

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



Faculté des Sciences et Sciences Appliquées  
Département de Génie Civil

**Mémoire de Fin d'Etude**

Présenté par :

**BELKACEMI DARIS**  
**RAHICHE HOUSSAM EDDINE**

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

Filière : Hydraulique

Option : **Ressources Hydrauliques**

**Thème**

**Dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable de la ville  
d'El ESNAM (w.de Bouira)**

**Devant le jury composé de :**

**KHALDI  
ABED  
MERIDJA**

**RAMZI  
MOURAD  
MADANI**

**MAA  
MAA  
MCB**

**UAMOB  
UAMOB  
UAMOB**

**Président  
Examineur  
Encadreur**

**Année Universitaire 2020/2021**

## **Remerciements**

Avant tout, nous remercions le bon dieu de nous avoir accordé la volonté, le courage et la patience pour l'achèvement de ce travail.

Nous remercions notre promoteur Mr. MERIDJA MADANI de nous avoir encadré, guidé et accompagné dans ce travail ainsi que sa compréhension et ses précieux conseils qui nous ont aidé dans l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.

Sans oublier tous les enseignants du département de Génie Civil et Hydraulique qui ont participé à notre formation pendant cette courte période en Master II pour l'année(2020- 2021).

Nous remercions aussi les membres de jury de nous avoir fait l'honneur d'examiner notre travail.

## Dédicace

Je dédie ce travail

D'abord à ma chère mère qui fait l'impossible pour que je me présente aujourd'hui

devant vous,

à la personne la plus proche de mon cœur la plus loin de moi, mon papa qui

m'encourage toujours pour réaliser mes rêves.

Mes chères frères et ma sœur, A tous mes chères amis, Amine Sifaks

Assala, Zinou, warda, *Younes*, mon petit Adam et tous ceux qui m'ont

soutenue.

Daris

## Dédicace

Je dédié ce travail tout d'abord à mon cher père  
et ma chère mère qui m'ont aidé et m'ont soutenue tout long de ma vie en  
m'accordant toutel'attention et l'affection qui m'ont guidés et permettent  
d'arriver à réaliser tous mes projets,  
sans oublier mes sœurs et mes frères,  
mes amis de l'université et toute l'équipe de mon travail,  
à ceux qui ont contribués de près ou de loin à l'élaboration de ce  
travail,à mon ami Daris,  
à tous mes amis et à tous ceux que j'aime.

Houssem

## **Résumé**

Ce travail est un apport à l'alimentation en eau potable de la ville d'EL ASNAM wilaya de Bouira à partir de la station de traitement du barrage de Tilesdit.

Après avoir recueilli les données nécessaires sur la zone d'étude, on débute par le calcul du nombre d'habitants actuelle et à l'horizon d'étude 2051, de même l'estimation des besoins en eau potable de tous les types de consommation à partir desquelles on a abouti à un débit max journalier de  $9219.88 \text{ m}^3/\text{j}$ , et à un débit de pointe de  $573.78 \text{ m}^3/\text{h}$

Le logiciel Epanet a permis d'avoir les diamètres optimaux de tous les tronçons du réseau de distribution de l'eau potable de l'agglomération de la ville d'EL ASNAM. Le réseau devrait assurer des pressions et des vitesses admissibles à l'heure de pointe plus incendie.

Une étude technico économique de l'adduction à plusieurs variantes, pour la conduite d'adduction par refoulement qui relie la station de pompage au réservoir tampon, nous a permis d'obtenir le diamètre  $D = 300 \text{ mm}$ , d'une longueur  $4.89 \text{ km}$  de matériau fonte ductile

L'adduction gravitaire reliant le réservoir tampon au réservoir d'EL ASNAM est de diamètre économique  $D = 350 \text{ mm}$  de longueur  $5.19 \text{ km}$  de matériau fonte ductile.

Le dimensionnement du réservoir a permis de concevoir un ouvrage de stockage de forme circulaire de type semi-enterrée de capacité  $600 \text{ m}^3$  de diamètre  $13.8 \text{ m}$ , de hauteur  $4 \text{ m}$ , qui devrait alimenter l'agglomération de la ville d'EL ASNAM à l'horizon 2051.

Le catalogue numérique des pompes CAPRARI a été employé pour le choix des pompes pour la station de pompage. Nous avons opté pour les pompes de type E14SE50/7Q + M14500 et une autre de secours pour satisfaire la hauteur manométrique totale de  $274\text{m}$ .

Une description est présentée sur les normes, les techniques concernant la pose des conduites, les moyens de leurs protections, et leurs bons fonctionnements pour une longue durée.

