

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ DE BOUIRA



Faculté des Sciences et Sciences Appliquées

Département de Génie Civil

Mémoire de Fin d'Etude

Présenté par :

- M^{lle} HANNACHI AYA
- M^{lle} KOUDAH NADIA

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en :

Filière : **Hydraulique**

Option : **Ressources Hydrauliques**

Thème

**Dimensionnement du réseau d'AEP de la nouvelle ville Sidi Serhane 7000
logement AADL (BOUINAN-BLIDA) - Phase B : Distribution et
Equipement du réseau**

Devant le jury composé de :

TAIB Lyes	MCA	Président
Meridja Madani	MCA	Examineur
Haddad Samir	MCA	Encadrant
Yahiaoui abd el halim	MCA	Encadrant

Année Universitaire 2023/2024

Dédicace :

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance en témoignage de ma
profonde affection à :*

- *Ma chère mère qui m'a protégé pendant toute ma vie, et qui a fait tout pour que je devienne
ce que je suis.*
- *Mon père qui m'a tant aidé et encouragé.*
- *Mon fiancé qui m'a beaucoup aidé.*
- *Tous mes frères et sœurs.*
- *Toute la famille **KOUDAH***
- *Tous mes amis*
- *Toute personne qui a contribué de près ou de loin à ma réussite.*

NADIA KOUDAH

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents (LAMARA et NAIMA), source de vie, d'amour et d'affection

A mes chères sœurs (Lina, Lamis, Rinad, ma nièce Taline) source de joie et de bonheur et toutes ma grande famille

Je veux envoyer spécialement à ma grand-mère (Fatima) décidée depuis longtemps et ma chère grand-mère maternelle Ouardia que je l'aime beaucoup et celle qui récompensé la perte de mes grands-parents décidés.

A tous ceux qui par une chose simple qui m'a donné courage, la force de continuer ce travail. Ainsi que ma sœur Lamis réussisse dans son examen BAC

A toute la famille éducative

AYA HANNACHI



Remerciements

Nos plus profondes gratitude s'adressent à Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la patience et la force durant toutes ses années d'études.

Nous tenons à remercier profondément nos chers parents.

Un grand Merci à Monsieur HADDAD SAMIR d'avoir accepté de m'encadrer et pour ses encouragements ainsi que ses conseils qui m'ont aidé dans notre projet.

Nos remerciements sont aussi adressés à tous les enseignants de département génie civil filière hydraulique et notre jury qui aura corrigé ce travail

SOMMAIRE

Listes des abréviations

Résumé

Listes des figures

Listes des tableaux

Introduction générale.....1

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE LA ZONE

I.1 Situation géographiques2

I.2 Présentation hydraulique3

I.3 Situation géologique :4

I.4 Situation climatologie5

I.5 Situation hydrogéologique5

I.6 Situation topographique5

Conclusion.....6

CHAPITRE II : ESTIMATION DES BESOINS

Introduction7

II.1 Estimation des besoins en eau :7

II.1.1 Usage domestique :7

II.1.2 Usage public :7

II.2 Estimation de la population :7

II.2.1 Calcul de nombre d'habitant8

II.2.2 Calcul de la consommation journalière pour les différents besoins8

II.2.2.1 Calcul des Besoins domestiques :8

II.2.2.2 Calcul des Besoins scolaires8

II.2.2.3 Calcul des besoins publics et commerciaux :9

II.2.3 Débit moyen journalier totale:9

II.2.4 Débit de pointe journalier9

II.2.5 Débit de pointe horaire :10

II.2.6 Debit de pointe minimum horaire :	11
II.1.1 Variation des débits horaire.....	12
Conclusion.....	16

CHAPITRE III : LES RÉSERVOIRS

Introduction.....	14
III.1 Rôle des réservoirs.....	14
III.2 Classification des réservoirs [4].....	14
III.2.1 Classification selon le matériau de construction.....	14
III.2.2 Classification selon la situation des lieux :	15
III.2.3 Classification selon la forme géométrique :.....	15
III.2.4 Classification selon l'utilisation.....	15
III.3 Les réservoirs existant	16
III.4 Les réservoirs existant dans les environs de la zone.....	17
III.5 Vérification de la capacité du réservoir existant.....	17
III.5.1 Méthode analytique.....	17
III.5.2 Détermination de la capacité de réservoir par la méthode analytique	18
Conclusion.....	19

CHAPITRE IV : COUP DE BÉLIER

Introduction	20
IV.1 NOTION SUR L'ETUDE DU COUP DE BELIER DANS LES SYSTEMES DE POMPAGE [5]	20
IV.2 PRONOSTIC DE KERR [5]	21
IV.3 QUELQUES INFORMATIONS SUR LE COUP DE BELIER [5]	22
IV.4 CALCUL DES DIFFERENTS PARAMETRES [5].....	23
IV.5 ANALYSE DU COUP DE BELIER PAR LA METHODE DES ENVELOPPES [5]27	
IV.5.1 Ecoulement gravitaire (Vanne).....	27
IV.5.2 Ecoulement par pompage (Pompe).....	29
IV.6 Calcul des coups de béliers de notre zone d'étude.....	30

IV.6.1 COUP DE BÉLIER 01 DE R1 A R2.....	30
IV.6.2 COUP DE BÉLIER 02 R2 A R3	32
IV.6.3 COUP DE BÉLIER 03 R3 à R4	34
IV.6.4 COUP DE BÉLIER 04 DE R1 A NP1	35
IV.6.5 COUP DE BÉLIER 05 DE R2 A NP2	38
IV.6.6 COUP DE BÉLIER 06 DE R3 A NP3	40
IV.6.7 COUP DE BÉLIER 07 DE R4 A NP4	42
Conclusion.....	45

CHAPITRE V : RESEAU DE DISTRIBUTION

Introduction.....	46
V.1 Types de réseaux :	46
V.1.1 Réseau maillé :	46
V.1.2 Réseau ramifié :	46
V.1.3 Réseau étagé :	47
V.1.4 Réseau mixte :	47
V.2 Choix du tracé :	48
V.3 Choix du matériau des conduites de distribution :	48
V.4 Dimensionnement du réseau de distribution :	51
V.4.1 Débit.....	51
V.4.2 Vitesse.....	51
V.4.3 Pression	51
V.4.4 Calcul des débits :	52
V.4.4.1 Débit de pointe :	52
V.4.4.2 Débit aux nœuds :	52
V.4.5 Tableau du dimensionnement de réseau d'AEP :	52
V.4.5.1 Les Equipements utilisé dans la distribution	54
V.4.6 Résultat du réseau par le logiciel EPANET :	55

V.4.6.1 Définition :	55
V.4.6.2 Présentation du logiciel EPANET :	55
V.4.6.3 Caractéristiques principales du logiciel :	56
V.4.6.4 Etapes d'utilisation d'EPANET :	56
V.4.6.5 Données saisies :	56
V.4.6.6 Simulation hydraulique du fonctionnement du réseau de distribution :	59
Conclusion.....	75

CHAPITRE VI : EQUIPEMENT

Introduction.....	76
VI.1 Accessoires hydrauliques :	76
VI.1.1 Généralité sur les accessoires :	76
VI.1.2 Les vannes :	78
VI.1.2.1 Les différents types de vannes :	78
VI.1.2.2 Choix des vannes :	81
VI.1.3 Les ventouses :	83
VI.1.3.1 Les différents types de ventouses :	83
VI.1.3.2 Choix des ventouses :	83
VI.1.4 Les clapets :	90
VI.1.4.1 Clapet a boule :	90
VI.1.4.2 Clapet a doublé battant entre brides :	91
VI.1.4.3 Clapet anti-retour à simple battant entre brides :	92
VI.1.4.4 Clapet de retenue à battant à brides :	93
VI.1.4.5 Clapet de retenue à battant à contrepoids :	94
Conclusion.....	95

CHAPITRE VII : POSE DE CONDUITE

Introduction.....	96
VII.1 Le tuyau rigide :	96

VII.2 Tuyau flexible :	97
VII.3 Type et distribution du sol :	98
VII.3.1 Fondation :	98
VII.3.1.1 Les fondations inappropriées pour la confection des tranchées	98
VII.3.2 Lit de pose :	99
VII.3.3 L'enrobage et l'obligation de compactage des tranchées	100
VII.4 Dimensions d'une tranchée	102
VII.4.1 Largeur minimale d'une tranchée	102
VII.4.2 Largeur minimale des tranchées	102
VII.4.2.1 Type de tranchée 1 sur largeur.....	103
VII.4.2.2 Type de tranchée 2.....	103
VII.4.2.3 Le type de tranchée 3	103
VII.4.3 Dimensionnement des tranchées	104
VII.5 Dimensions des tranchées du projet en cours	106
VII.5.1 Dimensions et forme de la tranchée en cas d'intersection avec d'autres réseaux ..	107
VII.5.2 Détails de la tranchée en cas de franchissement d'un cours d'eau	108
Conclusion générale.....	109

Référence

Liste des abréviations

AEP : Alimentation en eau potable.

AADL : Agence nationale de l'amélioration et du développement du logement.

DRE : direction des ressources en eau.

POP : population.

Hab. : habitant.

DOT : dotation.

CEM : collège d'enseignement moyen

Min : minimum.

Max : maximum.

K max. j : coefficient d'irrégularité maximale

K min. j : coefficient d'irrégularité minimale

QMOY-j : consommation moyenne journalière

Qmax-j : la consommation maximale journalière

L : Longueur

a : célérité de l'onde

CB : Coup de bélier

De : Diamètres extérieur

Di : Diamètres intérieur

e : épaisseur

Résumé :

Nous avons réalisé notre mémoire de fin d'études sur le dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable de l'AADL SIDI SERHANE BOUINANE dans la wilaya de BLIDA. Pour garantir une pression adéquate et un débit adéquat. Une étude sur le site du point de vue géographique. On a effectué un calcul des besoins en eau ainsi que des différents débits de dimensionnement, et on a également effectué une simulation avec EPANET afin de vérifier notre réseau de distribution (pression et vitesse). Nous avons également calculé la capacité de notre réservoir.

Mot clé : réseau de distribution, débit adéquat, EPANET

ملخص:

لقد أكملنا أطروحتنا بحساب ابعاد شبكة توزيع المياه الصالحة للشرب لعدل سيدي سرحان بوينان ولاية البلدية. لضمان الضغط الكافي والتدفق الكافي. دراسة الموقع من الناحية الجغرافية. لقد أجرينا حسابًا لاحتياجات المياه بالإضافة إلى للتحقق من شبكة التوزيع الخاصة بنا. قمنا أيضًا اجراء عمليات حسابية مدققة لمختلق التدفقات، وقمنا أيضًا بإجراء محاكاة باستخدام EPANET (الضغط والسرعة). بحساب سعة خزاننا

الكلمات المفتاحية: شبكة توزيع المياه , تدفق كافي , محاكاة EPANET.

Abstract:

We have completed our final study memo on the dimensioning of the drinking water supply network of the AADL Sidi Serhane Bouinan in the wilaya of Blida. To ensure adequate pressure and flow. A study on the site from a geographical point of view. We calculated the water requirements and the different sizing rates, and we also performed a simulation with EPANET to verify our distribution network (pression et vitesse). We also calculated the capacity of our tank.

Liste des figures

Figure I.1 : localisation Sur GOOGLE EARTH PRO de aadl 7000 Logement SIDI SERHANE	2
Figure I.2 : bassin de la MITIDJA	4
Figures I.3 : carte topographique de zone d'étude	5
Figure IV.1 : célérité d'onde en fonction de matériau.....	24
Figure IV.2 : La célérité de l'onde diminue avec l'augmentation de l'air et des Gaz dans le liquide. [J. P. Tullis, Hydraulics of pipeline].....	25
Figure IV.3 : couple des moteurs électriques au démarrage.....	27
Figure IV.4 : coup de bélier graduel (écoulement gravitaire)	28
Figure IV.5 : coup de bélier brusque (écoulement gravitaire)	28
Figure IV.6 : coup de bélier graduel (écoulement par pompage)	29
Figure IV.7 : coup de bélier brusque (écoulement par pompage)	29
Figure IV.8 : coup de bélier 01 gravitaire	31
Figure IV.9 : coup de bélier 02 gravitaire.....	34
Figure IV.10 : coup de bélier 03 gravitaire.....	35
Figure IV.11 : coup de bélier 04 gravitaire	37
Figure IV.12 : coup de bélier 05 gravitaire	39
Figure IV.13 : coup de bélier 06 gravitaire	42
Figure IV.14 : coup de bélier 07 gravitaire.....	44
Figure V.1 : Réseau maillé.....	47
Figure V.2 : Réseau ramifié.....	47.
Figure V.3 : Schéma d'un réseau mixte.....	47
Figure V.4 : simulation 1 pour AADL 7000 logements.....	59
Figure V.5 : simulation 2 pour AADL 7000 logements	60

Figure V.6 : simulation 3 pour AADL 7000 logements	61
Figure V.7 : simulation 4 pour AADL 7000 logements	62
Figure V.8 : simulation de réseau +incendie	68
Figure VI.1 : Types et rôles des accessoires hydrauliques	77
Figure VI.2 : Vanne Rotative à Boisseau	78
Figure VI.3 : Vanne Rotative à Papillon (Butterfly Valve).....	78
Figure VI.4 : Vanne à Soupape.....	79
Figure VI.5 : Vanne à Passage Direct.....	79
Figure VI.6 : Vanne à Diaphragme	79
Figure VI.7 : Vanne murale.....	80
Figure VI.8 : vanne régulatrice de pression	80
Figure VI.9 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long	86
Figure VI.10 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long	86
Figure VI.11 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long	87
Figure VI.12 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long	87
Figure VI.13 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long	88
Figure VI.14 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long	88
Figure VI.15 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long	89

Figure VI.16 : l'emplacement des vannes de vidange	89
Figure VI.17 : l'emplacement des vannes de vidange	90
Figure VI.18 : clapet a boule.....	91
Figure VI.19 : Clapet a doublé battant entre brides	92
Figure VI.20 : Clapet anti-retour à simple battant entre brides	93
Figure VI.21 : Clapet de retenue à battant à brides.....	94
Figure VI.22 : Clapet de retenue à battant à contrepoids	95
Figure VII.1 : Terminologie d'une tranchée	97
Figure VII.2 : Détails d'un tuyau	97
Figure VII.3 : Lit de pose (Bedding)	99
Figure VII.4 : Zone d'enrobage	101
Figure VII.5 : Largeur d'une tranchée	102
Figure VII.6 : Détails des sur-largeurs en fonction du type de la tranchée inclinée	104
Figure VII.7 : Détails des sur-largeurs en fonction du type de la tranchée verticale	104
Figure VII.8 : Schéma général de la tranchée adoptée pour le PFE	107
Figure VII.9 : Schéma de croisement des différents réseaux	108

Liste des tableaux

Tableau I.1 : des ressources proches à notre zone	4
Tableau II.1 : calcul des besoins scolaire	9
Tableau II.2 : Calcul des besoins publics et commerciaux.....	9
Tableau II.3 : Valeurs de β_{max} en fonction du nombre d'habitant	10
Tableau II .4 : Valeurs de β_{min} en fonction du nombre d'habitant	11
Tableau II.5 : Répartition de la consommation horaire	13
Tableau III .1 : les coordonnées des réservoirs existants.....	16
Tableau III.2 : la structure des réservoirs existants.....	17
Tableau III.3 : Détermination de la capacité du réservoir	19
Tableau IV.1 : K coefficient dépendant du matériau constituant la canalisation	23
Tableau IV.2 : Module de Young E (GPa = 10^9 N/m ²)	25
Tableau IV.3 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K).....	26
Tableau IV.4 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K)	30
Tableau IV.5 : Module de Young E (GPa = 10^9 N/m ²)	30
Tableau IV.6 : interprétation de coup de bélier 01	32
Tableau IV.7 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K)	32
Tableau IV.8 : Module de Young E (GPa = 10^9 N/m ²)	33
Tableau IV.9 : interprétation de coup de bélier 02	34
Tableau IV.10 : interprétation de coup de bélier 03	35
Tableau IV.11 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K)	36
Tableau IV.12 : Module de Young E (GPa = 10^9 N/m ²)	36

Tableau IV.13 : interprétation de coup de bélier 04	38
Tableau IV.14 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K)	38
Tableau IV.15 : Module de Young E (GPa = 10^9 N/m ²).....	38
Tableau IV.16 : interprétation de coup de bélier 05	40
Tableau IV.17 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K)	40
Tableau IV.18 : Module de Young E (GPa = 10^9 N/m ²).....	41
Tableau IV.19 : interprétation de coup de bélier 06	42
Tableau IV.20 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K)	43
Tableau IV.21 : Module de Young E (GPa = 10^9 N/m ²).....	43
Tableau IV.22 : interprétation de coup de bélier 07	45
Tableau V.1 : d'aide à la sélection des matériaux pour conduites (tuyaux)	51
Tableau V.2 : Débit aux nœuds du secteur sidi serhane AADL 7000 logements.....	54
Tableau V.3 : les équipements scolaires	54
Tableau V.4 : les équipements publics et commerciaux.....	55
Tableau V.5 : Caractéristiques des conduites du réseau de distribution.....	57
Tableau V.6 : Caractéristiques des nœuds du réseau de distribution.....	58
Tableau V.7 : Les pressions et les charges au niveau des nœuds	64
Tableau V.8 : Caractéristiques du réseau de distribution	67
Tableau V.9 : récapitulatif des pressions dans le réseau de distribution.....	67
Tableau V.10 : récapitulatif des vitesses dans le réseau de distribution	67
Tableau V.11 : Les pressions et les charges au niveau des nœuds	71
Tableau V.12 : Caractéristiques du réseau de distribution	73
Tableau V.13 : récapitulatif des pressions dans le réseau de distribution.....	74

Tableau V.14 : récapitulatif des vitesses dans le réseau de distribution	74
Tableau VI.1 : Sélection des vannes selon le type de fonction.....	81
Tableau VI.2 : Vannes de sectionnement dans le projet et leur l'emplacement.....	82
Tableau VI.3 : Vannes de vidange dans le projet et leur l'emplacement.....	83
Tableau VI.4 : l'emplacement des vannes de régulations.....	83
Tableau VI.5 : Les types des ventouses et leur emplacement.....	85
Tableau VI.6 : ventouse dans le projet	86
Tableau VI.7 : ventouse dans le projet	86
Tableau VI.8 : ventouse dans le projet	87
Tableau VI.9 : ventouse dans le projet	88
Tableau VI.10 : ventouse dans le projet	88
Tableau VI.11 : ventouse dans le projet	89
Tableau VI.12 : ventouse dans le projet	89
Tableau VII.1 : Sur largeur minimale (Clearance).....	102
Tableau VII.2 : Les dimensions grossières des tranchées.....	10

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'eau est une source naturelle indispensable à la vie. Cela est démontré par

Les activités quotidiennes qui nous démontrent que sans eau, la vie est quasiment impossible. Il est donc nécessaire de la préserver et de la traiter, que ce soit pour fabriquer une eau propre à la consommation alimentaire ou pour des utilisations industrielles ou autres.

Les récits des pays nous informent que toutes les civilisations ont été établies au bord de l'eau, que ce soit des cours d'eau, des puits, des mers, des océans ou des réservoirs que le génie et la nécessité humaine ont permis de réaliser. Le but de ce mémoire est précisément, de fournir de l'eau à des personnes qui en ont besoin. En raison du fait qu'il ne suffit pas de fournir de l'eau, il est nécessaire de la fournir en quantité et de qualité adéquates.

Notre travail se portera sur 7 chapitres :

-on a commencé notre travail en présentant de manière générale le site, ce qui sera l'objectif principal du premier chapitre.

-Le deuxième chapitre se concentrera principalement sur l'évaluation des besoins en eau.

-Le troisième chapitre sera consacré à la détermination de la capacité du réservoir de stockage projetée pour alimenter cette nouvelle ville.

-Le Quatrième chapitre se concentrera sur la protection de la conduite distribution gravitaire contre les coups de bélier pour garantir un réseau solide et durable.

-Le cinquième s'intéressera au réseau de distribution. Le calcul de réseau et simulation avec logiciel EPANET.

-Le sixième chapitre on a choisi les équipements de réseau de distribution.

-Le septième chapitre prend en considération la pose de conduite.

Enfin, une conclusion générale qui conclura notre travail.

CHAPITRE I :
Présentation de la zone

I.1 Situation géographies

La commune de Sidi SERHANE se trouve près du village Megtaa Lazreg et du Hammam Melouane, elle fait partie de la daïra de BOUINAN dans la wilaya de Blida. BOUINAN est une daïra administrativement dépendante de la wilaya de BLIDA, située au cœur de la wilaya. Limitée par:

- BOUGARA à l'Est
- SOUMAA à l'Ouest
- CHEBLI au Nord
- HAMMAM MELOUANE au Sud.

L'objectif de cette étude est d'optimiser la disponibilité d'eau potable dans la ville de BOUINAN, en mettant l'accent sur la desserte de 7000 logements AADL situés au niveau du pôle urbain SIDI SERHANE [1].

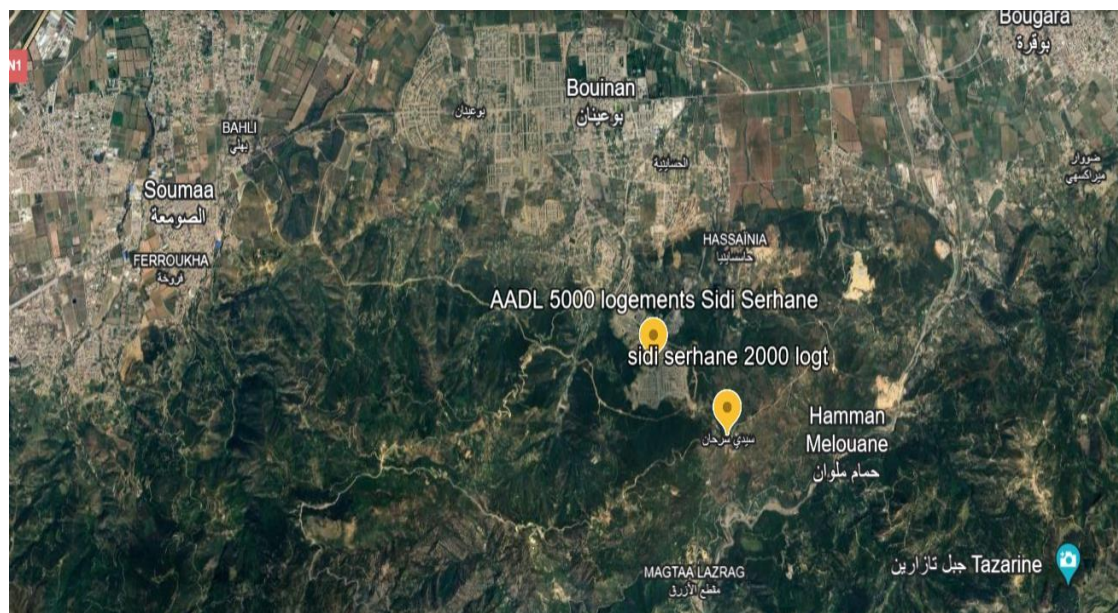


Figure I.1 : localisation sur GOOGLE EARTH PRO de quartier 7000 Logement SIDI SERHANE

I.2 Présentation hydraulique

- D'après la DRE il existe trois ressources pour l'instant c'est captage de Magtaa lazreg (5000 m³) et le forage de BOUINAN et station de dessalement de FOUKA ils ont même installé un réservoir de 1000 m³ (c'est un nouveau projet au cours de réaliser le transfert A SIDI SERHANE)
- Actuellement, la ville nouvelle de BOUINAN est alimentée en eau à partir de deux (02) systèmes A et B. le troisième système est en cours de réalisation
 1. Le premier système concerne de la zone Ouest de la ville Il est composé de :
 - ✓ Un champ de captage de six (06) forages (F1, F2, F3, F4, F6 et F7).
 - ✓ Un réservoir R500 m³ et une station de pompage.
 - ✓ Un réservoir de stockage et de distribution R3000 m³
 2. Le deuxième système concerne la zone centre et Est de la ville (quartier B et C, 35000 logements). Il est composé de :
 - ✓ Un champ de captage de huit (08) forages (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 et F8).
 - ✓ Les conduites des forages (F5, F6, F7 et F8) sont reliées à la conduite principale DN400 P E H D et (F1, F2, F3) reliés à une autre conduite principale DN400 PEHD.
 - ✓ Un réservoir R2000 m³ et une station de pompage
 - ✓ Un réservoir de stockage R2x5000 m³.
 - ✓ Le réservoir R2000 m³ du 3eme système, non réalisé actuellement, servira à alimenter d'une part, le quartier B avec les R2x5000 m³ et, d'autre part, l'étage supérieur de la ville nouvelle, les 4500 logements AADL de Hesainia.
 3. Le troisième système qui concerne l'alimentation en eau de Sidi Serhane (7000 logements), situé au sud de Bouinan [2]
- Et il existe une station thermale de Hammam Melouane de 15Km mais impossible de l'exploiter
- Et voici quelques ressources que on a trouvé mais on ne peut pas les l'exploiter à cause de manque des stations de traitement c pour ça on ramener l'eau de captage de Megtaa lazreg

Commune	Kilométrage	Ressources
Bouinan – hammam melouane	15Km	La station thermal
Bouinan- Bougara	8Km	Oued el Harrach Petit barrage de hamouda
Bouinan – chebli	6Km	Centre de bassin de Mitidja
Bouinan- Soumaa	8Km	Oued orchalla Oued Amroussa
Bouinan – Boufarik	12Km	Le bassin du Mazafran
Bouinan – chrea	30Km	Oued el kbir

Tableau I.1 : des ressources proches à notre zone

I.3 Situation géologique :

Tout d'abord, l'analyse géologique du sous-sol de notre site nous permet d'observer la composition du sol et d'évaluer la profondeur de la nappe. En optant pour les techniques adaptées au type de sol, ces données seront principalement bénéfiques lors de la construction de la nappe. [1].

La ville de Sidi SERHANE est bordée au nord par la plaine de Mitidja, ce qui lui confère une terre très fertile pour l'agriculture, et au sud par l'Atlas BLIDÉEN. Ainsi, la composition géologique de notre site est extrêmement diversifiée. Cette organisation se distingue par:

- Un mélange d'argile avec parfois des sables et des graviers.
- Un ensemble de graviers galets, limons et argiles en quantités variables (Alluvion de la Mitidja)

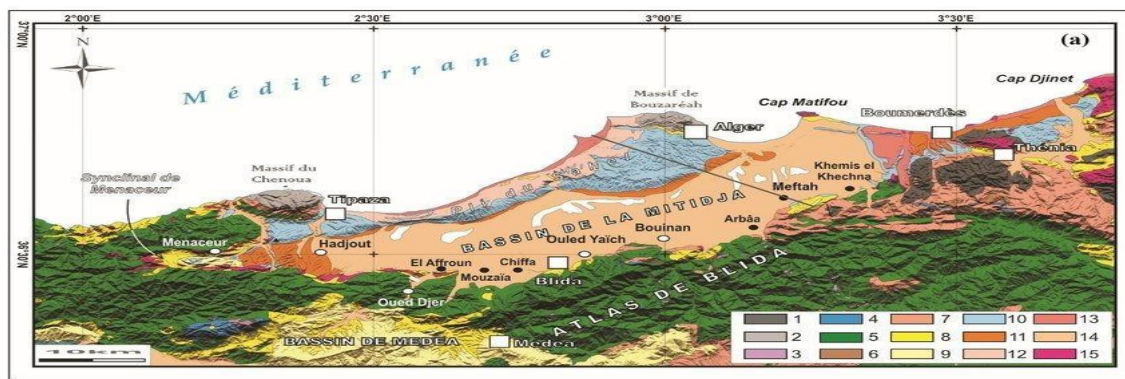


Figure I.2 : bassin de la MITIDJA

I.4 Situation climatologie

La température moyenne annuelle est de 11,5°C en hiver et de 33°C en été. Dans cette période climatique, le cumul annuel moyen de pluie varie de 532 mm à Ben Khalil au Nord à 894 mm à CHRÉA dans le Sud. En décembre et février, les précipitations sont les plus importantes, représentant environ 30 à 40% des précipitations annuelles. Au contraire, les mois estivaux (juin, août) sont pratiquement toujours secs. Les vents dominants sont l'Est et l'Ouest, ainsi que le Sirocco pendant l'été [2]

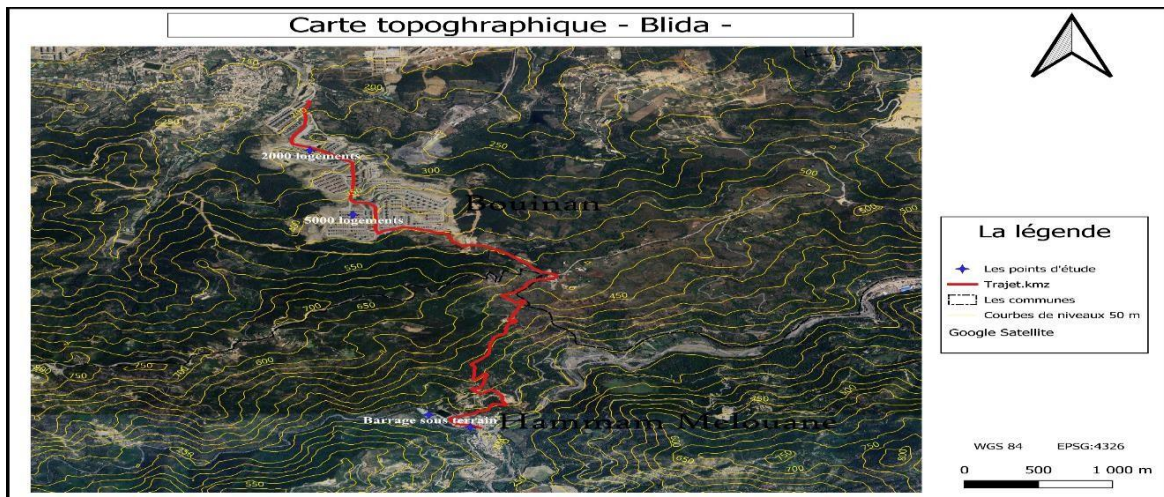
I.5 Situation hydrogéologique

La ville de BOUINAN a une hydrogéologie qui comprend plusieurs ressources par exemples les oueds, le système aquifère de la plaine de la Mitidja et les nappes.

