delta Q)^2$$

$$\sum R(Q_0 + \Delta Q)^2 = \sum R(Q_0^2 + 2Q_0\Delta Q + \Delta Q^2) = 0$$

Avec ΔQ négligeable par rapport à Q_0

$$\Delta Q^2 = 0$$

$$\sum R(Q_0^2 + 2Q_0\Delta Q) = 0 \quad \Rightarrow \sum RQ_0^2 = -2\sum RQ_0 \Delta Q \Rightarrow \Delta Q = -\frac{\sum RQ_0^2}{2\sum RQ_0}$$

$$\text{Alors : } \Delta Q = -\frac{\sum \Delta H}{2\sum R Q_0}$$

On détermine les pertes de charges totales (singulière et linéaire) dans chaque tronçon du réseau de la manière suivante.

$$\Delta H_T = \Delta H_s + \Delta H_L$$

Les pertes de charges singulières sont estimées à 15% des pertes de charges linéaires.

$$\Delta H_T = \Delta H_L + 0.15\Delta H_L = 1.15\Delta H_L$$

ΔH_s : pertes de charge singulière

ΔH_L : Pertes de charge linéaire

ΔH_T : Pertes de charge totale.

Les pertes de charges linéaires peuvent être calculées par plusieurs formules et parmi ces formules on utilise celle de DARCY :

$$\Delta H = \frac{8 * \lambda * L * Q^2}{g * \pi^2 * D^5}$$

Avec : λ : Coefficient de frottement linéaire.
 L : Longueur de la conduite (m).
 Q : Débit véhiculé par la conduite (m^3/s).
 g : accélération de la pesanteur (m/s^2).
 D : Diamètre de la conduite (m).

IV-8-Calcul de réseau :

On procède à la simulation des différents paramètres du réseau à l'aide du Logiciel **EPANET**.

IV-8-1- Qu'est ce que EPANET

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Un réseau est un ensemble de tuyaux, nœuds (jonctions de tuyau), pompes, vannes, bâches et réservoirs.

EPANET calcule le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs, et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau.

IV-8-2- Principe hydraulique régissant les calculs du logiciel :

La loi des nœuds et la loi des mailles constituent la base du calcul hydraulique. La loi des nœuds affirme que le débit entrant dans un nœud est quoiqu'il arrive égal au débit sortant de ce nœud et ce quel que soit le nombre d'entrées et de sorties dans ce nœud. La loi des mailles dites, quant à elle, que la différence de charges DH (égale à la somme de la pression et de la côte au sol au point considéré) entre deux nœuds est égale à la perte de charge entre ces nœuds (figure ci-dessous).

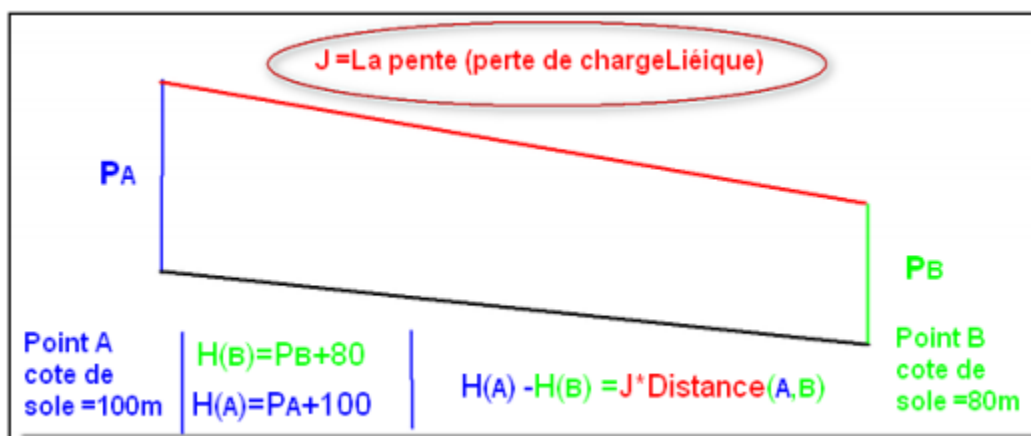


figure IV-1- perte de charge entre deux noeuds

Cependant, pour pouvoir obtenir les charges et débits pour chaque nœud et chaque tronçon, il est nécessaire que certains débits et certaines charges soient préalablement connus. Il s'agit des nœuds à charge fixée (réservoirs, bâches) qui imposent la charge de départ et ainsi permet le calcul de la charge à chaque nœud de proche en proche. Il s'agit aussi des nœuds à débit fixé (définition des demandes à chaque nœud) qui permettent de connaître les débits dans les tronçons satisfaisants cette demande. Enfin, l'écoulement se fait du nœud ayant la charge la plus élevée vers le nœud ayant un potentiel de charge moins important. Le calcul des débits et des charges est lié et ne peut se faire indépendamment. Dès lors, il est nécessaire de connaître l'une ou l'autre des données à chaque nœud pour permettre l'aboutissement du calcul.

IV-8-4-Répartition définitive des débits et des pressions :

Les caractéristiques hydrauliques et géométriques récapitulé dans les tableaux ci-dessous.

IV-8-4-1- Cas de pointe :

Tableau IV-3 : caractéristiques des nœuds (Cas de pointe)

Nœuds	Altitude (m)	Demande (L/s)	Pression (m.c.e)
Noeud n1	77.6	0.48	24.96
Noeud n2	78.14	1.97	24.10
Noeud n3	78.88	2.11	23.27
Noeud n4	78.02	0.65	24.09
Noeud n5	76.55	2.34	25.55
Noeud n6	76.18	0.50	25.92
Noeud n7	77.65	1.35	24.43
Noeud n8	78.01	1.71	24.04
Noeud n9	78.53	0.61	23.52
Noeud n10	79.05	2.59	22.99
Noeud n11	76.95	0.58	25.09
Noeud n12	77.15	0.94	24.88
Noeud n13	77.36	0.92	24.67
Noeud n14	77.16	0.38	24.87
Noeud n15	77.3	0.39	24.73
Noeud n16	77.18	2.50	24.85
Noeud n17	77.42	0.57	24.61
Noeud n18	77.65	1.98	24.38
Noeud n19	77.9	0.17	24.13
Noeud n20	77.9	0.9	24.13
Noeud n21	78.5	0.69	23.53
Noeud n22	77.25	0.53	24.78
Noeud n23	77.2	0.54	24.95

Nœuds	Altitude (m)	Demande (L/s)	Pression (m.c.e)
Noeud n24	77.35	2.40	24.75
Noeud n25	76.1	0.72	26.01
Noeud n26	76.6	0.79	25.51
Noeud n27	75.11	1.11	27
Noeud n28	75.65	0.76	26.46
Noeud n29	75.77	0.76	26.34
Noeud n30	75.64	0.27	26.47
Noeud n31	75.9	0.39	26.21
Noeud n32	75.79	0.47	26.32
Noeud n33	76.08	1.23	25.96
Noeud n34	76.45	1.65	25.59
Noeud n35	75.85	1.13	26.23
Noeud n36	76.83	0.63	25.25
Noeud n37	76.2	1.42	25.87
Noeud n38	76.25	0.50	25.82
Noeud n39	76.48	0.31	25.59
Noeud n40	76.83	0.19	25.24
Noeud n41	76.4	1.74	25.67
Noeud n42	75.9	0.47	27.17
Noeud n43	71.07	1.21	31
Noeud n44	71.2	0.32	30.87
Noeud n45	71.15	0.64	30.92
Noeud n46	71.4	0.44	30.67
Noeud n47	71.55	0.23	30.52

Suite du Tableau IV-3 : caractéristiques des nœuds (Cas de pointe)

Nœuds	Altitude (m)	Demande (L/s)	Pression (m.c.e)
Noeud n48	71	0.11	31.07
Noeud n49	71.35	2	30.72
Noeud n50	71.15	0.47	30.92
Noeud n51	71.7	0.45	30.37
Noeud n52	72.3	0.23	29.84
Noeud n53	72	0.13	30.07
Noeud n54	71.55	0.55	30.53
Noeud n55	71.2	0.50	30.88
Noeud n56	71.25	0.27	30.83
Noeud n57	72.1	0.17	29.88
Noeud n58	71.05	0.71	31.03
Noeud n59	71.35	0.23	30.73
Noeud n60	72.84	2.1	29.24
Noeud n61	72.72	1	29.36
Noeud n62	72.92	0.95	29.16
Noeud n63	72	1.81	30.07
Noeud n64	74.01	0.53	28.06
Noeud n65	74.1	0.83	27.97
Noeud n66	74.1	0.87	27.94
Noeud n67	74.35	1.10	27.68
Noeud n68	72.92	0.9	29.11
Noeud n69	72.54	0.39	29.49
Noeud n70	75.1	1.19	26.92

Noeud n71	74.5	0.58	27.52
Noeud n72	75.5	0.70	26.52
Noeud n73	75	0.41	27.02
Noeud n74	74.7	0.74	27.32
Noeud n75	74.64	0.19	27.38
Noeud n76	75.68	0.36	26.34
Noeud n77	75.35	0.46	26.67
Noeud n78	75.7	0.24	26.32
Noeud n79	75.4	0.14	26.62
Noeud n80	74	0.38	28.02
Noeud n81	73.2	0.23	28.82
Noeud n82	74.64	0.76	27.38
Noeud n83	75.2	0.14	26.82
Noeud n84	74.8	0.68	27.22
Noeud n85	75.6	0.48	26.42
Noeud n86	74.85	0.74	27.17
Noeud n87	74.68	0.36	27.34
Noeud n88	75.38	0.52	26.64
Noeud n89	75.28	0.87	26.74
Noeud n90	74.3	0.18	27.55
Noeud n91	73.64	1.77	27.8
Noeud n92	73.5	1.74	28
Noeud n93	73.3	0.15	28.8
Noeud n94	73.9	0.34	28.13
Noeud n95	73.35	0.76	28.6

Suite du Tableau IV-3 : caractéristiques des nœuds (Cas de pointe)

Nœuds	Altitude (m)	Demande (L/s)	Pression (m.c.e)
Noeud n96	72.95	0.43	29.08
Noeud n97	71.64	1.26	30.39
Noeud n98	71.75	0.37	30.28
Noeud n99	72.19	0.76	29.84
Noeud n100	72.55	0.81	29.48
Noeud n101	72.63	1.34	29.4
Noeud n102	72.31	0.48	29.72
Noeud n103	72.75	1.52	29.27
Noeud 104	69.9	0.75	32.12
Noeud n105	75.2	0.72	26.82
Noeud n106	80.67	0.37	21.44
Noeud n107	82.55	0.64	19.48
Réservoir 1	100.85	-91.54	2

Tableau IV-4 : caractéristiques des tronçons (Cas de pointe)

N° de conduite	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)	Matériau
Tuyau p1	121	312.8	82.19	0.61	1.91	PEHD
Tuyau p2	249.3	277.6	29.76	0.46	1.14	PEHD
Tuyau p3	123.6	277.6	50.46	0.64	2.75	PEHD
Tuyau p4	21.75	277.6	43.70	0.49	1.68	PEHD
Tuyau p5	126.5	35.2	0.50	0.36	0.94	PEHD
Tuyau p6	100.2	55.4	1.5	0.76	11.35	PEHD
Tuyau p7	105.8	198.2	18.19	0.4	7.78	PEHD
Tuyau p8	220	198.2	17.15	0.53	7.29	PEHD
Tuyau p9	153.3	35.2	0.61	0.59	5.73	PEHD
Tuyau p10	56.09	176.2	14.83	0.37	8.9	PEHD
Tuyau p11	146.9	35.2	0.58	0.6	7.31	PEHD
Tuyau p12	149	110.2	10.61	0.52	12.75	PEHD
Tuyau p13	36.44	44	1.69	0.47	10.54	PEHD
Tuyau p14	97.48	35.2	0.38	0.67	9	PEHD
Tuyau p15	98.09	25.2	0.39	0.61	9.32	PEHD
Tuyau p16	51.93	123.4	7.98	0.49	11.4	PEHD
Tuyau p17	143.3	35.2	0.57	0.57	8.39	PEHD
Tuyau p18	44.38	35.2	0.17	0.47	10.54	PEHD
Tuyau p19	162.8	79.2	2.79	0.67	9	PEHD
Tuyau p20	95	79.2	-2.3	0.61	9.32	PEHD
Tuyau p21	270	55.4	-2.12	0.49	11.4	PEHD
Tuyau p22	42.9	55.4	1.22	0.66	10.81	PEHD
Tuyau p23	112	55.4	1.5	0.76	18.98	PEHD
Tuyau p24	43	35.2	0.53	0.45	12.75	PEHD

Suite

du Tableau IV-4 : caractéristiques des tronçons (Cas de pointe)

Tuyau p25	135.4	35.2	-0.54	0.53	13.22	PEHD
Tuyau p26	145.9	198.2	27.11	0.53	5.8	PEHD
Tuyau p27	270.3	28.2	-0.09	0.34	5.73	PEHD
Tuyau p28	20.56	123.4	6.11	0.6	16.19	PEHD
Tuyau p29	43.12	79.2	4.45	0.33	5.42	PEHD
Tuyau p30	64.02	79.2	3.29	0.6	9.2	PEHD
Tuyau p31	191.7	35.2	0.76	0.46	10.12	PEHD
Tuyau p32	23.89	55.4	1.42	0.31	5.71	PEHD
Tuyau p33	68.58	38.2	0.27	0.51	5.33	PEHD
Tuyau p34	98.91	35.2	0.39	0.34	4.21	PEHD
Tuyau p35	118.3	66	0.94	0.47	4.72	PEHD
Tuyau p36	298.2	66	1.05	0.38	9.62	PEHD
Tuyau p37	10.55	198.2	-22.28	0.84	11.03	PEHD
Tuyau p38	187.2	198.2	-24.80	0.6	5.8	PEHD
Tuyau p39	62.48	198.2	22.58	0.41	2.92	PEHD
Tuyau p40	37.45	176.2	16.15	0.34	2.59	PEHD
Tuyau p41	102	123.4	6.58	0.32	5.15	PEHD
Tuyau p42	16.09	55.4	1	0.35	6.05	PEHD

Suite du Tableau IV-4 : caractéristiques des tronçons (Cas de pointe)

N° de conduite	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)	Matériau
Tuyau p43	78.1	35.2	0.31	0.52	9.41	PEHD
Tuyau p44	48.76	28.2	0.19	1.03	20.25	PEHD
Tuyau p45	239.8	79.2	4.16	0.62	3.59	PEHD
Tuyau p46	118.3	35.2	0.47	0.65	6.72	PEHD
Tuyau p47	87.87	66	1.95	0.5	6.47	PEHD
Tuyau p48	81.2	35.2	0.32	0.74	3.21	PEHD
Tuyau p49	32.67	79.2	-2.75	0.58	2	PEHD
Tuyau p50	22.94	35.2	0.78	0.46	10.12	PEHD
Tuyau p51	58.84	28.2	0.23	0.63	6.29	PEHD
Tuyau p52	29.23	28.2	0.11	0.38	9.62	PEHD
Tuyau p53	107.1	79.2	-4.17	1.28	16.19	PEHD
Tuyau p54	127	35.2	0.47	0.46	10.12	PEHD
Tuyau p55	122	66	1.2	1.02	10.55	PEHD
Tuyau p56	22.67	44	0.81	0.37	6.72	PEHD
Tuyau p57	57.94	28.2	0.23	0.42	2.97	PEHD
Tuyau p58	33.94	28.2	0.13	0.39	1.75	PEHD
Tuyau p59	100.4	123.4	-7.45	0.96	14.25	PEHD
Tuyau p60	17.23	66	0.94	0.95	29.02	PEHD
Tuyau p61	68.4	28.2	0.27	0.35	8.21	PEHD
Tuyau p62	43.38	28.2	0.17	0.5	4.1	PEHD
Tuyau p63	22.15	110.2	-8.94	0.4	4.28	PEHD

Suite du Tableau IV-4 : caractéristiques des tronçons (Cas de pointe)

N° de conduite	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)	Matériau
Tuyau p64	55	79.2	4.2	0.42	8.52	PEHD
Tuyau p65	128.7	123.4	5.07	0.9	12.54	PEHD
Tuyau p66	58.97	28.2	0.23	0.66	7.04	PEHD
Tuyau p67	13.08	28.2	-0.31	0.39	7.42	PEHD
Tuyau p68	34	79.2	-2.5	0.32	1.2	PEHD
Tuyau p69	21.5	123.4	5.2	0.48	2.56	PEHD
Tuyau p70	250.1	66	1	0.46	5.6	PEHD
Tuyau p71	38.61	79.2	4.05	0.37	5.15	PEHD
Tuyau p72	111	66	1.2	0.32	5.15	PEHD
Tuyau p73	237.7	66	0.95	0.71	5.22	PEHD
Tuyau p74	110.3	79.2	3.17	0.81	6.8	PEHD
Tuyau p75	125.9	35.2	0.53	0.84	13.68	PEHD
Tuyau p76	209.8	44	0.83	0.36	4.83	PEHD
Tuyau p77	217.8	44	0.87	0.52	12.75	PEHD
Tuyau p78	39.23	198.2	22.10	0.4	10.36	PEHD
Tuyau p79	225	44	0.90	1.27	15.94	PEHD
Tuyau p80	13.43	198.2	20.10	0.5	5.22	PEHD
Tuyau p81	65.43	176.2	13.16	0.54	7.51	PEHD
Tuyau p82	87.12	79.2	4.43	0.34	5.73	PEHD
Tuyau p83	22.11	66	1.31	0.33	5.71	PEHD
Tuyau p84	38.09	79.2	2.54	0.52	4.42	PEHD