Une étude sur les méthodes de gestion, de conservation, du nettoyage, et de surveillance des réseaux d'AEP, dans le but de protéger ce système de transport d'eau et le maintien dans de bonnes conditions les ouvrages de stockages, les conduites d'adductions, les stations de pompages, et de limiter les fuites à tous les niveaux du réseau.

## الملخص

يساهم هذا العمل في إمداد مياه الشرب لمدينة الأصنام ولاية البويرة من محطة معالجة سد تيلسديت. بعد جمع البيانات اللازمة عن منطقة الدراسة ، نبدأ بحساب العدد الحالي للسكان ولأفق الدراسة 2051 ، وكذلك تقدير الاحتياجات من مياه الشرب لجميع أنواع الاستهلاك. أقصى تدفق يومي 9219.88 م<sup>3</sup> / يوم ، وذروة تدفق 573.78 م<sup>3</sup>/ساعة.

الحصول على الأقطار المثلى لجميع أقسام شبكة توزيع مياه الشرب لتكتل مدينة أتاح برنامج Epanet من المتوقع أن توفر الشبكة ضغوطاً وسرعات مسموح بها في ساعات الذروة بالإضافة إلى الحريق.

دراسة فنية واقتصادية عن التقريب مع عدة متغيرات ، لأنبوب التسليم عن طريق التفريغ الذي يربط محطة الضخ بالخران العازل ، سمحت لنا بالحصول على قطر  $D = 300$  مم ، بطول 4.89 كم. مادة حديد الدكتايل.

التقريب الجاذبية الذي يربط الخزان العازل بخزان EL ASNAM له قطر اقتصادي  $D = 350$  مم ، بطول 5.19 كم من مادة حديد الدكتايل.

جعل حجم الخزان من الممكن تصميم هيكل تخزين دائري شبه مدفون بسعة 600 م<sup>3</sup> ، وقطر 13.8 م ، وارتفاع 4 م ، والذي يجب أن يزود المنطقة الحضرية لمدينة ASNAM. الأفق 2051.

تم استخدام الكتلوج الرقمي لمضخات كابرلي لاختيار المضخات لمحطة الضخ. لقد اخترنا المضخات من النوع E14SE50 / 7Q + M1450 ومضخة طوارئ أخرى لتلبية إجمالي رأس الضغط البالغ 274 متراً.

يتم تقديم وصف للمعايير والتقنيات المتعلقة بتمديد الأنابيب ووسائل حمايتها وحسن أدائها لفترة طويلة.

دراسة طرق إدارة وصيانة وتنظيف ومراقبة شبكات DWS بهدف حماية نظام نقل المياه هذا والمحافظة على هياكل التخزين وإضافات مواسير المياه ومحطات الضخ والحد من التسربات على الإطلاق. مستويات الشبكة.

## **Abstract**

This work contributes to the drinking water supply of the city of EL ASNAM wilaya of Bouira from the Tilesdit dam treatment station.

After having collected the necessary data on the study area, we begin with the calculation of the current number of inhabitants and for the study horizon 2051, as well as the estimation of drinking water needs for all types of consumption. from which we obtained a maximum daily flow of 9219.88 m<sup>3</sup> / d, and a peak flow of 573.78 m<sup>3</sup> / h

The Epanet software made it possible to obtain the optimal diameters of all the sections of the drinking water distribution network of the agglomeration of the city of EL ASNAM. The network is expected to provide permissible peak-hour pressures and speeds plus fire.

A technical and economic study of the adduction with several variants, for the delivery pipe by discharge which connects the pumping station to the buffer reservoir, allowed us to obtain the diameter  $D = 300$  mm, with a length of 4.89 km. ductile iron material

The gravity adduction connecting the buffer tank to the EL ASNAM tank has an economical diameter  $D = 350$  mm, length 5.19 km of ductile iron material.

The sizing of the reservoir made it possible to design a semi-buried circular-shaped storage structure with a capacity of 600 m<sup>3</sup>, diameter 13.8 m, height 4 m, which should supply the urban area of the city of EL ASNAM to the horizon 2051.

The digital catalog of CAPRARI pumps was used for the selection of pumps for the pumping station. We opted for the E14SE50 / 7Q + M14500 type pumps and another emergency pump to satisfy the total manometric head of 274m.

A description is presented on the standards, the techniques concerning the laying of pipes, the means of their protection, and their good functioning for a long period.

A study on the methods of management, conservation, cleaning, and monitoring of DWS networks, with the aim of protecting this water transport system and maintaining in good condition the storage structures, water pipes. adductions, pumping stations, and to limit leaks at all levels of the network.

## Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude.....	1
I.1 Introduction.....	2
I.2 Situation géographique .....	2
I.3 Topographie .....	3
I.4 Séismicité.....	3
I.5 Climatologie.....	3
I.6 Pluviométrie .....	4
I.7 Humidité relative .....	4
I.8 Démographie.....	5
I.9 Situation hydraulique .....	6
I.10. Conclusion .....	7
Chapitre II : Estimation des besoins en eau potable.....	8
II.1 INTRODUCTION .....	9
II.2 Evaluation de la population .....	9
II.3 Estimation des besoins en eau .....	10
II.3.1 Besoins domestiques.....	10
II.3.2 Besoins sanitaires : .....	10
II.3.3 Besoins scolaires.....	11
II.3.4 Besoins socioculturels .....	11
II.3.5 Besoins municipaux : .....	11
II.3.6 Besoins d'élevages .....	12
II.3.7 Besoins commerciaux :.....	12
II.4 Récapitulatif de la consommation moyenne journalière : .....	12
II.5. Estimation des besoins maximales en eau : .....	12
II.6 Variation des débits de consommation .....	13
II.6.1 Variation de la consommation journalière .....	13
II.7 Variation de la consommation horaire.....	14
II.9 Conclusion .....	15
Chapitre III : Dimensionnement du réseau de distribution .....	16
III.1 Introduction .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2 Description d'un réseau de distribution d'AEP.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2 Type de réseaux.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2.1 réseau maillé.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

III.2.2 Réseaux ramifié.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2.3 Réseaux étagés .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2.4 Principe de tracé d'un réseau combiné.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.4 Choix du matériau des conduites .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.4.1 Tuyaux en fonte.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.4.2 Tuyaux en acier .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.4.3 Tuyaux en PVC (Polychlorure de vinyle non plastifié) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.5 Calcul hydraulique du réseau combiné : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.6 Calcul des débits du réseau .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.6.1 Détermination du débit spécifique .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.6.2 Calcul des débits en route.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.6.3 Détermination des débits nodaux .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.7 Calcul des débits en route .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.8 Calcul des débits en nœud .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.9 Calculs du réseau de distribution en eau potable en cas de pointe.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.9.1 Présentation du logiciel EPANET .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.9.2 Modélisation Hydraulique.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.9.3 Utilisation du logiciel EPANET.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.9.4 Modélisation du réseau.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.10 Les résultats de simulation sur EPANET .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.11 Etat des arcs du réseau après simulation (cas de pointe).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.12 Etat des nœuds après la simulation (cas de pointe).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.12 Calculs du réseau de distribution en eau potable en cas de pointe + incendie.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.13 Etat des nœuds après la simulation (cas de pointe + incendie) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.14 Equipements hydrauliques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.14.1 Type des tuyaux .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.14.2 Appareil et accessoires du réseau .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.14.3 Pièces spéciales de raccordement.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.15 Conclusion.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Chapitre IV : Dimensionnement d'adduction .....	40
IV.1 Introduction :.....	40
IV.2 Définition : .....	40
IV.3 Types d'adduction :.....	40
IV.3.1 Adduction gravitaire.....	40
IV.3.2 Adduction par refoulement.....	40

IV.3.3 Adduction mixte.....	41
IV.4 Choix du tracé .....	41
IV.5 Choix du type de matériaux : .....	41
IV.5.1 Les tuyaux en fonte .....	42
IV.5.2 Conduite en acier .....	43
IV.5.3 Tuyaux thermoplastiques .....	44
IV.5.4 Les tuyaux en PVC (chlorure de polyvinyle).....	44
Les propriétés hydrauliques des tuyaux en PVC : .....	45
IV.5.5 Les tuyaux en polyéthylène (PE) : .....	45
IV.6 Equipements des conduites d'adduction .....	46
IV.6.1 Les vannes de sectionnement.....	46
IV.6.2 Les ventouses .....	47
IV.6.3 Les robinets de décharge (vidange).....	47
IV.6.4 Les clapets .....	48
IV.6.5 Les Crépines.....	48
IV.6.6 Les régulateurs de pression .....	48
IV.7 Calculs hydrauliques .....	50
IV.7.1 Description des adductions étudiées .....	50
IV.7.1.1 Adduction par refoulement Liant la station de refoulement et le réservoir Tampon .	50
IV.7.1.2 Adduction gravitaire Liant le réservoir Tampon et le réservoir d'EL ESNAM .....	50
IV.7.2 Calcul des diamètres des adductions de refoulement.....	51
IV.7.2.1 Calcul du diamètre économique pour les conduites en Refoulement .....	51
A. Calculs des diamètres normalisés .....	51
B. Frais d'exploitation : .....	52
C. Frais d'amortissement.....	53
D. Le cout total .....	54
Les résultats des calculs : .....	54
Choix du diamètre .....	55
IV.7.2 Calcul de l'adduction gravitaire .....	56
Détermination de diamètre .....	56
IV.8 Conclusion .....	57
Chapitre V : Caractéristiques des pompes.....	58
V.1 Introduction: .....	57
V.2 Les pompes centrifuges .....	57
V.2.1 Types des pompes centrifuges.....	58
V.3 Couplage des pompes.....	59
V.4 Choix du nombre et de type de pompe.....	59