La ville de Sidi SERHANE est entourée par des oueds qui sont Oued El-Harrach, Oued AMROUSSA, Oued El KBIR et Oued MAGTAA LAZREG et des forages de la nouvelle ville de BOUINAN

I.6 Situation topographique

Les relevés topographiques de notre zone ont relevé entre 200m en minimum et 700m en maximum d'altitude et les relevés topographique sont nécessaire pour les positionnements des réservoirs



Figures I.3 : carte topographique de zone d'étude

Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons présente notre zone par des différentes données collecté et l'ensemble des données nous aider pour le prochain chapitre

CHAPITRE II : ESTIMATION DES BESOINS

Introduction

Ce chapitre vise à fournir au lecteur des connaissances sur le calcul des besoins en eau potable à différents niveaux dans une zone urbaine spécifique, la variation de la consommation dans le temps et l'évaluation des différents taux de consommation (c'est-à-dire le débit quotidien moyen, le débit quotidien maximum et le débit horaire maximum requis pour déterminer la taille du réseau de distribution

II.1 Estimation des besoins en eau :

Les besoins en eau d'une agglomération sont évalués en fonction de divers éléments tels que l'évolution de la population, les infrastructures sanitaires, le commerce et l'utilisation publique.

II.1.1 Usage domestique :

On parle de l'eau destinée aux besoins personnels en matière d'alimentation et d'hygiène.

II.1.2 Usage public :

Cela s'applique à diverses activités telles que les écoles, les centres administratifs, les équipements commerciaux, et ainsi de suite.

II.2 Estimation de la population :

En Algérie, l'estimation de la population est réalisée en utilisant la méthode des accroissements géométriques, qui est décrite par l'expression suivante, en prenant en compte le taux de naissance.

$$P_n = P_0 (1 + \tau)^n$$

P_n : population futur ;

P_0 : population de référence ;

τ : taux d'accroissement exprimé en %

n : Nombre d'années séparant les deux horizons

Cette loi n'est pas applicable dans notre cas

II.2.1 Calcul de nombre d'habitant

La direction des ressources en eau de la wilaya de Blida à appliquer 5 personne le nombre moyen de personne par logement donc :

$$P = N * TOL$$

- ✓ P : nombre d'habitants
- ✓ N : nombre de logements
- ✓ TOL : taux d'occupation par logement

TOL = 5 personnes par logement

AN $P = 7000 * 5$ (pers/logement)

P = 35000 habitants

II.2.2 Calcul de la consommation journalière pour les différents besoins

II.2 .2.1 Calcul des Besoins domestiques :

$$\begin{aligned} \text{Besoin domestique} &= (\text{dotation (150 l/J)} \times \text{habitants}) / 1000 \\ &= 35000 \times 150 = 5250 \text{ m}^3/\text{j} \end{aligned}$$

II.2.2.2 Calcul des Besoins scolaires

Ce tableau représente le calcul des besoins scolaire de notre zone d'étude qui est équipé par 5 écoles primaires et deux CEM et un lycée

Equipement	Surface (m ²)	Dotation (l/j/m ²)	Besoin m ³ /j
Ecole primaire 1	2788	4	11,152
Ecole primaire 2	2000	4	8
Ecole primaire 3	3500	4	14
Ecole primaire 4	3500	4	14
Ecole primaire 5	3800	4	15,2
CEM 1	6222	4	24,888
CEM 2	5500	4	22
Lycée	9500	4	38

CHAPITRE II : ESTIMATION DES BESOINS

Totale			147,24
---------------	--	--	---------------

Tableau II.1 : calcul des besoins scolaire

II.2.2.3 Calcul des besoins publics et commerciaux :

Ce tableau représente le calcul des besoin public et commerciaux de notre zone d'étude

Equipment	Surface(m ²)	Dotation (l/j/m ²)	Besoin (m ³ /j)
Mosquée	4300	5	21,5
Bibliothèque	3000	5	15
Maison des jeunes	3000	5	15
Marché	5000	5	25
Centre de santé	2000	5	10
Brigade	4000	5	20
Totale			106,5

Tableau II.2 : Calcul des besoins publics et commerciaux

II.2.3 Débit moyen journalier totale :

Le débit moyen journalier c'est la somme des débit moyen journalier domestique et des équipement (scolaire et publics, commerciaux)

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{moyj T}} &= Q_{\text{moy}}(\text{dom}) + Q_{\text{moy}}(\text{scl}) + Q_{\text{moy}}(\text{pub+comr}) \\
 &= 5250 + 147.24 + 106.5
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{moy T}} = 5503.74 \text{ m}^3/\text{j}$$

II.2.4 Débit de pointe journalier

$$Q_{\text{max j}} = (Q_{\text{moyj}} * K_{\text{maxj}}) \text{ (m}^3/\text{j)}$$

Avec

Q_{moyj} : debit moyen journalier m³/j

CHAPITRE II : ESTIMATION DES BESOINS

K maxj : coefficient de pointe journalier varié entre **1.1** et **1.3**

AN
$$Q_{maxj} = 5503.74 * 1.3 = 7154.862 \text{ m}^3/\text{j}$$

II.2.5 Débit de pointe horaire :

$$Q_{maxh} = K_{maxh} * (Q_{maxj}/24)$$

Avec

Qmaxj : débit de pointe journalier m^3/j

Kmaxh ; coefficient de pointe horaire est égale a ($\alpha_{max} * \beta_{max}$)

α_{max} : Coefficient tenant compte du niveau de confort et des équipements l'agglomération qui est compris entre 1.2 et 1.6

β_{max} : Coefficient en fonction de la taille d'agglomération

L'interpolation permet d'obtenir les valeurs de β_{max} en utilisant les valeurs présentes dans le tableau.

Nombre d'habitant *1000	1	1.5	2.5	4	6	10	20	50	100	300	1000
β_{max}	2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.15	1.1	1.05	1

Tableau II.3 : Valeurs de β_{max} en fonction du nombre d'habitant.

Le nombre d'habitant totale de notre zone d'étude est 35000 habitants pour cela le coefficient **β_{max}** est égale à :

Pour 20000 habitants $\beta_{max} = 1.2$

Pour 50000 habitants $\beta_{max} = 1.15$

Pour 35000 habitants **$\beta_{max} = ?$**

Donc

(50000- 20000) → (1.15-1.2)

$$35000-20000) \longrightarrow (\beta_{\max} - 1.2)$$

$$\beta_{\max} = 1.175$$

$$K_{\text{mawh}} = (1.3 * 1.175) = 1.527$$

$$Q_{\text{maxh}} = 1.527 * (7154.862/24) = 455.228 \text{ m}^3/\text{h} = 82. 8125 \text{ l/s}$$

II.2.6 Debit de pointe minimum horaire :

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

Avec

Q_{moyh} : débit moyen horaire (m³/h)

K_{minh} coefficient de pointe minimum horaire est = (**α_{min}** * **β_{min}**)

α_{min} : Coefficient qui tient compte du confort des équipements de l'agglomération et du Régime de travail il varié entre 0.4 et 0.6

β_{min} : Coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population

L'interpolation permet d'obtenir les valeurs de β_{min} en utilisant les valeurs présentes dans le tableau.

Nombre d'habitant * 1000	1	1.5	2.5	4	6	10	20	50	100	300	1000
β_{min}	0.1	0.1	0.1	0.2	0.25	0.4	0.5	0.6	0.7	0.85	1

Tableau II.4 : Valeurs de **β_{min}** en fonction du nombre d'habitant.

Pour 20000 habitants **β_{min}** = 0.5

Pour 50000 habitants **β_{min}** = 0.6

Pour 35000 habitants **β_{min}** = ?

Donc

$$(50000-20000) \longrightarrow (0.6-0.5)$$

$$(35000-20000) \longrightarrow (\beta_{\text{min}}-0.5)$$

$$\beta_{\min} = 0.55$$

$$K_{\min h} = 0.6 * 0.55 = 0.33$$

$$Q_{\min h} = 0.33 * (7154.862 / 24) = 98.379 \text{ m}^3/\text{h} = 27.327 \text{ l/s}$$

II.1.1 Variation des débits horaire

$$Q_h = P \% * Q_{\max j}$$

Avec

- ✓ **P %** : pourcentage du régime de consommation horaire
- ✓ **Q_{maxj}** : débit max journalier (m³ /j)
- ✓ **Q_h** : débit horaire (m³ /h)

Heure	Consommation horaire de l'Agglomération Q _{maxj} = 7155m ³ /j		Consummation cumulé %	
00-01	1.5	107.325	1.5	107.325
01-02	1.5	107.325	3	214.65
02-03	1.5	107.325	4.5	321.975
03-04	1.5	107.325	6	429.3
04-05	2.5	178.875	8.5	608.175
05-06	3.5	250.425	12	858.6
06-07	4.5	321.975	16.5	1180.575
07-08	5.5	393.525	22	1574.1
08-09	6.25	447.1875	28.25	2021.2875
09-10	6.25	447.1875	34.5	2468.475
10-11	6.25	447.1875	40.75	2915.6625
11-12	6.25	447.1875	47	3362.85
12-13	5	357.75	52	3720.6
13-14	5	357.75	57	4078.35
14-15	5.5	393.525	62.5	4471.875
15-16	6	429.3	68.5	4901.175
16-17	6	429.3	74.5	5330.475

CHAPITRE II : ESTIMATION DES BESOINS

17-18	5.5	393.525	80	5724
18-19	5	357.75	85	6081.75
19-20	4.5	321.975	89.5	6403.725
20-21	4	286.2	93.5	6689.925
21-22	3	214.65	96.5	6904.575
22-23	2	143.1	98.5	7047.675
23-24	1.5	107.325	100	7155
Totale	100%	7155		

Tableau II.5 : Répartition de la consommation horaire

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons estimé les différents besoins en eaux potable de la zone l'étude et nous avons trouvé un débit de $Q_{maxj} = 7155m^3/j$ soit $82.8125l/s$ pour les besoins

Chapitre III : LES RÉSERVOIRS

Introduction

Une fois que les besoins en eau de la population ont été évalués, il est nécessaire de sélectionner un réseau qui garantit l'approvisionnement en eau potable de la localité en question. Ce réseau comprend différents éléments tels qu'une station de pompage, une conduite de refoulement et de distribution, un système de stockage et un système de protection. Le but de ce chapitre consiste à identifier les installations de stockage requises pour le réseau analysé.

III.1 Rôle des réservoirs

Les réservoirs d'eau potable présentent plusieurs avantages tels que :

- Les fonctions de régulation et d'accumulation : dans une ville, le débit refoulé par la station de pompage ne correspond pas toujours au débit consommé. Il est donc essentiel d'avoir un réservoir afin de maintenir une régulation entre le débit refoulé et celui consommé. De plus, il permet de stocker l'eau pendant toute la durée de fonctionnement de la station de pompage et de garantir la continuité de la distribution pendant l'arrêt de la pompe.
- L'augmentation des pressions implique l'utilisation d'un réservoir d'équilibre, qui est positionné à un point et à une altitude de manière à garantir la pression requise dans des points très éloignés.
- Économie d'énergie à la station de pompage : le réservoir permet de diminuer les coûts énergétiques.
- Utilité pour décomposer la charge : si le terrain est très accidenté en certains points du réseau, il est possible d'observer des pressions qui ne sont pas tolérées.
- Pour stocker la réserve d'incendie, il existe deux situations possibles :
- Il est rare de trouver un réservoir distinct pour stocker la réserve d'incendie, en raison du coût de la réalisation de cette option.
- Le réservoir d'accumulation contient la réserve d'incendie. [3].

III.2 Classification des réservoirs [4]

III.2.1 Classification selon le matériau de construction

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

- Métalliques

- En maçonnerie
- En béton (armé, ordinaire ou précontraint)

III.2.2 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.

III.2.3 Classification selon la forme géométrique :

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

- Circulaire
- Rectangulaires
- De forme quelconque (sphérique, conique.....).

III.2.4 Classification selon l'utilisation

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

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

III.3 Les réservoirs existant

Réservoirs	Coordonnées DMS			Coordonnées décimales		Année de réalisation
	X	Y	Z(m)	X(latitude)	Y(longitude)	
R100 m³	36°28'21.16N	3°00'46.19E	275	36.472544440	3.005877777	1991
R250 m³	36°29'11.16N	3°02'48.38E	192	36.486433330	3.036433333	1991
R250m³	36°29'11.60N	3°03'01.76E	229	36.486555550	3.053222222	1991
R250m³	36°29'58.05N	3°03'48.20E	238	36.499458330	3.066125000	2001
R2*250 m³	36°28'18.31N	3°00'43.92E	260	36.471752770	3.005086111	1991
R400m³	36°31'04.56N	3°04'37.57E	167	36.517933330	3.067933333	1970
R2000m³	36°28'22.58N	3°00'45.78E	285	36.472938880	3.006272222	2017
R250m³	36°28'25.89N	3°00'46.31E	311	36.473858330	3.007191666	2004

Tableau III.1 : les coordonnées des réservoirs existants

Stockage	Forme	Type	Matériaux	Fonctionnement
Réservoir 100 m ³	Rectangulaire	Semi enterré	Béton armé	Magtaa lazreg
Réservoir 250 m ³	Rectangulaire	Semi enterré	Béton armé	Hammam melouane
Réservoir 250 m ³	Rectangulaire	Semi enterré	Béton armé	Bordj-H.melouane
Réservoir 250 m ³	Rectangulaire	Semi enterré	Béton armé	Tahamoult
Réservoir 2×250m ³	Rectangulaire	Semi enterré	Béton armé	Magtaa lazreg – hammam melouane
Réservoir 400 m ³	Rectangulaire	Semi enterré	Béton armé	Cité nouvelle

Réservoir 2000 m3	Rectangulaire	tampon	Béton armé	Magtaa lazreg
Réservoir 250 m3	Rectangulaire	Semi enterré	Béton armé	Magtaa lazreg

Tableau III.2 : la structure des réservoirs existants

III.4 Les réservoirs existant dans les environs de la zone

D'après la DRE Il existe un réservoir avec un volume 1000m³ (R1000m³) ce réservoir il est au cours de réalisation pour le nouveau projet de la station de dessalement Fouka (Wilaya de Tipaza) pour augmenter la capacité d'eau R30000m³(Hasainia) → R5000m³ → R1000m³

III.5 Vérification de la capacité du réservoir existant

III.5.1 Méthode analytique

Les variations du débit entrant et sortant, les apports et la consommation quotidienne de l'agglomération déterminent la capacité du réservoir. On peut calculer la capacité de la manière suivante :

Le réservoir a une capacité calculée en fonction de la différence entre le débit entrant et le débit sortant. Le résidu sera calculé pour chaque heure, et la valeur maximale trouvée sera le pourcentage du volume de stockage.

Dans le cas d'adduction par refoulement, les débits d'apport sont répartis sur une période de 24 heures afin de permettre la réparation des pannes éventuelles et l'entretien de la station de pompage.

Le réservoir a un volume résiduel et un volume maximal de stockage pour la consommation.

$$V_R = \frac{d+d' \times Q_{max.j}}{100} \text{ Et } V_{max} = V_R + V_{incendie}$$

Avec :

- **V_R** : Volume résiduel dans le réservoir de stockage (m3) (Cas de distribution)
- **V_{max}** : Volume maximal de stockage (m3)

- V_{incendie} : Réserve d'incendie égale à 120 l/s
- $Q_{\text{max},j}$: Consommation maximale journalière (m³/j)
- $d+d'$ Égale à la somme de la valeur maximale absolue

Pour les réservoirs de distribution on ajoute la réserve d'incendie pour leur capacité totale (volume de construction génie civile), cette réserve est égale à 120 l/s.

III.5.2 Détermination de la capacité de réservoir par la méthode analytique

Ce réservoir assure la distribution vers **AADL SIDI SERHANE**
7000 logement gravitairement. Le nombre d'habitant de
 l'agglomération est **35000 habitants** et la consommation maximale
 journalière est **7155 m³/j**

heurs	Apport %	Consommation %	Consommation Cumulé %	Apport Cumulé %	Les différentes entres les cumulé %
0-1	4,167	1,5	1,5	4,167	2,667
1-2	4,167	1,5	3	8,334	3,834
2-3	4,167	1,5	4,5	12,501	8,001
3-4	4,167	1,5	6	16,668	10,668
4-5	4,167	2,5	8,5	20,835	12,335
5-6	4,167	3,5	12	25,002	13,002
6-7	4,167	4,5	16,5	29,169	12,669
7-8	4,167	5,5	22	33,336	11,336
8-9	4,167	6,25	28,25	37,503	9,253
9-10	4,167	6,25	34,5	41,67	7,17
10-11	4,167	6,25	40,75	45,837	5,267
11-12	4,167	6,25	47	50,004	3,004
12-13	4,167	5	52	54,171	2,171
13-14	4,167	5	57	58,338	1,338
14-15	4,167	5,5	62,5	62,505	0,005
15-16	4,167	6	68,5	66,667	-1,833

CHAPITRE III : LES RÉSERVOIRS

16-17	4,167	6	74,5	70,839	-3,661
17-18	4,167	5,5	80	75,006	-4,994
18-19	4,167	5	85	79,173	-5,827
19-20	4,167	4,5	89,5	83,34	-6,16
20-21	4,167	4	93,5	87,507	-5,993
21-22	4,167	3	96,5	91,674	-4,826
22-23	4,167	2	98,5	95,841	-2,659
23-24	4,16	1,5	100	100	0
∑	100	100	/	/	/

Tableau III.3 : Détermination de la capacité du réservoir

➤ **Calculer volume de réservoir :**

$$V_r = \frac{d+d'}{100} Q_{\max j} + V_{inc} = \frac{13,002+5,993}{100} \times 7155 + 120 = 1479,45 \text{ m}^3$$

Volume normalisé de **1500m³**

Conclusion

A travers ce chapitre on n'a présenter les réservoirs existants dans notre zone et on a déterminer la capacité de réservoirs de distribution

CHAPITRE IV : COUP DE BÉLIER

Introduction

Le coup de bélier est un phénomène hydraulique qui se trouve généralement dans le système de tuyauterie il se produit lorsque l'écoulement d'un fluide est brusquement arrêté après il crée une augmentation soudaine de la pression dans la conduite cette augmentation peut causer des dégâts graves au niveau des tuyaux

IV.1 NOTION SUR L'ETUDE DU COUP DE BELIER DANS LES SYSTEMES DE POMPAGE [5]

L'étude du coup de bélier est une étude profonde, surtout pour des systèmes contiennent plusieurs pompes et beaucoup d'accessoires hydrauliques, ... En plus si ce phénomène est sévère, peut entraîner la casse (ruine) de tout le système. et parmi les moyens de protections on a les réservoirs anti bélier, les soupapes de décharges sont excessivement coûteuses. Donc, avant de lancer des études pareilles, le concepteur doit être certain de l'occurrence d'un coup de bélier.

Kerr en 1949, a posé des questions qui permettront de décider de ce qu'il faut faire avant l'entame d'une étude relative au coup de bélier par surpression.

Les réponses reçues aux 12 questions indiquent le degré de gravité du problème et la faisabilité ou non de l'étude en régime transitoire.

- 1) Est-ce qu'il y a des points élevés (bosses) sur le profil de la conduite principale de transmission où l'apparition d'un vide peut provoquer une séparation de la colonne d'eau lorsque la pompe est arrêtée ?
- 2) La longueur de la conduite principale est-elle inférieure à 20 fois la HMT de la pompe ?
- 3) La vitesse maximale d'écoulement dans la conduite principale dépasse-t-elle 1,22 m/sec ?
- 4) Le facteur de sécurité du tuyau est-il inférieur à 3,5 (lié à la résistance ultime) pour les pressions de fonctionnement normales ?
- 5) Quel est le taux de décroissance de la colonne d'eau si la pompe est arrêtée ? La colonne va-t-elle s'arrêter et inverser son sens d'écoulement en un temps moins que le temps critique ($2L/C$) de l'onde pour le réseau de transport ?
- 6) Le clapet anti-retour se fermera-t-il en un temps moins que le temps critique ($2L/C$) pour la conduite principale ?

- 7) Est-ce qu'il y a des vannes automatiques à fermeture rapide réglées pour s'ouvrir ou se fermer en moins de 5 secondes ?
- 8) La pompe ou son moteur d'entraînement serait-il endommagé s'il était autorisé à fonctionner à l'envers, jusqu'à atteindre sa pleine vitesse ?
- 9) La pompe s'arrêtera-t-elle avant que la soupape de refoulement ne soit complètement fermée ?
- 10) La pompe démarrera-t-elle avec la vanne de refoulement ouverte ?
- 11) Est-ce qu'il y a des stations de surpression greffées sur la conduite principale qui dépendent du fonctionnement du système ?
- 12) Est-ce qu'il y a des vannes automatiques à fermeture rapide utilisées dans le système de pompage ?

IV.2 PRONOSTIC DE KERR [5]

- a) Si les réponses sont toutes négatives, il n'y a pas lieu de s'inquiéter du coup de bélier. Vraisemblablement, il va y avoir des surpressions, mais elles seront sans gravité pour le système.
- b) Si la réponse à l'une (1) de ces questions est affirmative, il y a une forte possibilité que de graves surpressions se produiront.
- c) Si la réponse à deux (2) ou plusieurs des questions est affirmative, les surpressions se produiront probablement avec une gravité proportionnelle au nombre de réponses affirmatives

➤ **Cas de la dépression**

Dans le cas d'un coup de bélier par dépression, la première des choses à faire est de calculer la dépression admissible de la conduite puis la comparer avec celle que va générer le coup de bélier.

La dépression admissible de la conduite est fonction de plusieurs paramètres entres-autres, le type d'installation de la conduite, tranchée, enfouissement ou aérienne sur support.

• **Premier cas : Conduite SANS chargement**

Dans ce cas la conduite n'est soumise à aucune contrainte extérieure. Pas de remblais, pas de cours d'eau. Rien du tout. Elle est simplement posée à même le sol.

- **Deuxième cas : Conduite AVEC chargement**

Dans ce cas, la conduite est soumise a beaucoup de contrainte extérieures telles que le chargement statique (remblais), le chargement dynamique (véhicules), les tremblements de terre, les nappes d'eau, les cours d'eau,

L'environnement de la conduite influe sur les calculs.

Pour les deux cas, les calculs permettant de déterminer la résistance d'une conduite au risque d'aplatissement seront donnes ultérieurement.

Il existe beaucoup de méthodes pour étudier le coup de bélier dans les conduites en charge (pompage et gravitaire). En ce qui nous concerne, nous utiliserons la méthode des enveloppes pour l'analyse du phénomène et les abaques de Puech - Meunier- pour le dimensionnement des moyens de protection contre

Le coup de bélier. La méthode des enveloppes est largement détaillée dans le livre de M. Meunier, ``Analyse quantitative des phénomènes transitoires en hydraulique sous

Pour les abaques, ils sont disponibles dans le livre de M. A. Morel, ``Exercices de MDF. Tome 2``.

En outre, il faut préciser que nous allons traiter que les configurations simples, i.e., Une seule pompe et une seule conduite de refoulement ou bien plusieurs conduites en serie. Les autres cas, généralement, les cas réels, sont difficilement réalisables à la main, pour ne pas dire impossibles et de ce fait nécessitent des logiciels spécialisés tels que ; BEL, WHATHAM, AFT-Impulse, CAESAR II, HAMMER, ..., etc.

IV.3 QUELQUES INFORMATIONS SUR LE COUP DE BELIER [5]

Le coup de bélier (CB) est une variation brusque de la pression, sous forme de surpression et/ou dépression, occasionnée par une variation brusque de la vitesse ou du débit (théorème de Bernoulli).

Dans les systèmes de pompage, le CB commence par une dépression et dans les écoulements gravitaires, se terminant par une vanne, le CB commence par une surpression. La surpression peut faire éclater la conduite et tout le système de pompage. Cependant, la dépression peut faire aplatis la conduite.

Le CB est dit « Graduel » ou « Progressif » si T_A ou bien $T_F > 2.L/a$

Le CB est dit « Brusque » ou « Rapide » si T_A ou bien $T_F < 2.L/a$

- T_A = Temps d'arrêt de la pompe après disjonction électrique.
- T_F = Temps de fermeture de la vanne se trouvant à l'aval de la conduite. (L'ouverture et/ou la fermeture des vannes peut se faire manuellement ou à l'aide d'un moteur)
- L = Longueur de la conduite
- a = Célérité de l'onde, de surpression ou de dépression, à l'intérieur de la conduite.
- $2.L/a$ = Temps caractéristique = Temps nécessaire pour l'onde de faire un aller-retour.

T_A et T_F sont donnés par les constructeurs de la vanne et de la pompe. A défaut, ils peuvent être calculés.

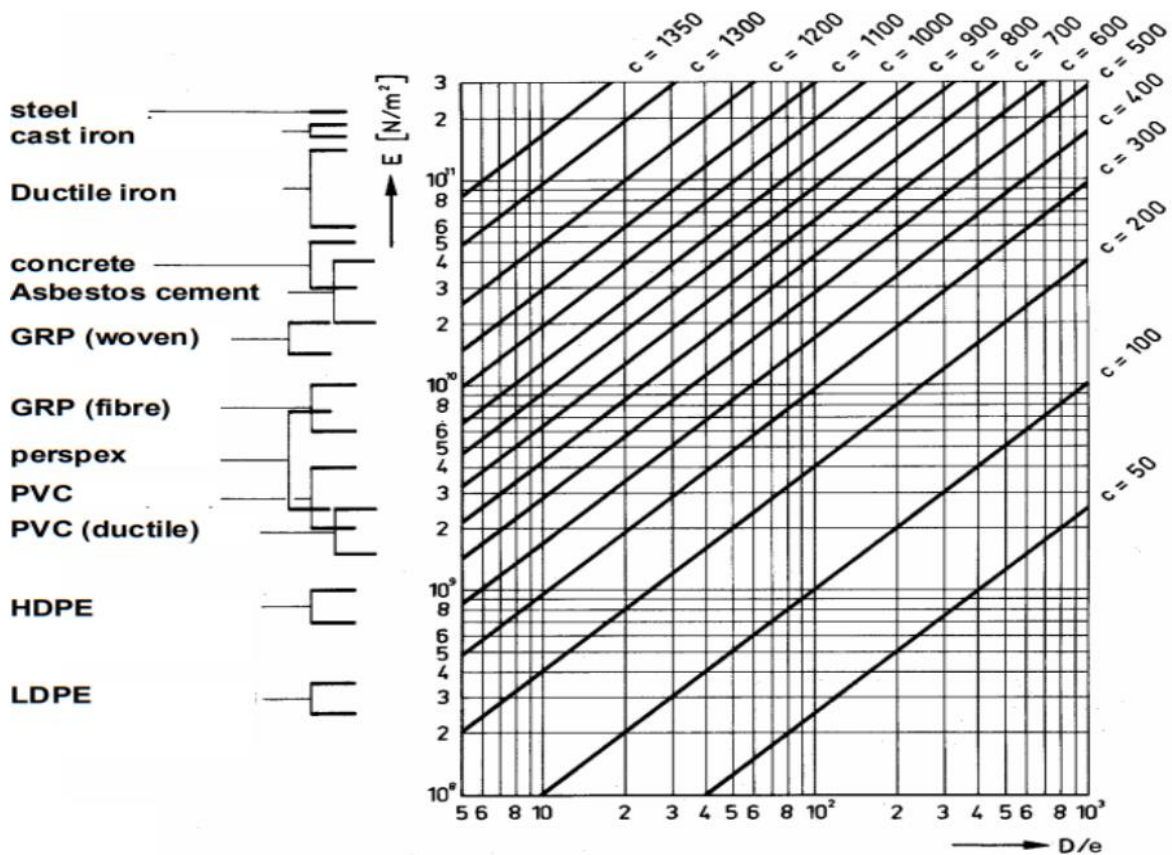
IV.4 CALCUL DES DIFFERENTS PARAMETRES [5]

1) La célérité de l'onde ($a = c$)

A) $a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K^* \frac{ID}{T}}}$ T = Epaisseur de la conduite

	Acier	Fonte grise	Fonte ductile	Béton	PVC	PEHD	PEBD	PRV (GRP)
K*	0,5	1,0	0,59	5	33	83	500	Voir tableaux ci-dessous

Tableau IV.1 : K coefficient dépendant du matériau constituant la canalisation



E = Module d'Young $D/e = D_{intérieure} / \text{épaisseur}$ $c = a = \text{Célérité de l'onde}$

Figure IV.1 : célérité d'onde en fonction de matériau [5]

$$B) a = \sigma \sqrt{\frac{\frac{\sqrt{\kappa}}{\rho}}{1 + \frac{c \cdot \kappa \cdot D}{E \cdot T}}}$$

REMARQUE

La célérité de l'onde diminue avec l'augmentation de l'air et des Gaz dans le liquide.