Suite du Tableau IV-4 : caractéristiques des tronçons (Cas de pointe)

N° de conduite	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge	Matériau
Tuyau p85	46.93	66	1.29	0.51	12.29	PEHD
Tuyau p86	48.97	28.2	0.19	0.34	0.75	PEHD
Tuyau p87	92.36	35.2	0.36	0.4	1	PEHD
Tuyau p88	20.72	66	0.84	0.57	1.96	PEHD
Tuyau p89	60.21	28.2	0.24	1.42	11.12	PEHD
Tuyau p90	35.1	28.2	0.14	1.08	3.24	PEHD
Tuyau p91	96.12	25.2	0.38	1.12	3.46	PEHD
Tuyau p92	58.62	28.2	0.23	1	2.11	PEHD
Tuyau p93	148.6	123.4	7.54	0.97	1.99	PEHD
Tuyau p94	22.8	79.2	3.13	0.36	0.8	PEHD
Tuyau p95	21.75	79.2	3.65	0.62	4.87	PEHD
Tuyau p96	120.4	35.2	0.48	0.7	6.09	PEHD
Tuyau p97	30.8	79.2	2.49	1.29	19.32	PEHD
Tuyau p98	61.73	35.2	0.36	0.38	0.6	PEHD
Tuyau p99	130.4	35.2	0.52	0.63	1.33	PEHD
Tuyau p100	218.7	66	0.87	0.55	1.05	PEHD
Tuyau p101	46.3	79.2	5.5	0.61	1.25	PEHD
Tuyau p102	204.3	35.2	0.35	0.64	1.38	PEHD
Tuyau p103	193.5	123.4	-8.8	0.68	1.57	PEHD
Tuyau p104	39.59	35.2	0.45	0.72	1.74	PEHD
Tuyau p105	20.69	123.4	6.55	0.77	1.99	PEHD
Tuyau p106	52.99	123.4	7.5	0.71	1.92	PEHD
Tuyau p107	52.99	79.2	3.58	1.17	3.8	PEHD

Suite du Tableau IV-4 : caractéristiques des tronçons (Cas de pointe)

N° de conduite	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)	Matériau
Tuyau p108	108.2	35.2	0.43	0.44	4.04	PEHD
Tuyau p109	32.4	79.2	2.39	0.42	11.13	PEHD
Tuyau p110	94.72	35.2	0.37	0.5	11.84	PEHD
Tuyau p111	190.4	35.2	0.76	0.35	6.05	PEHD
Tuyau p112	202.5	66	-0.81	0.59	15.68	PEHD
Tuyau p113	112	79.2	-2.3	0.67	20.03	PEHD
Tuyau p114	120	35.2	0.48	0.32	5.12	PEHD
Tuyau p115	14.18	79.2	2.99	0.45	9.71	PEHD
Tuyau p116	188	66	0.75	0.45	9.71	PEHD
Tuyau p117	180.2	66	0.72	0.38	3.88	PEHD
Tuyau p118	76.9	79.2	2.65	0.38	9.62	PEHD
Tuyau p119	33	123.4	7.8	0.51	12.29	PEHD
Tuyau p120	13.69	79.2	-2.63	0.77	11.85	PEHD
Tuyau p121	93.02	35.2	0.37	0.34	0.26	PEHD
Tuyau p122	37	79.2	-2.76	0.92	10.1	PEHD
Tuyau p123	162.2	35.2	0.64	0.89	3.95	PEHD
Tuyau 1	80.5	312.8	-91.54	1.04	2.24	PEHD

IV-8-4-2- Cas de pointe + incendie :**Tableau IV-5:** caractéristiques des nœuds (Cas de pointe+incendie)

Nœuds	Altitude (m)	Demande (L/s)	Pression (m)
Noeud n1	77.6	0.48	24.85
Noeud n2	78.14	1.97	23.84
Noeud n3	78.88	2.11	22.97
Noeud n4	78.02	0.65	23.79
Noeud n5	76.55	2.34	25.23
Noeud n6	76.18	0.50	25.60
Noeud n7	77.65	1.35	24.11
Noeud n8	78.01	1.71	23.68
Noeud n9	78.53	0.61	23.16
Noeud n10	79.05	2.59	22.63
Noeud n11	76.95	0.58	24.73
Noeud n12	77.15	0.94	24.47
Noeud n13	77.36	0.92	24.26
Noeud n14	77.16	0.38	24.46
Noeud n15	77.3	0.39	24.32
Noeud n16	77.18	2.50	24.43
Noeud n17	77.42	0.57	24.19
Noeud n18	77.65	18.98	23.95
Noeud n19	77.9	0.17	23.70
Noeud n20	77.9	0.9	23.70
Noeud n21	78.5	0.69	23.10

Suite du Tableau IV-5: caractéristiques des nœuds (pointe+incendie)

Nœuds	Altitude (m)	Demande (L/s)	Pression (m)
Noeud n22	77.25	0.53	24.35
Noeud n23	77.2	0.54	24.65
Noeud n24	77.35	2.40	24.43
Noeud n25	76.1	0.72	25.71
Noeud n26	76.6	0.79	25.21
Noeud n27	75.11	1.11	26.70
Noeud n28	75.65	0.76	26.16
Noeud n29	75.77	0.76	26.04
Noeud n30	75.64	0.27	26.17
Noeud n31	75.9	0.39	25.91
Noeud n32	75.79	0.47	26.02
Noeud n33	76.08	1.23	25.61
Noeud n34	76.45	1.65	25.24
Noeud n35	75.85	1.13	25.91
Noeud n36	76.83	0.63	24.93
Noeud n37	76.2	1.42	25.55
Noeud n38	76.25	0.50	25.50
Noeud n39	76.48	0.31	25.27
Noeud n40	76.83	0.19	24.92
Noeud n41	76.4	1.74	25.35
Noeud n42	75.9	0.47	26.85
Noeud n43	71.07	1.21	30.68

Suite

du Tableau IV-5: caractéristiques des nœuds (pointe+incendie)

Nœuds	Altitude (m)	Demande (L/s)	Pression (m)
Noeud n44	71.2	0.32	30.55
Noeud n45	71.15	0.64	30.60
Noeud n46	71.4	0.44	30.35
Noeud n47	71.55	0.23	30.20
Noeud n48	71	0.11	30.75
Noeud n49	71.35	2	30.40
Noeud n50	71.15	0.47	30.60
Noeud n51	71.7	0.45	30.05
Noeud n52	72.3	0.23	29.52
Noeud n53	72	0.13	29.75
Noeud n54	71.55	0.55	30.21
Noeud n55	71.2	0.50	30.56
Noeud n56	71.25	0.27	30.51
Noeud n57	72.1	0.17	29.56
Noeud n58	71.05	0.71	30.71
Noeud n59	71.35	0.23	30.41
Noeud n60	72.84	2.1	28.92
Noeud n61	72.72	1	29.04
Noeud n62	72.92	0.95	28.84
Noeud n63	72	1.81	29.75
Noeud n64	74.01	0.53	27.74

Suite du Tableau IV-5: caractéristiques des nœuds (pointe+incendie)

Nœuds	Altitude (m)	Demande (L/s)	Pression (m)
Noeud n65	74.1	0.83	27.65
Noeud n66	74.1	0.87	27.59
Noeud n67	74.35	1.10	27.33
Noeud n68	72.92	0.9	28.76
Noeud n69	72.54	0.39	29.13
Noeud n70	75.1	1.19	26.57
Noeud n71	74.5	0.58	27.17
Noeud n72	75.5	0.70	26.17
Noeud n73	75	0.41	26.67
Noeud n74	74.7	0.74	26.97
Noeud n75	74.64	0.19	27.03
Noeud n76	75.68	0.36	25.99
Noeud n77	75.35	0.46	26.32
Noeud n78	75.7	0.24	25.97
Noeud n79	75.4	0.14	26.27
Noeud n80	74	0.38	27.67
Noeud n81	73.2	0.23	28.47
Noeud n82	74.64	0.76	27.02
Noeud n83	75.2	0.14	26.46
Noeud n84	74.8	0.68	26.86

Suite du Tableau IV-5: caractéristiques des nœuds (pointe+incendie)

Nœuds	Altitude (m)	Demande (L/s)	Pression (m)
Noeud n85	75.6	0.48	26.06
Noeud n86	74.85	0.74	26.81
Noeud n87	74.68	0.36	26.98
Noeud n88	75.38	0.52	26.28
Noeud n89	75.28	0.87	26.38
Noeud n90	74.3	0.18	26.72
Noeud n91	73.64	1.77	27.8
Noeud n92	73.5	1.74	27.98
Noeud n93	73.3	0.15	28.4
Noeud n94	73.9	0.34	27.5
Noeud n95	73.35	0.76	27.77
Noeud n96	72.95	0.43	28.72
Noeud n97	71.64	1.26	30.03
Noeud n98	71.75	0.37	29.92
Noeud n99	72.19	0.76	29.48
Noeud n100	72.55	0.81	29.12
Noeud n101	72.63	1.34	29.04
Noeud n102	72.31	0.48	29.36
Noeud n103	72.75	1.52	28.91
Noeud n104	69.9	0.75	31.76
Noeud n105	75.2	0.72	26.46
Noeud n106	80.67	0.37	21.14
Noeud n107	82.55	0.64	19.05
Réservoir 1	100.85	-91.54	2

Tableau

IV-6 :

caractéristiques des tronçons (Cas de pointe+incendie)

N° de conduite	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)	Matériau
Tuyau p1	121	312.8	99.19	0.7	2.45	PEHD
Tuyau p2	249.3	277.6	36.15	0.55	1.58	PEHD
Tuyau p3	123.6	312.8	61.07	0.77	3.95	PEHD
Tuyau p4	21.75	312.8	54.31	0.63	2.65	PEHD
Tuyau p5	126.5	28.2	0.50	0.49	1.7	PEHD
Tuyau p6	100.2	79.2	5.5	0.76	11.35	PEHD
Tuyau p7	105.8	176.2	22.85	0.4	7.78	PEHD
Tuyau p8	220	198.2	25.65	0.53	7.29	PEHD
Tuyau p9	153.3	28.2	0.61	0.59	5.73	PEHD
Tuyau p10	56.09	176.2	23.33	0.37	8.9	PEHD
Tuyau p11	146.9	28.2	0.58	0.6	7.31	PEHD
Tuyau p12	149	198.2	27.61	0.52	12.75	PEHD
Tuyau p13	36.44	55.4	1.69	0.47	10.54	PEHD
Tuyau p14	97.48	28.2	0.38	0.67	9	PEHD
Tuyau p15	98.09	28.2	0.39	0.61	9.32	PEHD
Tuyau p16	51.93	198.2	24.98	0.49	11.4	PEHD
Tuyau p17	143.3	28.2	0.57	0.57	8.39	PEHD
Tuyau p18	44.38	28.2	0.17	0.47	10.54	PEHD
Tuyau p19	162.8	176.2	12.50	0.67	9	PEHD
Tuyau p20	95	79.2	3.44	0.61	9.32	PEHD
Tuyau p21	270	123.4	-9.41	0.49	11.4	PEHD

Suite du Tableau IV-6 : caractéristiques des tronçons (pointe+incendie)

N° de conduite	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)	Matériau
Tuyau p22	42.9	55.4	1.22	0.66	10.81	PEHD
Tuyau p23	112	66	0.9	0.76	18.98	PEHD
Tuyau p24	43	35.2	0.53	0.45	12.75	PEHD
Tuyau p25	135.4	35.2	-0.54	0.53	13.22	PEHD
Tuyau p26	145.9	277.6	33.5	0.53	5.8	PEHD
Tuyau p27	270.3	79.2	-2.20	0.34	5.73	PEHD
Tuyau p28	20.56	123.4	6.11	0.6	16.19	PEHD
Tuyau p29	43.12	79.2	4.45	0.33	5.42	PEHD
Tuyau p30	64.02	79.2	3.29	0.6	9.2	PEHD
Tuyau p31	191.7	35.2	0.76	0.46	10.12	PEHD
Tuyau p32	23.89	55.4	1.42	0.31	5.71	PEHD
Tuyau p33	68.58	28.2	0.27	0.51	5.33	PEHD
Tuyau p34	98.91	35.2	0.39	0.34	4.21	PEHD
Tuyau p35	118.3	66	0.94	0.47	4.72	PEHD
Tuyau p36	298.2	123.4	-7.45	0.38	9.62	PEHD
Tuyau p37	10.55	277.6	-30.78	0.84	11.03	PEHD
Tuyau p38	187.2	277.6	-33.30	0.6	5.8	PEHD
Tuyau p39	62.48	277.6	26.42	0.41	2.92	PEHD
Tuyau p40	37.45	176.2	16.15	0.34	2.59	PEHD

Tuyau p41	102	123.4	6.58	0.32	5.15	PEHD
-----------	-----	-------	------	------	------	------

Suite du Tableau IV-6 : caractéristiques des tronçons (pointe+incendie)

N° de conduite	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)	Matériau
Tuyau p42	16.09	66	1	0.35	6.05	PEHD
Tuyau p43	78.1	35.2	0.31	0.52	9.41	PEHD
Tuyau p44	48.76	28.2	0.19	1.03	20.25	PEHD
Tuyau p45	239.8	79.2	4.16	0.83	6.17	PEHD
Tuyau p46	118.3	35.2	0.47	0.65	6.72	PEHD
Tuyau p47	87.87	66	1.95	0.5	6.47	PEHD
Tuyau p48	81.2	35.2	0.32	0.75	3.3	PEHD
Tuyau p49	32.67	66	-2.75	0.59	2.08	PEHD
Tuyau p50	22.94	35.2	0.78	0.46	10.12	PEHD
Tuyau p51	58.84	28.2	0.23	0.63	6.29	PEHD
Tuyau p52	29.23	28.2	0.11	0.38	9.62	PEHD
Tuyau p53	107.1	79.2	-4.17	1.31	16.92	PEHD
Tuyau p54	127	35.2	0.47	0.46	10.12	PEHD
Tuyau p55	122	66	0.81	1.05	11.14	PEHD
Tuyau p56	22.67	28.2	0.23	0.37	6.72	PEHD
Tuyau p57	57.94	28.2	0.13	0.42	2.97	PEHD
Tuyau p58	33.94	123.4	-7.45	0.42	2	PEHD
Tuyau p59	100.4	66	0.94	0.96	14.25	PEHD
Tuyau p60	17.23	66	1.2	0.95	29.02	PEHD
Tuyau p61	68.4	28.2	0.27	0.35	8.21	PEHD

Tuyau p62	43.38	28.2	0.17	0.5	4.1	PEHD
-----------	-------	------	------	-----	-----	------

Suite du Tableau IV-6 : caractéristiques des tronçons (pointe+incendie)

N° de conduite	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)	Matériau
Tuyau p63	239.8	123.4	-8.94	0.4	4.28	PEHD
Tuyau p64	118.3	123.4	8.91	0.42	8.52	PEHD
Tuyau p65	87.87	28.2	0.23	0.9	12.54	PEHD
Tuyau p66	58.97	79.2	-4.15	0.66	7.04	PEHD
Tuyau p67	13.08	66	1	0.39	7.42	PEHD
Tuyau p68	34	79.2	4.05	0.31	1	PEHD
Tuyau p69	21.75	66	2	0.45	2.27	PEHD
Tuyau p70	250.1	66	1.2	0.46	5.6	PEHD
Tuyau p71	38.61	79.2	4	0.37	5.15	PEHD
Tuyau p72	111	66	0.93	0.32	5.15	PEHD
Tuyau p73	237.7	66	0.95	0.68	4.82	PEHD
Tuyau p74	110.3	79.2	3.17	0.78	6.34	PEHD
Tuyau p75	125.9	35.2	0.53	0.84	13.68	PEHD
Tuyau p76	209.8	66	0.83	0.36	4.83	PEHD
Tuyau p77	217.8	66	0.87	0.52	12.75	PEHD
Tuyau p78	39.23	198.2	22.10	0.4	10.36	PEHD
Tuyau p79	225	66	0.9	1.24	15.22	PEHD
Tuyau p80	13.43	198.2	20.10	0.5	5.22	PEHD
Tuyau p81	65.43	176.2	13.16	0.54	7.51	PEHD
Tuyau p82	87.12	79.2	4.43	0.34	5.73	PEHD

Tuyau p83	22.11	55.4	1.31	0.33	5.71	PEHD
-----------	-------	------	------	------	------	------

Suite du Tableau IV-6 : caractéristiques des tronçons (pointe+incendie)