V.4.1 Station de pompage refoulant l'eau de station de pompage vers le réservoir tampon ...	60
V.4.1.1 Point de fonctionnement.....	60
V.1.1.2 Recherche du point de fonctionnement désiré .....	61
V.5 Conclusion.....	61
CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU RESERVOIR.....	62
VI.1 Introduction.....	62
VI.2 Fonctions des réservoirs.....	62
VI.3 Prescriptions sanitaires.....	63
VI.4 Classification des réservoirs.....	63
VI.4.1 Classification selon le matériau de construction.....	63
VI.4.2 Classification selon la situation des lieux .....	64
VI.4.3 Classification selon l'usage.....	64
VI.4.4 Classification selon la forme géométrique.....	64
VI.5 Choix du type de réservoir .....	64
VI.5.1 Exigences techniques .....	65
VI.5.1.1 Etanchéité.....	65
VI.5.1.2 Résistance.....	65
VI.5.1.3 Durabilité .....	65
VI.6 Equipements hydrauliques des réservoirs .....	65
VI.6.1 Conduite d'adduction.....	65
VI.6.2 Conduite de distribution.....	65
VI.6.3 Conduite du trop-plein .....	66
VI.6.4 Conduite de vidange.....	66
VI.6.5 By-pass : Le by-pass est utilisé pour.....	66
VI.6.6 Matérialisation de la réserve d'incendie .....	66
VI.6.7 Système à deux prises .....	66
VI.6.8 Système à siphon.....	66
VI.7 Implantation des réservoirs .....	69
VI.7.1 Entretien des réservoirs .....	69
VI.7.2 Hygiène et sécurité.....	69
VI.8 Capacité du réservoir : .....	70
VI.8.1 Dimensionnement du réservoir .....	71
VI.9 Conclusion .....	72
Chapitre VII : La pose de la conduite .....	73
VII.1 Introduction.....	73
VII.2 Pose des conduits: .....	73
VII.2.1 Exécution et aménagement de la tranchée.....	73

VII.2.2 Stabilisation des conduites.....	74
VII.2.3 Travaux spéciaux.....	75
VII.2.3.1 Traversée de route.....	75
VII.2.3.2 Traversées d'oueds : .....	76
VII.2.3.3 Pose en élévation .....	76
VII.2.3.4 Mise en eau et épreuve .....	77
VII.2.3.5 La stérilisation des conduites neuves avant la mise en service.....	77
VII.3 Conclusion .....	77
Chapitre VIII :GESTION DU RESEAU.....	78
VIII.1 Introduction : .....	78
VIII.2 Definition: .....	78
VIII.3 But de la gestion :.....	78
VIII.4 Importance de l'entretien et de la maintenance : .....	78
VIII.4.1 Maintenance .....	78
VIII.4.1.1 La Maintenance Préventive : .....	79
VIII.4.1.2 Maintenances curatives .....	79
VIII.4.2 L'entretien courant.....	79
VIII.4.2.1 L'entretien préventif systématique :.....	79
VIII.4.2.2 L'entretien préventif exceptionnel :.....	79
VIII.5 Gestion technique et suivi générale des installations :.....	79
VIII.6 Gestion des ouvrages de stockages : .....	80
VIII.6.1 Nettoyage des ouvrages de stockage :.....	81
VIII.6.2 Contrôle de qualité de l'eau : .....	81
VIII.6.2.1 Contrôle mensuel :.....	81
VIII.6.2.2 Contrôle semestriel :.....	81
VIII.6.3 La surveillance et l'entretien courant du réseau : .....	81
VIII.7 Conclusion.....	82
CONCLUSION GENERALE.....	83