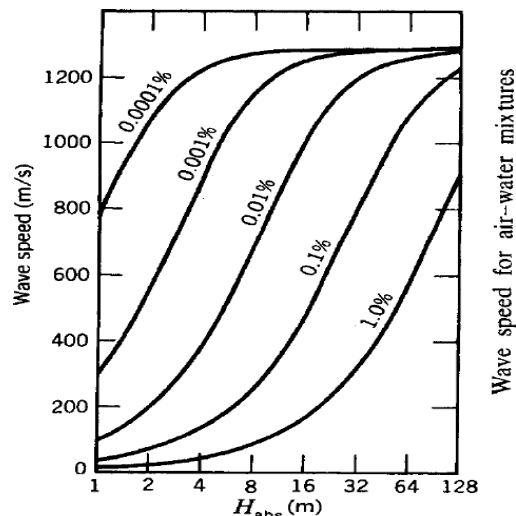


Figure IV.2: La célérité de l'onde diminue avec l'augmentation de l'air et des Gaz dans le liquide. [J. P. Tullis, *Hydraulics of pipeline*]

- $\sigma = 1,10$ à **1,30**..... Pour les conduites en PVC, PRV et PEHD
- $C = (1 - 0,5 \cdot \mu)$ 1 fixation à l'amont
- $C = (1 - \mu^2)$ 2 fixations ; 1 à l'amont + 1 à l'aval
- $C = 1$ 3 fixations

Recommandations :

$C = 1 - 0,5 \cdot \mu$ Pour $\mu \leq 0,5$

$C = 1 - \mu^2$ Pour $\mu > 0,5$

- μ = Coefficient de Poisson du matériau de la conduit
- K = Coefficient d'élasticité du fluide transporté
- ρ = Masse volumique du liquide transporté
- ID = Diamètre intérieur de la conduite
- T = épaisseur
- E = Module de Young du matériau de la conduite

Acier	Béton	PRV	Fonte	PVC	PEHD	PEBD	Béton armé
200 to 207	14 to 30	17	165 to 172	2,4 to 3,5	0,8	0,11 to 0,45	30 to 60

Tableau IV.2 : Module de Young E (GPa = 10^9 N/m²)

Température °C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
K (10 ⁷ Pa)	204	206	211	214	220	222	223	224	227	229	230

Tableau IV.3 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K)

Moduli of Elasticity and Poisson's Ratio for Common Pipe Materials

Steel	$E = 30 \times 10^6 \text{ psi}$	$\mu \approx 0.30$
Ductile cast iron	$E = 24 \times 10^6 \text{ psi}$	$\mu \approx 0.28$
Copper	$E = 16 \times 10^6 \text{ psi}$	$\mu \approx 0.30$
Brass	$E = 15 \times 10^6 \text{ psi}$	$\mu \approx 0.34$
Aluminum	$E = 10.5 \times 10^6 \text{ psi}$	$\mu \approx 0.33$
PVC	$E \approx 4 \times 10^5 \text{ psi}$	$\mu \approx 0.45$
Fiberglass reinforced plastic (FRP)	$E_2 = 4.0 \times 10^6 \text{ psi}$ $E_1 = 1.3 \times 10^6 \text{ psi}$	$\mu_2 = 0.27 \cdot 0.30$ $\mu_1 = 0.20 \cdot 0.24$
Asbestos cement	$E \approx 3.4 \times 10^6 \text{ psi}$	$\mu \approx 0.30$
Concrete	$E = 57,000 \sqrt{f'_c}$	$\mu \approx 0.30$

$f'_c = 28\text{-day strength in psi}$ (1 PSI = 6894,76 Pa)

2) Temps d'arrêt de la pompe (T_A)

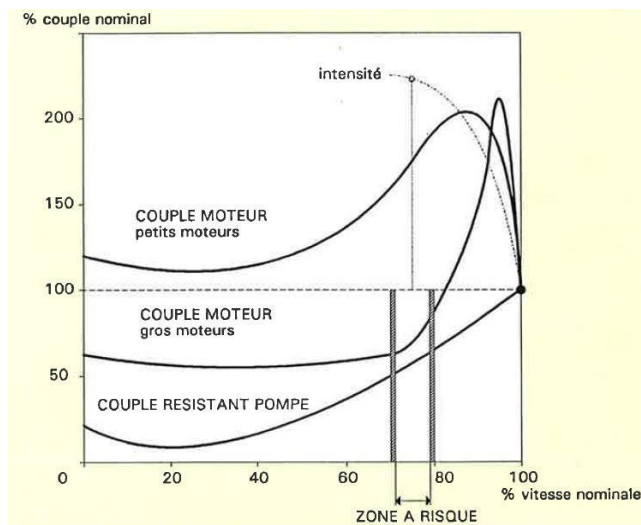
A) T_A est donné par le constructeur de la pompe.

B) $T_A(s) = \frac{L \cdot V_0}{9,81 \cdot (HMT + P_{atm} - 3)}$ (M. Carlier, Machines Hydrauliques)

Avec ;

- P_{atm}(m) = 10,21 – 0,001 · Altitude(m)
- L (m) = Longueur de la conduite (m)
- V₀ (m/s) = Vitesse moyenne en régime permanent (Avant l'apparition du coup de bélier).

C) Méthode basée sur les graphiques Couple (C) vs Vitesse de rotation (N)



Couple des moteurs électriques au démarrage (D'après Sulzer).

Figure IV.3 : couple des moteurs électriques au démarrage (D'après Sulzer) [5]

3) Temps de fermeture de la vanne (T_F)

A) T_F est donné par le constructeur de la vanne.

B) A travers les abaques donnés par J. P. Tullis dans son livre ``Hydraulics of pipelines ...``

Tous les coups de bélier se manifestent sous forme de surpressions et de dépressions.

La valeur du CB dépend du caractère « Graduel » ou « Brusque »

- $CB = 2.L.V/(g.T_A)$ ou $CB = 2.L.V/(g.T_F)$ CB Graduel (CBG)
- $CB = a.V/g$ CB Brusque (CBB)

IV.5 ANALYSE DU COUP DE BELIER PAR LA METHODE DES ENVELOPPES [5]

Cette méthode permet de déterminer exactement les zones qui risquent des aplatissements à cause des dépressions et des zones pouvant éclater à la suite des surpressions dangereuses.

IV.5.1 Ecoulement gravitaire (Vanne)

- **Coup de Bélier – Graduel**

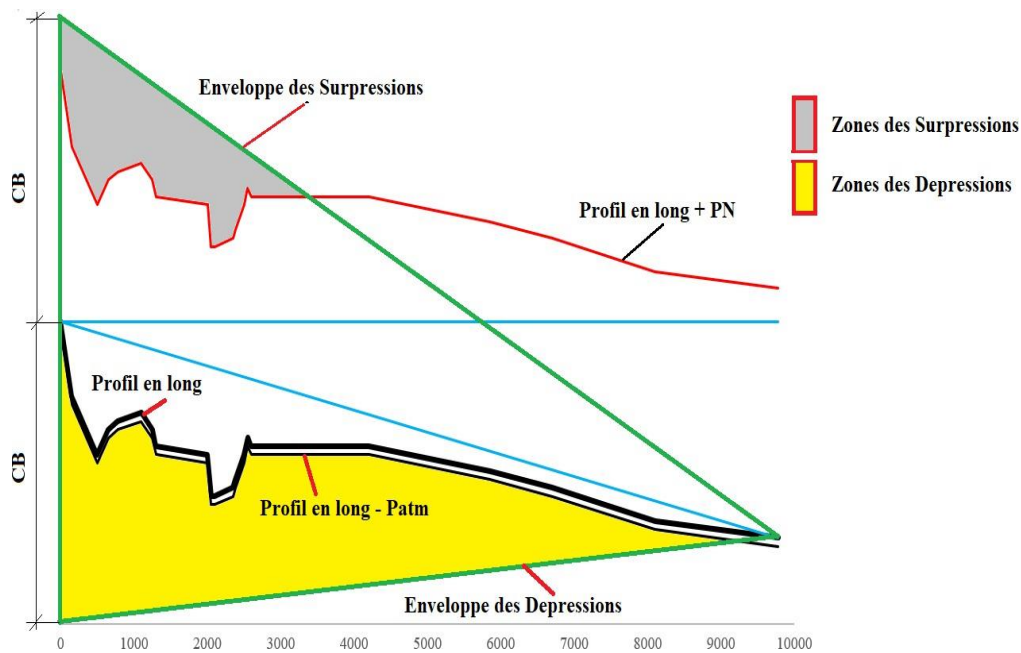


Figure IV.4 : coup de bélier graduel (écoulement gravitaire) [5]

- Coup de Bélier - Brusque

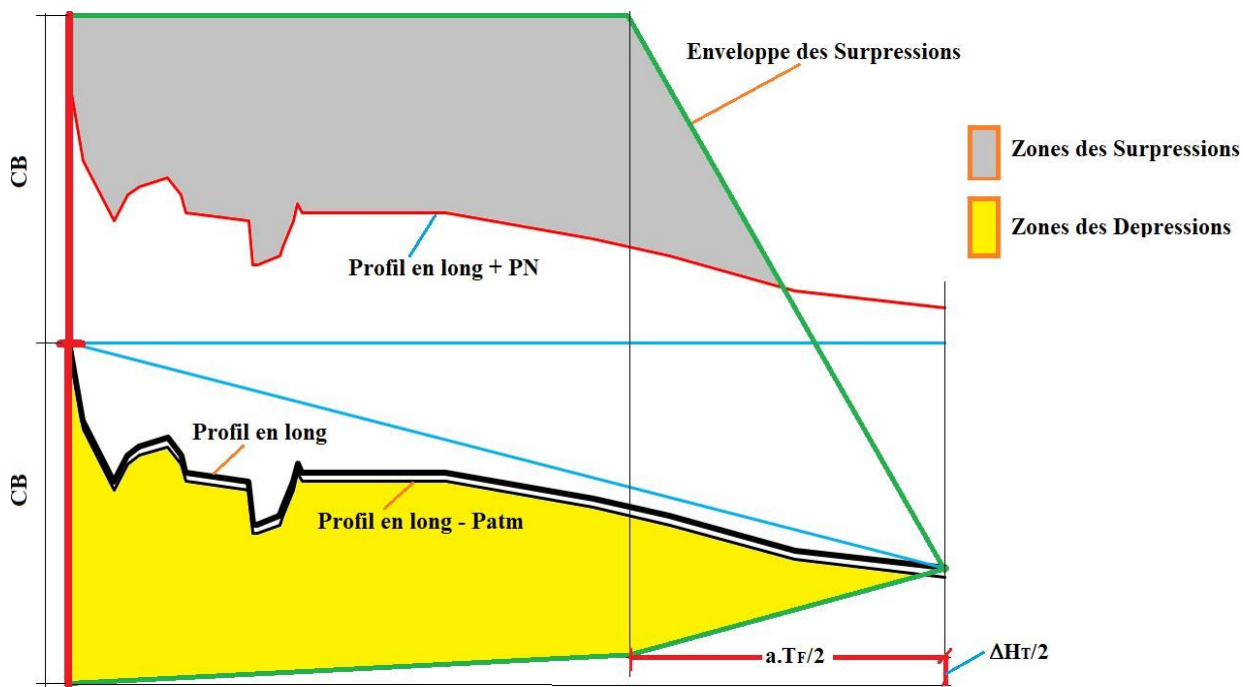


Figure IV.5 : coup de bélier brusque (écoulement gravitaire) [5]

IV.5.2 Ecoulement par pompage (Pompe)

a) Coup de Béliier - Graduel

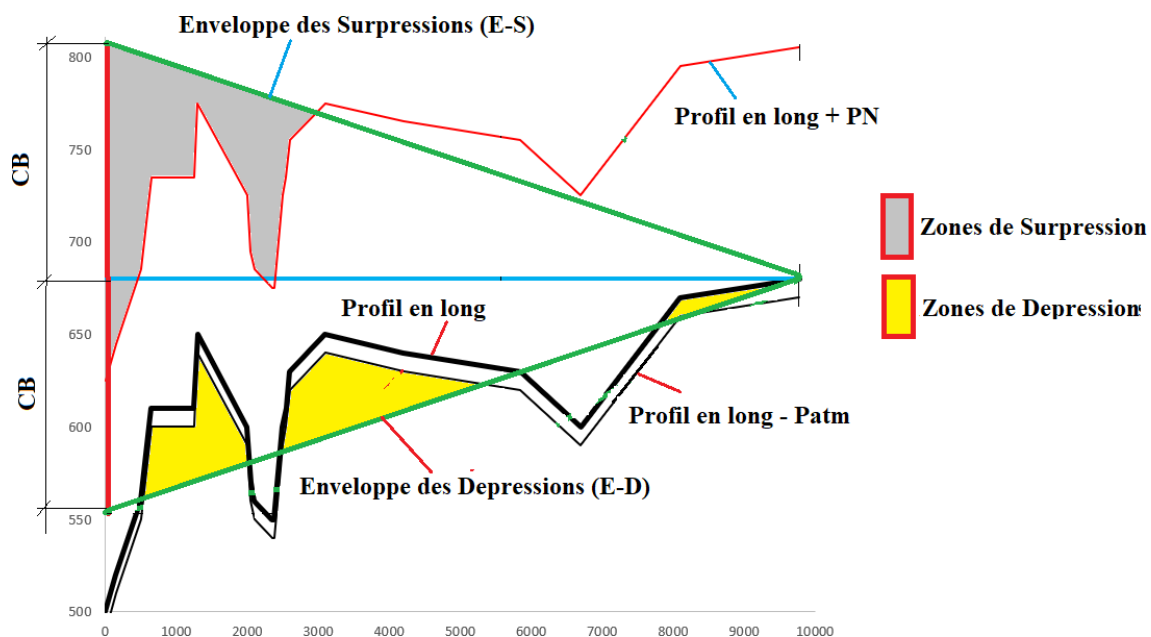


Figure IV.6 : coup de béliier graduel (écoulement par pompage) [5]

b) Coup de Béliier - Brusque

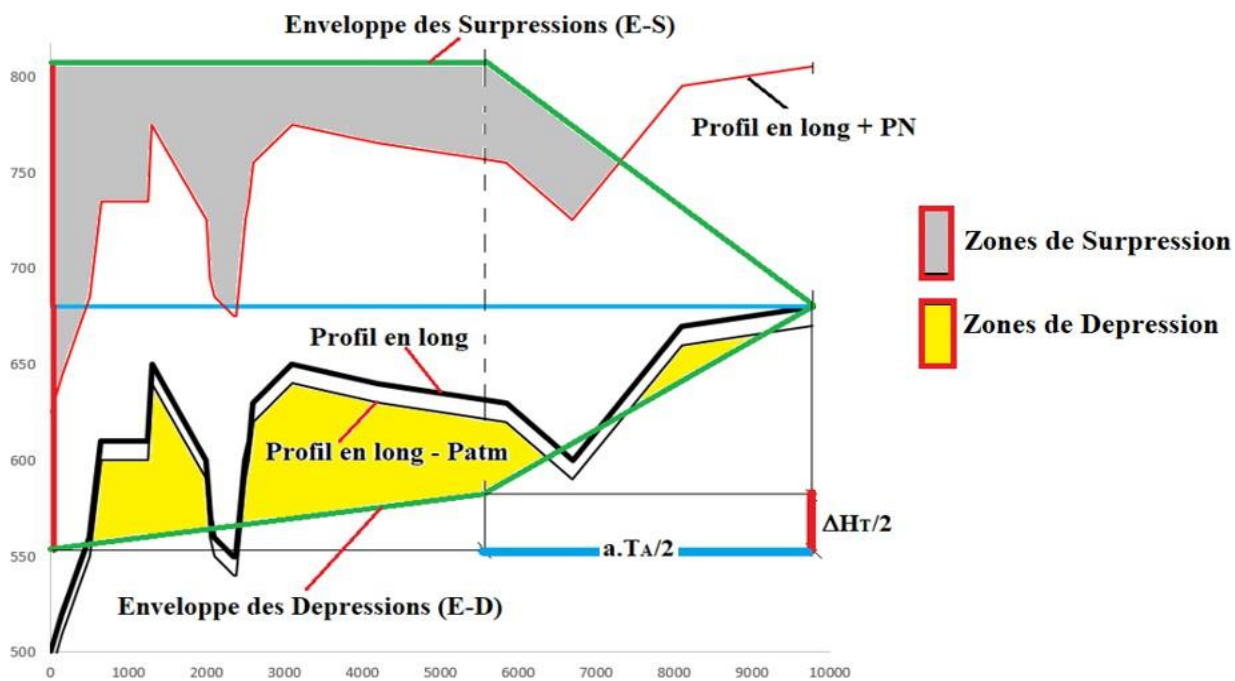


Figure IV.7 : coup de béliier brusque (écoulement par pompage) [5]

IV.6 Calcul des coups de béliers de notre zone d'étude

IV.6.1 COUP DE BÉLIER 01 DE R1 A R2

➤ **Calcul des différents paramètres**

a) La célérité de l'onde (a = c)

$$a = \sigma \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{C.K.ID}{E.T}}}$$

avec $\sigma = 1,10$ à **1,30** j'ai pris 1,3

$K = 220 * 10^7$

Température °C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
K (10 ⁷ Pa)	204	206	211	214	220	222	223	224	227	229	230

Tableau IV.4 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K)

E = 0,8 * 10⁹

Acier	Béton	PRV	Fonte	PVC	PEHD	PEBD	Béton armé
200 to 207	14 to 30	17	165 to 172	2,4 to 3,5	0,8	0,11 to 0,45	30 to 60

Tableau IV.5 : Module de Young E (GPa = 10⁹ N/m²)

C = 0.89

C = 1 - 0,5. μ.....Pour μ <= 0,5

C = 1 - μ².....Pour μ > 0,5

Plastic μ ente 0.20 à 0.24 j'ai pris 0 .22

C = 1 - 0.5 (0.22) = 0.89

D_{int} = D_{ext} - (2.12 (e)) avec D_{ext} = 50mm donc

PE100 PN6 e= 2

D_{int} = 50 - (2.12(2)) = 45.76mm

T = 2

a = 257,179

b) Temps de fermeture de la vanne (T_F)

$$T_f > 2L / a$$

$$AN \quad 2(586.8) / 257,179$$

DONC le CB sera graduel si on choisit un T_f > 4,563

c) Calcul de coup de béliier

$$CB = \frac{2Lv}{g T_f} \quad AN \quad \frac{2 \cdot 586.8 \cdot 1.62}{9.81 \cdot 15}$$

$$CB = 12.92$$

d) Calcul de profil -Patm

$$10.21 - 0.001 (483) = 9.727$$

DN	T	ID	PN	V	ΔH _T	a	T _A	2L/a	CB = 2LV/(gT _A)
50	2	45.76	6	1,62	51	257,179	15	4,563	12.92

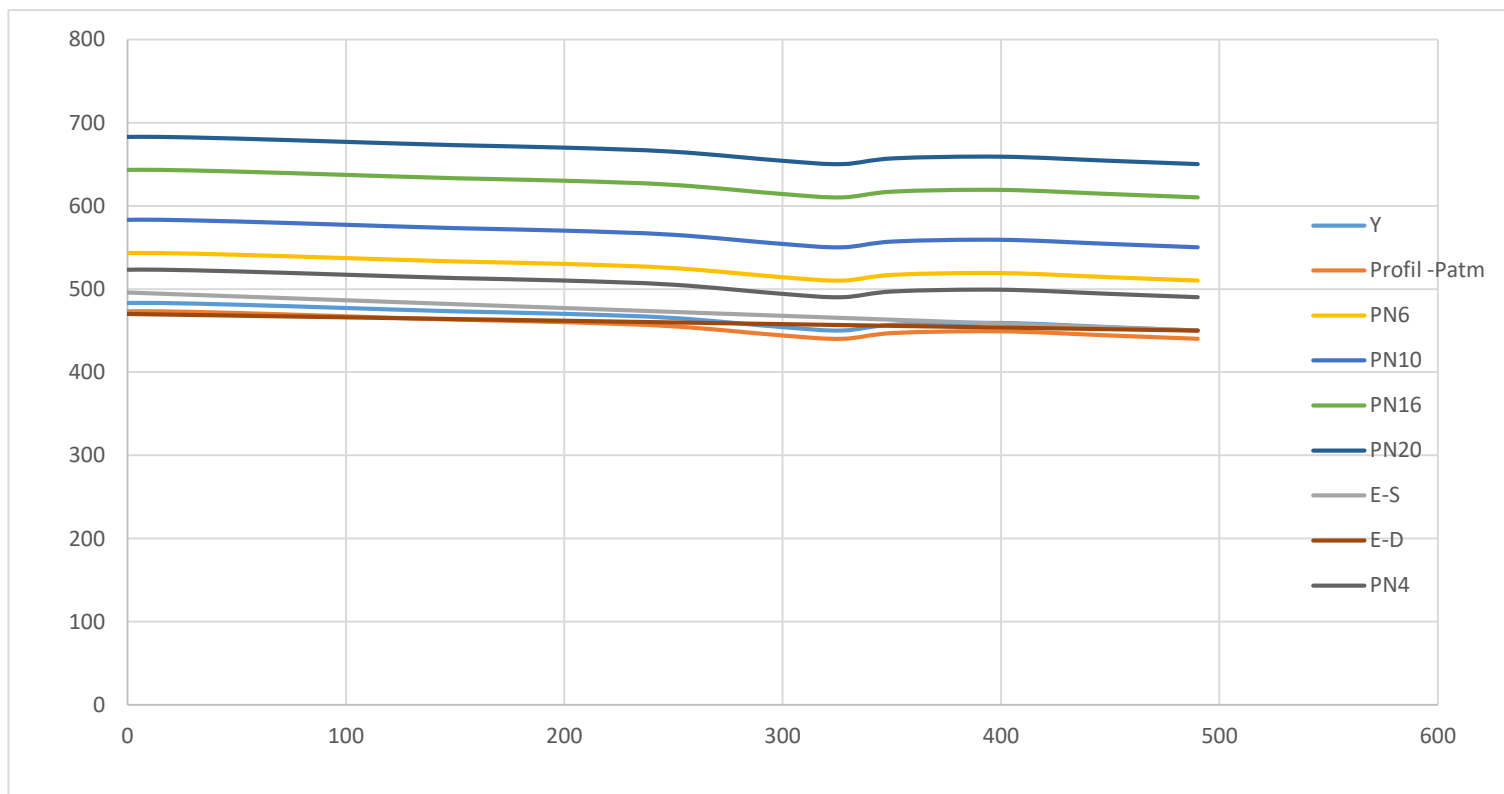


Figure IV.8 : coup de béliier 01 gravitaire

ZONE DE DEPRESSION	INTERPRITATION
0-130	Dans ce graphe la ligne de profil+ Patm elle est au haut de l'enveloppe de dépression donc il ya problème de dépression

Tableau IV.6 : interprétation de coup de bélier 01

Et par rapport à la surpression elle est nulle dans ce graphe et le PN6 il est en haut de l'enveloppe de surpression

IV.6.2 COUP DE BÉLIER 02 R2 A R3

a) La célérité de l'onde (a = c)

$$a = \sigma \frac{\sqrt{K}}{\rho} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{C.K.ID}{E.T}}}$$

avec $\sigma = 1,10$ à 1,30 j'ai pris 1,3

$$K = 220 * 10^7$$

Température °C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
K (10 ⁷ Pa)	204	206	211	214	220	222	223	224	227	229	230

Tableau IV.7 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K)

$$E = 0,8 * 10^9$$

Acier	Béton	PRV	Fonte	PVC	PEHD	PEBD	Béton armé
-------	-------	-----	-------	-----	------	------	------------

CHAPITRE IV : COUP DE BELIER

200 to 207	14 to 30	17	165 to 172	2,4 to 3,5	0,8	0,11 to 0,45	30 to 60
---------------	----------	----	---------------	---------------	-----	--------------	----------

Tableau IV.8 : Module de Young E (GPa = 10⁹ N/m²)

C= 0.89

$$C = 1 - 0,5 \cdot \mu \dots\dots\dots \text{Pour } \mu \leq 0,5$$

$$C = 1 - \mu^2 \dots\dots\dots \text{Pour } \mu > 0,5$$

Plastic μ ente 0.20 à 0.24 j'ai pris 0.22

$$C = 1 - 0.5 (0.22) = 0.89$$

D_{int} = Dext – (2.12 (e)) avec Dext = 50mm donc

PE100 PN16 e= 4,6

$$D_{int} = 50 - (2.12(4,6)) = \mathbf{40.248mm}$$

T= 4,6

a= 407,277

b) Temps de fermeture de la vanne (T_F)

$$T_f > 2L / a$$

$$AN \quad 2(1425) / 407,277$$

DONC le CB sera graduel si on choisit un T_f > 6,998

c) Calcul de coup de bélier

$$CB = \frac{2Lv}{g T_f} \quad AN \quad \frac{2 \cdot 1425 \cdot 1.81}{9.81 \cdot 20}$$

$$CB = 26.292$$

d) Calcul de profil -Patm

$$10.21 - 0.001 (1425) = 9.761$$

DN	T	ID	PN	V	ΔH_T	a	T _A	2L/a	CB = 2LV/(gT _A)
50	4,6	40.248	16	1,81	63.16	407,277	20	6,998	26.292

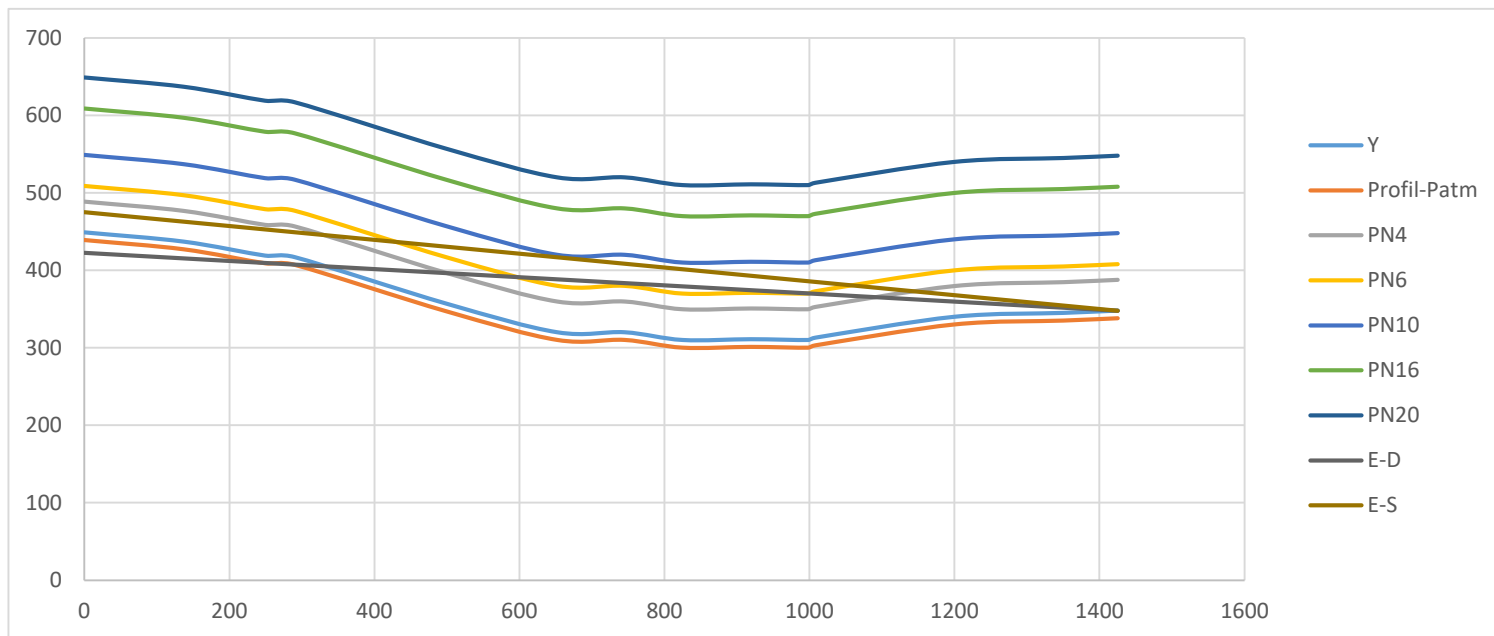


Figure IV.9 : coup de bélier 02 gravitaire

ZONE DE DEPRESSION	ZONE DE SURPRESION	INTERPRITATION
0-280	0	Dans ce graphe la ligne de profil+ Patm elle est au haut de l'enveloppe de dépression donc il ya problème de dépression
0	nulle	Dans ce cas le PN16 il est en haut de l'enveloppe de surpression donc y'a pas de surpression

Tableau IV.9 : interprétation de coup de bélier 02

IV.6.3 COUP DE BÉLIER 03 R3 à R4

Ce cas il est pareille que le premier et le deuxième donc je vais résumer les résultats dans un tableau

DN	T	ID	PN	V	ΔH_T	a	T_A	$2L/a$	CB = $\frac{2LV}{(gT_A)}$

CHAPITRE IV : COUP DE BELIER

50	2	45,76	6	1,73	57.81	257,179	15	4,563	24.299
----	---	-------	---	------	-------	---------	----	-------	--------