N° de conduite	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)	Matériau
Tuyau p84	38.09	79.2	2.54	1.02	15.87	PEHD
Tuyau p85	46.93	55.4	1.29	0.51	12.29	PEHD
Tuyau p86	48.97	28.2	0.19	0.66	2.6	PEHD
Tuyau p87	92.36	35.2	0.36	0.72	3.03	PEHD
Tuyau p88	20.72	66	0.84	0.89	4.57	PEHD
Tuyau p89	60.21	28.2	0.24	0.60	2.6	PEHD
Tuyau p90	60.21	28.2	0.14	1.27	4.4	PEHD
Tuyau p91	35.1	35.2	0.38	1.3	4.66	PEHD
Tuyau p92	96.12	28.2	0.23	1.14	2.7	PEHD
Tuyau p93	58.62	123.4	7.54	1.11	2.56	PEHD
Tuyau p94	148.6	79.2	3.13	1.47	24.97	PEHD
Tuyau p95	22.8	79.2	3.65	1.86	39.22	PEHD
Tuyau p96	21.75	35.2	0.48	1.6	29.41	PEHD
Tuyau p97	120.4	79.2	2.49	2.19	53.78	PEHD
Tuyau p98	30.8	35.2	0.36	0.57	1.28	PEHD
Tuyau p99	61.73	35.2	0.52	0.77	1.98	PEHD
Tuyau p100	130.4	66	0.87	0.66	1.45	PEHD
Tuyau p101	218.7	35.2	0.5	0.71	1.68	PEHD
Tuyau p102	46.3	66	1.7	0.74	1.82	PEHD
Tuyau p103	204.3	123.4	6.2	0.79	2.04	PEHD
Tuyau p104	193.5	79.2	3.3	0.82	2.24	PEHD

Tuyau p105	39.59	123.4	6.55	0.88	2.52	PEHD
------------	-------	-------	------	------	------	------

Suite du Tableau IV-6 : caractéristiques des tronçons (pointe+incendie)

N° de conduite	longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (L/s)	Vitesse (m/s)	perte de charge (m)	Matériau
Tuyau p106	52.99	79.2	3.2	0.89	2.99	PEHD
Tuyau p107	52.99	79.2	3.58	1.36	5.04	PEHD
Tuyau p108	108.2	35.2	0.43	0.44	4.04	PEHD
Tuyau p109	32.4	79.2	2.39	0.42	11.13	PEHD
Tuyau p110	94.72	35.2	0.37	0.5	11.84	PEHD
Tuyau p111	190.4	35.2	0.76	0.35	6.05	PEHD
Tuyau p112	202.5	35.2	-0.81	0.59	15.68	PEHD
Tuyau p113	112	66	1.2	0.67	20.03	PEHD
Tuyau p114	120	35.2	0.48	0.32	5.12	PEHD
Tuyau p115	14.18	79.2	2.99	0.45	9.71	PEHD
Tuyau p116	188	35.2	0.75	0.45	9.71	PEHD
Tuyau p117	180.2	35.2	0.72	0.38	3.88	PEHD
Tuyau p118	76.9	79.2	-4.02	0.38	9.62	PEHD
Tuyau p119	33	66	0.9	0.51	12.29	PEHD
Tuyau p120	13.69	79.2	-2.63	0.77	11.85	PEHD
Tuyau p121	93.02	35.2	0.37	1.2	16.73	PEHD
Tuyau p122	37	79.2	-2.67	1.99	44.58	PEHD
Tuyau p123	162.2	35.2	0.64	0.98	4.71	PEHD
Tuyau 1	80.5	312.8	-108.54	1.17	2.85	PEHD

IV-9- Interprétation des Résultats :

La simulation du réseau à travers le logiciel EPANET nous a permis de déterminer les différents diamètres susceptibles d'assurer un bon fonctionnement du réseau à l'heure de pointe, du chauffe bain et du dernier niveau considéré il faut que la pression soit supérieure à 1 bar .

Pour les vitesses, nous avons obtenu des valeurs qui se situent entre la marge de 0,3 à 1,5 m/s ($0,3 \text{ m/s} < V < 1,5 \text{ m/s}$) pendant l'heure de pointe et entre la marge de 0.3 à 2.5 m/s pendant le cas du pointe + incendie ($0,3 \text{ m/s} < V < 2,5 \text{ m/s}$) .

$V < 1,5 \text{ m/s}$ pour éviter le bruit et les dégradations des conduites.

$V > 0,3 \text{ m/s}$ pour éviter les dépôts.

IV-10- Equipement du réseau de distribution :

IV-10- 1- Type de canalisation :

Le réseau de distribution sera constitué d'un assemblage de tuyaux en PEHD PN10, les diamètres utilisés varient entre 32 mm et 450 mm.

Les conduites prévues sont en PEHD, matériau qui présente un avantage en matière de qualité.

Les conduits sont génératrices de pertes de charges.

Lorsque le conduit est rectiligne il génère des pertes de charges régulières.

Les changements de direction et les organes traverses sont générateurs de pertes de charges singulières.

IV-10- 2- Equipement d'incendie :

Pour assurer la lutte contre l'incendie il a été prévu sur l'ensemble du projet 09 poteaux d'incendie

Le réseau a été calculé suivant les normes de lutte contre l'incendie .

La bouche d'incendie doit être implantée suivant les normes de la protection civile, c'est à dire :

- Assurer une pression minimale de 1 bar.
- Doit être sur une conduite $\varnothing 90\text{mm}$.minim
- Doit couvrir un rayon de 150 mm.
- Un nombre de 09 bouches d'incendie ont été dégagés. 03 bouches localisés

IV-10- 3- Critères techniques :

Les canalisations seront en PEHD, les piquages des bâtiments sera en diamètre 32 PEHD avec un collier prise en charge et un robinet $\frac{1}{4}$ de tour DN32 avec plaque d'assise et tube à long.

La note de calcul du réseau sera vérifier avec le diamètre intérieur des conduites .

IV-10- 4- Pression :

C'est une grandeur physique qui s'exerce sur un liquide dans une conduite pour lui apporter l'énergie nécessaire qui permet de vaincre les différentes pertes de charges rencontrées dans cette conduite.

Pour le présent réseau on assurer une pression égale au moins à la hauteur du bâtiment plus 10 m c'est à dire : $P = 4n + 10$, donc on doit installer un surpresseur pour chaque bâtiment .

Conclusion :

Après avoir fait une simulation pour l'année 2049, on a constaté que le réseau de distribution de notre ville peut fonctionner normalement sans risque d'avoir des problèmes pendant le fonctionnement, notamment à l'heure de pointe où les vitesses et les pressions de services sont satisfaites.

Chapitre V

Les réservoirs

Introduction :

Lorsque les besoins horaires sont supérieurs au volume d'eau produit par la source, il est nécessaire de construire un réservoir de stockage. Le principe est de stocker l'eau sur les périodes où la demande des populations est faible, et de pouvoir fournir un débit plus important lorsque la demande augmente.

Les réservoirs sont des ouvrages dont la durée de vie est généralement assez étendue.

La conception des réservoirs doit impérativement tenir compte des deux facteurs suivants :

- la qualité de l'eau stockée.
- Faciliter les conditions d'exploitation et d'entretien.

V-1- Rôles des réservoirs :

- Rôle d'emmagasinement :

On cas le débit d'apport supérieure au débit de distribution, la cuve doit ce rempli (stockage).et dans le cas contraire la cuve ce vidé (distribution).

- Rôle d'équilibre :

Dans le cas où le réseau s'allonge, il s'apparaisse des pressions faibles aux points les plus éloignée de réservoir principal, dans ce cas on installe un réservoir d'équilibre à l'extrémité qui permet d'augmenter les pressions et les débits dans cette partie.

- Assure la continuité de distribution en cas de l'arrêt de la pompe.
- Jouer le rôle de brise charge dans le cas d'une distribution étagée.
- Réduction des dépenses d'énergie (stockage pendant la nuit et distribution gravitaire pendant la journée).
- Assurer la réserve d'incendie. [1]

V-2-Emplacement des réservoirs :

L'emplacement du réservoir tient compte du relief permettant d'obtenir des dépenses minimales des frais d'investissement et l'exploitation.

Donc, on est amené à prendre en considération les facteurs suivants

- Le point le plus bas à alimenter.
- La hauteur maximale des immeubles (bâtiment).
- Les pertes de charge à partir du réservoir jusqu'au point le plus défavorable de l'agglomération en question.
- L'état du relief de la région qui pourra favoriser la construction d'un réservoir au sol qu'aux propriétés technico-économiques suivant :

Simplicité de réalisation du coffrage.

Etanchéité plus facile à réaliser.

V-3-classification des réservoirs :

V.3.1. Classification selon le matériau de confection

D'après la nature des matériaux, nous pouvons distinguer les réservoirs :

- Métalliques ;
- En maçonnerie ;
- En béton (armé, ordinaire ou précontraint).

V.3.2. Classification selon la situation des lieux

Les réservoirs peuvent être classés selon leur position par rapport à la surface du sol nous pouvons distinguer les réservoirs :

- Enterrés ;
- Semi-enterrés ;
- Surélevés.

V.3.3. Classification selon la forme géométrique

Généralement on peut trouver dans la pratique deux formes usuelles des réservoirs :

- Circulaires ;
- Rectangulaires ;
- De forme quelconque (sphérique, conique,...).

V.3.4. Classification selon l'utilisation

Vu les différentes utilisations des réservoirs, on peut les classer en :

- réservoir principal d'accumulation et de stockage ;
- Réservoir d'équilibre (réservoir tampon) ;
- Réservoir de traitement. [3]

V-4-principe de la construction :

Les réservoirs doivent être construits en matériaux durables, L'ensemble des matériaux constituant les réservoirs ne doit ni se désagréger ni communiquer à l'eau des saveurs ou odeurs désagréables. Ils doivent être protégés contre toute pollution d'origine extérieure (pluies, poussière, infiltration des eaux souterraines) et contre les élévations importantes de la température. Ils doivent être aérés pour éviter la contamination de l'eau. Ils doivent être faciles d'accès pour le nettoyage et leur installation doit permettre de vérifier en tout le temps leur étanchéité et les fissurations probablement apparentes.

En effet des dispositions sont prises pour assurer un approvisionnement en eau potable pendant la mise hors service. [3]

V-5- choix de la forme du réservoir :

V-5- 1-Formes :

En générale, les réservoirs sont rectangulaires ou polygonaux (si l'ouvrage doit être adapté à la forme de la parcelle ou aux conditions du terrain). Ces formes permettent une construction statique sans surprises et adaptable, une exécution solide ainsi que des agrandissements ultérieurs sans difficultés majeures.

Des grands réservoirs circulaires peuvent être réalisés en béton précontraint. Dans la plupart des cas, on ne réalise pas d'économies substantielles par rapport aux réservoirs rectangulaires.

Pour notre projet on choisit des réservoirs de forme circulaire où Les avantages sont :

- une bonne stabilité et un moindre risque de fissuration.
- une capacité importante de stockage et bonne brassage.
- facilité du nettoyage et de l'entretien. [3]

V-5- 2- Hauteur d'eau :

La hauteur optimale d'eau utile est située entre 3 et 6m, cette hauteur peut atteindre 7 à 8m pour les grands ouvrages.

V-6- Equipements du réservoir :

Le réservoir unique ou compartimenté doit être équipé :

V-6-1- Conduite d'adduction :

L'arrivée de la conduite d'adduction du réservoir peut être placée soit au fond de celui-ci, soit à la partie supérieure, d'où oxygénation de l'eau (figure V-1).

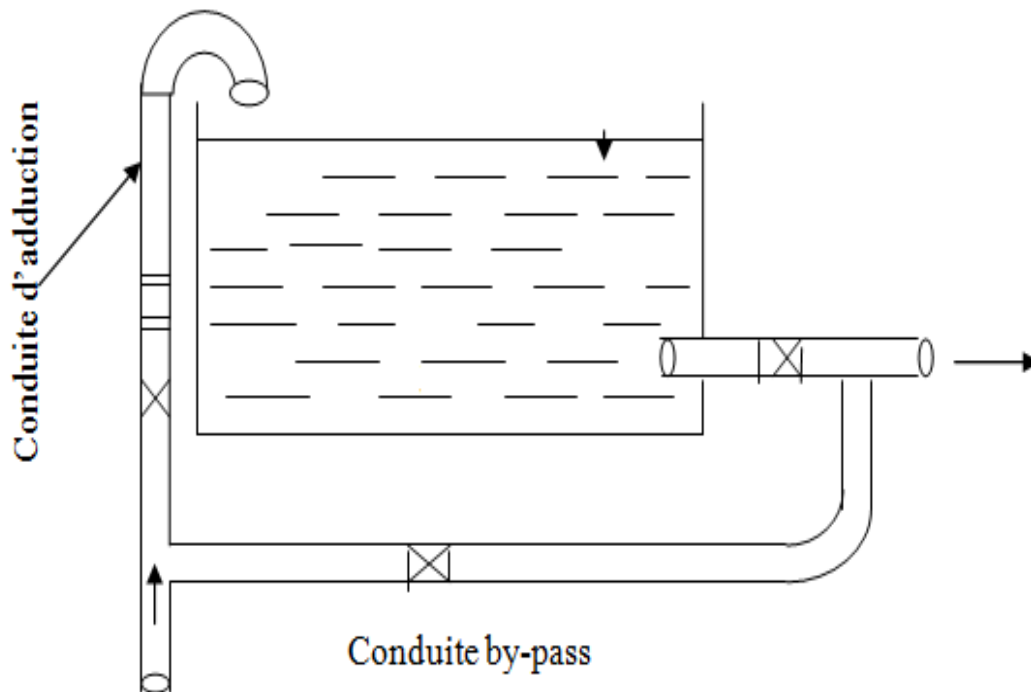


Figure V-1 : conduite d'adduction

A son débouche dans le réservoir, la conduite s'obture quand l'eau atteint son niveau maximum.

L'obturation est assurée par un robinet flotteur si l'adduction est gravitaire, par un dispositif permettant l'arrêt du moteur si l'adduction s'effectue par refoulement.

V-6-2- Conduite de distribution :

Le départ de la conduite de distribution s'effectue à 0.20 m au dessus du radier afin d'éviter l'introduction des matières et sables décantés dans la cuve (Figure V-2).

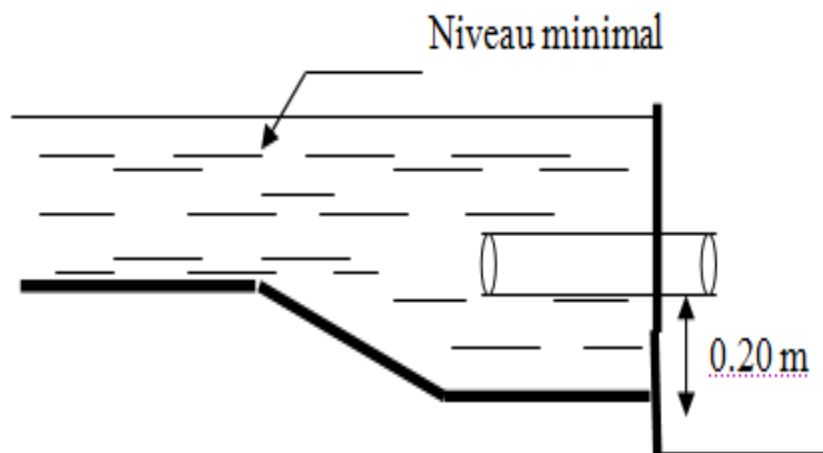


Figure V-2 : conduite de distribution

V-6-3- Conduite du trop-plein :

La conduite du trop-plein est destinée à empêcher l'eau de dépasser le niveau maximal, elle se termine par un système simple bout à emboîtement.

L'extrémité de cette conduite doit être en forme de siphon afin d'éviter l'introduction de certains corps nocifs dans la cuve.

V-6-4- Conduite de vidange :

La conduite de vidange se trouve au point le plus bas du réservoir, elle permet la vidange du réservoir, à cet effet, le radier du réservoir est réglé en pente vers son origine. Elle est raccordée à la conduite de trop-plein et comporte un robinet-vanne (Figure V-3)

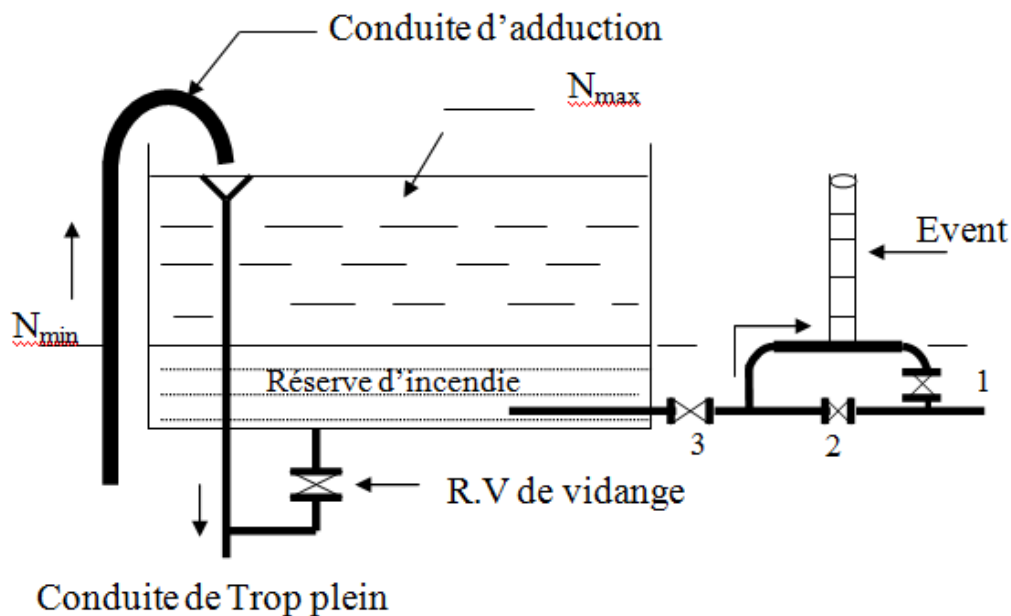


Figure V-3 : Matérialisation de la réserve d'incendie

V-6-5- Conduite BY-PASS :

Elle relie la conduite d'adduction à celle de distribution (figure V-1).