## Liste des tableaux :

Tableau I-0-1:Les températures moyennes de la période (2000-2010) en °C.....	3
Tableau II. 1:Estimation de l'évolution de la population .....	9
Tableau II. 2:Besoins domestiques.....	10
Tableau II. 3:Besoins sanitaires. ....	10
Tableau II. 4:Besoins scolaires.....	11
Tableau II. 5:Besoins socioculturelles. ....	11
Tableau II. 6:Besoins du secteur municipal. ....	11
Tableau II. 7:Besoins d'élevages. ....	12
Tableau II. 8:Débits journaliers maximums et minimums.....	14
Tableau II. 9:Valeur de $\beta$ en fonction du nombre.....	15
Tableau II. 10:tableau récapitulatif des consommations.....	15
Tableau III-1:Resultats des débits en route. .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau III-2:Résultats des débits en route.(Suite) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau III-3:Resultats des débits en route.(Suite) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau IV-1: détermination de la gamme des diamètre. ....	51
Tableau V-1:Les caractéristiques des pompes de station de pompage .....	60
Tableau VI-1:calcul de la capacité du réservoir.....	70
Tableau VII-1:Les différents matériaux .....	74
Tableau VIII-1:Equipements des réseaux de distribution .....	80

## Liste des figures

Figure I. 1:Situation géographique de zone d'étude. ....	2
Figure I. 2:Graphique de la température moyenne mensuelle.. ....	4
Figure II. 1:diagramme d'évaluation de la population pour différents horizon. .....	10
Figure III-1: Réseau maille. ....	
<b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Figure III-2: réseau ramifié. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV-1:Corrosion des conduites en fonte ductile. ....	43
Figure IV-2:Les tuyaux en PEHD. ....	46
Figure IV-3:Différents types de ventouses. ....	47
Figure IV-4:Régulateur de pression aval. ....	48
Figure IV-5:Régulateur de pression amont ....	49
Figure IV-6:Régulateur de pression amont et aval.....	49
Figure V-1: Constitution d'une pompe centrifuge.....	58
Figure V-2:Les types de roue. ....	59
Figure VI-1: Les composants du réservoir ....	67
Figure VI-2: les accessoires du réservoir. ....	68
Figure VII-1:Protection spéciale pour la traversée de rout ....	75
Figure VII-2:Les différentes couches de la pose de la conduite. ....	76

## Liste des abréviations :

$P_n$  : Population pour l'horizon considéré.

$P_0$  : Population à l'année de référence.

$\tau$  : Taux d'accroissement annuel de la population (%).

$n$  : Nombre d'années séparant l'année de référence à l'horizon considéré.

$D$  : dotation journalière en l/j/hab.

$N$  : nombre de consommateurs.

$K_{\max,j}$  : coefficient d'irrégularité maximale journalière.

$K_{\min,j}$  : coefficient d'irrégularité minimale journalière.

$K_{\max,h}$  : coefficient d'irrégularité maximale horaire .

$\alpha_{\max}$ : coefficient qui tient compte du confort des équipements de l'agglomération et de régime du travail, varie de 1,2 à 1,5 et dépend du niveau de développement local.

$\beta_{\max}$ : coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population.

$Q_{\text{moy},j}$  : consommation moyenne journalière en  $\text{m}^3/\text{j}$  .

$Q_{\max,j}$  : débit maximum journalier en  $\text{m}^3/\text{j}$  .

$Q_{\text{moy},h}$  : débit moyen horaire en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

$Q_{\text{moy},h}$  : débit moyen horaire en  $\text{m}^3/\text{h}$  .

$\text{Hab}$  : Habitants.

$Q_p$  : Débit de pointe.en  $\text{m}^3/\text{h}$

$Q_{sp}$  : Débit spécifique.l/s

$L_i$  : La longueur du tronçon i. en m

$Q_{r,i}$  : Débit en route au tronçon i. en l/s

$Q_{n,i}$  : Débit au nœud i .en l/s

$Q_{ri,k}$  : somme des débits route des tronçons reliés au nœud. en l/s

$Q_{\text{cons}}$  : somme des débits concentres au nœud i. en l/s

$V_r$  : volume de régulation ( $\text{m}^3$ ).

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

$V_T$  : capacité totale du réservoir ( $\text{m}^3$ ).

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

$P_{\max}$ : représente le maximum des restes de  $Q_{\max,j}$  en pourcentage.

$R_{\text{MAX}}^+$  : Résidu maximale.

$R_{\text{MIN}}^-$  : résidu minimale .

## **INTRODUCTION GENERALE**

## Introduction générale

L'explosion démographique que connaît la région de Bouira, les récentes sécheresses, l'augmentation exponentielle de la demande en eau, met donc ses potentialités hydriques en situation de surexploitation. Devant une telle situation, il est impératif de concevoir des systèmes d'AEP judicieux, et économique afin de satisfaire les besoins des consommateurs. C'est dans ce cadre, que s'inscrit notre projet de fin d'étude, qui propose une étude D'alimentation en eau potable de la ville d'EL ASNAM, à partir du réservoir tampon alimenté du Barrage Tilesdit .