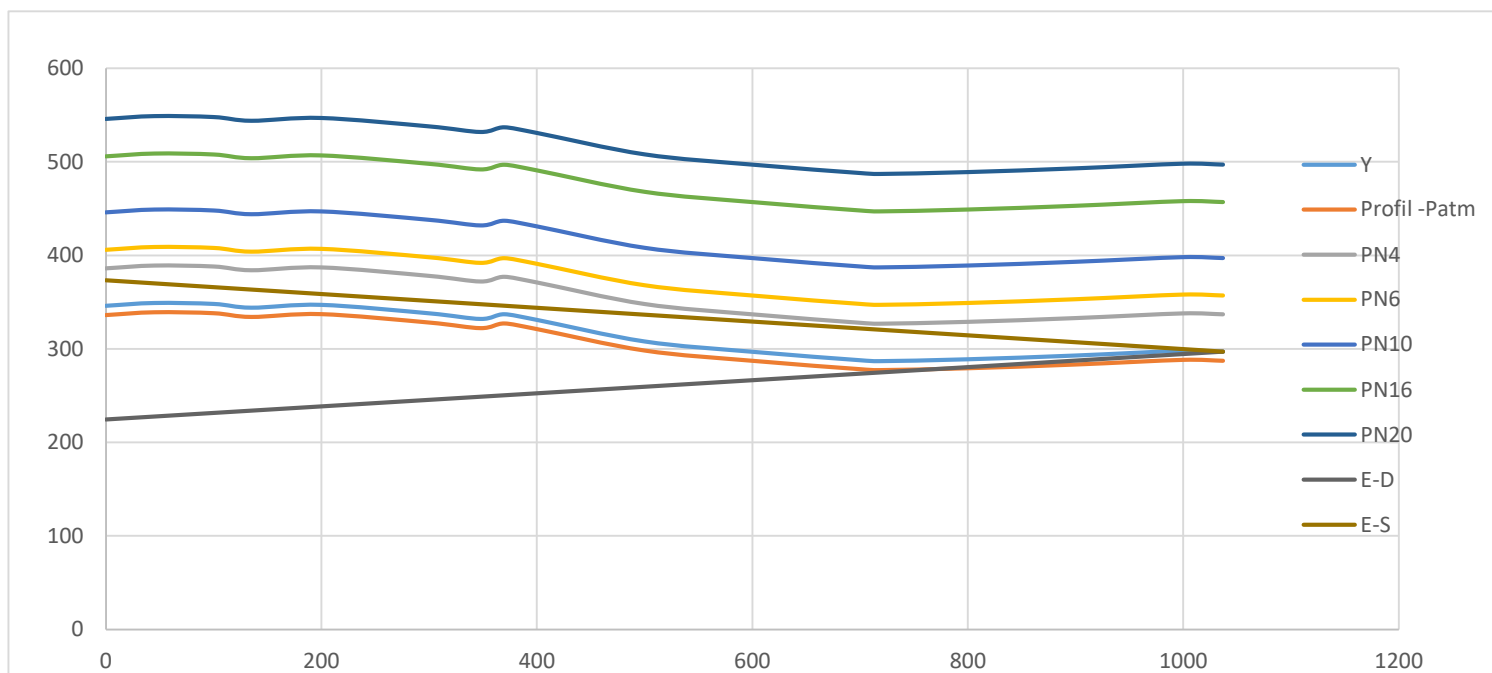


Figure IV.10 : coup de bélier 03 gravitaire

ZONE DE DEPRESSION	ZONE DE SURPRESSION	INTERPRITATION
0-750	0	Dans ce graphe la ligne de profil-Patm elle est au haut de l'enveloppe de dépression donc il y a problème de dépression
0	nulle	Le PN16 il est au haut de l'enveloppe de surpression donc y a pas de surpression

Tableau IV.10 : interprétation de coup de bélier 03

IV.6.4 COUP DE BÉLIER 04 DE R1 A NP1

➤ **Calcul des différents paramètres**

a) **La célérité de l'onde (a = c)**

$$a = \sigma \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{C.K.ID}{E.T}}}$$

avec $\sigma = 1,10$ à **1,30** j'ai pris 1,3

$$K = 220 * 10^7$$

Température °C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
K (10 ⁷ Pa)	204	206	211	214	220	222	223	224	227	229	230

Tableau IV.11 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K)

$$E = 0,8 * 10^9$$

Acier	Béton	PRV	Fonte	PVC	PEHD	PEBD	Béton armé
200 to 207	14 to 30	17	165 to 172	2,4 to 3,5	0,8	0,11 to 0,45	30 to 60

Tableau IV.12: Module de Young E (GPa = 10⁹ N/m²)

$$C = 0.89$$

$$C = 1 - 0,5 \cdot \mu \dots \dots \dots \text{Pour } \mu \leq 0,5$$

$$C = 1 - \mu^2 \dots \dots \dots \text{Pour } \mu > 0,5$$

Plastic μ ente 0.20 à 0.24 j'ai pris 0 .22

$$C = 1 - 0.5 (0.22) = 0.89$$

$$D_{int} = D_{ext} - (2.12 (e)) \quad \text{avec} \quad D_{ext} = 300\text{mm donc}$$

$$\text{PN6 PE 100 } e = 12,1 \text{ et } D_{ext} = 315\text{mm}$$

$$D_{int} = 315 - (2.12(12,1)) = 289,348\text{mm}$$

$$T = 12,1$$

$$a = 249,918$$

b) Temps de fermeture de la vanne (T_F)

$$T_f > 2L / a$$

$$AN \quad 2(406) / 249,918$$

DONC le CB sera graduel si on choisit un T_f > 3,249

c) Calcul de coup de bélier

$$CB = \frac{2Lv}{g T_f} \quad AN \quad \frac{2 \cdot 406 \cdot 0,68}{9,81 \cdot 5}$$

$$CB = 11,257m$$

d) Calcul de profil -Patm

$$10.21 - 0.001 (485) = 9.727$$

DN	T	ID	PN	V	ΔH_T	a	T_A	2L/a	CB = 2LV/(gT _A)
315	12,1	289,348	6	0,68	1,26	249,918	5	3,249	11,257

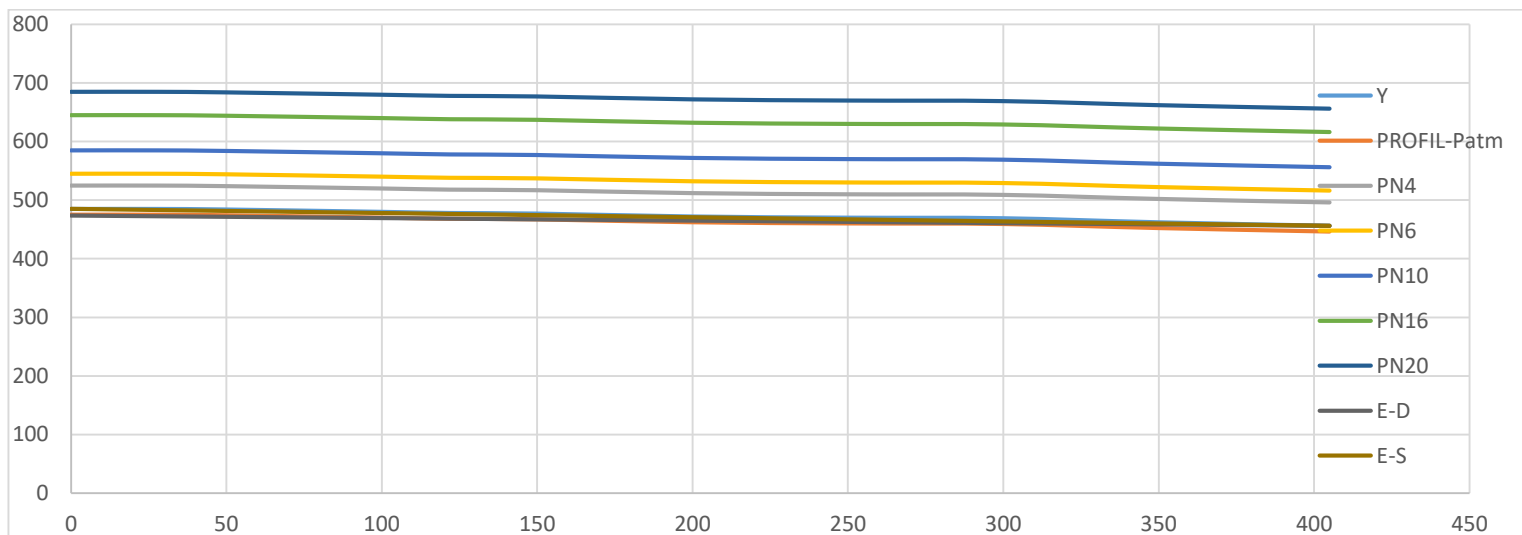


Figure IV.11 : coup de bélier 04 gravitaire

Zone de dépression	Zone de surpression	Interprétation
0-175	0	La ligne de profil –Patm elle est au haut de l’enveloppe de dépression donc il ya problème de dépression
0	NULLE	La ligne de PN6 elle est en haut de l’enveloppe de

		Surpression donc ya pas de surpression
--	--	--

Tableau IV.13 : interprétation de coup de bélier 04

IV.6.5 COUP DE BÉLIER 05 DE R2 A NP2

➤ **Calcul des différents paramètres**

a) La célérité de l'onde (a = c)

$$a = \sigma \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{C.K.ID}{E.T}}}$$

avec $\sigma = 1,10$ à **1,30** j'ai pris 1,3

$K = 220 * 10^7$

Température °C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
K (10 ⁷ Pa)	204	206	211	214	220	222	223	224	227	229	230

Tableau IV.14 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K)

E = 0,8 * 10⁹

Acier	Béton	PRV	Fonte	PVC	PEHD	PEBD	Béton armé
200 to 207	14 to 30	17	165 to 172	2,4 to 3,5	0,8	0,11 to 0,45	30 to 60

Tableau IV.15 : Module de Young E (GPa = 10⁹ N/m²)

C = 0.89

C = 1 - 0,5. μ.....Pour μ <= 0,5

C = 1 - μ².....Pour μ > 0,5

Plastic μ ente 0.20 à 0.24 j'ai pris 0 .22

C = 1 - 0.5 (0.22) = 0.89

D_{int} = Dext - (2.12 (e)) avec Dext = 350mm donc

PN6 PE 100 e= 15,3 et Dext= 400mm

Dint= 400- (2.12(15,3)) = 367,564mm

T= 15,3

a= 249,350

b) Temps de fermeture de la vanne (T_F)

T_f > 2L / a

AN 2(100) / 249,350

DONC le CB sera graduel si on choisit un T_f > 0,802

c) Calcul de coup de bélier

$$CB = \frac{2Lv}{g T_f} \quad \text{AN} \quad \frac{2 \cdot 100 \cdot 0,81}{9,81 \cdot 3}$$

CB= 5,504 m

d) Calcul de profil -Patm

10.21 -0.001 (459) = 9.751

DN	T	ID	PN	V	ΔH _T	a	T _A	2L/a	CB = 2LV/(gT _A)
400	15,3	367,564	6	0,81	1,45	249,350	3	0,802	5,504

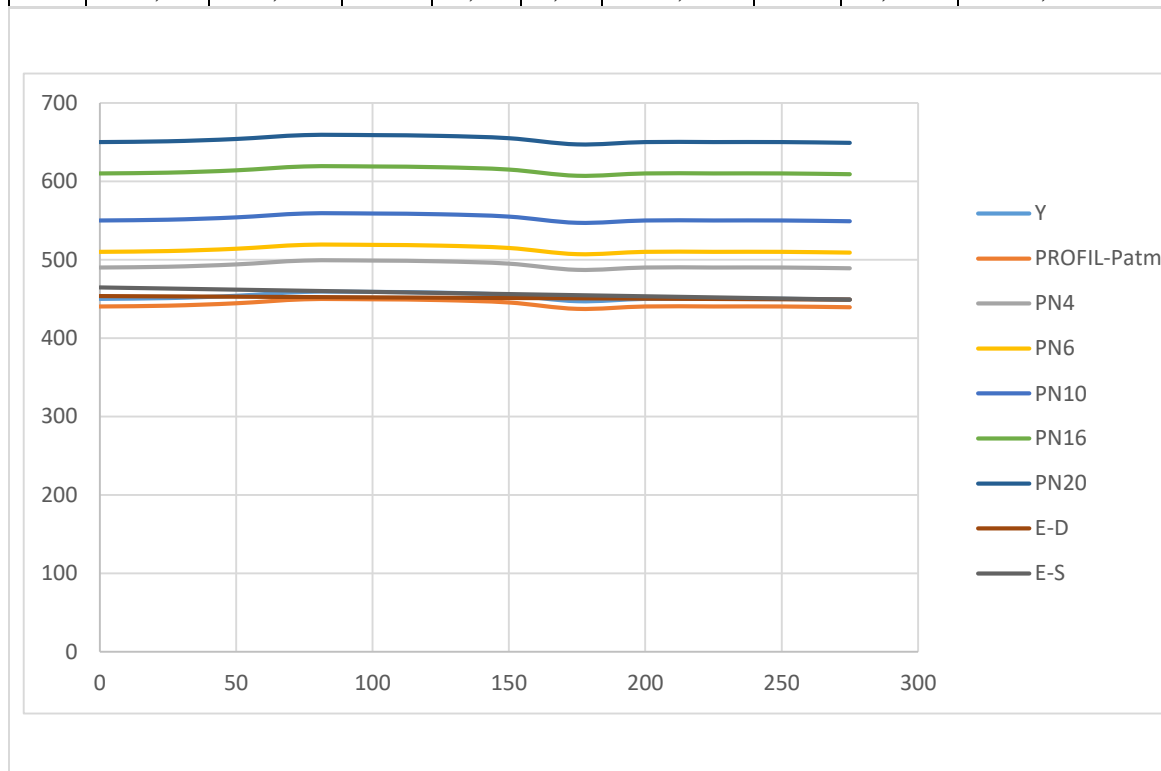


Figure IV.12 : coup de bélier 05 gravitaire

Zone de dépression	Zone de surpression	Interprétation
NULLE	0	Dans ce graphe le profil +Patm il est au-dessous de l'enveloppe de dépression donc dans cette zone il ya pas de problème de dépression
0	NULLE	La ligne de PN10 elle est en haut de l'enveloppe de surpression donc ya pas de surpression

Tableau IV.16 : interprétation de coup de bélier 05

IV.6.6 COUP DE BÉLIER 06 DE R3 A NP3

➤ Calcul des différents paramètres

a) La célérité de l'onde (a = c)

$$a = \sigma \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{C.K.ID}{E.T}}}$$

Avec $\sigma = 1,10$ à **1,30** j'ai pris 1,3

$$K = 220 * 10^7$$

Température °C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
K (10 ⁷ Pa)	204	206	211	214	220	222	223	224	227	229	230

Tableau IV.17 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K)

$$E = 0,8 * 10^9$$

Acier	Béton	PRV	Fonte	PVC	PEHD	PEBD	Béton armé
200 to 207	14 to 30	17	165 to 172	2,4 to 3,5	0,8	0,11 to 0,45	30 to 60

Tableau IV.18 : Module de Young E (GPa = 10⁹ N/m²)

C= 0.89

$$C = 1 - 0,5 \cdot \mu \dots\dots\dots \text{Pour } \mu \leq 0,5$$

$$C = 1 - \mu^2 \dots\dots\dots \text{Pour } \mu > 0,5$$

Plastic μ ente 0.20 à 0.24 j'ai pris 0.22

$$C = 1 - 0.5 (0.22) = 0.89$$

D_{int} = D_{ext} - (2.12 (e)) avec D_{ext} = 250mm donc

PN6 PE 100 e= 9,6 et D_{ext}= 250mm

$$D_{int} = 250 - (2.12(9,6)) = 229,648\text{mm}$$

$$T = 9,6$$

a= 249,873

b) Temps de fermeture de la vanne (T_F)

$$T_f > 2L / a$$

$$AN \quad 2(100) / 249,873$$

DONC le CB sera graduel si on choisit un T_f > 0,810

c) Calcul de coup de bélier

$$CB = \frac{2Lv}{g T_f} \quad AN \quad \frac{2 \cdot 100 \cdot 0,94}{9,81 \cdot 3}$$

$$CB = 6,3880 \text{ m}$$

d) Calcul de profil -Patm

$$10.21 - 0.001 (358) = 9.852$$

DN	T	ID	PN	V	ΔH_T	a	T _A	2L/a	CB = 2LV/(gT _A)
250	9,6	229,648	6	0,94	2,86	249,873	3	0,810	6,3880

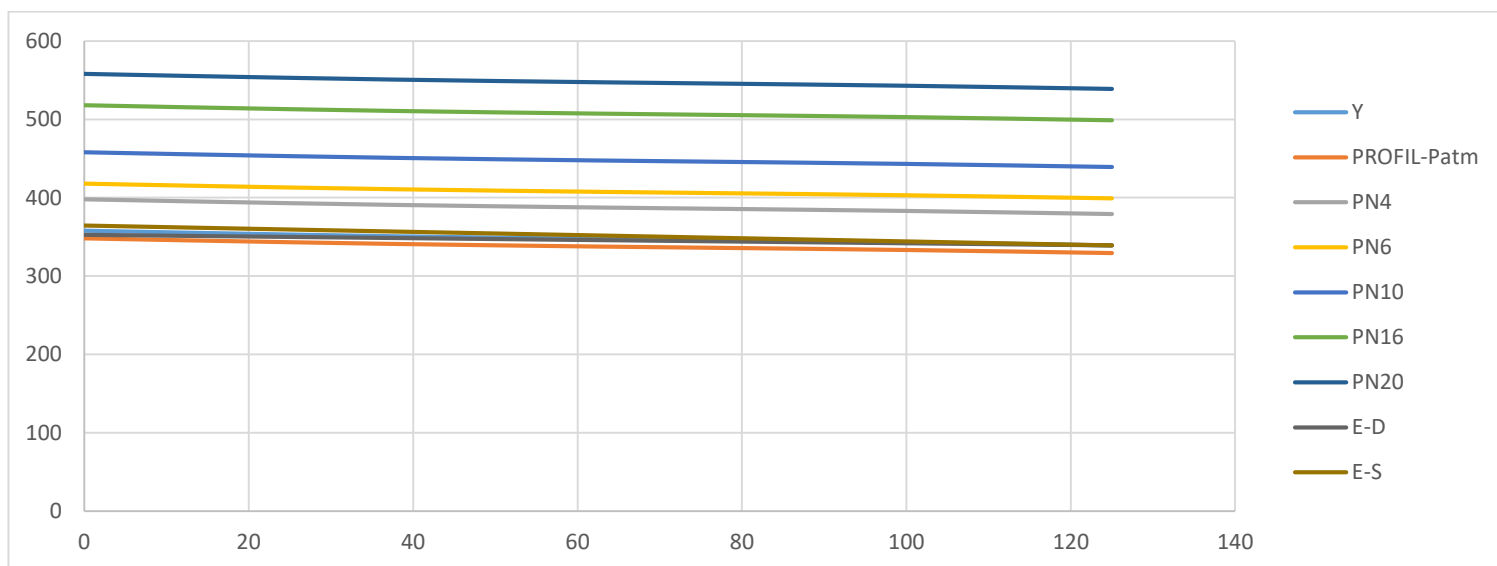


Figure IV.13 : coup de béliier 06 gravitaire

Zone de dépression	Zone de surpression	Interprétation
NULLE	0	La ligne de profil – Patm il est au-dessous de l’enveloppe de dépression donc il ya pas de problème de dépression
0	NULLE	La ligne de PN6 elle est en haut de l’enveloppe de surpression donc y a pas de surpression

Tableau IV.19 : interprétation de coup de béliier 06

IV.6.7 COUP DE BÉLIER 07 DE R4 A NP4

➤ Calcul des différents paramètres

a) La célérité de l’onde (a = c)

$$a = \sigma \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{C.K.ID}{E.T}}}$$

avec $\sigma = 1,10$ à **1,30** j’ai pris 1,3

$$K = 220 * 10^7$$

CHAPITRE IV : COUP DE BELIER

Température °C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
K (10 ⁷ Pa)	204	206	211	214	220	222	223	224	227	229	230

Tableau IV.20 : Coefficient d'élasticité de l'eau (K)

$$E = 0,8 * 10^9$$

Acier	Béton	PRV	Fonte	PVC	PEHD	PEBD	Béton armé
200 to 207	14 to 30	17	165 to 172	2,4 to 3,5	0,8	0,11 to 0,45	30 to 60

Tableau IV.21 : Module de Young E (GPa = 10⁹ N/m²)

$$C = 0.89$$

$$C = 1 - 0,5 \cdot \mu \dots \dots \dots \text{Pour } \mu < 0,5$$

$$C = 1 - \mu^2 \dots \dots \dots \text{Pour } \mu > 0,5$$

Plastic μ ente 0.20 à 0.24 j'ai pris 0.22

$$C = 1 - 0.5 (0.22) = 0.89$$

$$D_{int} = D_{ext} - (2.12 (e)) \quad \text{avec} \quad D_{ext} = 150\text{mm donc}$$

PN10(SDR 17) PE 100 e= 9,5 et Dext= 160mm

$$D_{int} = 160 - (2.12(9,5)) = 139,86\text{mm}$$

$$T = 9,5$$

$$a = 316,857$$

b) Temps de fermeture de la vanne (T_F)

$$T_f > 2L / a$$

$$AN \quad 2(100) / 316,857$$

DONC le CB sera graduel si on choisit un T_f > 0,63120

c) Calcul de coup de bélier

$$CB = \frac{2Lv}{g T_f} \quad AN \quad \frac{2 * 100 * 0,75}{9.81 * 3}$$

$$CB = 5,096 \text{ m}$$

d) Calcul de profil -Patm

$$10.21 - 0.001 (300) = 9.91$$

CHAPITRE IV : COUP DE BELIER

DN	T	ID	PN	V	ΔH_T	a	T_A	$2L/a$	CB = $2LV/(gT_A)$
160	9,5	139,86	10	0,75	3,46	316,857	3	0,63120	5,096

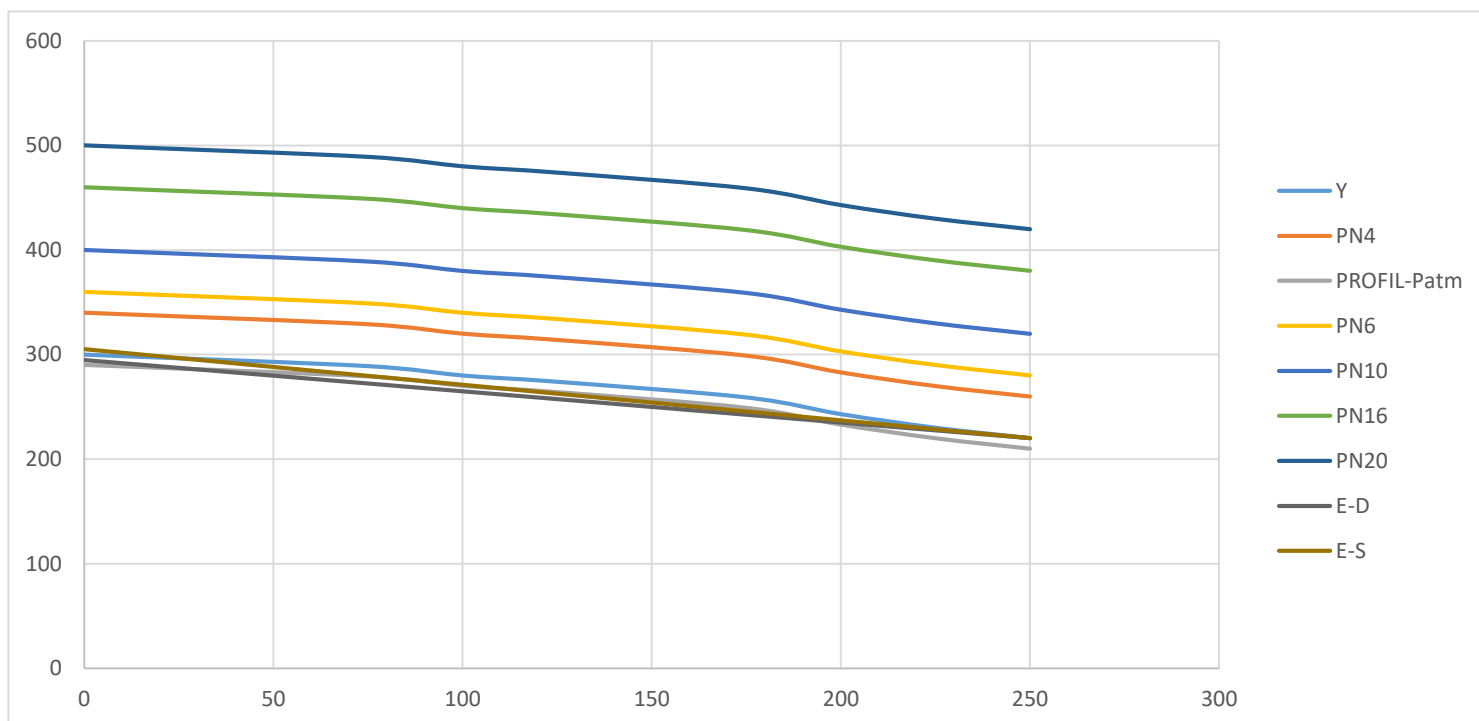


Figure IV.14 : coup de béliier 07 gravitaire

Zone de dépression	Zone de surpression	Interprétation
25-200	0	Le profil –Patm il est au haut de l’enveloppe de dépression donc il ya problème de dépression dans cette zone
0	NULLE	La ligne de PN10 elle est en haut de l’enveloppe de surpression donc y a pas de surpression

180-250	0	Le profil $-P_{atm}$ il est au-dessous de l'enveloppe de dépression donc il ya problème de dépression dans cette zone
---------	---	---

Tableau IV.22 : interprétation de coup de bélier 07

Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté et expliquer le phénomène de coup de bélier en donnant les résultats de calcule des coups de bélier de chaque partie dans notre zone d'étude

CHAPITRE V : RESEAU DE DISTRIBUTION

Introduction :

Un réseau de canalisations sera utilisé pour distribuer l'eau à partir du réservoir, avec des branchements piqués pour fournir l'eau aux abonnés. Il est essentiel que les canalisations aient un diamètre adéquat afin de garantir le débit. Avec une pression au sol adaptée aux hauteurs des immeubles, maximal. Les conduites composant le réseau de distribution devront être capables de supporter les débits instantanés les plus élevés, en prenant en considération notamment les moments de pointe.

V.1 Types de réseaux :

Les différentes catégories de réseaux pour l'alimentation en eau potable des villes sont les suivantes [6] :

- Réseau ramifié.
- Réseau maillé.
- Réseau étagé.
- Réseau mixte.

V.1.1 Réseau maillé :

Leur sécurité et leur capacité d'utilisation leur permettent d'être une solution plus adaptée pour la distribution d'eau des agglomérations de moyenne et de grande importance. Les réseaux maillés se constituent essentiellement d'une série de canalisations disposées de cette façon. Pour définir des boucles fermées ou maillées, on peut les alimenter en retour. En cas de besoin, il est envisageable de détacher le tronçon afin de procéder à des réparations tout en assurant l'alimentation des abonnés en aval. [6] (Voir figure V.1)

V.1.2 Réseau ramifié :

On le nomme ainsi parce qu'il a une forme d'arbre. Dans ce genre de réseau, on relie plusieurs canalisations secondaires, tertiaires, etc. à partir d'une conduite centrale, jusqu'à atteindre l'objectif final. Chacun des compteurs est unique. Ainsi, chaque point du réseau ne bénéficie d'une alimentation en eau que d'un seul côté. Ce genre de réseau est économique, mais il n'est pas sécurisé (en cas de rupture d'une conduite principale, tous les abonnés situés à l'aval seront privés d'eau). [6] (Voir figure V.2)

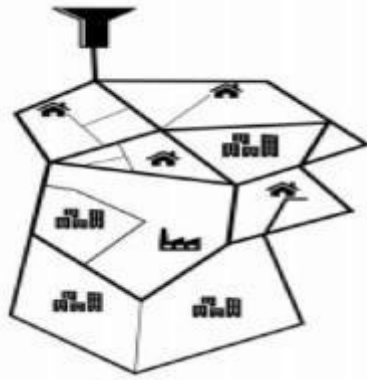


Figure V.1: Réseau maillé

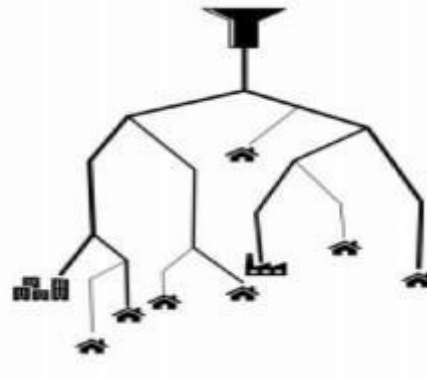


Figure V.2 : Réseau ramifié

V.1.3 Réseau étagé :

Dans le cadre d'un projet d'étude d'approvisionnement en eau potable d'une ville, le réseau de distribution peut présenter des variations de niveau considérables. Les points bas subissent de fortes pressions en raison de la distribution par le réservoir projeté (les normes de pression ne sont pas respectées). Un réservoir intermédiaire est installé pour contrôler la pression dans le réseau. On nomme ce genre de réseau étagé [6].

V.1.4 Réseau mixte :

On parle de réseau mixte (ramifié et maillé) lorsqu'il est composé d'une partie ramifiée et d'une autre part maillée. Ce genre de plan est employé afin de fournir des services aux quartiers périphériques de la ville en utilisant des ramifications provenant des mailles utilisées dans le centre de la ville [6].

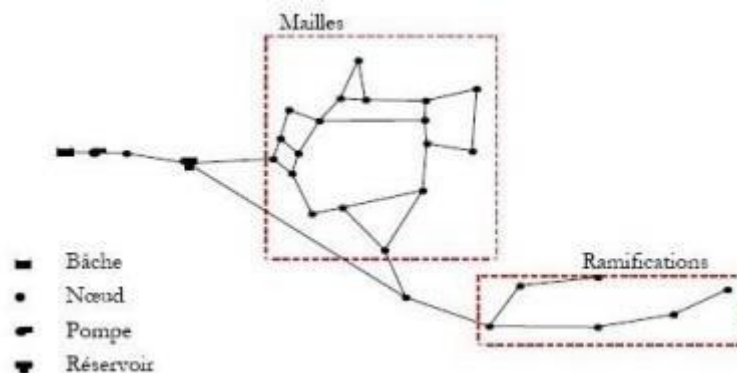


Figure V.3 : Schéma d'un réseau mixte.

V.2 Choix du tracé :

Afin de déterminer le tracé final, il est essentiel de tenir compte des recommandations suivantes :

- Réduire le nombre de passages difficiles (passage de route, de ravine...etc.)
- Éviter les pentes élevées
- Éviter les zones rocheuses : il faudra creuser une tranchée
- Favoriser les endroits facilement accessibles, le long des voies existantes (routes, etc.)
- Prendre en compte les questions de propriété de terrain et d'autorisation [7].