Elle assure la distribution pendant le nettoyage du réservoir son fonctionnement est le suivant :

Normale 1 et 2 sont ouverts le 3 est fermé,

En BY-PASS : 1 et 2 sont fermés le 3 est ouvert.

V-6-6- Matérialisation de la réserve d'incendie :

Pour conserver sûrement un réserve permettant de lutter contre l'incendie, il faut en interdire son utilisation, pour cela la figure (N°V-3) présentée un système en siphon :

- (En temps normale 1 est fermé 2 est ouvert, en cas de sinistre il suffit d'ouvrir le 1), la réserve dans ce cas de sinistre une zone d'eau morte ' qui peut avec le temps, donner une odeur désagréable à l'eau du réservoir.

Lèvent d'un siphon interdit l'utilisation du au dessous du niveau N-N tant que la vanne 2 est fermée (vanne d'incendie)

Son fonctionnement est le suivant :

Normal : 3 et 1 ouverts, le 2 est fermé.

Incendie : il suffit d'ouvrir 1 et 2.

V-7-Détermination de la capacité des réservoirs: [1]

Pour satisfaire au rôle qu'ils doivent jouer, le réservoir doit avoir une capacité suffisante .Cette dernière doit être estimée en tenant compte des variations des débits à l'entrée comme à la sortie.

C'est-à-dire d'une part du mode d'exploitation des ouvrages situé en amont et, d'autre part de la variation de la demande. Le plus souvent, la capacité est calculée pour satisfaire aux variations journalières de débit de consommation en tenant compte du jour de la plus forte consommation et de la réserve d'eau destinée à l'incendie. [1]

V-7-1-Principe du calcul : [1]

Pour estimer la capacité d'un réservoir, nous devons procéder :

-Soit à la méthode graphique : qui tient compte de la courbe de La consommation totale déduite à partir des coefficients de la variation horaire de la consommation et la courbe d'apport du débit alimenté pendant 24 h .

V-7-1-1-La méthode analytique

La méthode analytique consiste à calculer, pour chaque heure de la journée, le résidu dans le réservoir. Le volume de régulation sera :

$$V_r = \frac{a * Q_{\max,j}}{100} \quad (\text{m}^3)$$

V_r : capacité résiduelle (m^3),

a: fraction horaire du débit maximum journalier (%).

Q_{\max} :La consommation maximale journalière (m^3/j).

Le volume total détermine en ajoutant le volume d'incendie au volume de régulation :

$$V_T = V_r + V_{\text{inc}}$$

V_T : capacité totale du réservoir (m^3).

V_{inc} : volume d'incendie estimé à $120 m^3$.

V-7-1-2-Méthode graphique

Cette méthode est basée sur le traçage des courbes de la consommation maximale journalière et celle caractérisant l'alimentation gravitaire par le réservoir pendant 24 h ; en additionnant en valeur absolue les écarts de deux extremums de la courbe de consommation par rapport à celle d'apport, on obtiendra le résidu maximal journalier.

Donc :

$$a = \frac{|V^+| + |V^-|}{|V^+| + |V^-|} \quad (\%)$$

Le volume de régulation V_r est calculé selon la formule suivante :

$$V_r = \frac{Q_{\max.j} * a}{100} \quad (m^3)$$

Dont le volume total sera : $V_t = V_r + V_{inc}$.

En utilisant la méthode analytique, on calcul la capacité de réservoir d'alimentation de tête des réseau de distribution de la nouvelle ville de Bouinan.

* pour notre cas les pompes travaillent 20 heures de 04h h à 24h

Tableau V -1 : calcul de la capacité du réservoir d'alimentation :

heures	consommation d'eau en %	Refoulement d'eau en %	Arrivée d'eau au réservoir	Départ d'eau du réservoir	Reste dans le réservoir
0-1	1.5	0		-1.5	0.5
1-2	1.5	0		-1.5	-1
2-3	1.5	0		-1.5	-2.5
3-4	1.5	0		-1.5	-4
4-5	2.5	5	2.5		-1.5
5-6	3.5	5	1.5		0
6-7	4.5	5	0.5		0.5
7-8	5.5	5		-0.5	0
8-9	6.25	5		-1.25	-1.25
9-10	6.25	5		-1.25	-2.5
10-11	6.25	5		-1.25	-3.75
11-12	6.25	5		-1.25	-5
12-13	5	5	0		-5
13-14	5	5	0		-5
14-15	5.5	5		-0.5	-5.5
15-16	6	5		-1	-6.5
16-17	6	5		-1	-7.5
17-18	5.5	5		-0.5	-8
18-19	5	5	0		-8
19-20	4.5	5	0.5		-7.5
20-21	4	5	1		-6.5
21-22	3	5	2		-4.5
22-23	2	5	3		-1.5
23-24	1.5	5	3.5		2

Le volume résiduel est égal à :

$$V_r = \frac{|-8| + |2| * 5272.98}{100} = 527.29 \text{ m}^3$$

La capacité totale du réservoir sera :

$$V_t = V_r + V_{inc}$$

$$V_t = 527.29 + 120 = 647.29 \text{ m}^3$$

Donc on projette un réservoir de **1000 m³** .

V-8-Dimensions des réservoirs:

V-8-1-Calcul du diamètre du réservoir :

H = 3 à 6m , on prend H = 4m

$$V = S * H \Rightarrow S_1 = \frac{V}{H} \Rightarrow S_1 = \frac{1000}{4} = 250 \text{ m}^2$$

Alors: **S = 250 m²**

$$S = \frac{\pi * D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}}$$

$$\Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 * 250}{\pi}} = 17.85 \text{ m}$$

On prend : **D = 18 m**

V-8-2-Hauteur de la réserve d'incendie :

$$H = \frac{V_{inc}}{S} = \frac{120}{250} = 0.48 \text{ m}$$

H = 0.5 m

Conclusion :

Après l'étude profonde de ce chapitre nous avons conclu que l'alimentation de la nouvelle ville de Bouinan s'effectuera par l'implantation d'un réservoir de capacité totale de **1000 m³**.

Chapitre VI Accessoires et Pose de canalisation

INTRODUCTION :

Les canalisations sont généralement posées en tranchée, à l'exception de certain cas où elles sont posées sur le sol à condition qu'elles soient rigoureusement entretenues et protégées.

Dans notre projet, nous avons procédé à l'étude d'une adduction. Cependant pour compléter cette dernière, nous ne devons pas négliger les accessoires utilisés sur nos conduites.

VI -I : Pose de canalisation :**VI -I-1 : Principe de pose des canalisations :**

Le principe de pose de la canalisation est pratiquement le même pour toutes les conduites. Par contre le mode de pose varie d'un terrain à l'autre, ceci dans le but de diminuer l'effet des différentes contraintes agissant sur la canalisation. En principe pour permettre un écoulement naturel des eaux d'infiltration, la pose de canalisation s'effectue à partir des points hauts. Si la canalisation est posée en tranchée, celle-ci doit être suffisamment large (minimum 70 cm), de façon à permettre l'accès aux ouvriers pour effectuer le travail. Au niveau des joints, la tranchée devra présenter un élargissement plus important.

L'épaisseur du remblai au dessus de la génératrice supérieure de la conduite est variable suivant les régions du fait du gel. En général, elle est de 1 m. Une conduite doit être toujours posée avec une légère pente afin de créer des points bas pour la vidange, et des points hauts pour l'évacuation de l'air entraîné soit lors du remplissage de la conduite soit pendant le fonctionnement. On adopte en conséquence un tracé en dents de scie avec des pentes de quelques millimètres par mètre et des changements de pente tous les 200 à 400 m.

Les canalisations doivent être éloignées lors de la pose de tout élément dur d'environ 10 m, de 30 cm des câbles électriques et de 60 cm des canalisations de gaz.

VI -I-2 : Pose de canalisation dans un terrain ordinaire :

La canalisation est posée dans une tranchée ayant une largeur minimale de 60 cm. Le fond de la tranchée est recouvert d'un lit de sable d'une épaisseur de 15 à 20 cm convenablement nivelé. Avant la mise en fouille, on procède à un triage de conduite de façon à écarter celle qui a subi des chocs, des fissures, ..., après cela on pratique la descente en lit soit manuellement soit mécaniquement d'une façon lente. Dans le cas d'un soudage de joints, cette opération doit être faite de préférence en fond de tranchée en calant la canalisation soit avec des butés de terre soit avec des tronçons de madriers en bois disposés dans le sens de la longueur de la tranchée.

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints doit toujours avoir lieu avec remblaiement. L'essai consiste au remplissage de la conduite par l'eau sous une

pression de 1,5 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite en cours de fonctionnement Cette épreuve doit durée 30 min environ, la variation de niveau ne doit pas excéder 0,2 Bars.

Le remblaiement doit être fait par couche de 20 à 30 cm exempt de pierre et bien pilonné et sera par la suite achevé avec des engins.

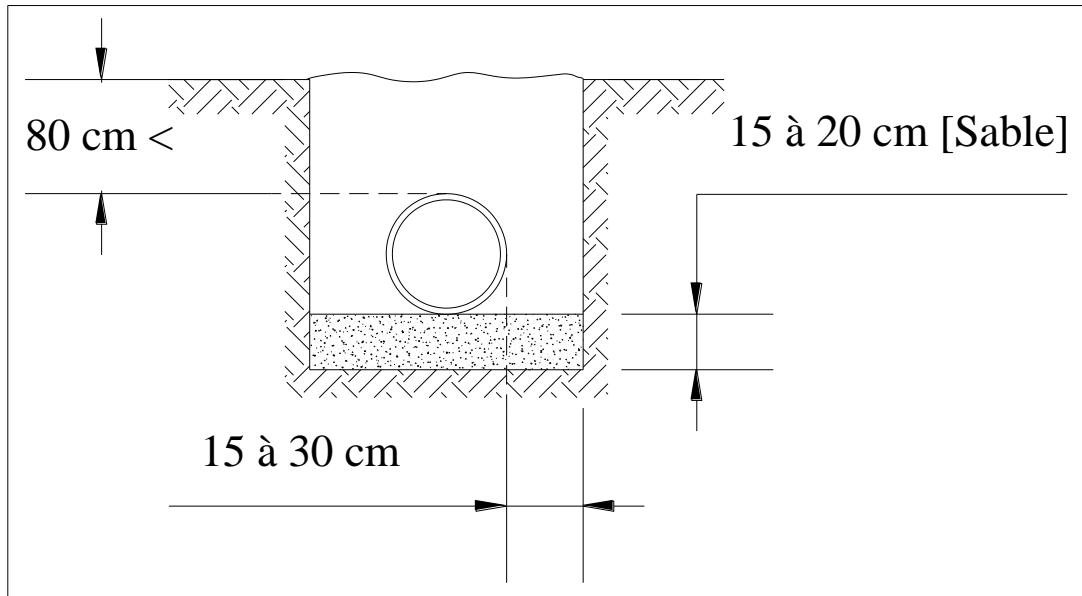


Fig. VI -01 : Pose de conduite dans un terrain ordinaire.

VI -I-3 : Pose de canalisation dans un mauvais terrain :

Si le terrain est de mauvaise qualité on peut envisager quelques solutions :

1/ Cas d'un terrain peu consistant :

Pour éviter tout mouvement de la canalisation, celle-ci doit être posée sur une semelle, en béton armé. La semelle peut être continue ou non en fonction de la nature du sol.

2/ Cas d'un terrain mouillé :

Il est convenu dans la tranchée un moyen pour le drainage (conduite par exemple) couvert d'un lit de gravier de gros diamètre par la suite un lit en béton sur lequel repose la canalisation.

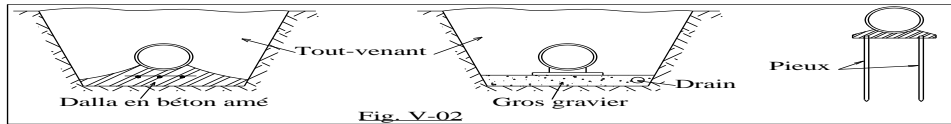


Fig. VI -02 : Pose de conduite dans mauvais terrain.

VI -I-4 : Pose de canalisation en galerie :

Dans certains cas le tracé de la canalisation peut rencontrer des obstacles qui nous obligent à placer la conduite dans une galerie.

Les conduites de diamètre important (sauf aqueducs) doivent être placées sur des madriers (bois de chêne) et calées de part et d'autre pour éviter leur mouvement.

Les canalisations de petit diamètre peuvent être placées dans un fourreau de diamètre supérieure et reposant sur des tasseaux en béton. Les robinets vannes sont placés des deux côtés de la route.

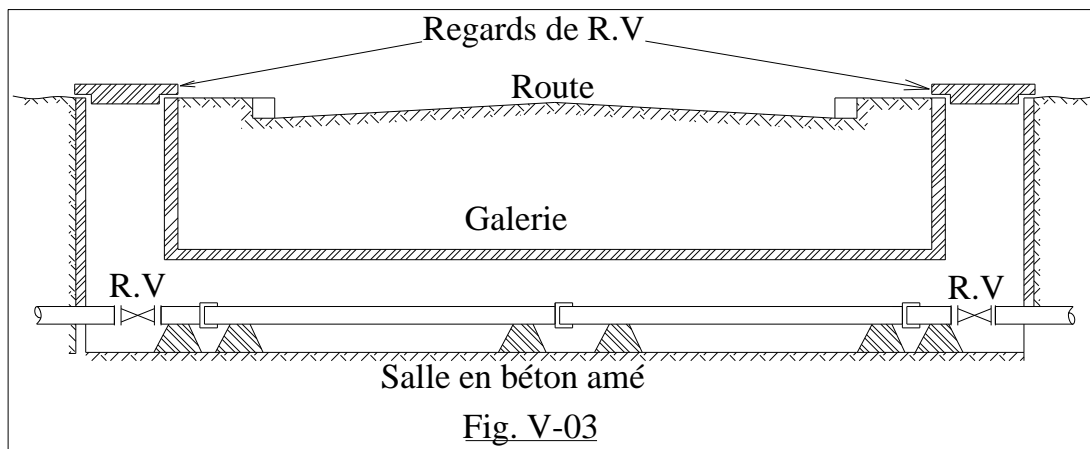


Fig. VI -03 : Pose de canalisation en galerie.

VI -I-5 : Traversée d'une rivière :

La pose de canalisation à la traversée d'une rivière demande certains travaux confortatifs en fonction de l'état de la traversée et de l'importance de l'adduction. L'existence d'un pont-route servira également de support pour la canalisation, ou celle-ci sera accrochée au tablier. Dans la cas où le pont-route n'existe pas la canalisation pourra suivre le lit de rivière,

posée sur des ouvrages spéciaux (Tasseaux par exemple) et couverte de tout-venant pour être protégée contre les chocs (Dus à la navigation par exemple).

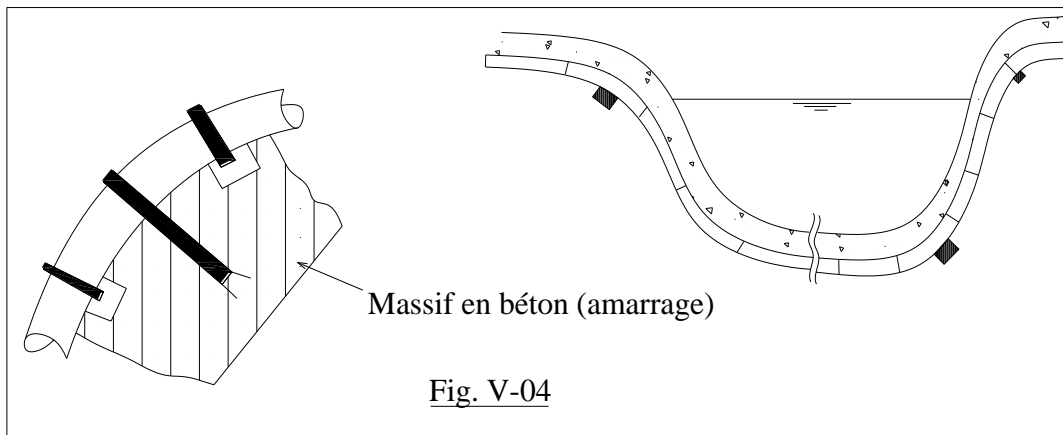


Figure VI.4 : Traversée d'une rivière

VI -II : Accessoires :

Sur une canalisation, différents organes et accessoires sont installés pour :

- Assurer un bon écoulement.
- Régulariser les pressions et mesurer les débits.
- Protéger les canalisations.

VI -II-1 : Les robinets vannes :

Ce sont des appareils de sectionnement utilisés pour le cas de manœuvres lentes pour les gros diamètres. L'obturation est obtenue pour une rotation de 90° de la partie tronconique.

On distingue plusieurs types de robinet vanne :

A/- Robinet vanne à coin :

Les vannes à coin sont des organes d'arrêt pour les conduites. Elles ne peuvent être employées comme organe de régulation. L'arrêt est fait par un obturateur en forme de coin.

Les vannes à coin se divisent, conformément aux paliers de pression et à la forme du corps, en :

1-Vanne à cage méplate : [Elles sont en fonte avec tige filetée. Elles sont utilisées :

- Pour eau jusqu'à 40°C.
- Pour vapeur jusqu'à 150°C.
- Pour air jusqu'à 150°C.
- Pour huile jusqu'à 150°C.