Le but principal des gestionnaires de l'eau est de bien assurer les réseaux, les ouvrages de stockage, l'adduction, les stations de pompage, et d'offrir une eau de qualité aux consommateurs.

Dans le premier chapitre, Pour bien mener cette étude, on doit recueillir toutes les informations nécessaires auprès des services concernés sur les plans de masse, topographiques, nombre d'habitants, et équipements.

Le deuxième chapitre sera consacré à l'évolution du nombre de la population à l'horizon actuel et futur ainsi les estimations des besoins en eau des différents équipements aux divers horizons, ainsi la détermination de débit de pointe sur le quel est basé le dimensionnement du réseau d'AEP.

Dans le troisième chapitre nous avons abordé le dimensionnement du réseau projeté pour l'horizon 2051 à l'aide du logiciel Epanet dans le but d'acheminer l'eau aux différents points de l'agglomération avec des vitesses et des pressions admissibles.

Le quatrième chapitre qui a été consacré à l'étude technico économique du système d'adduction projeté. Le transport de l'eau depuis le point de piquage de la conduite de transfert du barrage de Tilesdit jusqu'au point de stockage, ce qui a permis le choix des diamètres le plus optimaux, ainsi une brève description des équipements hydrauliques.

Une étude de pompage et le choix des pompes conformes à notre projet afin de transférer le débit nécessaire dans les bonnes conditions a été consacré dans ce cinquième chapitre.

On termine par le dernier chapitre qui fait l'objet du dimensionnement des ouvrages de stockages, et en fin, nous achevons cette étude par une conclusion générale.

## **Chapitre I : Présentation de la zone d'étude**

## I.1 Introduction

Avant tout projet d'alimentation en eau potable, l'étude du site est nécessaire, pour connaître toutes les caractéristiques du lieu et les facteurs qui influent sur la conception du projet. Parmi ces facteurs nous citons : les données relatives à l'agglomération, les données propres au réseau d'alimentation en eau potable, ainsi que la connaissance de la géologie et la topographie du site qui nous permettront de prendre les dispositions nécessaires lors de la réalisation des travaux.

## I.2 Situation géographique [1]

La commune de EL ESNAM se situe à l'Est du chef-lieu de wilaya, son chef-lieu de commune est l'agglomération EL ESNAM qui se positionne au Sud de la commune, et qui constitue le point de convergence de la plupart des localités à travers le territoire communal, ce dernier couvre une superficie de 11435 hectares. Avec une population de 14809 habitants selon le RGPH 2013.

La commune se trouve limitée comme suit :

- Au Nord : par la wilaya de Tizi Ouzo
- A l'Est : par la commune de Bechloul
- Au Sud : par les communes de Ahl El Ksaret Oud El Berdi
- A l'Ouest : par les communes de Bouira et Haïzer.



Figure I. 1: Situation géographique de zone d'étude.

### I.3 Topographie [1]

Le territoire de la commune ayant une superficie de 11435 ha, est composé de 28.98% de montagnes, 11.55% de collines et piedmonts et 59,47% de plaines et plateaux. La partie NORD de son territoire, qui couvre une zone fortement accidentée, est marquée par le massif du Djurdjura qui descend jusqu'au Oud-Eouds ; tandis que la partie centrale et Sud est formée par un vaste plateau agricole avec des pentes faibles et des ressources en eau de surface et souterraine importantes. Ce contraste se reflète sur la répartition humaine sur le plateau au Sud d'Oued-Eouds où l'infrastructure de communication est plus au moins satisfaisante avec une densité de 1.97 pers /Ha par rapport à la zone nord montagneuses (au Nord d'Oued-Eouds) dont la densité, très faible, de l'ordre 0.37per/Ha.

### I.4 Séismicité

La région de Bouira a été classé par le règlement parasismique Algérien (R.P.A) dans la zone II de séisme moyenne sur le zoning sismique évalué l'année 2003.

### I.5 Climatologie [1]

Le climat de la région de d'EL ASNAM est sec en été et pluvieux en hiver .la pluviométrie moyenne 660mm/ans dans la partie sud .de températures varient entre 20et 40 ° de mai à septembre et de 2à12 ° de janvier à mars.

Les températures moyennes mensuelles observées dans la région permettent de définir deux saisons :

Une saison chaude comprise entre les mois de juin et le mois de septembre avec un maximum en Aout (28.5° en moyenne).

Une saison froide comprise entre les mois d'octobre et Mai avec un minimum en janvier (10.7° en moyenne).