V.3 Choix du matériau des conduites de distribution :

Afin de parvenir à une conception économique, tenant compte de la durée de vie de la conduite projetée, il est conseillé de suivre la démarche ci-dessous [5] :

- Commencer par tabuler tous les matériaux avec le maximum d'information sur les différents paramètres (diamètres disponibles, pressions disponibles, résistances mécaniques, effets ...)
- Éliminer d'office les matériaux où :
 - ✓ La température du liquide transporté $>$ T admissible de la conduite,
 - ✓ L'agressivité physico-chimique du liquide transporté est démontrée,
 - ✓ Le diamètre recherché n'est pas disponible sur le marché local ou national
 - ✓ La pression recherchée (PMA) de la conduite n'est pas disponible sur le marché local ou national,
 - ✓ L'âge (durée de vie) de la conduite est insuffisant par rapport au projet,
 - ✓ La protection de la conduite / un problème donné (UV, sols agressif, perméation, corrosion...) nécessite l'intervention sur toute la longueur de la conduite.
- Pour les matériaux restants, calculer l'épaisseur de la conduite (T)
- Prendre le matériau qui dispose de l'épaisseur (T). S'il y en a plusieurs, prendre le moins chère.

	Disponibilité			Rugosité	Résistances mécaniques		Effet de <u>détimbrage</u> (perte de résistance)	
	<u>Diamètres</u> (mm)	<u>Pressions</u> (bars)	<u>Épaisseurs</u> (mm)		à la traction (Mpa)	à la rupture (Mpa)	Par le coup de bélier	Par la température du liquide transporté
Fonte	40-2000	10 à 40	6-13,5	Augmente avec le temps	> 270	> 420	Non	Non
Acier	26-3000			Fixe	235 à 265	360 à 570	Non	Non
PVC	20-630	4 à 16		Fixe		25	Oui	Oui
PE	20-500	6 à 20	4-78	Fixe		30	Oui	Oui
PRV	100-4000	1 à 32		Fixe	60	80	Oui	Oui
Béton armé	300-3600	2 à 20	37-315	$C_{HW} = 139,3 + 2,028D_{Int}$	160		Non	Non

	Age (durabilité)	Chantier					Perméation	Résistance à l'UV	Rigidité
		<u>Transport</u>	<u>Ouvrabilité</u>	<u>Assemblage</u>	<u>Réparation</u>				
Fonte	> 100 ans	Difficile	Difficile	Facile	Difficile	Non	Oui	<u>Souple</u> pour DN > 500 <u>Rigide</u> pour DN < 500	
Acier	70	Difficile	Facile	Facile	Facile	Non	Oui	Souple	
PVC	50	Facile	Facile	Facile	Facile	Oui	Non	Souple	

PE	100	<u>Difficile</u>	Facile	Difficile	Difficile	Oui	Non	<u>Souple</u>
PRV	70	<u>Difficile</u>	Facile	Facile	Facile	Oui	Non	<u>Souple</u>
Béton armé	100	<u>Difficile</u>	Difficile	Facile	Difficile	Oui	Oui	<u>Rigide</u>

	Résistance à l'agressivité du fluide transporté	Résistance à l'agressivité du sol
Fonte	Mauvaise si H_2S , Cl, pH < 5	Mauvaise si : - Résistivité < 25 ohms - Présence de sulfures et sulfates - Présence de sels - Présence d'Argiles et limons fins - pH < 5
Acier		Mauvaise si : - Résistivité < 25 ohms - Présence de sulfures et sulfates - Présence de sels - Présence d'Argiles, marnes, gypse, pyrites, <u>NaCl</u> , sulfates de chaux, combustibles fossiles (lignites, tourbes, Charbons, bitumes) - pH < 5
PVC	Mauvaise si $T^{\circ} > 35^{\circ}C$, produits organiques	Bonne si absence de produits organiques (pétrole, gasoil, essence...)
PE	Mauvaise si $T^{\circ} > 35^{\circ}C$, produits organiques	Bonne si absence de produits organiques (pétrole, gasoil, essence...)
PRV		Bonne si absence de produits organiques (pétrole, gasoil, essence...)

Béton (armé)	Mauvaise si : - Présence d'eaux très agressive/CaSo ₄ du ciment - pH > 4,5
-----------------	---

Tableau V.1 : d'aide à la sélection des matériaux pour conduites (tuyaux)

➤ **Le choix de notre matériau :**

D'après le type de sol de notre zone d'étude, on peut utiliser trois matériaux :

- Le PVC
- Le PEHD
- Le PRV

Mais d'après une étude espagnole faite en 2018, le PVC et PRV ont des conséquences graves sur la santé publique, leurs emplois dans les réseaux d'alimentation en eau potable augmentent le risque de cancer de l'estomac et du colon.

Donc le choix final c'est le **PEHD**.

V.4 Dimensionnement du réseau de distribution :

L'objectif du dimensionnement du réseau de distribution est de construire des canalisations qui devront donc avoir un diamètre adéquat et une vitesse acceptable afin de garantir un débit maximal avec une pression au sol adéquate.

V.4.1 Débit

Le réseau de distribution doit assurer le débit nécessaire à tout l'agglomération et les abonnés en termes de consommation.

V.4.2 Vitesse

La vitesse dans les conduites varie entre 0.5 et 2 m/s en évitant :

- ✓ La vitesse inférieure à 0.5 m/s,
- ✓ La vitesse supérieure à 1.5 m/s, provoque des dégradations dans les conduites (érosion des joints)

V.4.3 Pression

Dans le réseau de distribution la pression variée entre 10 et 60 m lorsque la pression dépasse cet ordre en doit mettre des régulateurs de pression

V.4.4 Calcul des débits :

V.4.4.1 Débit de pointe :

Il s'agit du débit utilisé pour dimensionner le réseau de distribution. Dans notre situation, le débit maximal est de :

$$Q_p = Q_{\max} = 455.228 \text{ m}^3/\text{h} = 82.8125 \text{ l/s}$$

V.4.4.2 Débit aux nœuds :

C'est le débit concentré en chaque point de jonction des conduites du réseau, il est déterminé comme suit :

$$Q_n = \frac{\text{nombre de logement} \times \text{nombre de personne par logement} \times \text{la dotation}}{24 \times 3600}$$

AVEC Nombre de logement pour R+5= 24 R+8= 36 R+9=40

Pour R+5 :

$$Q_n = \frac{24 \logts \times 5p \times 150hab}{24 \times 3600} = 0,21 \text{ l/s}$$

Pour R+8 :

$$Q_n = \frac{36 \logts \times 5p \times 150hab}{24 \times 3600} = 0,31 \text{ l/s}$$

Pour R+9 :

$$Q_n = \frac{40 \logts \times 5p \times 150hab}{24 \times 3600} = 0,35 \text{ l/s}$$

V.4.5 Tableau du dimensionnement de réseau d'AEP :

$$Q_{\text{moyjT}} = 5503.74 \text{ m}^3/\text{j} = 63,70 \text{ l/s}$$

CHAPITRE V : RÉSEAU DE DISTRIBUTION

Nœud	Nombre de logements	Nombre de bloque	Personne	Dotation	Demande de base
N1	R+5=144 R+8=72	R+5= 6 R+8= 2	5	150	1,88
N2	R+5=288 +équipement	R+5=12	5	150	2,76
N3	R+8=324	R+8=9	5	150	2,81
N4	R+8=396 R+9=120	R+8=11 R+9= 3	5	150	5,01
N5	R+8=288	R+8=8	5	150	2,5
N6	R+8=432 R+5=264+équipement	R+8=12 R+5=11	5	150	6,20
N7	R+5=360	R+15=15	5	150	3,13
N8	R+5=168	R+5=7	5	150	1,46
N9	R+5=288+équipement	R+5=12	5	150	3,38
N10	R+5=432	R+5=18	5	150	3,75
N11	R+5=336 R+8=108+équipement	R+5=14 R+8=3	5	150	3,97
N12	R+5=168	R+5=7	5	150	1,46
N13	R+5=432	R+5=18	5	150	3,75
N14	R+5=288	R+5=12	5	150	2,5

N15	R+5=72 R+8=108	R+5=3 R+8=3	5	150	1,57
N16	R+5=240+équipement	R+5=10	5	150	2,51
N17	R+8=288	R+8=8	5	150	2,5
N18	R+8=360	R+8=10	5	150	3,13
N19	R+5=144+équipement	R+5=6	5	150	1,77
N20	R+8=432	R+8=12	5	150	3,75
N21	R+5=456	R+5=19	5	150	3,96
Totale	7000	251	/	/	63,70

Tableau V.2 : Débit aux nœuds du secteur sidi serhane AADL 7000 logements.

V.4.5.1 Les Equipements utilisé dans la distribution

- **Besoin scolaire**

Equipement	Surface (m²)	Dotation (l/j/m²)	Besoin m³/j
Ecole primaire 1	2788	4	11,152
Ecole primaire 2	2000	4	8
Ecole primaire 3	3500	4	14
Ecole primaire 4	3500	4	14
Ecole primaire 5	3800	4	15,2
CEM 1	6222	4	24,888
CEM 2	5500	4	22
Lycée	9500	4	38
Totale			147,24

Tableau V.3 : les équipements scolaires.

• **Besoin publics et commerciaux :**

Equipment	Surface (m²)	Dotation (l/j/m²)	Besoin (m³/j)
Mosquée	4300	5	21,5
Bibliothèque	3000	5	15
Maison des jeunes	3000	5	15
Marché	5000	5	25
Centre de santé	2000	5	10
Brigade	4000	5	20
Totale			106,5

Tableau V.4 : les équipements publics et commerciaux.

V.4.6 Résultat du réseau par le logiciel EPANET :

V.4.6.1 Définition :

On peut utiliser EPANET pour simuler le comportement hydraulique et la qualité de l'eau sur de longues périodes dans les réseaux sous pression. Un réseau est composé de canalisations, de connexions de tuyaux, de pompes, de vannes, de bâches et de réservoirs. [2]

V.4.6.2 Présentation du logiciel EPANET :

EPANET évalue le flux dans chaque tuyau, la pression à chaque point, le niveau d'eau dans les réservoirs et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau. Le logiciel peut aussi évaluer les périodes de séjour et surveiller l'origine de l'eau. Cet outil permet de trouver des stratégies alternatives pour gérer le réseau, telles que :

- ✓ Contrôle des pressions dans le réseau
- ✓ Repérage des zones de fonctionnement insatisfaisantes
- ✓ Calcul des dimensions des réseaux
- ✓ Optimisation de la gestion des installations d'eau
- ✓ Planification de travaux d'amélioration du réseau ou d'extension, etc. [8]

V.4.6.3 Caractéristiques principales du logiciel :

EPANET est équipé d'un moteur de calcul hydraulique contemporain qui présente les caractéristiques suivantes ;

- ✓ Application gratuite
- ✓ Évaluation des réseaux
- ✓ Développement de réseaux illimités ;
- ✓ Pour évaluer les pertes de charge, il utilise les formules de Hazen Williams, DarcyWeisbach et Chezy Manning. Il est libre à l'utilisateur de choisir les formules qui lui conviennent
- ✓ Il englobe les pertes de charge spécifiques aux coudes, aux tés, etc.
- ✓ Contrôle de la pression dans le réseau ;
- ✓ Géométrie des réservoirs avec différentes formes envisageables
- ✓ Repérage des zones où le fonctionnement est déficient
- ✓ Analyse de diverses formes de vannes et de clapets.

V.4.6.4 Etapes d'utilisation d'EPANET :

Les différentes étapes pour représenter un système de distribution d'eau sur EPANET sont les suivantes :

- ✓ Concevoir un réseau qui illustre le système de distribution.
- ✓ Connaître les caractéristiques des éléments du réseau
- ✓ Choisir un ensemble d'options de simulation
- ✓ Effectuer une simulation hydraulique ou une analyse de la qualité
- ✓ Visualiser les résultats d'une simulation

V.4.6.5 Données saisies :**➤ Données des conduites :**

Le premier paramètre à saisir pour les conduites c'est la longueur sachant que son unité est le mètre. Et nous avons déterminé ce dernier à l'aide de Google Earth Pro

Le deuxième paramètre qu'on a saisi est le diamètre interne des tuyaux en mm, les conduites utilisées dans notre projet étant en PEHD. Ce paramètre sera saisi pendant la simulation car on va le changer jusqu'à avoir les vitesses et les pressions appropriées

Le troisième paramètre introduit, c'est la rugosité absolue choisie par rapport **hazen williams**

CHAPITRE V : RÉSEAU DE DESTRICTION

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité	ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité
Tuyau 1	406	300	150	Tuyau 31	183	80	150
Tuyau 2	293	200	150	Tuyau 32	141	80	150
Tuyau 3	167	200	150	Tuyau 33	212	80	150
Tuyau 5	87	150	150	Tuyau 34	164	50	150
Tuyau 6	132	50	150	Tuyau 35	75	100	150
Tuyau 7	206	200	150	Tuyau 38	126	250	150
Tuyau 12	327	200	150	Tuyau 39	193	80	150
Tuyau 14	198	200	150	Tuyau 40	26,6	50	150
Tuyau 16	119	80	150	Tuyau 41	87,2	50	150
Tuyau 18	281	80	150	Tuyau 42	176	150	150
Tuyau 19	305	50	150	Tuyau 43	50,3	200	150
Tuyau 20	79,6	50	150	Tuyau 45	163	200	150
Tuyau 23	173	250	150	Tuyau 8	171	200	150
Tuyau 24	160	200	150	Tuyau 9	103	50	150
Tuyau 25	260	200	150	Tuyau 13	100	350	150
Tuyau 27	142	200	150	Tuyau 15	100	80	150
Tuyau 28	149	50	150	Tuyau 17	100	150	150
Tuyau 29	63,5	80	150	Tuyau 21	100	250	150
Tuyau 30	339,7	100	150	Tuyau 4	586,8	50	150
Tuyau 31	183	80	150	Tuyau 10	1425	50	150

Tuyau 8	171	200	150
Tuyau 9	103	50	150
Tuyau 13	100	350	150
Tuyau 15	100	80	150
Tuyau 17	100	150	150
Tuyau 21	100	250	150
Tuyau 4	586,8	50	150
Tuyau 10	1425	50	150
Tuyau 22	66,5	50	150
Tuyau 26	1037,7	50	150

Tableau V.5 : Caractéristiques des conduites du réseau de distribution

➤ Données des Nœuds

La première caractéristique à saisir pour un nœud c'est l'altitude, nous avons cette dernière a l'aide de Google Earth Pro

Le deuxième paramètre qu'on a saisi c'est la demande de base car chaque nœud a sa propre demande de base

ID Noeud	Altitude m	Demande Base LPS	ID Noeud	Altitude m	Demande Base LPS
Noeud NP	456	0	Noeud 14	345	2,5
Noeud T1	446	0	Noeud 13	332	3,75
Noeud 1	453	1,88	Noeud 15	345	1,57
Noeud 2	450	19,76	Noeud T7	290	0
Noeud T2	425	0	Noeud 16	303	19,51
Noeud T3	396	0	Noeud T8	258	0
Noeud 11	451	20,97	Noeud T9	200	0
Noeud 10	424	3,75	Noeud 19	280	18,77
Noeud 12	413	1,46	Noeud 18	266	3,13
Noeud 9	400	20,38	Noeud 17	285	2,5
Noeud 3	435	2,81	Noeud T11	200	0
Noeud 4	424	24,01	Noeud T10	200	0
Noeud 5	422	2,5	Noeud 20	227	3,75
Noeud 6	401	23,20	Noeud 21	192	3,96
Noeud T4	347	0	Noeud 33	417	0
Noeud T5	346	0	Noeud 34	407	0
Noeud T6	314	0	Noeud 35	400	0
Noeud 7	364	3,13	Noeud 36	392	0
Noeud 8	360	1,46	Noeud 22	337	0
Noeud 14	345	2,5			

Tableau V.6 : Caractéristiques des nœuds du réseau de distribution

V.4.6.6 Simulation hydraulique du fonctionnement du réseau de distribution :

➤ Simulation de 1^{ère} variation :

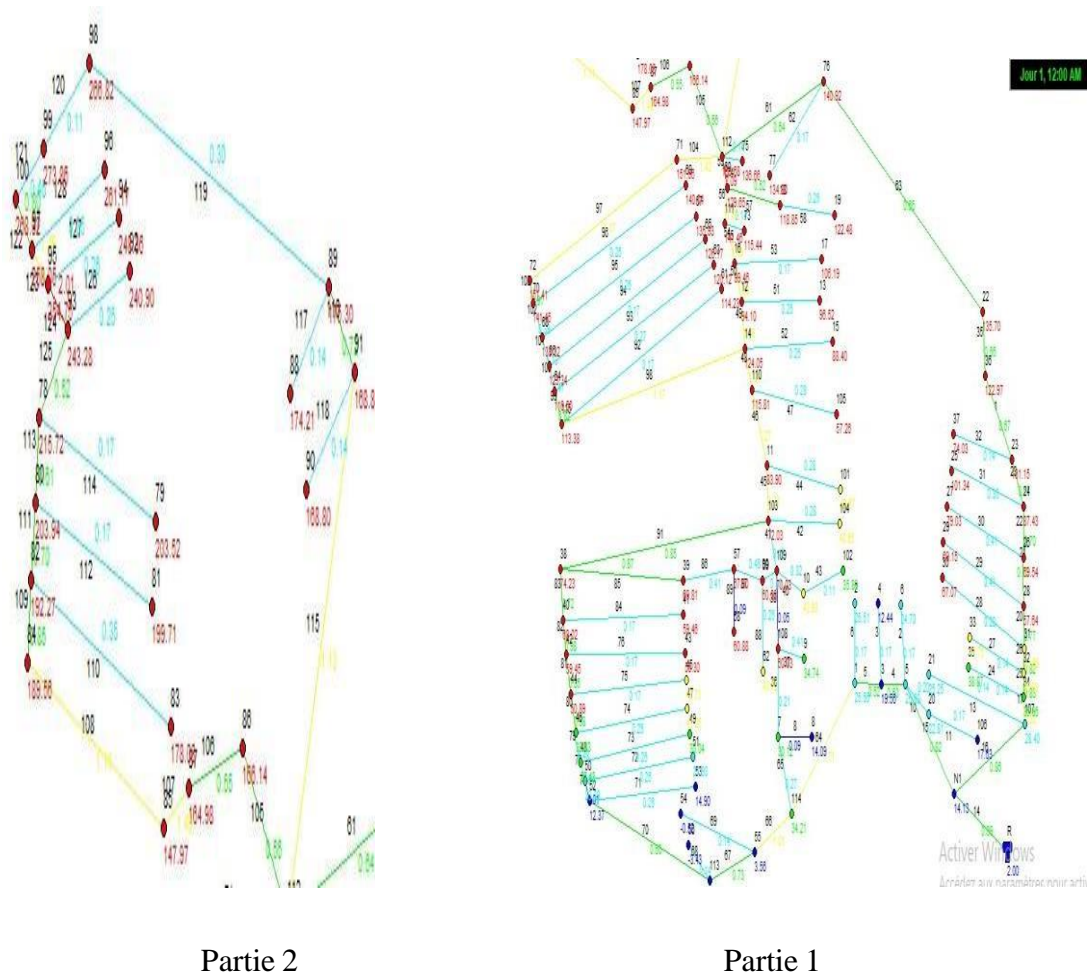
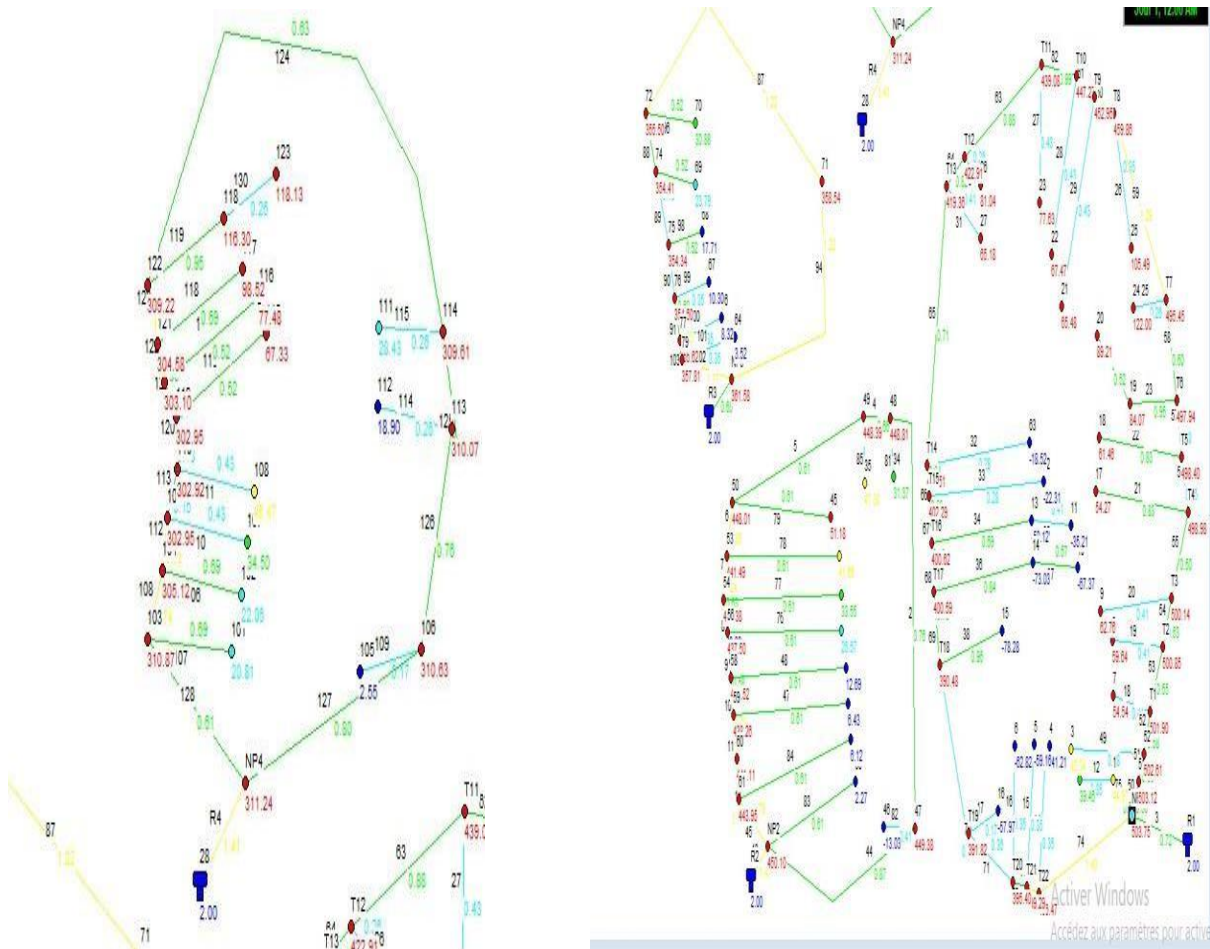


Figure V.4 : simulation 1 pour AADL 7000 logements

Remarque :

Une grande maille avec un réservoir de distribution on a remarqué que les vitesses ne sont pas acceptables car on a trouvé la vitesse 0.2 et l'intervalle commence à partir de 0.5 à 2 m/s même les pressions sont pas acceptables mais par rapport à la gestion c'est le bon réseau donc cette variation elle est refusé

➤ Simulation 2eme variation



Partie 2

Partie 1

Figure V.5 : simulation 2 pour AADL 7000 logements

Remarque :

Plusieurs réservoirs chaque réservoir aura ses propres mailles toujours le problème des vitesses mais dans ce cas les pressions sont acceptable juste on ajoute les régulateurs des pressions pour les pressions de 132m parce que l'intervalle commence de 10 à 60 m mais par rapport à la gestion c le meilleur réseau donc cette variation elle est refusé

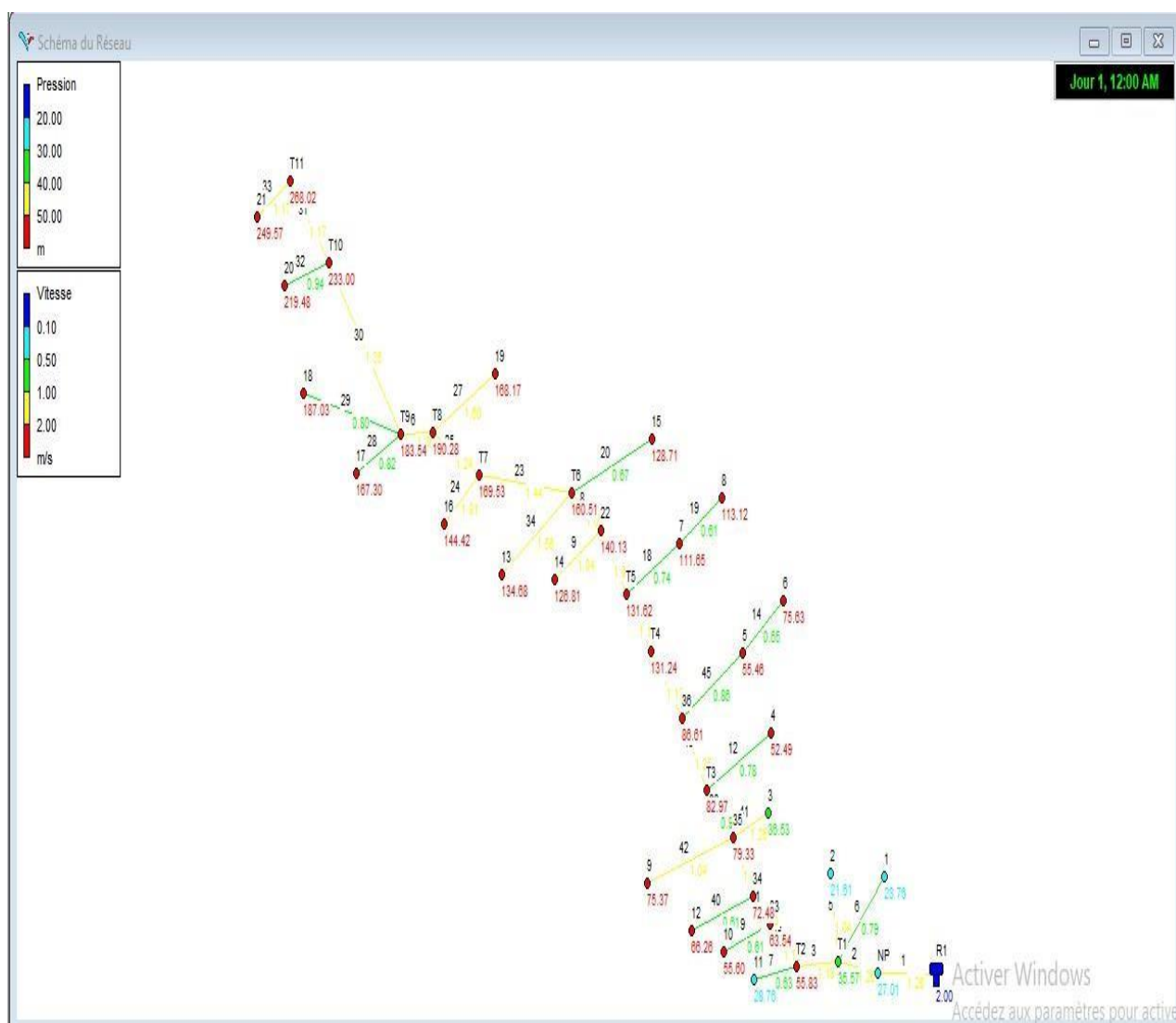
➤ **Simulation 3eme variation :**

Figure V.6 : simulation 3 pour AADL 7000 logements

Remarque :

Un réseau ramifié avec un réservoir de distribution dans ce cas on a remarqué que les vitesses sont acceptables et même pressions juste toujours on ajoute les régulateurs de pressions dans les pressions élevé mais ce cas a un grand problème de la gestion donc cette variation elle est refusé

➤ **Simulation 4eme variation :**

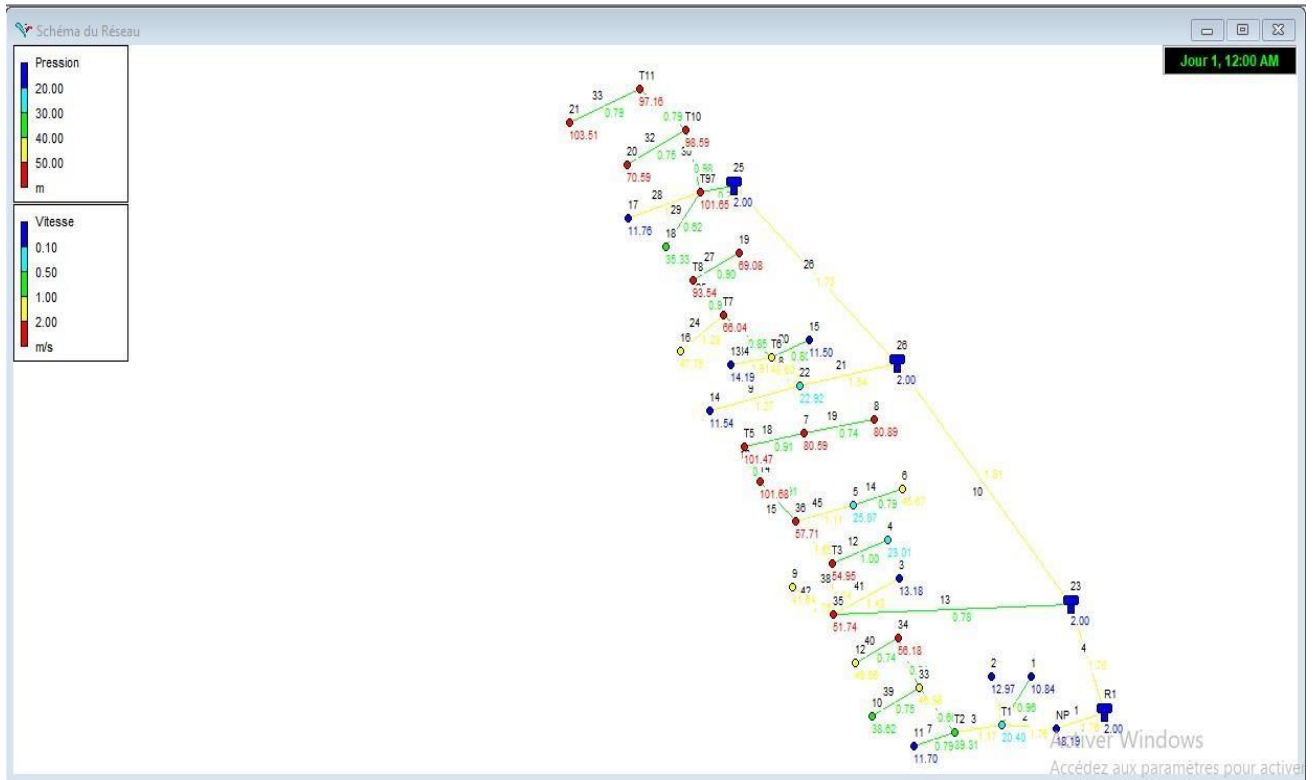


Figure V.7 : simulation 4 pour AADL 7000 logements

Remarque :