Leurs caractéristiques sont représentées sur le tableau N° V-01

Tableau N° VI -01 : Caractéristiques de la vanne à cage méplate :

DN [mm]	PN [Bars]	Raccord	Type
40-80	6	à bride PN 10	2300
100-300	4		
350-600	2,5		

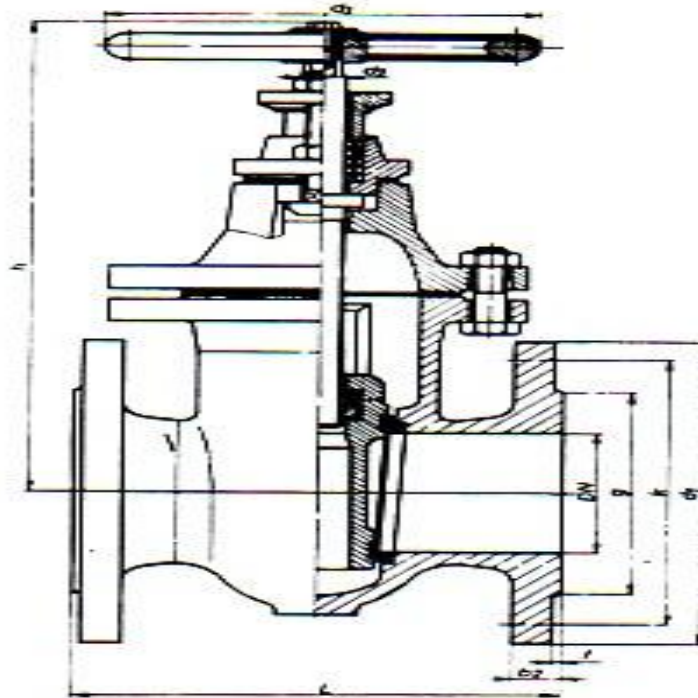


Fig. N° VI -05 : Robinet vanne à cage méplate.

2- Vanne à cage ovale :

Elles sont en fonte avec tige filetée intérieure. Elles sont utilisées :

- Pour eau jusqu'à 40°C.
- Pour vapeur jusqu'à 150°C.
- Pour air jusqu'à 150°C.

Les caractéristiques de cette vanne sont représentées dans le tableau N° V-02:

Tableau N° VI -02 : Caractéristiques de la vanne à cage ovale :

DN [mm]	PN [Bars]	Raccord	Type
40-65	16	à bride PN 10	2100
80-600	10		

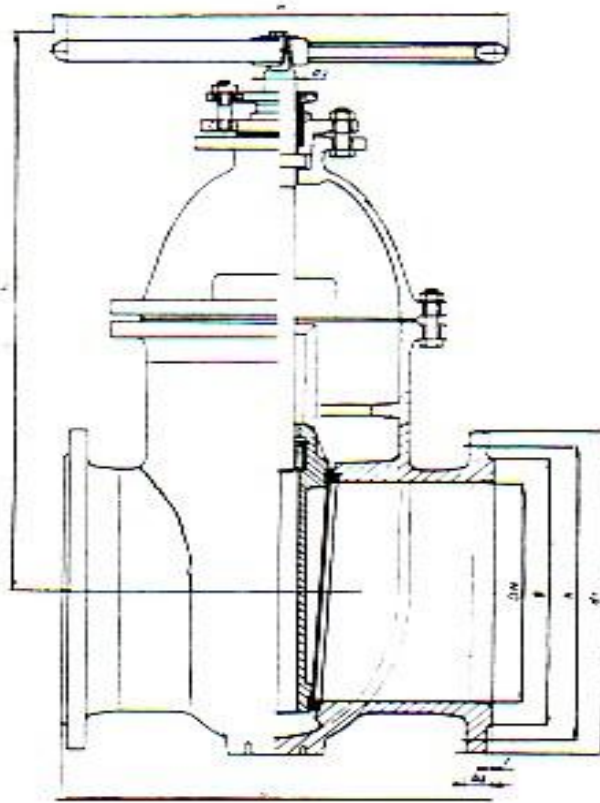


Fig. N° VI -06 : Robinet vanne à cage ovale.

3-Vanne à cage ronde :

Elles sont en fonte avec tige filetée intérieure. Elles sont utilisées

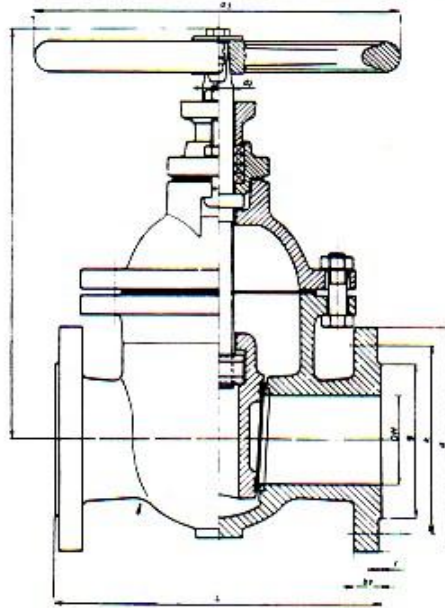
- Pour eau jusqu'à 40°C.
- Pour eau jusqu'à 150°C.

Elles existe encore en PN 25, pour eau à 40°C : DN80-100-150.

Les caractéristiques de cette vanne sont représentées sur le tableau VI 03 :

Tableau N° VI 03 : Caractéristiques de la vanne à cage ronde :

DN [mm]	PN [Bars]	Raccord	Type
80-300	16	à bride PN 16	2580-1
350-400			
400-450			
500-600			

**Fig. VI -07 :** Robinet vanne à cage ronde [PN16-25].**B/- Robinet vanne à opercule métallique :**

Les robinets vannes à opercule métallique sont conçus pour l'équipement des :

- Réseaux d'adduction et de distribution d'eau.
- Réseaux d'irrigation.
- Réseaux de protection incendie.
- Centrales thermiques.

Les caractéristiques de cette vanne sont représentées sur le tableau VI -04 :

Tableau N° VI -04 : Caractéristiques de la vanne à opercule métallique :

DN [mm]	PN [Bars]	Raccord	Type
40	16	à bride PN 16	/
50			
65			

Les robinets d'arrêt ou de pise sont utilisés dans le réseau au niveau des branchements.

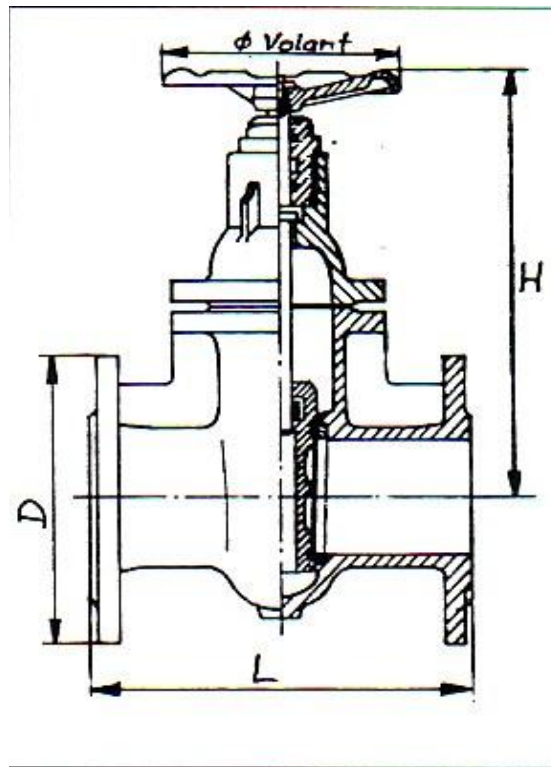


Fig N° VI -08 : Robinet vanne à opercule

C/ Les vannes papillons :

Ce sont des vannes à survitesses utilisées surtout au niveau des réservoirs d'eau (sortie de la conduite), c'est une vanne se fermant sous la pression de l'eau, à ne pas utiliser à l'aval d'une conduite. Elle occasionne une faible perte de charge.

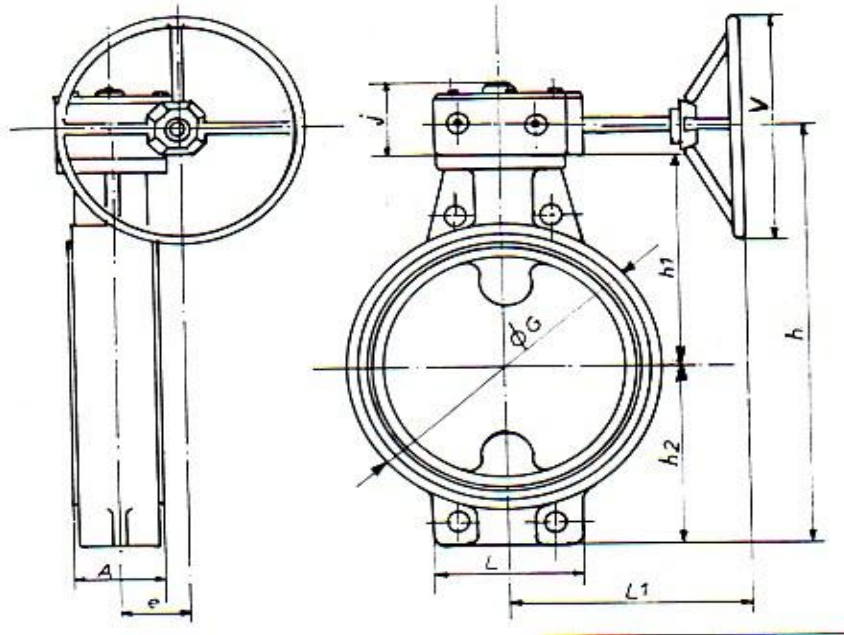


Fig. N° VI -09 : Vanne papillon.

VI -II-2 : Les ventouses :

On trouve sur le marché deux types de ventouses :

2-1 : Ventouse simple : elle assure le dégazage des conduites à haute pression.

2-2 : Ventouse à deux orifices : elle est formée d'une enceinte en communication avec la conduite, dans laquelle un flotteur vient obturer l'orifice calibré. Le flotteur est cylindrique ou sphérique. Il peut être couvert d'une enveloppe en caoutchouc. Les appareils se placent au niveau des points hauts des conduites ou se rassemble l'air, soit au moment de remplissage soit en cours de fonctionnement. C'est également en ces points qu'il faut faire une admission de l'air lors des vidanges.

Le choix de l'appareil dépend du mode de remplissage choisi, généralement on admet un remplissage à débit réduit avoisinant 1/10 du débit nominal. La vitesse de l'eau est alors faible ce qui entraîne une surpression faible au niveau de la ventouse.

On distingue :

Les ventouses manuelles qui sont constituées d'une prise verticale montée sur le génératrice supérieure d'un tuyau et d'un robinet à commande manuelle ; et les ventouses automatiques comportant un flotteur sphérique logé dans un corps en fonte mis à la pression atmosphérique par un orifice placé à la partie supérieure du couvercle.

En fonctionnement normal, la ventouse est pleine d'eau, le flotteur est plaqué sur l'orifice ce qui rend le dispositif étanche. Lorsqu'une poche d'air se produit, le niveau baisse dans le corps de l'appareil, le flotteur descend et libère l'orifice par lequel l'air peut s'échapper.

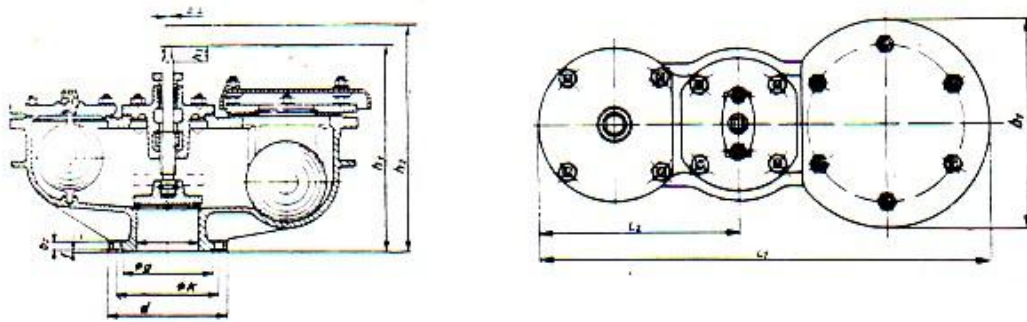


Fig. N° VI -10 : Ventouse à deux flotteu

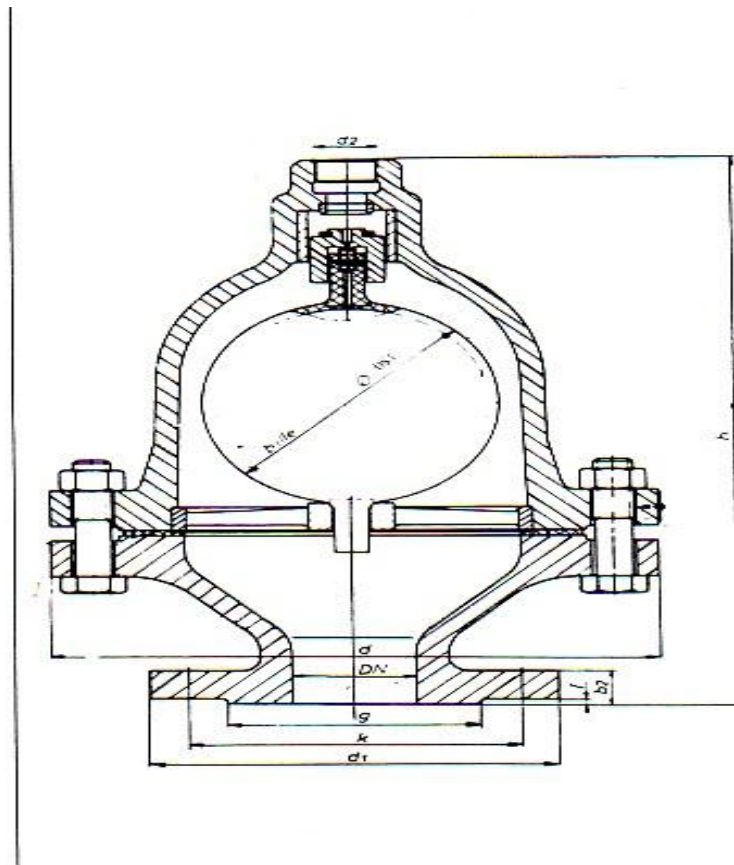


Fig. N° VI-11 : Ventouse à un seul flotteur.

VI-II.3 Clapets anti retour

Le clapet anti retour est, en apparence, un appareil simple. Schématiquement, il fonctionne comme une porte. C'est un accessoire permettant l'écoulement du liquide dans un seul sens.

Dans la réalité, le clapet doit s'adapter à de nombreux fluides, à des installations très variées présentant à chaque fois des contraintes mécaniques, hydrauliques, physiques ou chimiques différentes. [5]

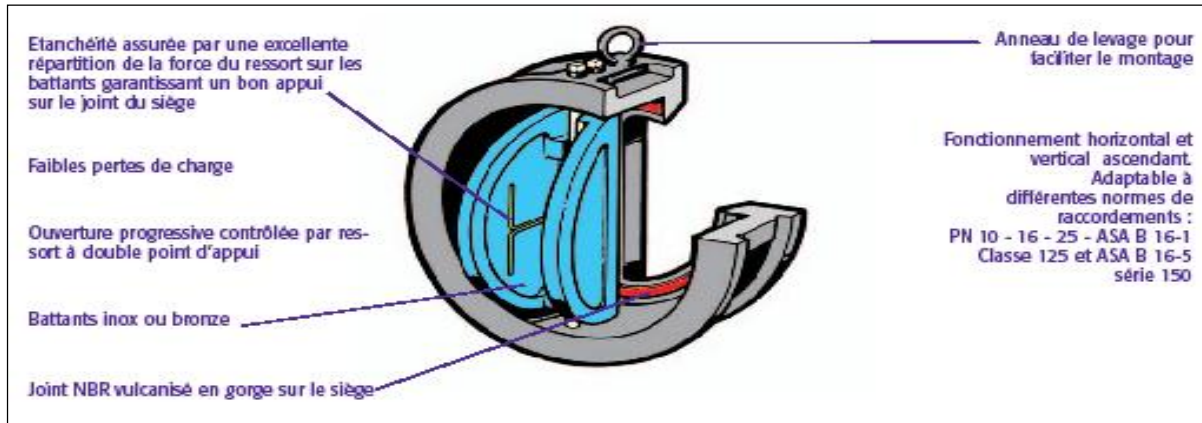


Figure VI-12 : Clapet à double battant (D'après document Danfoss Socla)

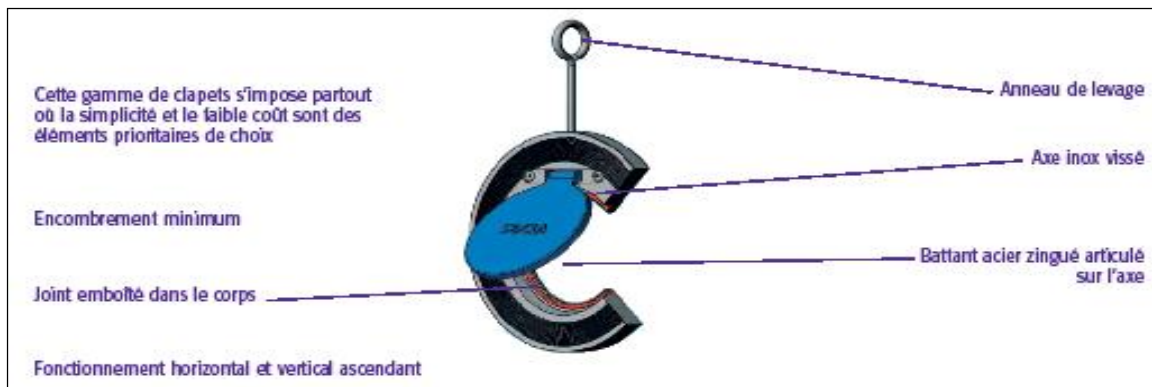


Figure VI-13: Clapet à simple battant (D'après document Danfoss Socla)