*Tableau I-0-1:Les températures moyennes de la période (2000-2010) en °C.*

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T.M
T <sub>min</sub> °C	0.9	-1.2	0.8	5.5	5.1	8	14.8	17	14	7.3	5.1	-0.4	6.4
T <sub>moy</sub> °C	10.7	10.4	11.2	16.9	19.3	23.5	27.5	28.5	25.2	20.3	15.3	8.8	18.2
T <sub>max</sub> °C	20.5	22	21.6	28.3	33.5	39	40.2	40	36.5	33.3	25.5	18	29.9

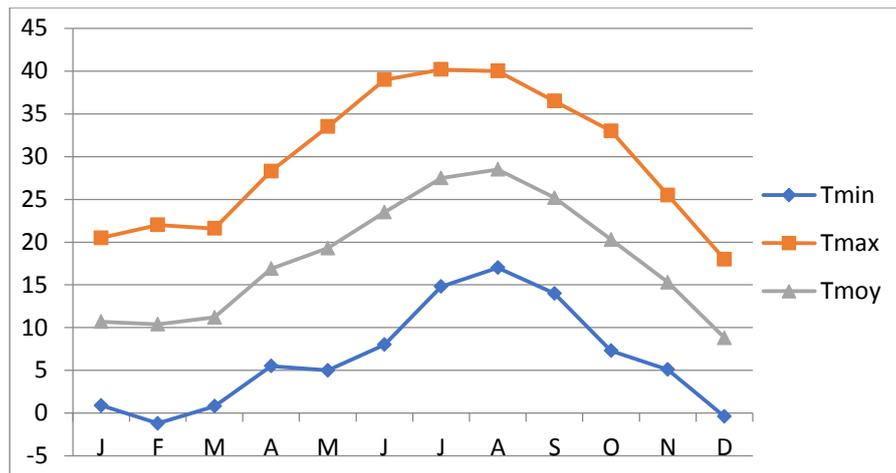


Figure I. 2: Graphique de la température moyenne mensuelle.

## I.6 Pluviométrie [1]

D'après l'analyse, la station de Bouira montre une distribution irrégulière des pluies, qui se caractérisent par une concentration en hiver dont elles atteignent leur maximum en novembre avec 106.6mm par contre en remarque une forte diminution en été avec une valeur minimale de 1,8 mm en Juillet, et la précipitation annuelle totale avec 597.8 mm.

Tableau I.2: Répartition des précipitations moyennes mensuelles (mm) de la région de Bouira période (2000-2010).

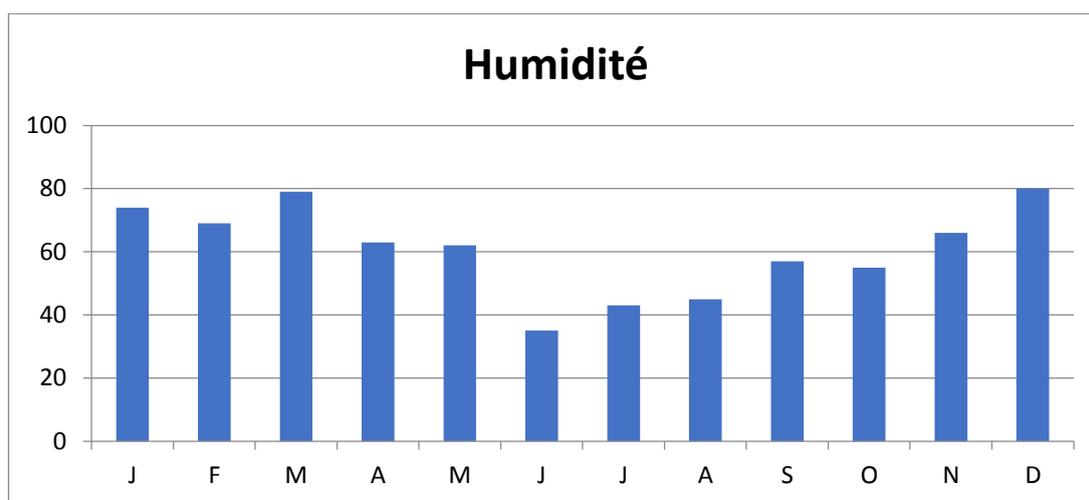
Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill.	Août	Totale
<b>P.moy (mm)</b>	33.2	58.3	106.6	102.5	88.4	61.7	57.7	42.9	32	2.3	1.8	10.4	597.8

## I.7 Humidité relative [1]

L'air étant conditionné par la température, son humidité varie inversement à celle-ci ; elle reste néanmoins stable et varie entre 35 et 80%. L'humidité moyenne relative mensuelle de l'air.

Tableau I.3: Humidité moyenne mensuelle relative (%), période (2000-2010).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
Humidité	74	69	79	63	62	35	43	45	57	55	66	80	61



FigureI.3 : Graphique de l'humidité moyenne mensuelle, période (2000-2010).