Un réseau ramifié avec plusieurs réservoirs de distribution dans ce cas on a remarqué que les pressions sont acceptables juste on ajoute les régulateurs de pression et même les vitesses sont acceptables et concernant la gestion c le meilleur réseau donc on a choisi cette variation

➤ **Résultats des pressions**

État des Nœuds du Réseau			
	Altitude	Demande	Pression
ID Nœud	m	LPS	m
Nœud NP	456	0	18.19
Nœud T1	446	0	20.4

Nœud 1	453	1.88	10.84
Nœud 2	450	2.76	12.97
Nœud T2	425	0	39.31
Nœud T3	396	0	54.95
Nœud 11	451	3.97	11.7
Nœud 10	424	3.75	38.62
Nœud 12	413	1.46	49.86
Nœud 9	400	3.38	41.64
Nœud 3	435	2.81	13.18
Nœud 4	424	5.01	23.01
Nœud 5	422	2.5	25.87
Nœud 6	401	6.2	45.67
Nœud T4	347	0	101.68
Nœud T5	346	0	101.47
Nœud T6	314	0	43.6
Nœud T7	364	3.13	80.59
Nœud 8	360	1.46	80.89
Nœud 14	344	2.5	12.54
Nœud 13	332	3.75	14.19
Nœud 15	345	1.57	11.5

Nœud T0	290	0	66.04
Nœud 16	303	2.51	47.75
Nœud T8	258	0	93.54
Nœud T9	200	0	101.65
Nœud 19	280	1.77	69.08
Nœud 18	266	3.13	35.33
Nœud 17	285	2.5	11.76
Nœud T11	200	0	97.16
Nœud T10	200	0	98.59
Nœud 20	227	3.75	70.59
Nœud 21	192	3.96	103.51
Nœud 33	417	0	46.98
Nœud 34	407	0	56.18
Nœud 35	400	0	51.74
Nœud 36	392	0	57.71
Nœud 22	337	0	22.92
Réservoir R1	483	-17.16	2
Réservoir 23	450	-24.71	2
Réservoir 25	300	-9.95	2
Réservoir 26	360	-11.93	2

Tableau V.7: Les pressions et les charges au niveau des nœuds

➤ Résultats des vitesses et de débits

État des Arcs du Réseau				
	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse
ID Arc	m	mm	LPS	m/s
Tuyau 1	406	100	13.82	1.76
Tuyau 2	293	100	13.82	1.76
Tuyau 3	167	100	9.18	1.17
Tuyau 5	87	50	2.76	1.41
Tuyau 6	132	50	1.88	0.96
Tuyau 7	206	80	3.97	0.79
Tuyau 12	327	80	5.01	1
Tuyau 14	198	100	6.2	0.79
Tuyau 16	119	80	4.59	0.91
Tuyau 18	281	80	4.59	0.91
Tuyau 19	305	50	1.46	0.74
Tuyau 20	79.6	50	1.57	0.8
Tuyau 23	173	80	4.28	0.85
Tuyau 24	160	50	2.51	1.28
Tuyau 25	260	50	1.77	0.9
Tuyau 27	142	50	1.77	0.9
Tuyau 28	149	50	2.5	1.27

Tuyau 29	63.5	80	3.13	0.62
Tuyau 30	339.7	100	7.71	0.98
Tuyau 31	183	80	3.96	0.79
Tuyau 32	141	80	3.75	0.75
Tuyau 33	212	80	3.96	0.79
Tuyau 34	164	50	3.75	1.91
Tuyau 35	75	100	5.21	0.66
Tuyau 38	126	150	18.3	1.04
Tuyau 39	193	80	3.75	0.75
Tuyau 40	26.6	50	1.46	0.74
Tuyau 41	87.2	50	2.81	1.43
Tuyau 42	176	50	3.38	1.72
Tuyau 43	50.3	100	13.29	1.69
Tuyau 45	163	100	8.7	1.11
Tuyau 8	171	100	9.6	1.22
Tuyau 9	103	50	2.5	1.27
Tuyau 13	100	200	-24.49	0.78
Tuyau 15	100	80	-4.59	0.91
Tuyau 17	100	150	-13.34	0.75
Tuyau 21	100	100	-12.1	1.54

Tuyau 4	586.8	50	3.34	1.7
Tuyau 10	1425	50	-3.56	1.81
Tuyau 22	66.5	50	1.46	0.74
Tuyau 26	1037.7	50	3.39	1.73

Tableau V.8 : Caractéristiques du réseau de distribution

Intervalle	Pression	Analyse
<5m	0%	/
5-60m	68,42%	Les pressions sont acceptables
>60m	31,57%	Il faut installer des réducteurs de pression

Tableau V.9 : récapitulatif des pressions dans le réseau de distribution

Intervalle	Vitesse	Analyse
V<0,5 m/s	0%	/
0,5<V<1,5	80,48%	Les vitesses sont acceptables
V>1,5	21,95%	Les vitesses dans ces conduite ne dépassé pas 2m/s donc les vitesses sont acceptables

Tableau V.10 : récapitulatif des vitesses dans le réseau de distribution

Discussion :

Pressions aux nœuds :

- Des bonnes pressions 68,42 % dans la majorité des parties du réseau, variant de 1 à 6 bars

- Ilya 31,57% des nœuds qui ont des pressions dépassent 60 m donc afin de protéger ces tronçons contre les surpressions, nous avons installé des réducteurs de pression au niveau de c'est nœud.

Vitesses aux tançons :

- Les vitesses dans les conduites sont dans les limitées souhaitées entre (0,6 et 2 m/s).

➤ **Simulation de réseau +d'incendie :**

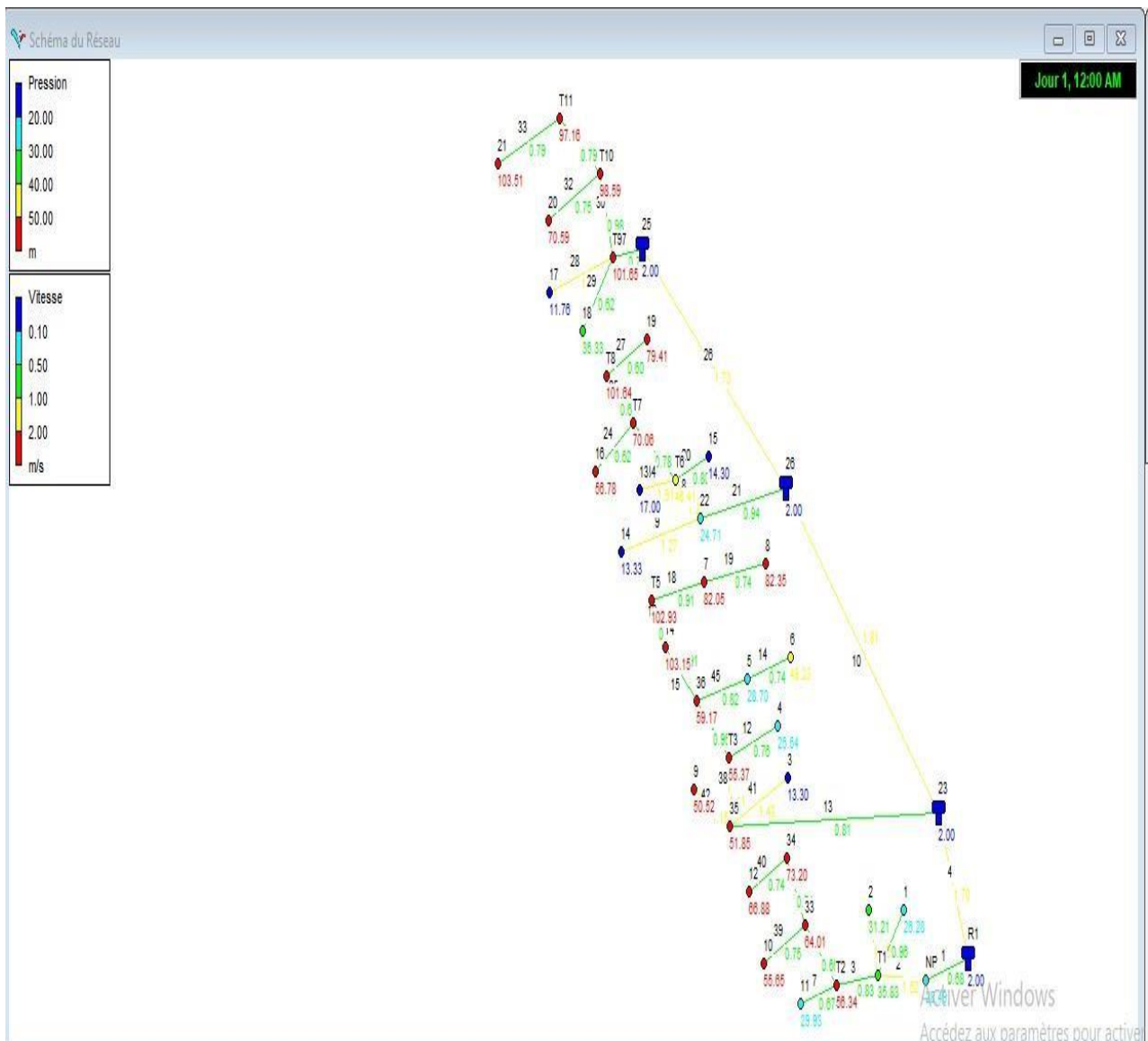


Figure V.8 : simulation de réseau +incendie

➤ Résultats des pressions après simulation + incendie

État des Nœuds du Réseau				
	Altitude	Demande	Charge	Pression
ID Nœud	m	LPS	m	m
Nœud NP	456	0	484.49	28.49
Nœud T1	446	0	481.83	35.83
Nœud 1	453	1.88	479.28	26.28
Nœud 2	450	19.76	481.21	31.21
Nœud T2	425	0	481.34	56.34
Nœud T3	396	0	451.37	55.37
Nœud 11	451	20.97	480.93	29.93
Nœud 10	424	3.75	479.65	55.65
Nœud 12	413	1.46	479.88	66.88
Nœud 9	400	20.38	450.52	50.52
Nœud 3	435	2.81	448.3	13.3
Nœud 4	424	24.01	450.54	26.54
Nœud 5	422	2.5	450.7	28.7
Nœud 6	401	23.2	450.23	49.23
Nœud T4	347	0	450.15	103.15
Nœud T5	346	0	448.93	102.93

Nœud T6	314	0	360.41	46.41
Nœud 7	364	3.13	446.05	82.05
Nœud 8	360	1.46	442.35	82.35
Nœud 14	345	2.5	358.33	13.33
Nœud 13	332	3.75	349	17
Nœud 15	345	1.57	359.3	14.3
Nœud T7	290	0	360.06	70.06
Nœud 16	303	19.51	359.78	56.78
Nœud T8	258	0	359.64	101.64
Nœud T9	200	0	301.65	101.65
Nœud 19	280	18.77	359.41	79.41
Nœud 18	266	3.13	301.33	35.33
Nœud 17	285	2.5	296.76	11.76
Nœud T11	200	0	297.16	97.16
Nœud T10	200	0	298.59	98.59
Nœud 20	227	3.75	297.59	70.59
Nœud 21	192	3.96	295.51	103.51
Nœud 33	417	0	481.01	64.01
Nœud 34	407	0	480.2	73.2

Nœud 35	400	0	451.85	51.85
Nœud 36	392	0	451.17	59.17
Nœud 22	337	0	361.71	24.71
Réservoir R1	483	-51.17	485	2
Réservoir 23	450	-77.71	452	2
Réservoir 25	300	-9.94	302	2
Réservoir 26	360	-45.93	362	2

Tableau V.11 : Les pressions et les charges au niveau des nœuds

➤ **Résultats des vitesses et des débits après la simulation +
Incendie**

État des Arcs du Réseau				
	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse
ID Arc	m	mm	LPS	m/s
Tuyau 1	406	300	47.82	0.68
Tuyau 2	293	200	47.82	1.52
Tuyau 3	167	200	26.18	0.83
Tuyau 5	87	150	19.76	1.12
Tuyau 6	132	50	1.88	0.96

CHAPITRE V : RESEAU DE DESTRIUTION

Tuyau 7	206	200	20.97	0.67
Tuyau 12	327	200	24.01	0.76
Tuyau 14	198	200	23.2	0.74
Tuyau 16	119	80	4.59	0.91
Tuyau 18	281	80	4.59	0.91
Tuyau 19	305	50	1.46	0.74
Tuyau 20	79.6	50	1.57	0.8
Tuyau 23	173	250	38.28	0.78
Tuyau 24	160	200	19.51	0.62
Tuyau 25	260	200	18.77	0.6
Tuyau 27	142	200	18.77	0.6
Tuyau 28	149	50	2.5	1.27
Tuyau 29	63.5	80	3.13	0.62
Tuyau 30	339.7	100	7.71	0.98
Tuyau 31	183	80	3.96	0.79
Tuyau 32	141	80	3.75	0.75
Tuyau 33	212	80	3.96	0.79
Tuyau 34	164	50	3.75	1.91
Tuyau 35	75	100	5.21	0.66
Tuyau 38	126	250	54.3	1.11

Tuyau 39	193	80	3.75	0.75
Tuyau 40	26.6	50	1.46	0.74
Tuyau 41	87.2	50	2.81	1.43
Tuyau 42	176	150	20.38	1.15
Tuyau 43	50.3	200	30.29	0.96
Tuyau 45	163	200	25.7	0.82
Tuyau 8	171	200	43.6	1.39
Tuyau 9	103	50	2.5	1.27
Tuyau 13	100	350	-77.49	0.81
Tuyau 15	100	80	-4.59	0.91
Tuyau 17	100	150	-13.34	0.75
Tuyau 21	100	250	-46.1	0.94
Tuyau 4	586.8	50	3.35	1.7
Tuyau 10	1425	50	-3.56	1.81
Tuyau 22	66.5	50	1.46	0.74
Tuyau 26	1037.7	50	3.4	1.73

Tableau V.12 : Caractéristiques du réseau de distribution.

Intervalle	Pression	Analyse
<5m	0%	/
5-60m	60,52%	Les pressions sont acceptables
>60m	39,48%	Il faut installer des réducteurs de pression

Tableau V.13 : récapitulatif des pressions dans le réseau de distribution

Intervalle	Vitesse	Analyse
$V < 0,5$ m/s	0%	/
$0,5 < V < 1,5$	87,80%	Les vitesses sont acceptables
$V > 1,5$	12,20%	Les vitesses dans ces conduites ne dépassé pas 2m/s donc les vitesses sont acceptables

Tableau V.14 : récapitulatif des vitesses dans le réseau de distribution

Discussion :

Pressions aux nœuds :

- Des bonnes pressions dans 68,60 % des parties du réseau, variant de 1 à 6 bars
- Ilya 39,48% des nœuds qui ont des pressions dépassent 60 m donc afin de protéger ces tronçons contre les surpressions, nous avons installé des réducteurs de pression au niveau de c'est nœud.

Vitesses aux tançons :

- Les vitesses dans les conduites sont dans les limitées souhaitées entre (0,6 et 2 m/s).

Conclusion :

Dans ce chapitre on a dimensionné le réseau de distribution alimentation d'eau potable de la ville de Bouinan AADL sidi serhane 7000 logement à partir de quatre réservoirs.

On réalise la simulation du fonctionnement du réseau en utilisant un logiciel EPANET après avoir effectué une simulation et on a divisé le réseau en quatre sous-réseaux.

Dans la plupart des cas dans ce réseau, nous avons obtenu des vitesses qui correspondent aux valeurs acceptables en hydraulique urbaine entre 0,5 à 2 m/s à l'exception de quelques nœuds par rapport à les pressions Sont supérieure à 60 m qui il faut faire des réducteurs de pression pour protéger les conduites.

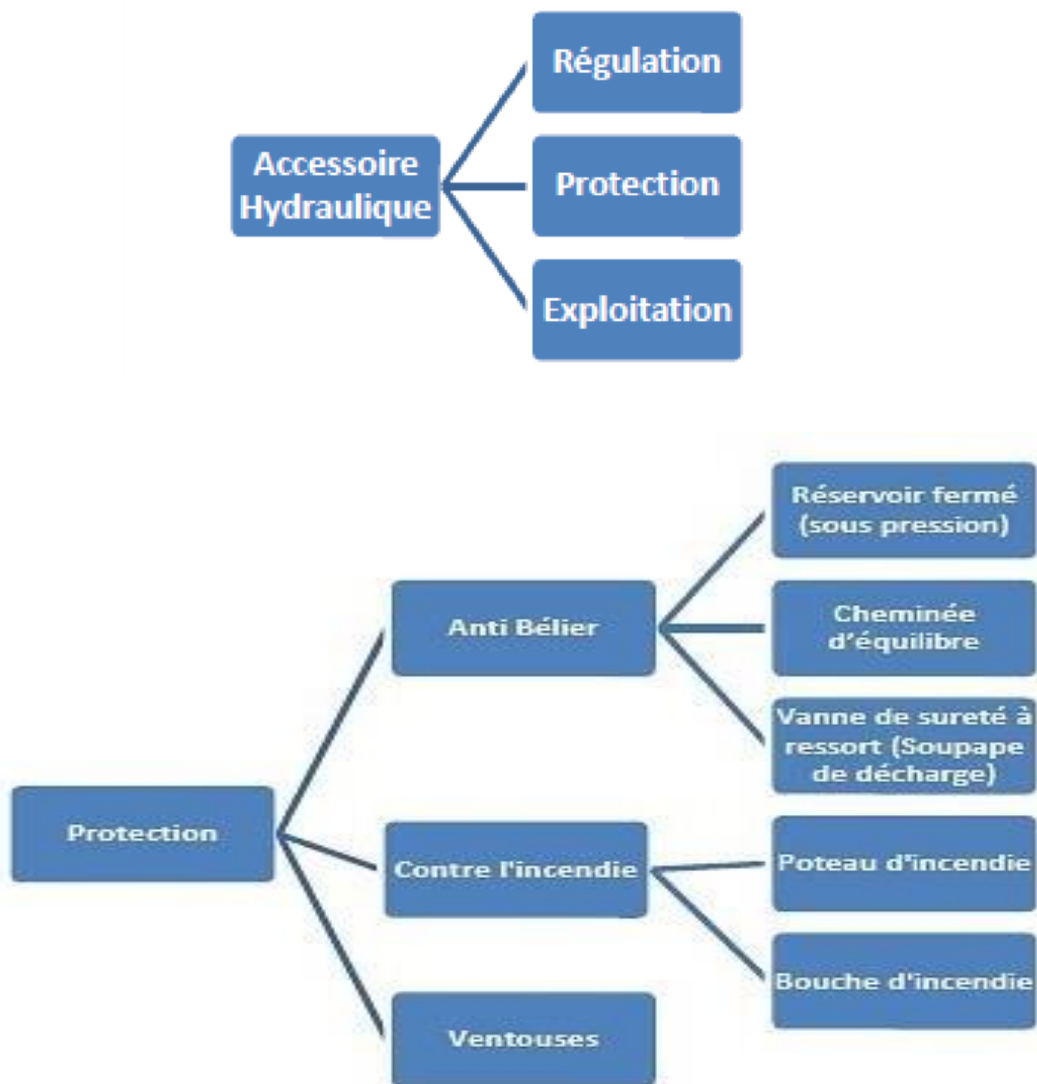
CHAPITRE VI : EQUIPEMENT

Introduction

Les équipements jouent un rôle essentiel dans le domaine d'hydraulique. Ces derniers sont des outils qui protègent notre réseau de la perte ce chapitre se penche sur les différents Équipements qu'on va utiliser dans notre réseau de distribution et leur type et leur emplacement

VI.1 Accessoires hydrauliques :

VI.1.1 Généralité sur les accessoires :



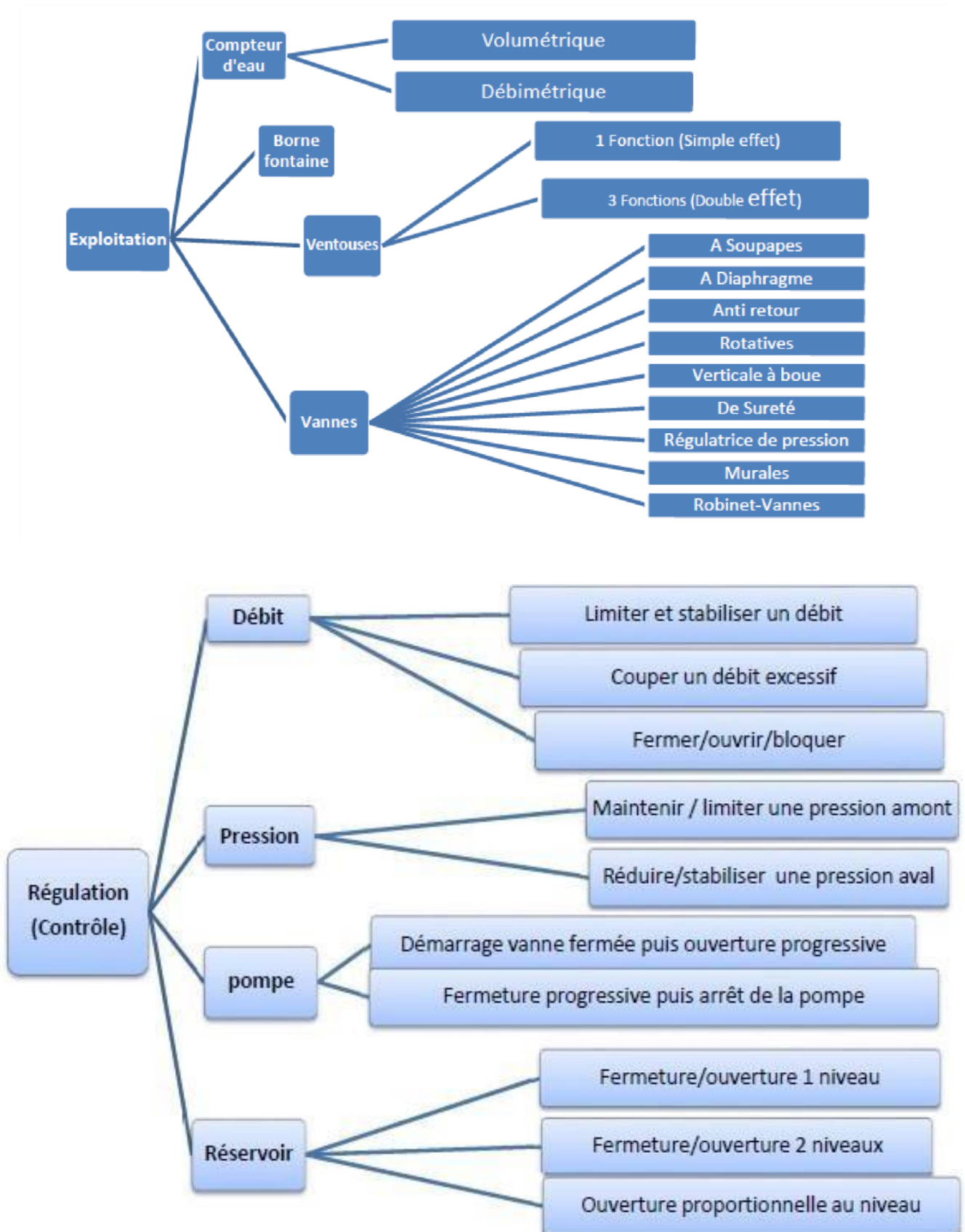


Figure VI.1 : Types et rôles des accessoires hydrauliques

VI.1.2 Les vannes :

VI.1.2.1 Les différents types de vannes :

En ce qui concerne la fonction d'une vanne, il y a deux catégories de vannes : les vannes de sciage ou de découpe (On-Off) et les vannes de régulation.

Les différents types de vannes, utilisées en hydraulique, sont donnés ci-dessous.

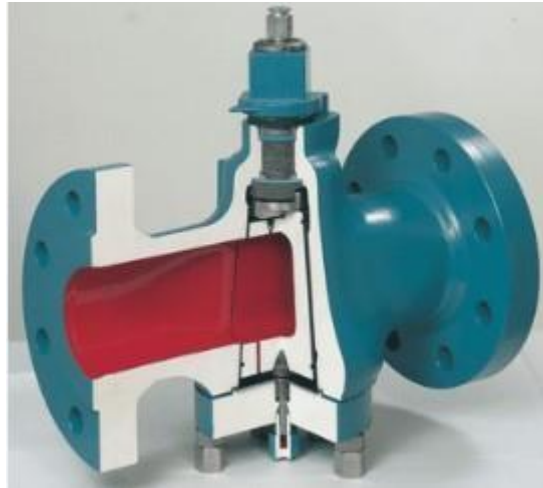


Figure VI.2 : Vanne Rotative à Boisseau



Figure VI.3 : Vanne Rotative à Papillon (Butterfly Valve).



Figure VI.4 : Vanne à Soupape.



Figure VI.5 : Vanne à Passage Direct



Figure VI.6 : Vanne à Diaphragme.



Figure VI.7 : Vanne murale.



Figure VI.8 : vanne régulatrice de pression.

Afin de sélectionner une vanne, il est nécessaire de disposer d'un tableau détaillé des caractéristiques des vannes les plus courantes.

Grâce à ces tableaux, il est possible de sélectionner la vanne en fonction du rôle prévu de la vanne (sectionnement, régulation ou les deux à la fois), du fluide transporté, de la concentration des sédiments dans le fluide et du type de fluide (eau propre ou usée).

Type de vanne	Type de fonction				
	Sectionnement (On-off)	Régulation	Fluide sans solides	Fluide avec solides en suspension	
				Solide non abrasif	Solide abrasif
1) Vanne à Soupape (Globe valve)	Oui	Oui	Oui	Spéciale	Spéciale
2) Vanne Rotative à Boisseau Tronconique ou Cylindrique (Plug valve)	Oui	Possible	Oui	Oui	
3) Vanne Rotative à Boisseau Sphérique (Ball valve = Sphericalplug valve)	Oui	Possible	Oui	Oui	Oui
4) Vanne Rotative à Papillon (Butterfly valve)	Oui	Oui	Oui	Oui	
5) Vanne à Passage Direct (Gate valve)	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
6) Vanne à Diaphragme (Diaphragme valve)	Oui	Possible	Oui	Oui	
6) Vanne à Pointeau (Needle valve)	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
7) Vanne à Pincement de Tuyau (Pinch valve)	Oui	Non	Oui	Oui	Oui

Tableau VI.1: Sélection des vannes selon le type de fonction.

VI.1.2.2 Choix des vannes :

Avant de choisir une vanne spécifique, il est important de se demander quel sera son rôle dans un réseau. Effectivement, les diverses catégories de vannes répondent à diverses exigences, telles que la gestion de la circulation d'eau ou l'interruption de celle-ci. Par la suite, il est nécessaire de sélectionner le mode de fonctionnement ou d'arrêt de la vanne. Il convient de souligner que ce dispositif peut être activé manuellement ou automatiquement en fonction des besoins. Cependant, pour un système d'actionnement manuel, il faut une personne pour effectuer cette tâche, tandis qu'un système automatique peut être actionné à distance. Finalement, il est crucial de savoir quel est le type de débit afin de l'ajuster aux matériaux qui constituent la vanne [9].

Dans notre projet on a les vannes de sectionnement indiquer dans le tableau

	Nombre de vanne	Emplacement	COTE
Réservoir de stockage 1	2	Une vanne a l'amont de réservoir Une vanne a l'aval de réservoir	483
Réservoir de stockage 2	2	Une vanne a l'amont de réservoir Une vanne a l'aval de réservoir	450
Réservoir de stockage 3	2	Une vanne a l'amont de réservoir Une vanne a l'aval de réservoir	360
Réservoir de stockage 4	2	Une vanne a l'amont de réservoir Une vanne a l'aval de réservoir	300
NP1	1	Une vanne a l'amont de nœud principal	456
NP2	1	Une vanne a l'amont de nœud principal	400
NP3	1	Une vanne a l'amont de nœud principal	337
NP4	1	Une vanne a l'amont de nœud principal	200

Tableau VI.2 : Vannes de sectionnement dans le projet et leur l'emplacement

Vanne de vidange	COTE	L(m)
V ₁	450	325/R1
V ₂	321	649/R2
V ₃	288	706//R3
V ₄	292	549/R3
V ₅	469	266/R1
V ₆	446	172/R2
V ₇	337	141/R3
V ₈	222	598/R4
V ₉	238	450/R4

Tableau VI.3 : Vannes de vidange dans le projet et leur l'emplacement

Nœud%	Pression (m)	Recommandation
0%	<5	/
68,42%	5<P<60	Acceptable
31,57%	>60m	Installation d'un réducteur de pression

Tableau VI.4 : l'emplacement des vannes de régulations

VI.1.3 Les ventouses :

Il s'agit d'organes situés au sommet du réseau afin de diminuer la formation de vide dans les installations hydrauliques. Les ventouses jouent un rôle particulier en éliminant les poches d'air dans les conduites. [10]

VI.1.3.1 Les différents types de ventouses :

Par rapport aux différentes missions accomplies par les ventouses, on a les types suivants :

- Ventouse à petit orifice, appelé encore, purgeur ou ventouse 1 fonction (V1)
- Ventouse à gros orifice, appelé encore, ventouse 2 fonctions (V2)
- Ventouse combinée, appelée encore, ventouse 3 fonctions (V3). Elle le résultat de la combinaison de la ventouse V1 et V2

VI.1.3.2 Choix des ventouses :

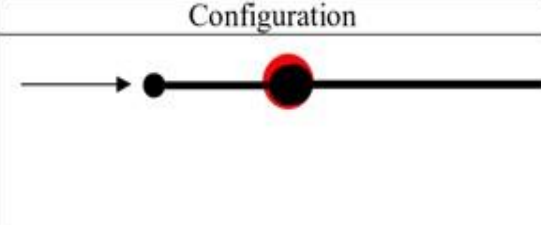
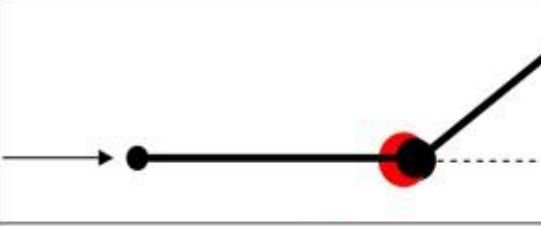

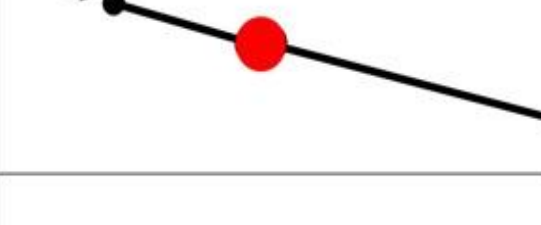

Avant de sélectionner une ventouse, il est important de comprendre certains principes, tels que

- Les ventouses ne se mettent pas qu'aux points hauts d'un réseau

- Les ventouses peuvent se mettre sur un tronçon de conduite,
- Les ventouses ne se mettent jamais aux points bas d'un réseau

Une ventouse est toujours présente après une pompe, car l'écoulement est très turbulent, ce qui permet une aération.