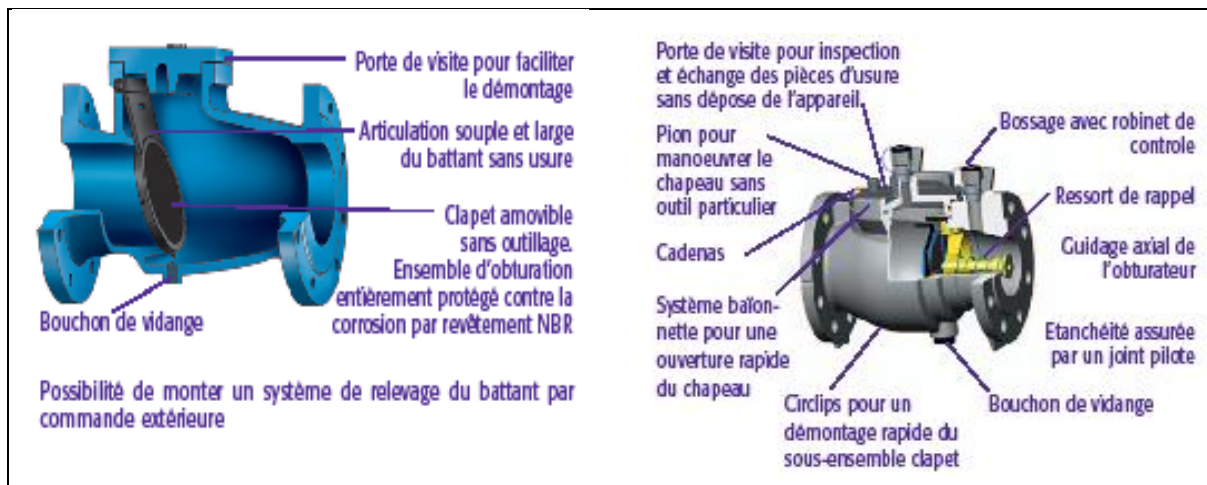


Figure VI-14: Clapet à simple battant (à brides) (D'après document Danfoss Socla)

Remarque :

Dans notre cas, on prévoit l'installation d'un clapet anti retour à la sortie de chaque pompe.

VI-II.4. Vannes de décharge

C'est un robinet disposé au point bas du tracé en vue de la vidange de la conduite. La vidange se fait soit dans un égout (cas d'un réseau urbain), soit dans un fossé ou en plein air (cas d'une conduite compagne). Ce robinet sera posé dans un regard en maçonnerie facilement accessible. [5]

VI-II.5. Moyens anti-bélier

Ils existent différents moyens de protection des installations contre le coup de bélier :

a) Cheminée d'équilibre : elle protège les installations aussi bien contre les surpressions que contre les dépressions, elle ne peut l'établir économiquement que si la hauteur géométrique est faible. A cause de son encombrement, elle est déconseillée en AEP.

b) Volant d'inertie : couplé au moteur, il constitue un moyen permettant d'allonger le temps d'arrêt du moteur et cela protège les installations contre les dépressions.

c) Soupape de décharge : Elle ne lutte que contre les surpressions, elle est munie d'un ressort qui avec le temps devient raide et n'accomplit pas son rôle. La protection des installations contre les surpressions est accompagnée de perte d'eau par éjection en cas de gonflement.

d) Réservoirs d'air : il protège les installations aussi bien contre les surpressions que contre les dépressions, il est le meilleur remède contre le coup de bélier. [5]

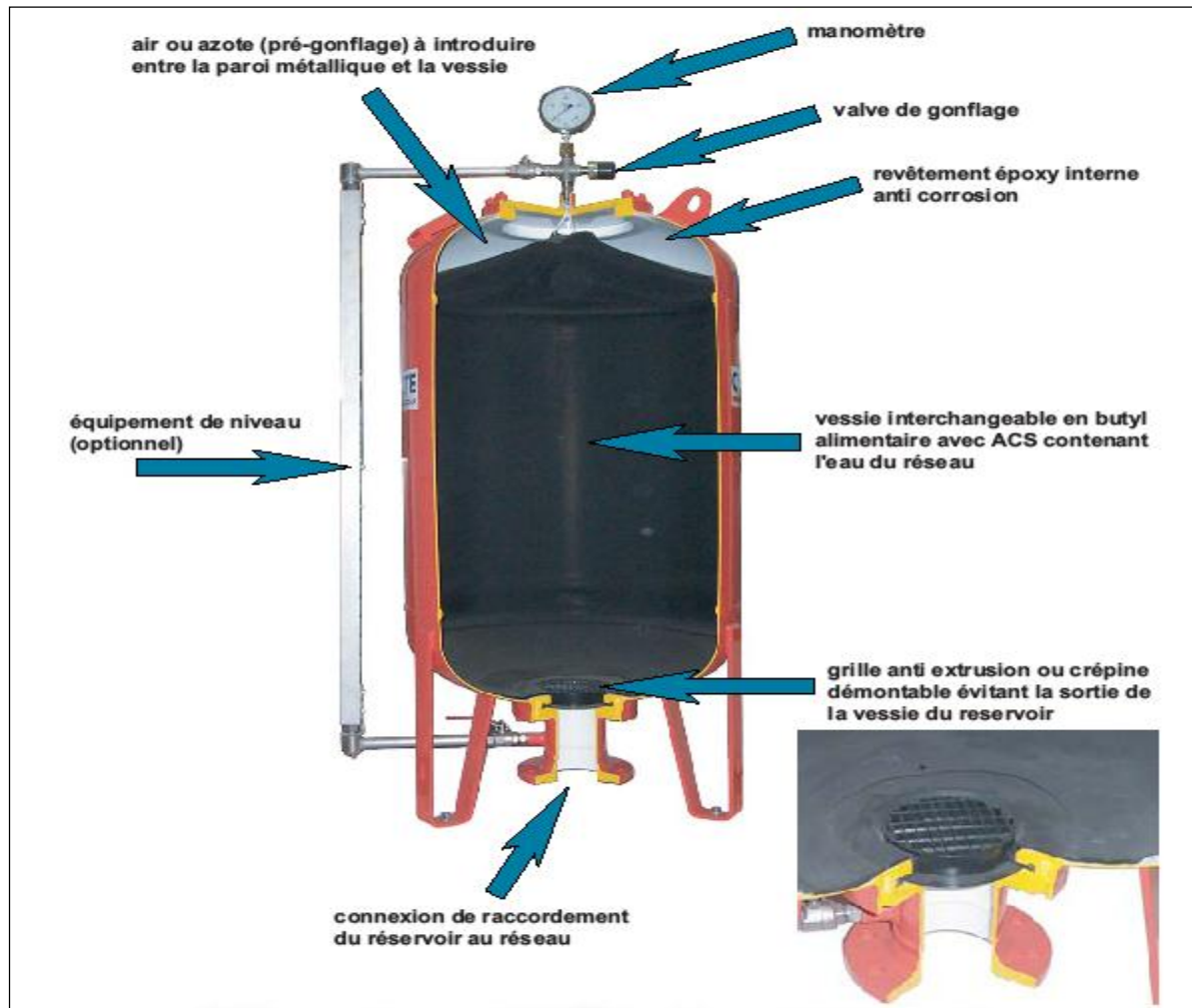


Figure VI.15 Réservoir anti bélier à vessie butyle (d'après document CHARLATTE)

VI-II.6. By-pass

Le by pass est utilisé pour :

- ✓ Faciliter la manœuvre de la vanne à fermeture lente ;
- ✓ Remplir à débit réduit, la conduite avant sa mise en service ;
- ✓ Relier la conduite d'arrivée à la conduite de départ du réservoir.

Dans notre cas, les by pass sont placés parallèlement aux vannes de sectionnement se trouvant le long de la conduite gravitaire et de refoulement pour remplir les deux premiers rôles, et à l'intérieur de chambre de vannes pour remplir le troisième rôle. [4]

VI-II.7. Poteaux d'incendie

Les poteaux d'incendie sont plus nombreux et rapprochés lorsque les débits d'incendie sont plus élevés. Les poteaux d'incendie doivent comporter au moins deux prises latérales de 65mm de diamètre auxquelles on ajoute une prise frontale de 100 mm si le débit d'incendie dépasse 500 l/min ou si la pression de l'eau est faible.

Dans notre cas, on prévoit l'installation de deux poteaux d'incendie au niveau de chaque station de pompage. [5]

VI-II.8. Crépines

La crépine évite l'entrée accidentelle de corps solides dans la pompe, elle est constituée par un cylindre perforé qui refuse le passage à des objets.

Il est à noter qu'une crépine doit toujours être entièrement immergée pour éviter les rentrées d'air (une marge suffisante doit être prévue pour le vortex) et éloignée d'environ 0,5 m du fond du puisard. [5]

Remarque :

Dans notre cas, les crépines seront installées sur la conduite de départ (collecteur d'aspiration) à l'intérieur des réservoirs.

VI-II.9. Déversoirs de trop plein

Dans certains cas lorsque le débit d'apport est important, on a intérêt à transformer l'extrémité supérieur de la conduite de trop plein en forme d'entonnoir dimensionné.

VI-II.10. Joints de raccordement

Les longueurs de tuyaux sont assemblées par des joints non verrouillés, verrouillés ou à brides. Les joints verrouillés permettent une auto-butée des canalisations, évitant des massifs en béton lourds, encombrants et longs à réaliser. Les joints les plus couramment utilisés sont:

- ✓ le joint express (verrouillé ou non) ;
- ✓ le joint standard (verrouillé ou non) ;
- ✓ les joints automatiques verrouillés ;
- ✓ le joint à brides (fixe ou orientable).

Les joints modernes sont verrouillés grâce à des bagues de joint en élastomère comportant des inserts métalliques. De même, le joint proprement dit, qui se place entre les brides, est actuellement en élastomère garni d'inserts métalliques pour éviter le fluage à la compression lors du serrage. [5]

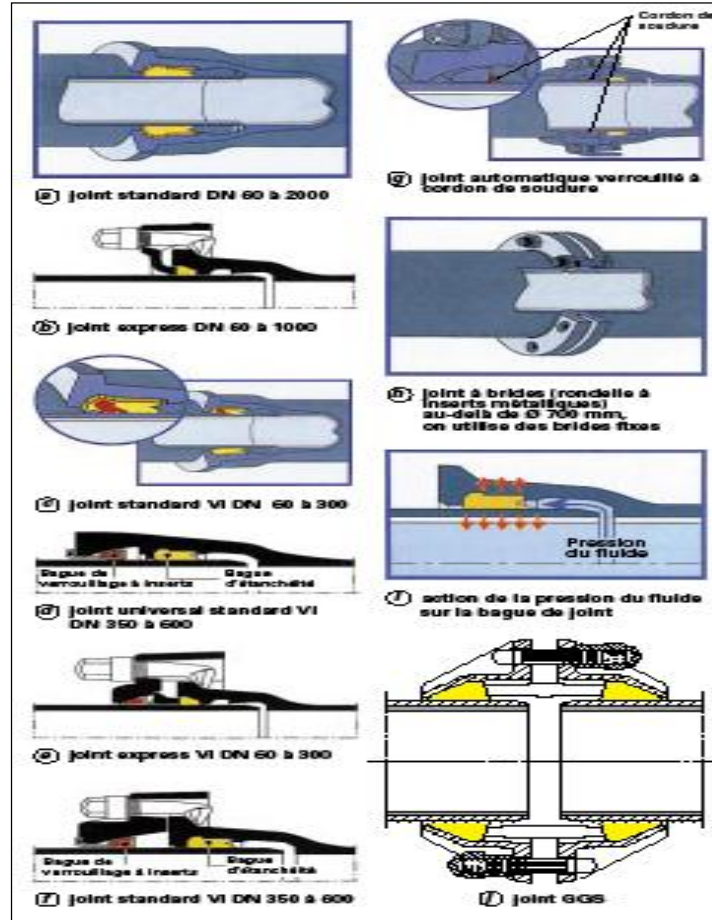


Figure VI-16: joints pour canalisations en fonte



Figure VI-17 : Déviation angulaire

VI-II.11. Organes de mesure

a) Mesure de débit

Les appareils les plus utilisés au niveau des installations sont :

- Le diaphragme ;
- Le venturi ;
- La tuyère.

On crée une contraction de la section d'écoulement. Cette contraction entraîne une augmentation de la vitesse d'écoulement au droit de l'appareil se traduisant par une diminution de la pression. La mesure s'effectue avec un capteur de pression différentielle.

[5]

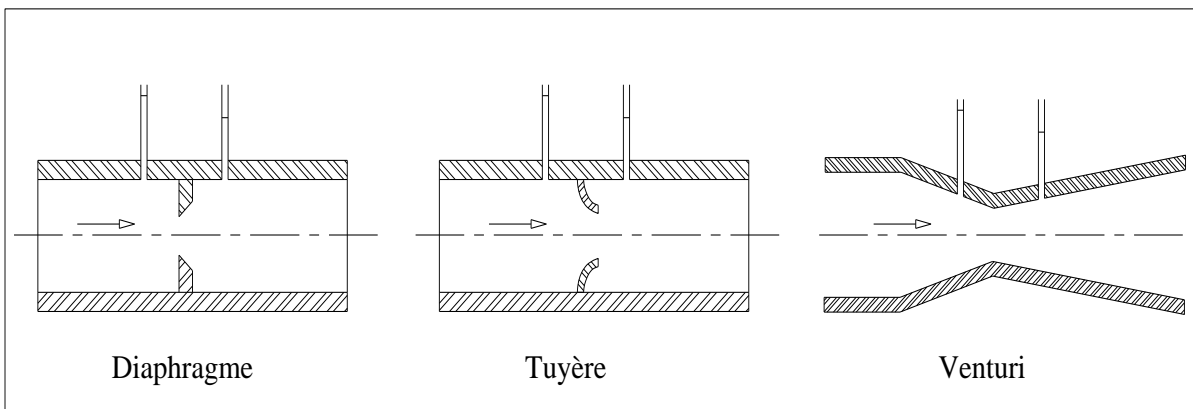


Figure VI-18: Débitmètres déprimogènes

b) Mesure de pression

Les appareils les plus utilisés sont :

➤ *manomètres à aiguilles*

Dans les manomètres à aiguille, le mouvement est transmis à l'aiguille soit par un secteur denté soit par un levier soit par une membrane. L'avantage de cette transmission est la facilité d'étalonnage et son inconvénient réside dans usure rapide de la denture surtout si le manomètre subit des vibrations.

➤ *manomètres à soufflet*

Ce sont des manomètres dont l'organe actif est un élément élastique en forme de soufflet. Sous l'effet de la pression, le soufflet se déforme dans la direction axiale. Les manomètres à soufflet présentent l'avantage d'éliminer le danger de gel et leur inconvénient réside dans leur sensibilité aux vibrations et au sur chauffage.



Figure VI-19 : Manomètre (d'après document BAMO)

Remarque :

Dans notre cas, où l'installation est immergée, on prévoit un manomètre à la sortie de la pompe.

VI- II.12. Organes de raccordement

Les organes de raccordement sont nécessaires pour :

- ✓ La déviation d'une partie d'écoulement ;
- ✓ L'introduction dans la conduite d'un débit supplémentaire ou son soutirage ;
- ✓ Le changement de diamètre de la conduite ;
- ✓ Le montage et le démontage des accessoires ;
- ✓ Le changement de direction de la conduite. [5]

a) Coudes

Les coudes sont des accessoires utiles surtout pour les réseaux maillé et ramifié, lorsque la conduite change de direction. Généralement, les coudes sont maintenus par des massifs de butées, convenablement dimensionnés.

On y distingue des coudes à deux emboîtements ou bien à emboîtements et à bout lisse ; les deux types de coude se présentent avec un angle α de : $\frac{1}{4}$ (90°), $\frac{1}{8}$ (45°), $\frac{1}{16}$ ($22^\circ 30'$), $\frac{1}{32}$ ($11^\circ 15'$).

b) Cônes

Les cônes sont utilisés pour relier deux conduites de diamètres différents comme on les rencontre aussi à l'entrée et à la sortie des pompes. On distingue :

- ✓ Les cônes à deux emboîtements ;
- ✓ Les cônes à deux brides ;
- ✓ Les cônes à emboîtement et bride.

c) Tés

Les tés sont utilisés dans le but de soutirer un débit d'une canalisation ou d'ajouter un débit complémentaire. Ils sont rencontrés au niveau des réseaux maillés, ramifiés et des canalisations d'adduction en cas de piquage.

Les tés se présentent soit à trois emboîtements, soit à deux emboîtements et brides.

d) Joints de démontage

En pratique, on rencontre des manchons à bouts lisses des deux extrémités, à deux emboîtements, à emboîtement et bout lisse, à deux brides, à bride et bout lisse, à emboîtement et bride, on les rencontre surtout au niveau des montages des appareils accessoires (vannes, clapet...) et au niveau de certains joints.