Afin de préciser les différents types de ventouses et leur position sur le réseau, il est pertinent de consulter le tableau ci-dessous [5].

Configuration	Condition
	<p>Conduite horizontale (> 400 m) V1 ou V3.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si V1 respecter espacement entre ventouses de 400 m • Si V3 respecter espacement entre ventouses de 400 à 600 m.
	Fin d'un tuyau horizontal ⇒ V3
	Fin d'un tuyau horizontal ⇒ V3
	<p>Longue conduite descendante (> 400 m) ⇒ V1 ou V3.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si V1 respecter espacement entre ventouses de 400 m • Si V3 respecter espacement entre ventouses de 400 à 600 m.
	<p>Longue conduite ascendante (> 400 m) ⇒ V2 ou V3.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Respecter espacement entre ventouses de 400 à 600 m.

	<p>Début d'un tuyau horizontal \Rightarrow V3</p>
	<p>Point haut \Rightarrow V3</p>
	<p>Jamais de ventouse ici. C'est l'emplacement idéal d'une vanne de vidange type sectionnement (Robinet-vanne)</p>
	<p>Descente \uparrow (L'angle de descente après le point considéré est $>$ l'angle de descente avant le point) \Rightarrow V3</p>
	<p>Descente \downarrow (L'angle de descente après le point considéré est $<$ l'angle de descente avant le point) \Rightarrow Ventouse non nécessaire</p>
	<p>Montée \uparrow (L'angle de montée après le point considéré est $>$ l'angle de montée avant le point) \Rightarrow Ventouse non nécessaire</p>
	<p>Montée \downarrow (L'angle de montée après le point considéré est $<$ l'angle de montée avant le point) \Rightarrow V2 ou V3</p>

Tableau VI.5 : Les types des ventouses et leur emplacement [5].

- L'emplacement des ventouses et des vannes de vidange de R1 vers R2

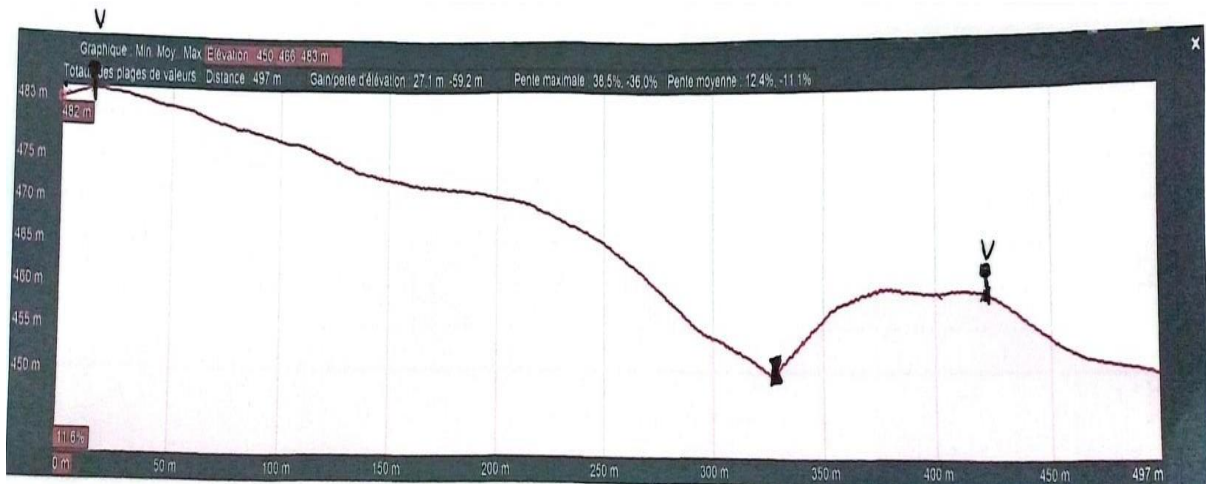


Figure VI.9 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long

Ventouse	cote	L(m)
V1	483	14,6/R1
V2	459	421/R1

Tableau VI.6 : ventouse dans le projet

- L'emplacement des ventouses et des vannes de vidange de R2 vers R3

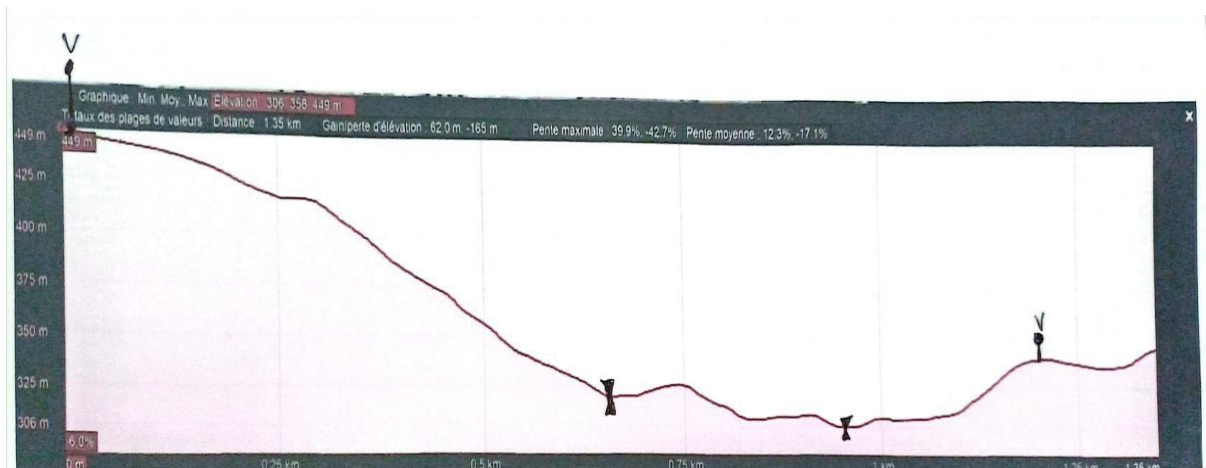


Figure 06.10 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long

Ventouse	cote	L(m)
V1	449	4,5/R2
V3	337	1017/R2

Tableau VI.7 : ventouse dans le projet

- L'emplacement des ventouses et des vannes de vidange de R3 vers R4



Figure VI.11 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long

Ventouse	cote	L(m)
V1	358	2/R3
V2	327	358/R3
V3	300	932/R3

Tableau VI.8 : ventouse dans le projet

- L'emplacement des ventouses et des vannes de vidange de R1 vers NP1



Figure VI.12 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long

Ventouse	cote	L(m)
V1	485	31/R1

Tableau VI.9: ventouse dans le projet

- L'emplacement des ventouses et des vannes de vidange de R2 vers NP2



Figure VI.13 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long

Ventouse	cote	L(m)
V1	459	88/R2

Tableau VI.10 : ventouse dans le projet

- L'emplacement des ventouses et des vannes de vidange de R3 vers NP3



Figure VI.14 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long

Ventouse	cote	L(m)
V1	358	1,5/R3

Tableau VI.11 : ventouse dans le projet

- L'emplacement des ventouses et des vannes de vidange de R4 vers NP4

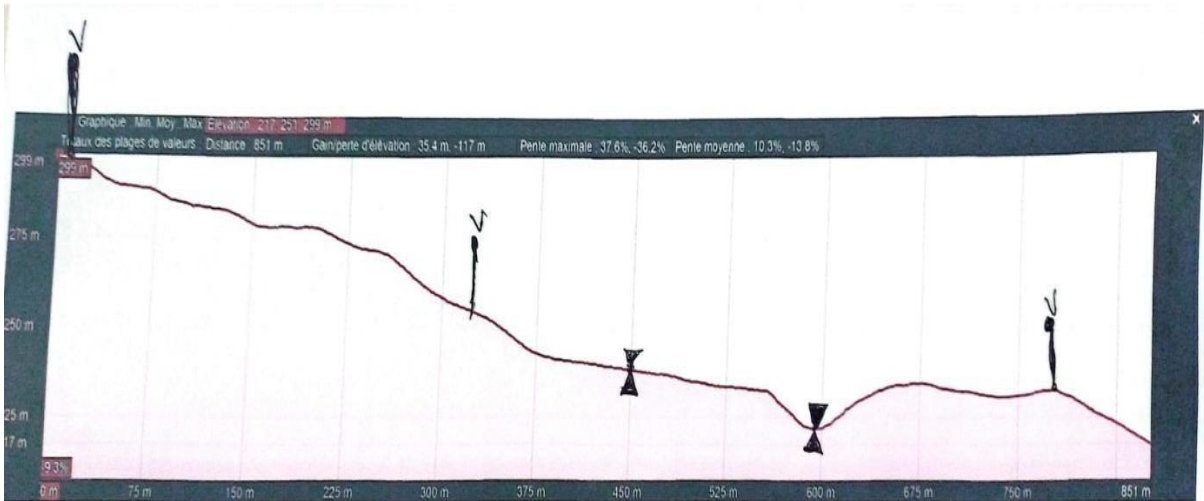


Figure VI.15 : l'emplacement de vanne de vidange et ventouse sur le profil en long

Ventouse	cote	L(m)
V1	297	12,9/R4
V2	253	336/R4
V3	233	775/R4

Tableau VI.12 : ventouse dans le projet

- L'emplacement des vannes de vidange dans notre réseau de distribution

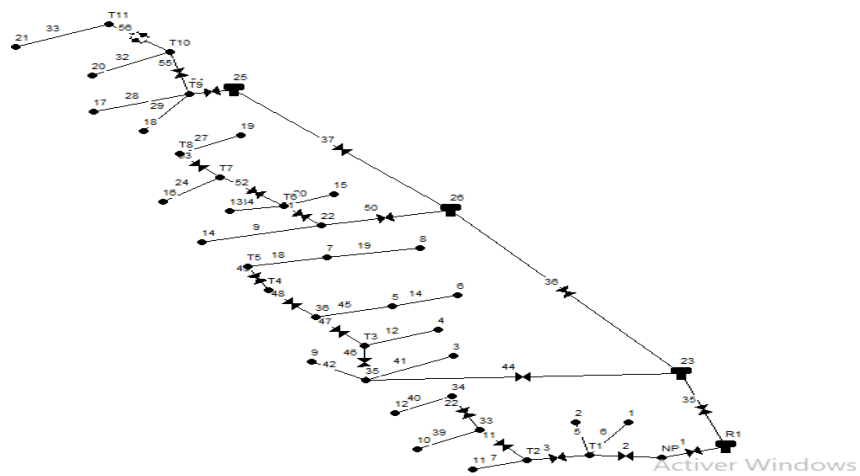


Figure VI.16 : emplacement des vannes de vidange

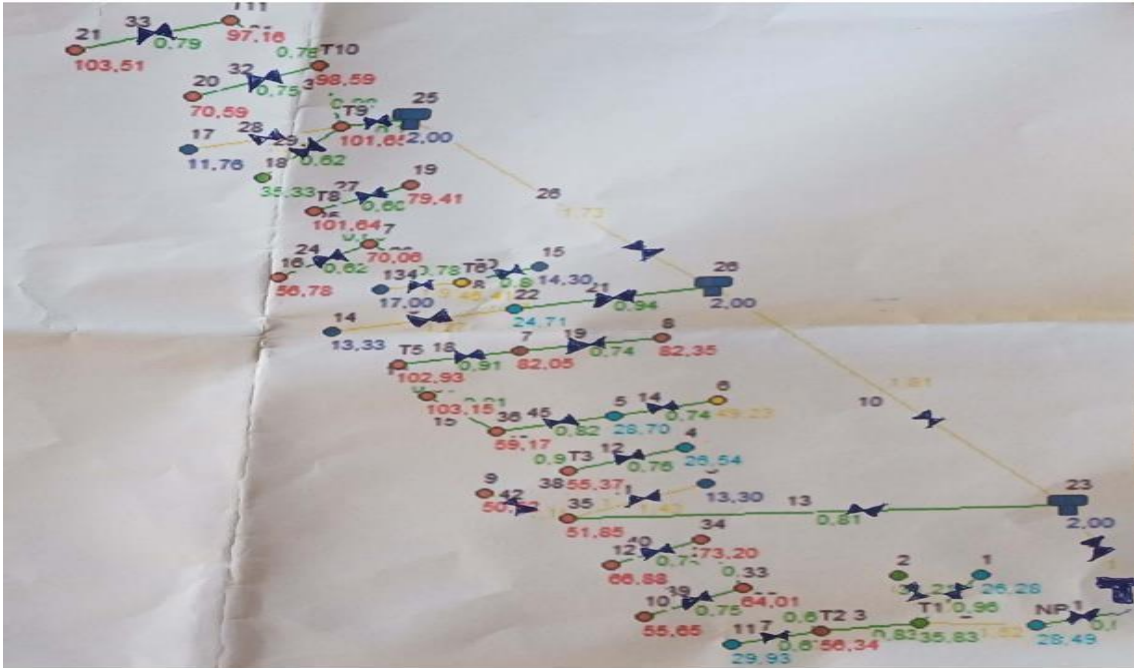


Figure VI .17 : emplacement des vannes de sectionnement

VI.1.4 Les clapets :

Ils sont destinés à empêcher le passage d'un fluide. Ils sont surtout utilisés dans les stations De pompage au point bas des canalisations d'aspiration (désamorçage) ou sur la conduite de Refoulement (arrêt de la colonne d'eau) [11].

VI.1.4.1 Clapet a boule [11] :

➤ Application :

Usage générale : fluides chargés, visqueux, eaux usées (purification, assainissement, Pompage, etc)

➤ Caractéristique générales :

- ✓ Conception suivant la norme NF EN 12334
- ✓ A brides : du DN 40 au DN 500 (jusqu'au DN 600 sur demande)
- ✓ Taraudé : du 1 au 2"1 /2
- ✓ Fonctionnement et étanchéité assurés en position horizontale ou verticale

Ascendante

- ✓ Faibles pertes de charge
- ✓ Passage direct grâce au déplacement de la boule

- ✓ Boule autonettoyante
- ✓ Siège usiné permettant une très bonne étanchéité
- ✓ Pas de risque de blocage de la boule
- ✓ Anneau de levage dans le chapeau permettant une manutention aisée
- ✓ Facilité et rapidité de démontage du chapeau
- ✓ Bouchon permettant le décollage de la boule
- **Condition de service :**
 - ✓ Pression de service maxi 10 bar
 - ✓ Température maxi suivant matériaux
 - ✓ Attention pour utilisation sous faible charge nous consulter



Figure VI.18 : clapet a boule

VI.1.4.2 Clapet a doublé battant entre brides [11] :

➤ **Application :**

Usage générale : pompage, adduction d'eau, gaz, installation de climatisation et de Chauffage

➤ **Caractéristiques générales :**

- ✓ Conception suivant les normes NF EN 12334 et NF EN 14341
- ✓ Du DN 40 au DN 800
- ✓ Montage entre brides
- ✓ Fonctionnement en position horizontale ou verticale ascendant
- ✓ Installation verticale descendant uniquement pour DN inférieure à 150
- ✓ Adaptable à différentes normes de raccordement
- ✓ Faible pertes de charge
- ✓ Fermeture assisté par ressort inox contribuant à diminuer la propagation des coups

De bélier

➤ **Condition de service :**

- ✓ Pression de service maxi 10, 16 ou 25 bar en fonction des matériaux de construction

Et du DN

- ✓ Température maxi suivant matériaux de siège
- ✓ Sur montage horizontal, l'axe du clapet doit être vertical



Figure VI.19 : Clapet à double battant entre brides.

VI.1.4.3 Clapet anti-retour à simple battant entre brides [11] :

➤ **Application :**

Usage général : distribution et traitement des eaux (filtration, équipement de piscines, etc.),

Adduction, climatisation et chauffage, hydrocarbures, irrigation, etc.

➤ **Caractéristique générale :**

- ✓ Conception suivant la norme NF EN 14341. - DN 40 au DN 400 (pour DN > 400 nous consulter).
- ✓ Montage et fonctionnement en position horizontale ou verticale ascendante.
- ✓ Encombrement réduit.
- ✓ Facilité de montage.
- ✓ Poids réduit.
- ✓ Joint encastré dans le corps.
- ✓ Faibles pertes de charge.
- ✓ Contact étanchéité : joint élastomère/métal ou métal/métal.

- ✓ Joint torique pour étanchéité sur faces de brides en standard.



Figure VI.20 : Clapet anti-retour à simple battant entre brides

VI.1.4.4 Clapet de retenue à battant à brides [11] :

Série standard : CB3240 - CB3241 - CB5261

➤ **Application :**

- Usage général : pour eaux claires et légèrement chargées, pompage, adduction, irrigation, Distribution, fluides non corrosifs...

➤ **Caractéristique générale :**

- ✓ Du DN 40 au DN 400.
- ✓ Montage horizontal et vertical ascendant.
- ✓ Simplicité de construction.
- ✓ Fonctionnement sûr et efficace.
- ✓ Robustesse des matériaux

➤ **Conditions de service :**

- ✓ Pression de service maxi :
- ✓ CB3240 et CB3241 : 16 bar,
- ✓ CB5261 : 50 bars.
- ✓ Température maxi : 150°C pour CB3240, 80°C pour CB3241, 50°C à 50 bar et 400°C à 26

Bar pour CB5261.



Figure VI.21 : Clapet de retenue à battant à brides.

VI.1.4.5 Clapet de retenue à battant à contrepoids [11] :

Série standard : CB3242

➤ **Applications :**

Usage général : pour eaux claires et légèrement chargées, pompage, adduction, irrigation, Distribution, fluides non corrosifs, etc.

➤ **Caractéristique générale :**

- ✓ Du DN 40 au DN 300.
- ✓ Montage horizontal et vertical ascendant.
- ✓ Simplicité de construction.
- ✓ Fonctionnement sûr et efficace.
- ✓ Robustesse des matériaux

➤ **Condition de service :**

- ✓ Pressions de service maxi
- ✓ 16 bar (−10°C à 120°C)
- ✓ 14,4 bar (150°C)
- ✓ 12,8 bar (200°C)
- ✓ 9,6 bar (300°C).



Figure VI.22 : Clapet de retenue à battant à contrepoids.

Conclusion

A travers ce chapitre on a cité et définit les différents équipements de réseau de distribution et on a fait des tableaux qui résume l'emplacement de chaque équipement

CHAPITRE VII : Pose de conduite

Introduction

Une installation efficace de tuyau nécessite bien plus que de simplement recouvrir le tuyau. Un tuyau enterré est une structure qui combine les caractéristiques du tuyau et les caractéristiques du sol qui l'entoure.

Il y a deux catégories de tuyaux, rigides et souples. Il est nécessaire que la partie inférieure du tuyau soutienne le tuyau rigide. Il est nécessaire de maintenir le tuyau flexible à la fois sur le fond et sur les côtés du tuyau.

Il est primordial d'avoir un bon support du sol pour assurer les performances des deux types de tuyaux, et il est crucial d'effectuer une inspection adéquate de l'installation des tuyaux afin d'obtenir le support nécessaire.

La vérification d'un bon support du sol implique de vérifier :

- Le sol doit être adapté aux parois des tranchées et aux fondations.
- L'utilisation du sol pour le lit de pose, l'enrobage et le remblai
- La distribution du sol autour des conduits
- La densité de la terre autour du tuyau

E. La torsion du tuyau souple [12, 13, 14, 15, 16, 17, 5]

VII.1 Le tuyau rigide :

Le tuyau rigide a été développé dans le but de transférer la charge de remblai, à travers les parois du tuyau, à la fondation située sous le tuyau. Il est essentiel que les parois des tuyaux soient assez solides pour supporter cette charge.

Il est également essentiel d'avoir un support de sol adéquat sous le fond du tuyau afin de préserver la pente du tuyau. La présence d'un support continu et homogène sous la conduite prévient le tassement inégal de celle-ci.

En cas de surcharge d'un tuyau rigide ou d'une répartition incorrecte de la charge autour du tuyau, il existe un risque de fissuration. Dans le domaine industriel, on retrouve les différentes catégories de tuyaux rigides :

- Tuyau en béton armé
- Tuyau en fonte ductile de moins de 500 mm de diamètre
- Tube en béton armé à âme en tôle cylindrique

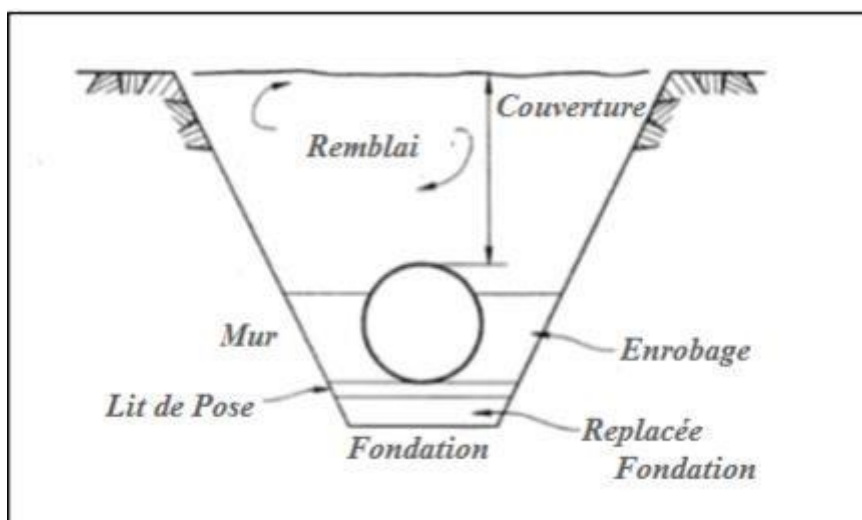


Figure VII.1: Terminologie d'une tranchée [12, 5].

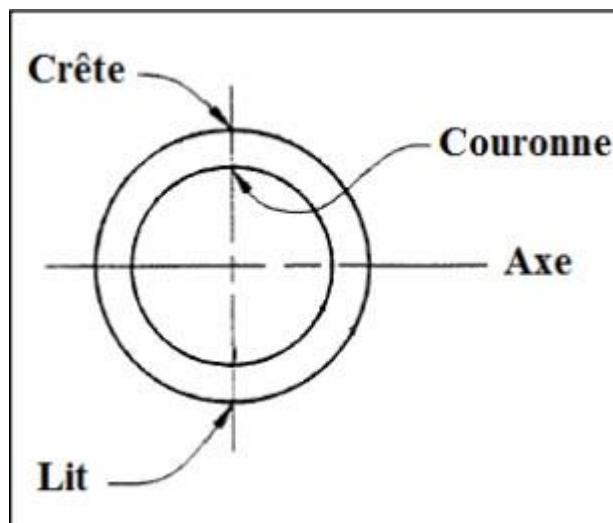


Figure VII.2 : Détails d'un tuyau [12, 5].

VII.2 Tuyau flexible :

La conception du tuyau flexible vise à transférer la charge sur le tuyau, au sol, en utilisant les côtés du tuyau. Augmentation de la charge sur le tuyau entraîne une diminution du diamètre vertical du tuyau et une augmentation du diamètre horizontal. Le sol résiste à l'augmentation du diamètre horizontal à l'extérieur du tuyau. Le sol doit présenter une résistance adéquate afin d'éviter tout déplacement significatif du tuyau. La déflexion (ovalisation) maximale autorisée fluctue en fonction du type de tuyau et oscille entre 2 et 7,5 %. On exprime la déflexion en pourcentage et on la calcule en utilisant l'équation ci-dessous.

$$\text{Pourcentage de déviation} = \frac{\text{Changement de diamètre} \times 100}{\text{Diamètre d'origine}}$$

Il est crucial d'avoir un support approprié du sol sur les côtés du tuyau afin d'assurer une performance optimale. Une altération excessive du tuyau peut entraîner la chute du tuyau. Ou engendrer des fissures dans les revêtements de protection et les garnitures de tuyauterie en métal, ce qui pourrait entraîner des pannes causées par la corrosion.

Il est également essentiel d'avoir un support de sol adéquat sur le fond du tuyau afin de maintenir le niveau du tuyau et de garantir un support homogène. Au sein de l'industrie, il existe différents types de tuyaux flexibles :

- Tuyaux en acier
- Tube béton précontraint
- Tuyau en fonte ductile de plus de 500 mm de diamètre
- TMO (tuyau métallique ondulé), acier ou aluminium
- Tuyau en fibre de verre (PRV)
- Tuyau en polychlorure de vinyle (PVC)
- Tube en polyéthylène (PE)

VII.3 Type et distribution du sol :

Le sol placé autour d'un tuyau enterré doit :

- 1) Posséder des caractéristiques mécaniques solides,
- 2) Maintenir un contact solide et complet avec le tuyau.

VII.3.1 Fondation :

Le matériau utilisé sous le tuyau est appelé la fondation. Lorsque les fondations ne sont pas adaptées, il est nécessaire de les retirer à une profondeur minimale de 150 mm (6 po) et de les remplacer par du matériau adéquat. Parfois, il est nécessaire de retirer de 1 à 1,5 mètres (3 à 5 pieds) ou plus de matériel peut être indispensable.

VII.3.1.1 Les fondations inappropriées pour la confection des tranchées

A. Matériel potentiellement expansif

- Schiste
- Mudstone
- Siltstone
- Argile
- Argile grasse, sèche et dense (voir Système de classification des sols unifiés, ASTM D2487, USBR 5000)

B. Sols mous et instables

- Sols extrêmement humides qui se déversent dans l'excavation
- Sols à faible densité
- Tourbe ou autre matière organique OL et OH (voir Système de typologie) Un sol unifié (ASTM D2487, USBR 5000)

VII.3.2 Lit de pose :

La couche non compactée de matériau sélectionné est utilisée pour installer les tuyaux rigides et flexibles. On applique cette couche de matériau non compacté sur la fondation ou la fondation est remplacée.

Le diamètre du tuyau influence l'épaisseur de cette couche :

- Pour les tuyaux d'un diamètre de 300 à 1350mm. L'épaisseur est de 100mm.
- Pour les diamètres de tuyaux supérieurs à 1350mm. L'épaisseur de la litière est de 150mm.

Le tuyau est fixé à la literie directement. Il est essentiel que la surface de la litière présente une granulométrie fine afin d'assurer les pentes prévues dans les calculs. En raison de l'absence de compactage du matériau du lit de pose, il y aura une légère pression sur le tuyau lors de sa pose. Selon le type de sol, le type de tuyau et le diamètre du tuyau, le taux de tassement diffère. Il sera nécessaire de tester l'épaisseur de la couche du lit de pose avant de commencer les travaux. Lorsque le lit de pose devient compacté en raison d'une circulation excessive des piétons, des déplacements de l'équipement ou de la pluie, il est nécessaire de le remplacer et de procéder à une scarification avant de le placer.

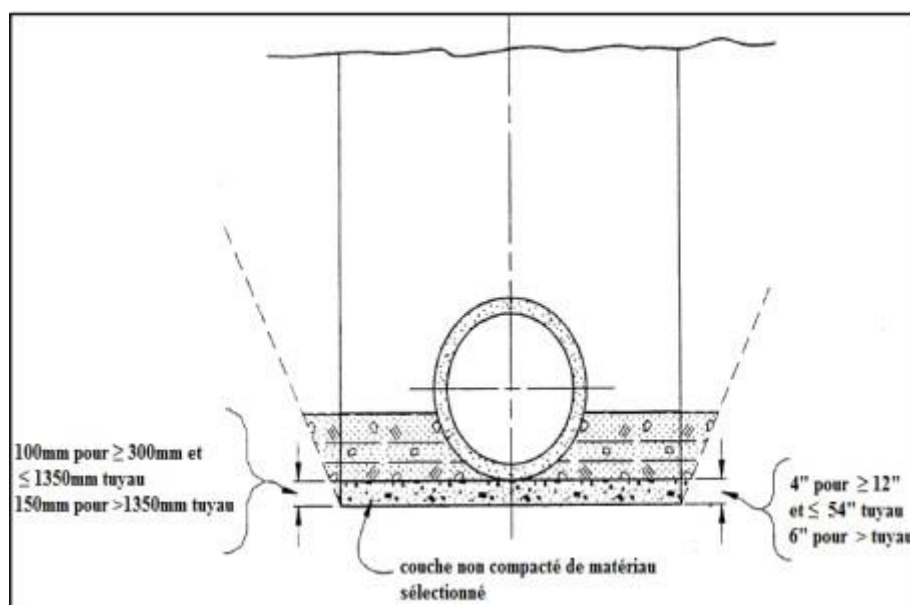


Figure VII.3 : Lit de pose (Bedding) [12, 5].