Conclusion

Après avoir étudié soigneusement la zone d'étude, et vu la nature du terrain ordinaire, nous optons pour une pose de canalisation classique, étant donné que nous avons un réseau des diamètres variables et petite, la largeur et la profondeur de la tranchée seront variables le long du tracé.

Afin d'assurer un bon fonctionnement du réseau, les accessoires doivent être installés soigneusement, pour cela les raccordements seront effectués par des personnes qualifiées et compétentes. D'après les profils effectués pour chaque tronçon d'adduction, les accessoires à utilisés seront :

- ✓ Les ventouses sur les points hauts pour faire évacuer et laisser pénétrer l'air dans les conduites;
- ✓ Les vannes de décharge pour vidanger, nettoyer et réparer les conduites;
- ✓ Les robinets vannes pour isoler le tronçon à entretenir;
- ✓ Les vannes papillons à la sortie des réservoirs pour interrompre l'écoulement dans le cas ou les conduites éclatent.
- ✓ Les clapets anti-retour ;
- ✓ Les manchons pour le montage et le démontage des différents accessoires.

Chapitre VII

Protection et sécurité de travail

VII -Introduction :

Les problèmes et les accidents du travail qui en découlent ont une grande incidence sur le plan financier, sur le plan de la protection et surtout sur le plan humaine. C'est la raison pour la quelle un certain nombre de dispositions est pris afin de permettre aux travailleurs d'exercer leur profession dans les bonnes conditions.

Donc la sécurité du travail est l'une des principales conditions pour le développement, elle peut devenir dans certain cas une obligation contraignante.

L'essentiel objectif de la sécurité d'un travail sera la diminution de la fréquence et de la gravité des accidents dans les chantiers, d'où le domaine hydraulique couvre un large éventuel lors de la réalisation d'un projet en alimentation en eau potable.

Les différentes phases d'exécution des travaux sont:

- travaux d'excavation et de terrassements (pose des conduites, implantation des réservoirs de stockage, station de pompage etc.).
- réalisation d'un forage (creusement, équipement, essai de pompage et protection).
- Travaux de construction (génie civil) tels que le bétonnage, ferrailage et autre phase de réalisation concernent l'implantation des réservoirs de stockage et des stations de pompage.
- résoudre tous les problèmes qui concernent la sécurité et la protection du travail dans leur étude.

VII.1.Causes des accidents de travail dans un chantier hydraulique :

Généralement les accidents de travail imputables à des conditions dangereuses et actions dangereuses sont causés par deux facteurs :

VII.1.1.Facteurs humains :

- Manque de contrôle et négligence
- La fatigue des travailleurs, manque de maîtrise et de responsable.
- Encombrement dans les différentes phases d'exécution des travaux
- Erreurs de jugement ou de raisonnement.
- Importance durant les différentes phases de réalisation.
- Suivre un rythme de travail inadapté.

VII.1.2.Facteurs matériels :

- Outillage, engins, et machines de travail.
- Nature des matériaux mis en œuvre.

- La difficulté posée lors de l'exécution du travail.
- Les installations mécaniques et électriques.

Durant chaque phase de la réalisation d'un projet en alimentation en eau potable, le risque de produire un accident est éventuellement, soit dans la phase des travaux de terrassement, soit dans la réalisation des travaux de bétonnage, soit dans les installations électriques ou des installations sous pressions soit après la finition du projet (travaux d'entretien des pompes, des installations, etc.)

VII.2.Liste des conditions dangereuses :

- Installations non protégées.
- Installations mal protégées.
- Outillages, engins et machines en mauvais état.
- Protection individuelle inexistante.
- Défaut dans la conception et dans la construction.
- Matières défectueuses.
- Stockage irrationnel.
- Mauvaise disposition des lieux.
- Eclairages défectueux
- Facteurs d'ambiance impropres.
- Conditions climatiques défavorables.

VII.3.Liste des actions dangereuses :

- Intervenir sans précaution sur des machines en mouvement.
- Intervenir sans précaution sur des installations sous pression, sous tension.
- Agir sans prévenir ou sans autorisation.
- Neutraliser les dispositifs de sécurités.
- Ne pas utiliser l'équipement de protection individuelle.
- Mauvaise utilisation d'un outillage ou engin.
- Importance durant les opérations de stockage.
- Adopter une position peu sûre.
- Travailler dans une altitude inappropriée.
- Suivre un rythme de travail inadapté.

- Plaisanter ou se quereller.

VII.4.Mesures préventives pour éviter les causes des accidents :

VII.4.1.Protection individuelle :

Pour mieux protéger contre les dangers pendant l'exercice de certaines professions, il est indispensable d'utiliser les dispositifs de protection individuelle (casques, gants, chaussures, lunette protectrice etc.)

VII.4.2.Autre protections :

- Toute tranchée creusée en agglomération ou sous route sera protégée par une clôture visiblement signalée de jour comme de nuit (chute de personnes et d'engins).
- Prévenir les concernés avant d'entreprendre des travaux d'excavations des tranchées et vérifier la stabilité du sol.
- Les travailleurs œuvrant à la pioche ou la pelle sont tenus à laisser une distance suffisante entre eux.

VII .4.3.Protection collective

VII.4.3.1.Equipement de mise en œuvre du béton :

L'entrepreneur ou bien le chef de chantier doit mettre en évidence les points suivants :

- Application stricte des règlements de sécurité.
- Affectation rugueuse du personnel aux commandes des points clés d'une installation moderne.

VII.4.3.2.Engin de levage :

La grue, pipe layer et autres engins par leurs précisions et possibilité de manutention variés, constituent la pose de travail où la sécurité n'admet pas la moindre négligence, alors le technicien responsable veillera à :

- Affecter des personnes qui comptent.
- Procéder aux vérifications périodiques des engins selon la notice du constructeur.
- Délimiter une zone de sécurité autour des engins de levage et en particulier à éviter tout stationnement sous une charge levée.

VII.4.3.3.Appareillage électrique :

Pour éviter les risques des appareils électriques, il faut absolument proscrire le bricolage car une ligne ou une installation électrique doit être placée que par des électriciens qualifiés.

Conclusion :

La prévention devrait tendre à ne plus être conçue comme un correctif et s'appuyer uniquement sur des critères défensifs. Avec les avancées du progrès technique et scientifique, on doit pouvoir en saisir les acquis pour renverser la tendance, c'est à dire faire de la prévention une action offensive pour qu'il n'y ait plus de risques.

A cet effet, il convient d'accorder d'avantage d'intérêt aux aspects éducationnels de l'homme au travail afin de lui permettre une grande maîtrise de l'outil de production et une plus grande adaptation à son environnement.

Chapitre VIII

Les surpresseurs

Introduction :

Lorsque la pression d'eau des distributions urbaines devient insuffisante pour alimenter les étages supérieures des immeubles, il est nécessaire de prévoir un système de surpression autonome ou automatique .

VIII-1- Objectif :

Le but du chapitre est de connaître :

- l'intérêt d'utiliser un surpresseur :
- la composition de l'appareil
- Son fonctionnement
- L'intérêt procuré par la variation de vitesse

VIII-2- Définition de surpression :

On entend par la surpression est l'augmentation de pression dans les points le plus défavorable (plus haut dans un immeuble) pour garantir un bon confort à notre utilisateur (douche, bain, etc. ...)

VIII-3- Définition d'un surpresseur :

est un ensemble des pompes équipées des composants électromécaniques pouvant fonctionnent, automatique et autonome.

- Schémas problème de pression :

VIII-4- Type de surpresseur :

- surpresseur à vitesse fixe
- surpresseur à vitesse variable

VIII-4-1- A vitesse fixe :

Le démarrage et l'arrêt de la pompe sont généralement automatiques soit par la régulation manométrique, soit par la régulation débitmétrique.

VIII-4-2- Surpresseur à vitesse variable :

La performance d'une pompe centrifuge liée directement à sa vitesse de rotation.

Si on augmente la vitesse de débit, la puissance, la pression sont aussi augmentés.

En pratique la variation de vitesse est réalisée par la variation, de fréquence du courant d'alimentation du moteur.

VIII-5- Raccordement de surpresseur :

Le raccordement du surpresseur au réseau d'eau peut se faire de deux façons :

- Raccordement sur bêche
- Raccordement sur eau de ville. [6]

VIII-6- Constituants de station de surpresseur : [6]

La station de surpression comprend :

1-Groupe électropompe : comprend une pompe et un seul moteur.

2-Pressostats : ce sont des contacts électriques fonctionnant à l'aide de la pression de l'eau. Alors la pompe fonctionne dans le cas où :

$P \leq P_{\min}$ ($P_{\min} = 1 \text{ bar}$) et arrêter si :

pour les bâtiments R+14 : $P \geq P_{\max}$ ($P_{\max} = 7 \text{ bars}$)

pour les bâtiments R+9 : $P \geq P_{\max}$ ($P_{\max} = 5 \text{ bars}$)

pour les bâtiments R+5 : $P \geq P_{\max}$ ($P_{\max} = 3.4 \text{ bars}$)

3-Armoire électrique : comprend les équipements électriques nécessaires à l'automatisation.

4-R. hydropneumatique : assure la pression nécessaire dans le réseau lorsque les pompes sont arrêtés, on l'emploie dans la côte de refoulement.

5-Une poire de niveau: pour la protection de surpresseur dans le cas où il n'y a pas d'eau

VIII-7- Choix de la pompe de refoulement :

Pour le choix des pompes on a utilisé le logiciel KSB easysselect .

on a assuré 1 bar pour chaque bâtiment :

$$Q_{\text{dim}} = K_S \cdot Q_{\text{app}}$$

$$K_S : \text{coefficient de simultanéité} , K_S = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$$

n : nombre de robinet vanne .

Q_{app} : débit appelé par les RV du bâtiment .

Robinet	Débit (l/s)
Evier	0,20
Lavabo	0,20
Bidet	0,20
Baignoire	0,33
WC	0,12
Lave le linge	0,20
laver la vaisselle	0,10

$$H_{mt} = 4n + 10 + \Delta H$$

$$\Delta H = \Delta H_L + \Delta H_S$$

ΔH_L : pertes de charge linéaires ou pertes de charge produites par le frottement du fluide sur la paroi de la canalisation . on adopte en générale 0.3 m par étage pour un vitesse de circulation maximum de 2 m/s .

ΔH_S : pertes de charge singulières ou pertes de charge produites par les accidents de parcours (coudes , tés , ...etc) et par les organes situant sur le circuit (vannes , ...) , elles sont estimées de 15% du pertes de charge linéaires .

1- Pour les bâtiments R+14 (56 logements / bâtiment):

Robinet	Débit (l/s)
Evier	56*0,20=11.2
Lavabo	56*0,20=11.2
Bidet	56*0,20=11.2
Baignoire	56*0,33=18.48
WC	56*0,12=6.72
Lave le linge	56*0,20=11.2
laver la vaisselle	56*0,10=5.6

$$Q_{app} = 75.6 \text{ l/s} \quad K_s = \frac{1}{\sqrt{(56*7)-1}} = 0.051$$

$$Q_{dim} = 75.6 * 0.051 = 3.86 \text{ l/s} = 13.9 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{mt} = H_b + 10 + \Delta H$$

$$H_b = 14 * 4 = 56 \text{ m} \quad \Delta H_L = 0.3 * 14 = 4.2 \text{ m}$$

$$\Delta H_S = 4.2 * 0.15 = 0.63 \text{ m}$$

$$\Delta H = 4.83 \text{ m}$$

$$H_{mt} = 56 + 10 + 4.83 = 70.83 \text{ m}$$

Caractéristiques du système

Exécution : Installation multi-pompes (fonct. parallèle)

Fabricant : KSB

Type : Surpresschrom SIC.2B SVP 6.4.8 V

pompe(s) : Movitec V006/08 B

Nombre de pompes : 4

Nombre d'étages : 8

Mode de fonctionnement : Vitesse variable

Raccordement direct .

Pompe de secours : 2 .

Caractéristiques de fonctionnement

Débit 14.00 m³/h

Hauteur manométrique tot. 71.85 m

Pression d'enclench. BP 7.93 bar

Surpresschrom SIC.2B SVP 6.4.8 V

No. de version: 1

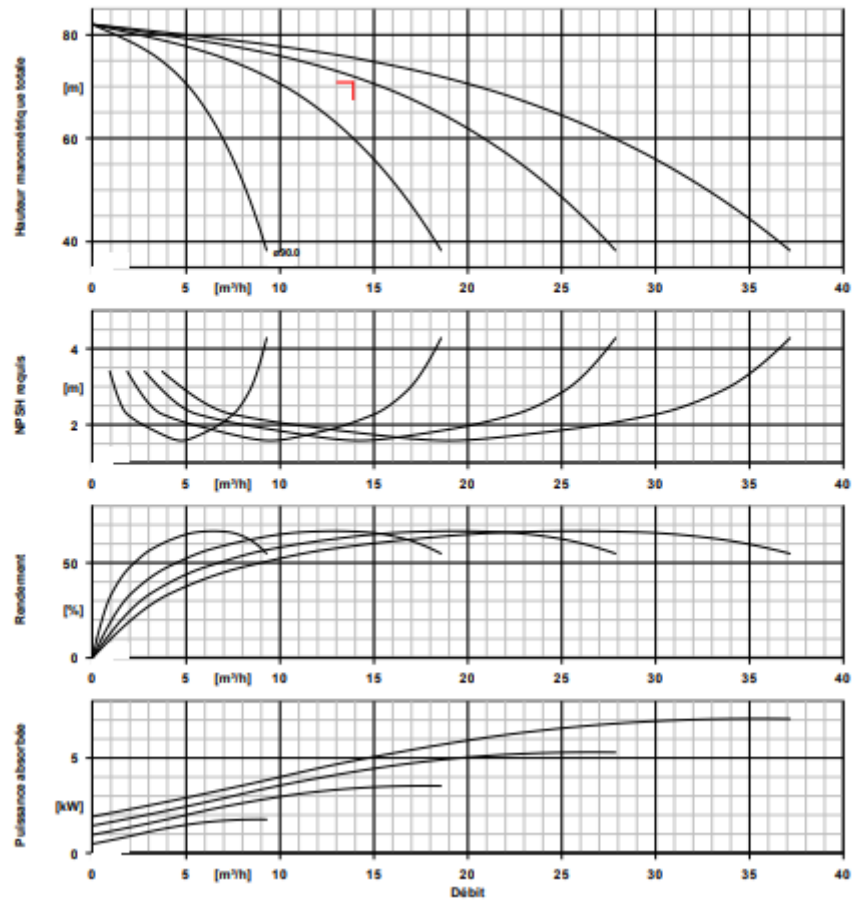


Figure VIII -1 :Les courbes caractéristiques de la pompe Movitec V006/08 B

2-Pour les batiments R+9 (40 logements/logement):

Robinet	Débit (l/s)
Evier	40*0,20 = 8
Lavabo	40*0,20 = 8
Bidet	40*0,20 = 8
Baignoire	40*0,33 = 13.2
WC	40*0,12 = 4.8
Lave le linge	40*0,20 = 8
laver la vaisselle	40*0,10 = 4

$$Q_{app} = 54 \text{ l/s} \quad K_s = \frac{1}{\sqrt{(40*7)-1}} = 0.06$$

$$Q_{dim} = 54*0.06 = 3.24 \text{ l/s} = 11.66 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_b = 9 \cdot 4 = 36 \text{ m}$$

$$\Delta H_L = 0.3 \cdot 9 = 2.7 \text{ m}$$

$$\Delta H_S = 2.7 \cdot 0.15 = 0.41 \text{ m}$$

$$\Delta H = 3.11 \text{ m}$$

$$H_{mt} = 36 + 10 + 3.11 = 49.11 \text{ m}$$

Caractéristiques du système

Exécution : Installation multi-pompes (fonct. parallèle)

Fabricant : KSB

Type : Surpress EcoSE.2B VP 10.2.4 V

pompe(s) : Movitec V010/04 B

Nombre de pompes : 2

Nbre d'étages : 4

Mode de fonctionnement : Vitesse variable

Raccordement : direct

Pompe de secours : 1

Caractéristiques de fonctionnement

Débit : 11.69 m³/h

Hauteur manométrique tot. 49.32 m

Pression d'enclench. BP 5,81 bar

Surpress Eco SE.2B VP 10.2.4 V

No. de version:

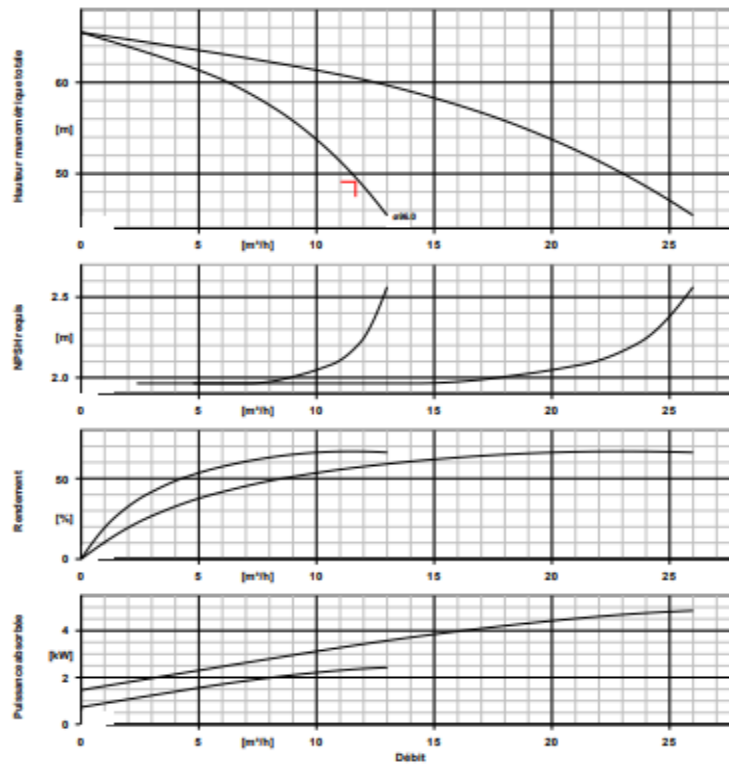


Figure VIII -2 :Les courbes caractéristiques de la pompe Movitec V010/04 B

3-Pour les batiments R+5 (24 logements/bâtiment):