VII.3.3 L'enrobage et l'obligation de compactage des tranchées

Après avoir installé le tuyau au-dessus de la couche non compactée du lit de pose (lit de sable), il est nécessaire de compacter le sol d'enrobage à côté du tuyau jusqu'à atteindre la hauteur indiquée.

Le matériau à utiliser pour l'enrobage doit être sélectionné et précisé, et il doit être compacté à une densité relative d'au moins 70 %. La principale difficulté lors de l'installation des tuyaux est de garantir que le sol dans la zone d'enrobage, en particulier les ailes, soit bien drainé un effort de compactage adéquat pour répondre à la demande de densité relative de 70%.

Le sol d'encastrement est situé à une hauteur de 0,37 du diamètre extérieur du tuyau pour les tuyaux rigides. Le sol d'enrobage (d'encastrement) est posé à une hauteur de 0,7 du diamètre extérieur du tuyau pour les tuyaux flexibles.

Il est important d'utiliser un sol sans cohésion et drainant, comme des sables et des graviers propres, comme matériau de sélection. De la même manière que l'utilisation du « Pourcentage de Proctor » permet de contrôler le compactage des sols cohérents (argiles, etc.), la densité relative permet de contrôler le compactage les sols non cohérents se compactent.

Il est possible de compacter l'ancrage de différentes manières tant que le critère de densité relative de 70% est respecté. En cas d'utilisation de pilons ou de rouleaux, l'élévateur compacté ne peut pas excéder 150 mm (6 po). Si des chenilles de tracteurs ou des vibrateurs de surface sont utilisés. L'élévateur compacté ne peut pas dépasser 300 mm (12 po) lorsqu'il est utilisé. Le manque ou l'excès d'humidité dans le sol peut ralentir le processus de compactage.

Il est possible qu'il soit nécessaire de modifier la quantité d'eau afin de trouver la meilleure humidité pour le compactage. La saturation et la vibration interne peuvent constituer une méthode extrêmement efficace pour améliorer la densité du sol dans la zone de renflement pour les tuyaux de drainage grande taille.

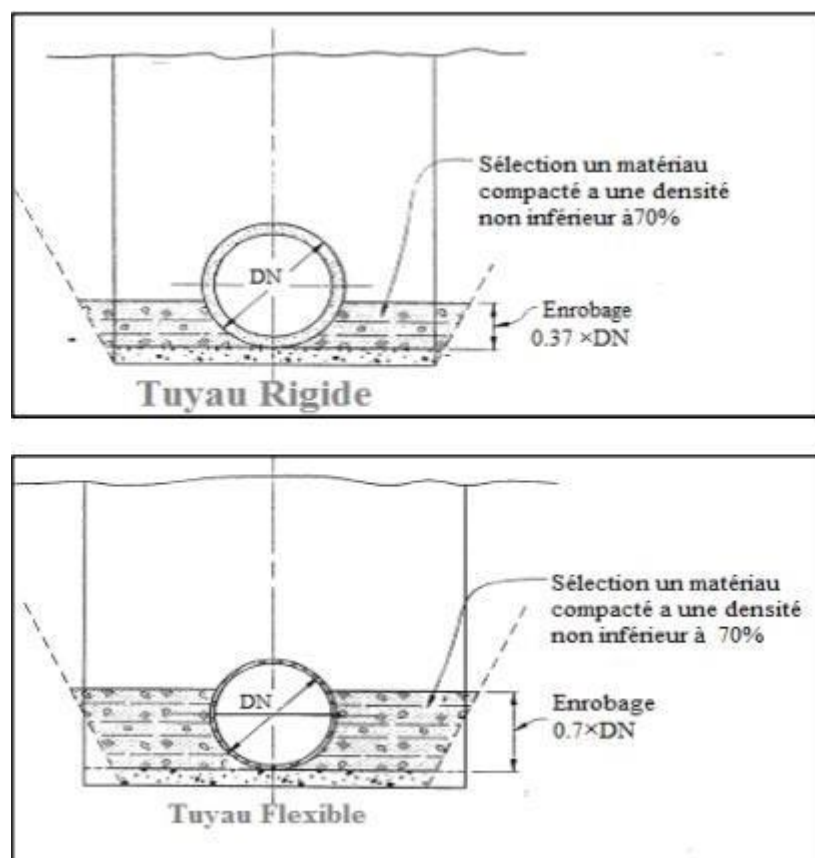


Figure VII.4 : Zone d'enrobage [12, 5].

La méthode privilégiée par de nombreux entrepreneurs pour compacter les sols sans cohésion et drainants est la saturation et la vibration interne. Cette approche est particulièrement efficace pour renforcer la densité d'un ascenseur d'une épaisseur de plusieurs pieds ; Cependant, la longueur du vibreur ne peut pas dépasser l'épaisseur de l'élévateur compacté. Pour les entrepreneurs qui ne sont pas familiarisés avec cette technique de compactage, il est fréquent qu'ils investissent beaucoup de temps et d'efforts dans l'exploration de la combinaison optimale entre le sol, l'eau, l'équipement et la technique. De plus, en cas d'utilisation excessive d'eau, il est envisageable de faire flotter le tuyau.

Quand on utilise la saturation et la vibration interne pour des tuyaux flexibles de plus de 1350 mm (54 po) de diamètre ou des tuyaux rigides de plus de 2700 mm (108 po), il est nécessaire de compacter le matériau utilisé pour l'encastrement en deux ou plusieurs parties. Cela concerne il est possible de garantir que le matériau choisi est compacté à une densité d'au moins 70%.

Relative à l'intérieur des jarrets du tuyau. Il est compliqué d'incliner manuellement les vibreurs sous les jarrets du tuyau pour un tuyau de grand diamètre. De nombreux

entrepreneurs ont développé des équipements mécaniques afin de garantir la compaction de la zone de renfort.

Il est également important de restreindre l'épaisseur des remontées mécaniques car la vérification de la densité dans le jarret après que l'encastrement se situe à plusieurs pieds au-dessus de la zone du jarret demande une excavation importante.

VII.4 Dimensions d'une tranchée

Il est essentiel de vérifier attentivement les dimensions de la tranchée, la largeur minimale d'installation, la pente des parois de la tranchée, la profondeur de la tranchée et le dégagement du tuyau flexible.

VII.4.1 Largeur minimale d'une tranchée

On définit une largeur minimale de tranchée, W , afin de garantir une distance minimale entre le tuyau et la paroi de la tranchée. Il est nécessaire d'avoir un dégagement adéquat afin de faciliter l'inspection des joints des tuyaux, de compacter correctement le sol et de garantir une bonne compaction. Analyser la densité sur le terrain lors de l'enrobage. Il est d'autant plus essentiel que les parois de la tranchée sont verticales.

VII.4.2 Largeur minimale des tranchées

La largeur minimale varie avec les trois (3) types de tranchée.

Type de tranchée	Sur largeur minimale
1	25cm pour 300 à 450 mm D_{int} 45cm <450 mm D_{int}
2	1×DN
3	2× DN

Tableau VII.1: Sur largeur minimale (Clearance).

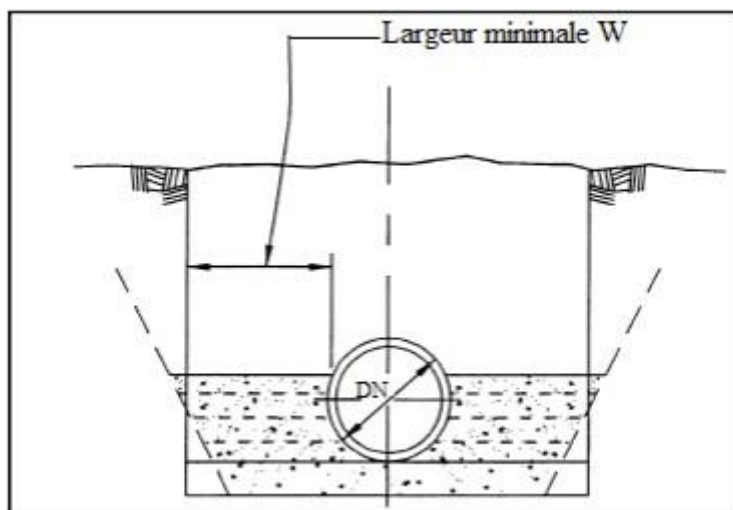


Figure VII.5 : Largeur d'une tranchée [12, 5].

VII.4.2.1 Type de tranchée 1 sur largeur

Les murs de tranchées sont généralement constitués de roches, telles que le claystone, le mudstone ou le siltstone. Les sols sont également fortement cimentés, même s'ils sont de faible densité : les sables et les graviers avec une densité relative in situ de 70% ou plus. De plus, il y a également des matériaux silteux ou silteux. Les argiles présentent des densités in situ de 95 pour cent de la densité maximale sec de Proctor ou plus élevées.

VII.4.2.2 Type de tranchée 2

Il serait possible d'inclure des sols limoneux ou argileux dont la densité in situ est de 85 % de la densité sèche maximale de Proctor ou supérieure à 95 %, ou des sols sans cohésion dont la densité relative in situ est comprise entre 40 et 70 %.

VII.4.2.3 Le type de tranchée 3

La tourbe ou d'autres sols organiques, les limons élastiques (MH), les sols silteux ou argileux de faible densité (moins de 85% de la densité sèche maximum Proctor) ou les sols non cohérents de faible densité (densité inférieure à 40%) pourraient être classés dans cette catégorie.

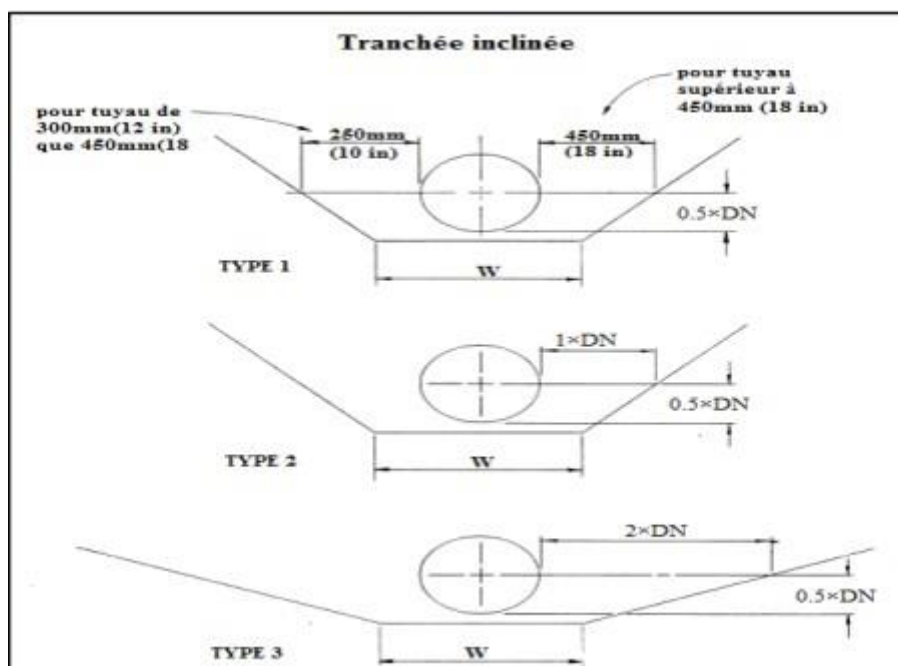


Figure VII.6 : Détails des sur-largeurs en fonction du type de la tranchée inclinée [12, 5].

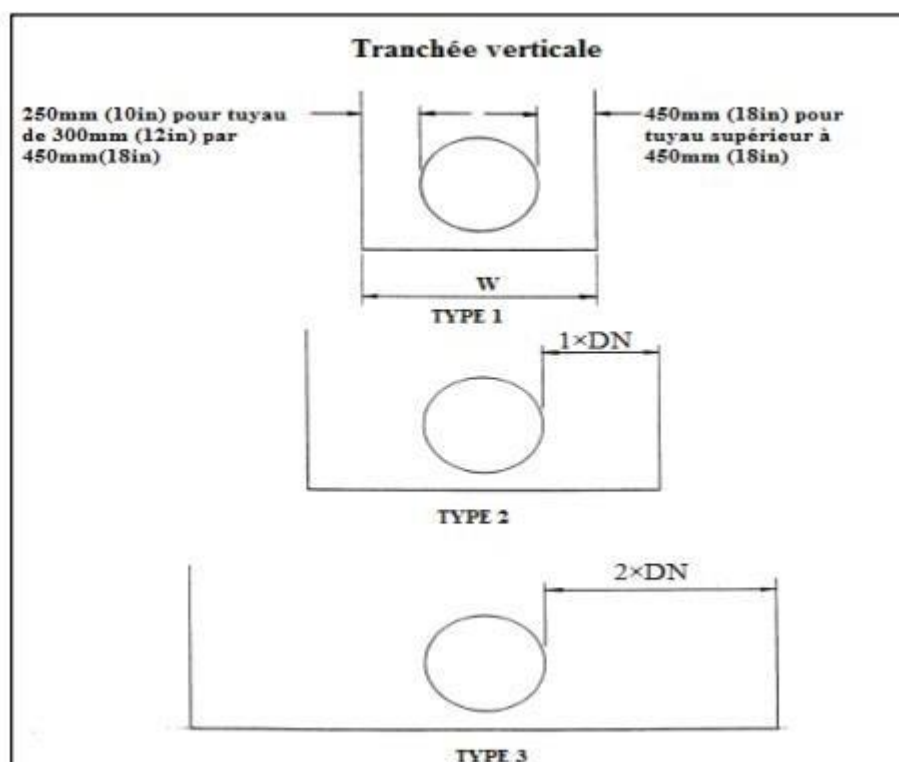


Figure VII.7 : Détails des sur-largeurs en fonction du type de la tranchée verticale [12, 5].

VII.4.3 Dimensionnement des tranchées

Pour dimensionner une tranchée, on doit déterminer les paramètres suivants :

- Le minimum de profondeur du tuyau. Au fur et à mesure que la profondeur diminue, l'impact des surcharges d'exploitation fixes (chaussée goudronnée, bâtiments, maisons...) augmente. Ou il serait crucial d'avoir des véhicules mobiles (voitures, camions, train, avion,) afin de prévenir les accidents de conduite.
- La plus grande profondeur du tuyau. L'augmentation de la profondeur augmenterait l'impact du poids des remblais sur la conduite.
- La texture anti-gel. Si la neige tombe, et afin d'éviter le gel de l'eau à l'intérieur des conduites, on utilise habituellement une profondeur de protection antigel de près de 0,8 mètre.
- La largeur. Les largeurs recommandées dans les catalogues pour les tuyaux flexibles peuvent ne pas être adéquates.
- La forme. Pour assurer la stabilité du système tranchée-tuyau, il est possible d'opter pour une forme rectangulaire, trapézoïdale ou l'une des deux. Parfois, cette forme est utilisée lorsque des risques d'éboulement des terres sur les terres sont présents. Les travailleurs. Selon la réglementation concernant la sécurité des travailleurs, il est strictement interdit d'avoir une tranchée rectangulaire (parois verticales) de plus de 1,3m de profondeur, peu importe le matériau des tuyaux et le type de sol utilisé.

Pour le calcul des dimensions des tranchées, la méthode recommandée par l'American Water Works Association [10].

Remarque

Quoi qu'il en soit, la tranchée doit être suffisamment large pour accueillir les conduites et avoir suffisamment d'espace pour faciliter le travail des poseurs de tuyaux en réalisant les joints, les assemblages, les blindages et, surtout, le compactage des différentes couches qui composent la tranchée l'enrobage et le remblai des zones. Il est essentiel de comprendre que chaque type de zone nécessite un compactage spécifique (moyens de compactage, intensité, Proctor 90%, Proctor 95%, etc.). Les diverses parties d'une tranchée nécessitent un compactage mécanique supervisé. Ce n'est jamais un travail manuel.

Dans la littérature technique, il est possible de trouver le type de compactage requis pour chaque type de sol.

Avant d'exposer les résultats des calculs, qui ne seront pas exposés dans ce PFE, il est important de souligner que la dimension des tranchées aux points de franchissement (cours d'eau, conduite de gaz, conduite d'assainissement, fibre optique) mérite une attention particulière.

VII.5 Dimensions des tranchées du projet en cours

Le tableau ci-dessous présente les dimensions grossières des tranchées destinées à accueillir les tuyaux PE.

Il est nécessaire d'analyser en profondeur les méthodes de compactage, les contraintes liées aux surcharges mobiles et permanentes, ainsi que les poids des remblais, en se basant sur les théories et les mesures de Martson 1913, Spangler 1941 et Watkins 1967 [Moser].

On ne connaît pas de manière précise les données géotechniques du sol en place, ni les méthodes de compactage. Les dimensions des tranchées seront donc déterminées en fonction du type de tranchée.

Type de tranchée	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (m)	E (m)	α
Type 1	250 si DN < 450 450 si DN > 450	0,7 DN	100	1,3	2 à 6	30 ° si Sables fins 45° si Rochers compacts
Type 2	1 x DN	0,7 DN	100	1,3	2 à 6	30 ° si Sables fins 45° si Rochers compacts
Type 3	2 x DN	0,7 DN	100	1,3	2 à 6	30 ° si Sables fins 45° si Rochers compacts

Tableau VII.2 : Les dimensions grossières des tranchées.

Note : Le choix entre le type de tranchée 1,2 ou 3, ne peut être fait qu'après étude géotechnique détaillée.

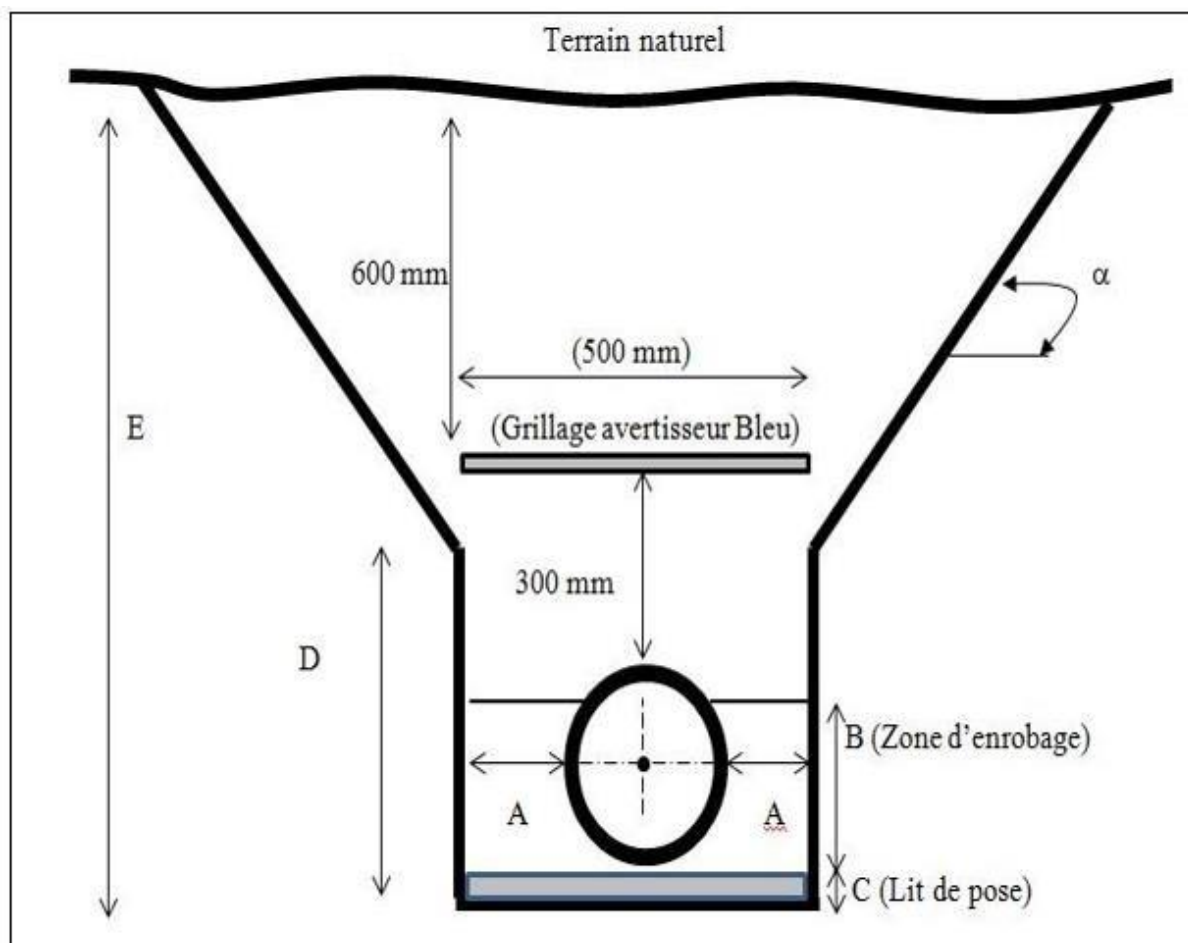


Figure VII.8 : Schéma général de la tranchée adoptée pour le PFE

VII.5.1 Dimensions et forme de la tranchée en cas d'intersection avec d'autres réseaux

Si plusieurs types de réseaux se rencontrent (eau potable, assainissement, gaz, téléphone, électricité), il est recommandé de respecter la disposition suivante, en accordant une grande importance au grillage avertisseur dont la couleur correspond à la couleur standardisée des réseaux. Divers réseaux le grillage sera installé dans le remblai secondaire à une hauteur de 600 mm en dessous du terrain terminé. Quoiqu'il en soit, il sera placé à une altitude de 300 mm par rapport à la génératrice supérieure du tube. De plus, le grillage avertisseur doit avoir une largeur de 500 mm pour les tuyaux de diamètre inférieur à 500 mm plusieurs bandes de grillage avertisseur de largeur unitaire de 500 mm sont jointes pour les diamètres supérieurs à 500 mm

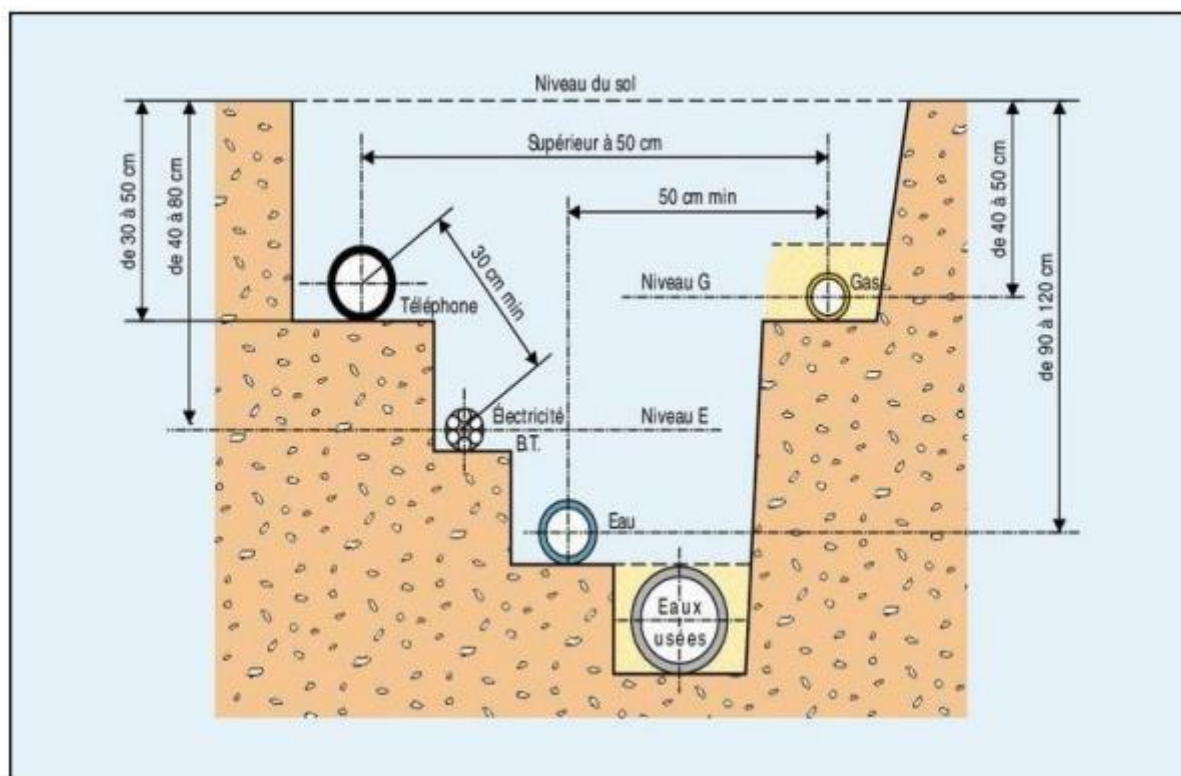


Figure VII.9 : Schéma de croisement des différents réseaux [17].

VII.5.2 Détails de la tranchée en cas de franchissement d'un cours d'eau

Pour traverser un fleuve, il est possible de construire un pont et de placer la conduite en dessous, en dessus ou en dehors, ou de creuser une tranchée sous le lit du fleuve.

La première option est plus facile à réaliser, mais elle est très coûteuse sur le plan économique, à moins qu'il n'y ait déjà un pont. La deuxième option présente des difficultés techniques en raison de l'ajout de nouveaux paramètres à la liste initiale des facteurs de dimensionnement les personnes mentionnées. Les autres contraintes sont :

- Risque de détérioration, de déstabilisation et de rupture de la conduite suite à l'érosion du lit du cours d'eau.
- Pour calculer le poids du remblai, il est nécessaire d'inclure le poids de l'eau provenant du cours d'eau.
- La présence de l'eau du cours d'eau (poussée d'Archimède) peut entraîner une situation de flottaison dans la conduite.

Ainsi, il est essentiel de prêter une attention particulière au problème de franchissement des cours d'eau par tranchée. Lorsqu'on franchit un cours d'eau par un pont, il est primordial de prendre soin de protéger la conduite en PE contre les effets néfastes des rayons UV (soleil) effectivement, les conduites en plastique (PE, PVC, PRV) sont extrêmement résistantes aux rayons UV. Les réponses peuvent varier.

- Résistance initiale diminuée
- Risque de fissuration
- La dilation thermique des tuyaux en plastique va engendrer un souci de sécurité les supports mécaniques de fixation sont sélectionnés et dimensionnés pour assurer la maintenance et la stabilité des tuyaux PE sur ou sous le pont.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

L'alimentation en eau potable pour une agglomération englobe une étude bien détaillée des besoins en eau permettant le choix de tous les composants du réseau.

Dans notre projet de fin d'étude on a présenté la réalisation du réseau d'alimentation en eau potable d'une AADL de 7000 logement de SIDI SERHANE de la commune de BOUINANE en commençant par la présentation de notre zone d'étude puis on a estimé les besoins en eau

Notre calcul nous a conduit a projeté 4 réservoirs

Dans le but de la protection de la conduite du phénomène du coup de bélier on a vérifié et calculé et on a trouvé les résultats de calculs montrent que notre installation a besoin d'un anti bélier. Concernant l'étude de distribution du réseau, Le réseau ramifié est pris comme mode de distribution il a été simulé avec logiciel EPANET et on a trouvé que les vitesses et les pressions sont acceptable.

Enfin on a donné un petit aperçu sur l'emplacement des équipements et de pose de conduite.

En conclure, cette étude nous permet d'employer toutes les connaissances que nous avons étudiées dans notre cycle de formation en espérant que ce modeste travail sera une référence pour les futurs étudiants

Reference

- 1:** [Bouinan — Wikipédia \(wikipedia.org\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bouinan)
- 2 :** documentaires de DRE
- 3 :** VALIROIN, F. : Gestion des eaux, alimentation en eau et assainissement, presse de l'école nationale des ponts et chaussées, 1989.
- 4 :** DUPONT, A. : « Hydraulique urbaine ». Tome II : ouvrage de transport -élévation et distribution des eaux, Edition Eyrolles paris, 1979.
- 5 :** Samir Haddad., 2016. Cours Technologie des conduites et accessoires hydrauliques. Département d'Hydraulique, Master 1 Hydraulique urbaine, Université de Bejaia, Algérie
- 6 :** LEZOUL.B, CHEKAOUILL.K. : « Alimentation en eau potable des six communes sud de la Wilaya de Bejaia et distribution du chef-lieu de Tazmalt ». Mémoire de fin d'études Master en hydraulique, Université de Bejaia, 2015.
- 7 :** BRIERE. F.G : distribution et collecte des eaux, édition presses internationales polytechnique, 2012.
- 8 :** Dekik D., Sadi Oufella N., Renou L. 2019 ; Etude de l'alimentation en eau potable des six villages de la commune d'Ighrem wilaya de Bejaia et la distribution avec logiciel Epanet ; mémoire de master en construction hydraulique et aménagement a l'UMMTO.
- 9 :** [<https://surfeo.fr/reseau-eau-les-vannes-a-utiliser/>]
- 10 :** PFE « conception et construction des ouvrages hydraulique d'eau potable » de Mr ZAIM ABDERREZAK
- 11 :** Livre clapet filtres

12: Amster K. Howard., 1996. Pipe Bedding and Backfill. Geotechnical Training Manual No. 7. United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Technical Service Center, Geotechnical Services, Denver, Colorado, USA.

13: Moser A P., 2001. Buried Pipe Design 2nd edition, McGraw-Hill, USA

14: American Water Works Association - AWWA., 2006. PE Pipe-Design and Installation 1st edition, Manual of water supply practices - M55, Denver, USA.

15: Plastic Pipe Institute - PPI., 2008. Handbook of Polyethylene Pipe. 2nd edition, The plastic pipe institute, USA.

16: Larry W Mays., 2009. Water distribution systems handbook The McGraw-Hill Companies, USA

17 : Groupe CHIALI., 2012. Tubes en PolyEthylène PE Catalogue technique, Algérie