Robinet	Débit (l/s)
Evier	24*0,20 = 4.8
Lavabo	24*0,20 = 4.8
Bidet	24*0,20 = 4.8
Baignoire	24*0,33 = 7.92
WC	24*0,12 = 2.88
Lave le linge	24*0,20 = 4.8
laver la vaisselle	24*0,10 = 2.4

$$Q_{app} = 32.4 \text{ l/s}$$

$$K_s = \frac{1}{\sqrt{(24*7)-1}} = 0.077$$

$$Q_{dim} = 32.4*0.077 = 2.49 \text{ l/s} = 8.96 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_b = 5*4 = 20 \text{ m}$$

$$\Delta H_L = 0.3*5 = 1.5 \text{ m}$$

$$\Delta H_s = 1.5 * 0.15 = 0.23 \text{ m}$$

$$\Delta H = 1.73 \text{ m}$$

$$\text{Hmt} = 20 + 10 + 1.73 = 31.73 \text{ m}$$

Caractéristiques du système

Exécution : Installation multi-pompes (fonct. parallèle) Fabricant KSB

Type : Surpresschrom SIC.2B SVP 2.2.5 V

pompe(s) : Movitec V002/05 B

Nombre de pompes : 5

Nombre d'étages : 5

Mode de fonctionnement : Vitesse variable

Raccordement : direct

Pompe de secours : 1

Caractéristiques de fonctionnement

Débit 8.97 m³/h

Hauteur manométrique tot. 31.78 m

Pression d'enclench. BP 4.11 bar

Surpresschrom SIC.2B SVP 2.5.5 V

No. de version:

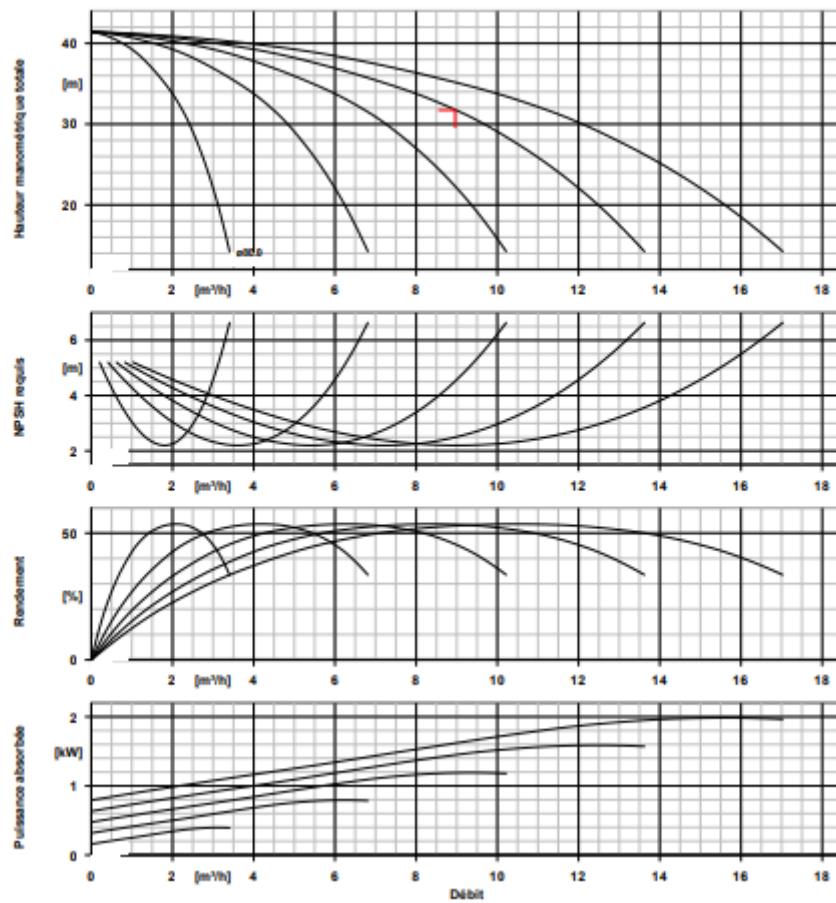


Figure VIII -3 :Les courbes caractéristiques de la pompe Movitec V002/05 B

Conclusion :

En conclusion, le système de surpression continue est la solution la plus appropriée pour l'alimentation des immeubles de moyenne et grande hauteur.

Chapitre IX

Gestion des réseaux

Introduction

La gestion technique de telle réseau à pour principal objectif de livrer aux consommateurs une eau répondant aux normes de qualité, à un prix acceptable et avec une continuité de services sans défaut. de tels objectifs nécessitant une connaissance précise du réseau, de ses infrastructures, de son fonctionnement hydraulique et passe par un entretien suivi et régulier de réseau

IX -1- But de la gestion [1]

La gestion du réseau d'alimentation en eau potable à pour objet d'assurer :

- la pérennité des ouvrages par des options de conservation.
- l'entretien courant des réseaux et des ouvrages mécaniques par des Interventions nettoyages, de dépannage et de maintenance.
- l'exploitation par la régulation des débits et la synchronisation, relevage, Traitement, stockage et distribution. [1]

IX -2-Entretien de Réseau :

Quels qu'aient pu être les précautions apportées à l'exécution des chantiers et dans la gestion de la distribution, des ruptures et des fuites peuvent se produire.ces phénomènes sont symptomatiques du vieillissement du réseau .c'est alors que l'on déclenche l'opération classique d'entretien curatif.

IX-2-1-Entretien curatif :

Nécessite d'abord une localisation de la fuite. On fouille dans la zone où l'eau vient en surface, puis on effectue la répartition avec les moyens technique disponibles (montage des joints lorsque cela est possible, mise en place de colliers de répartition de joints, pose de manchons.....).une attention particulière doit être portée sue les risques de pollution au cours de ces opérations de répartition. Lors des fuites sur les vannes, les ventouses et les décharges, le choix est plus limité et l'on procède le plus souvent au remplacement systématique de l'appareil en cause.

D'autre action peuvent également être entreprise : elles résultent alors d'une altitude volontariste dans le domaine de la qualité de l'eau et dans le maintien des capacités hydraulique du réseau.

IX- 2-2- Entretien préventif :

Conduit à la lutte contre le vieillissement du réseau par des opérations de remplacement, ou par des opérations de réhabilitation des ouvrages.

IX- 2-2-1- Procédures de réhabilitation :

Sont destinées à remettre en état une conduite, ont certaines caractéristiques ce sont dégradées, mais dont la qualité permet de continuer l'exploitation.

IX - 2-2-2- Le remplacement :

Représente une pose d'une conduite nouvelle destinée à être substituée à un ouvrage ancien à abandonner.

IX -3-Vieillessement d'un réseau :

Le vieillissement d'une conduite correspond à sa dégradation dans le temps, qui se manifeste par l'observation de certain dommage, ou par un mauvais fonctionnement hydraulique du réseau.

Tous ces phénomènes peuvent être regroupés en deux catégories :

IX -3-1- Mauvais fonctionnement hydraulique du réseau : [6]

IX-3-1-1- Chute de pression : lorsque la section utile de la conduite diminue à cause de l'entartrage, de protubérances dues à la corrosion.

IX-3-1-2- Fuites diffuses : dues à la détérioration des joints ou à la corrosion des tuyaux.une forte augmentation de leur nombre peut avoir une incidence directe sur le réseau et diminuer le rendement.

IX3-1-3- Rupture : dues à l'action combinée de la corrosion sur la conduite et de mouvements de sols (vibration, séismes, travaux divers).une rupture peut entraîner une intervention sur le réseau de plusieurs heurs, pendant laquelle les abonnés sont éventuellement privés d'eau ou subissent une chute de pression.

IX-3-2-Dommage divers engendrés par le vieillissement d'une conduite :**IX-3-2-1-Détérioration de la qualité de l'eau :**

On peut distinguer deux types de dommages liés à la dégradation de la qualité de l'eau. Le premier est celui qui engendre la non-potabilité de l'eau.il faut alors élaborer un nouveau traitement rendant cette eau potable. Le deuxième concerne l'augmentation du nombre de plaintes des abonnés d'u à une apparence négative de l'eau (odeur, couleur, goût.....).ceci entraine alors une baisse d'image de marque du service exploitant.

IX-3-2-2- Fuites diffuses :

Elles peuvent indirectement déstabiliser la conduite en érodant le lit de pose, d'où une rupture au niveau des points fragiles du tuyau.

IX-3-2-3- Rupture :

Elles peuvent avoir des incidences indirectes :

-inondation, d'où coupure du trafic sur la chaussée concernée, ou dommage chez un particulier.

-coupure d'eau, donc dommages causés notamment aux industries ou aux centres de santé.

-déstabilisation du lit de pose.

-plaintes des abonnés.

Chacun de ces dommages engendre des couts indirects, qui peuvent être nettement supérieures aux couts directs de main d'œuvre pour effectuer la réparation.

IX-4-Défaillances des conduites :

La défaillance est une rupture ou une fuite apparente, nécessitant une intervention sur le réseau. Elle peut avoir lieu soit sur le tuyau, soit sur le joint. Ceci exclut les fuites ayant lieu sur les branchements, ainsi que celles ayant lieu sur les organes du réseau, tels que les pompes, les vannes, les poteaux d'incendie et autre organes régulateurs.

IX-4-1- Les fuites :

Ce sont tous les événements entraînant une réparation sur les conduites, les poteaux d'incendie, les branchements. elles concernent :

-les fuites sur tuyau.

- les fuites sur joint.

-les fuites sur les ouvrages.

IX-4-2- Les ruptures sur conduites :

Elle représente les défaillances structurelles du tuyau ou de l'emboîtement dues à une surcharge excessive, une détérioration du lit de pose, Un contact avec autre structures, la corrosion ou une combinaison entre ces conditions.

IX-5- Méthodes et techniques de détection des fuites dans les réseaux d'eau potable :

Au cours de ces dernières années, les méthodes de détections des fuites d'eau ont été passablement modifiées, d'une part grâce à l'apparition de nouveaux appareils Et, d'autre part, par le choix des techniques qui réduisent la part de travail de nuit qui entraînait des frais élevés du personnel.

Parmi les méthodes de détection nous avons:

❖ Ecoute des bruits de fuite :

L'écoute des bruits de fuite à toujours été une méthode importante de localisation.

Mais le bruit d'une fuite peut être difficile à discerner par exemple pour les raisons

Suivantes :

- le matériau dont est faite la canalisation atténue le bruit de fuite, ce qui est Particulièrement valable pour les tuyaux en amiante-ciment.

- les bruits de la circulation couvrant le bruit de fuite.

❖ En parallèle, d'autres méthodes basées sur des appareils électroniques Qui sont utilisés largement aux pays développés pour localiser les fuites dans le Réseau.

IX-6- Gestion technique et suivi générale des installations :

La gestion d'une telle installation, d'un système d'alimentation en eau potable nécessite, un suivi général des installations, de contrôle et d'inspection.

Les opérations de contrôle et inspections pour les ouvrages et les accessoires sont :

-contrôle hebdomadaire.

- Nettoyage des accessoires.

- fonctionnement des accessoires.

- étanchéités des conduites, vannes, robinetterie.

- essai de fonctionnement des équipements de secours et auxiliaires.

IX-7- Gestion des ouvrages de stockages :

Le problème d'exploitation ou de la gestion des réservoirs résulte, le plus souvent du manque d'entretien et de contrôle de ces derniers.

Généralement, les opérations de contrôle et d'inspection sur les ouvrages de Stockage sont:

-contrôle hebdomadaire.

-contrôle semestriel.

IX-7-1- Nettoyage des ouvrages de stockage

La désinfection des réservoirs comporte les diverses phases tel que :

- Décapage de dépôts

- Rinçage des parois et de radier avec un jet sous pression, donc une bonne

Gestion des ouvrages nécessite l'application de tous les critères cités au paravent.

IX-8-Contrôle de qualité de l'eau

La composition de l'eau est étudiée par le laboratoire qui en effectue l'analyse à la Suite de prélèvement qu'il faut pendant les :

IX-8-1- Contrôle mensuel :

- Ouvrage de croisement, étanchéité.

- Ouvrage en ligne : état d'étanchéité de la fermeture des trappes, regards et des Portes.

IX -8-2- Contrôle semestriel

- Organe et réducteurs de robinetterie à l'intérieur des regards, des coûts D'exploitation.

Conclusion.

Le rendement d'un tel système d'alimentation en eau potable, est la différence entre le volume entrant dans le réseau et le volume consommé ou facturé, pour cela le gestionnaire de service est appelé de porter une attention constante pour la mise en équivalence de ces deux systèmes complémentaires.

Pour le vieillissement des conduites, nous devons prendre des précautions préventives, afin d'éviter leurs destructions ou leurs dégradations dans le temps, qui seront dû, soit au mauvais fonctionnement hydraulique du réseau, soit à d'autres Causes.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce mémoire de fin d'étude, et Après une analyse profonde des différentes équipements de la nouvelle ville de Bouinan, ainsi l'estimation des besoins en eau de l'agglomération ; nous avons projeté un, réseau de distributions de type maillé composé de conduites non corrosives en polyéthylène haute densité qui répondent à la norme de potabilité et aux besoins de la population qui peut répondre aux besoins de l'agglomération de la nouvelle ville de Bouinan jusqu'à l'année 2049

Pour répondre à ce besoin , nous avons calculé la capacité du réservoir et nous l'avons trouvé suffisant à l'horizon d'étude. A travers ses besoins on a dimensionné notre réseau et nous avons trouvé une répartition ordinaire des pressions varient entre 20 m et 30m et des vitesses qui varient entre 0.3 m/s et 1.5 m/s .

En fin de ce travail , on à vu certaines méthodes de gestion qui peuvent aider les futures gestionnaires du réseau d'AEP de la nouvelle ville d'e Bouinan afin de bien gérer ce dernier.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1- SALAH B : Polycopie Cours d'alimentation en eau potable ENSH 1993.

2-SALAH B : cours d'alimentation en eau potable de 5^{eme} année.

3-AMMARI A : Cours De L'hydraulique générale de 3^{eme} année.

4-Dupont : Hydraulique urbaine (Tome II) (Éditions Eyrolles paris 1979).

5- CYRIL GOMELA et HENRI GUERREE ; Guide de l'alimentation en eau.

dans les agglomérations urbaines et rurales, Paris 1985.

6- Cours du pompage 4^{ème} et 5^{ème} année .

8-Mémoires de fin d'études :

KHEMMAR MONCEF .Mémoire de fin d'étude d'alimentation en eau potable de

l'extension de la ville de TAMDA (W .TIZI OUZOU) ; ENSH 2010

BOUZIANE Fatima Zohra .Mémoire de fin d'études d'alimentation en eau potable des

centres ruraux de SIDI AMAR, MERAD ET MEUNACER (W.TIPAZA), ENSH 2008

9-Sites Web(Internet).

AnnexeII-1.Répartition horaire des pourcentages du débit maximum journalier

Heures	Nombre d'habitants				
	< 10000	10000 à 50000	50000 à 100000	> 100000	Aggl.de type rural
0-1	1.00	1.50	3.00	3.35	0.75
1-2	1.00	1.50	3.20	3.25	0.75
2-3	1.00	1.50	2.50	3.30	1.00
3-4	1.00	1.50	2.60	3.20	1.00
4-5	2.00	2.50	3.50	3.25	3.00
5-6	3.00	3.50	4.10	3.40	5.50
6-7	5.00	4.50	4.50	3.85	5.50
7-8	6.50	5.50	4.90	4.45	5.50
8-9	6.50	6.25	4.90	5.20	3.50
9-10	5.50	6.25	5.60	5.05	3.50
10-11	4.50	6.25	4.80	4.85	6.00
11-12	5.50	6.25	4.70	4.60	8.50
12-13	7.00	5.00	4.40	4.60	8.50
13-14	7.00	5.00	4.10	4.55	6.00
14-15	5.50	5.50	4.20	4.75	5.00
15-16	4.50	6.00	4.40	4.70	5.00
16-17	5.00	6.00	4.30	4.65	3.50
17-18	6.50	5.50	4.10	4.35	3.50
18-19	6.50	5.00	4.50	4.40	6.00
19-20	5.00	4.50	4.50	4.30	6.00
20-21	4.50	4.00	4.50	4.30	6.00
21-22	3.00	3.00	4.80	4.20	3.00
22-23	2.00	2.00	4.60	3.75	2.00
23-24	1.00	1.50	3.30	3.70	1.00
Total	100%	100%	100%	100%	100%

(Source cours SALAH.B)