## I.8 Démographie [1]

Recensement est le dénombrement administratif et périodique de la population d'un état ou d'une de ses subdivisions. Le recensement comprend aujourd'hui la collecte aussi bien d'informations démographiques que socio-économiques. Les informations recueillies sont d'ordre démographique ou socio-économique.

Les recensements permettent de localiser la masse sur le territoire, de connaître sa répartition par sexe et par âge, son statut matrimonial, la composition des familles et des ménages, et de mesurer les mouvements migratoires. Mais ils s'intéressent également aux caractéristiques du longuement, à l'activité économique des personnes et à leur niveau d'éducation. L'ensemble de ces informations, qui donnent, pour une année de référence, un visage d'un pays et de sa population, ne constitue pas seulement un instrument statique permettant de savoir qui fait quoi et qui vit où.

Le recensement est aussi, et avant tout, un outil statistique dynamique, essentiel pour l'orientation des politiques publiques : il permet en effet d'adapter au mieux le parc des équipements collectifs (nombre de crèches, d'établissements scolaires, d'équipements sportifs, meilleure gestion du parc locatif, notamment en termes de construction de logements) en fonction des mouvements de population (solides migratoires entre régions).

Au niveau local et départemental, les informations ainsi diffusées doivent permettre aux édiles locaux d'anticiper et de mieux élaborer leurs travaux d'infrastructure et de construction relevant de la politique de la ville.

D'après les données de la D.P.A.T de la wilaya de Bouira la population de la ville D'EL ASNAM est de 14809 habitants en 2013.

## I.9 Situation hydraulique de la commune d`EL ESNAM [1]

La wilaya de brouira s'étend du point de vue hydrographique sur quatre (4) bassin versants :

- Soummam : 2240km<sup>2</sup>
- Isser : 1166 km<sup>2</sup>.
- Hodna : 675km<sup>2</sup>.
- Hamiz : 56km<sup>2</sup>.

Les ressources hydriques prouvées s'élèvent à 236.4Hm<sup>3</sup>en eaux souterraines et 839.9 Hm<sup>3</sup>en eaux superficielles.

Les eaux superficielles, sont mobilisées par les ouvrages suivants :

- Barrage Telisdit bechloul (167Hm<sup>3</sup>)
- Barrage d'oued lakhel (30 Hm<sup>3</sup>)
- Le barrage de Koudiat assaerdoun (640 km<sup>3</sup>)
- Les 25 retenues collinaires (2.9 Hm<sup>3</sup>).

## I.10 Situation géologique [1]

De point de vue géologie régionale, EL ASSNAM fait partie du bassin post-nappes qui se situe entre la chaîne des Bibans au Sud et la dorsale Kabyle (Djurdjura) au Nord.

Du point de vue stratigraphique les formations géologiques qu'on peut trouver à EL ASSNAM sont les suivantes :

### a. Les alluvions :

- Les alluvions actuelles(A)
- Les alluvions récentes des vallées (a2)
- Les alluvions anciennes des vallées (q1)
- Les poudingues et argiles de l'Aquitaniens (m1)

### b. Argile quartize ferrugineux :

Localisés au nord de la commune formant les crêtes des zones de forêts.

### c. Argiles schisteuses avec grès quartzites :

Cette formation occupe une partie Sud Est et une autre partie ou Sud-Ouest du territoire.

### d. Marne grès calcaires a calcaires nummulites :

Au Nord-est et Sud l'Ouest.

**e. Poudingues supra nummulitiques, calcaires liasiques, calcaires liasique et grés rouges (perm-trias) :**

Occupant la partie NORD de la commune.

## **I.10. Conclusion**

Ce chapitre a fait l'objet d'une description de la région d'étude, l'assemblage de toutes les données nécessaires à l'étude hydraulique du système d'alimentation en eau potable qui sera projetée.

## **Chapitre II : Estimation des besoins en eau potable**

## II.1 INTRODUCTION

L'estimation des besoins en eau d'une agglomération nous exige de donner une norme fixée pour chaque catégorie de consommateur. Cette norme unitaire (dotation) est définie comme un rapport entre le débit journalier et l'unité de consommateur (agent, élève, lit, ...). Cette estimation en eau dépend de plusieurs facteurs (de l'évolution de la population, des équipements sanitaires, du niveau de vie de la population, ...). Elle diffère aussi d'une période à une autre et d'une agglomération à autre. L'étude présente, se base sur le recensement de l'A.P.C, les orientations du plan d'urbanisation et des équipements.

## II.2 Evaluation de la population [1]

Il a été constaté que l'évolution démographique et l'amélioration du niveau de vie de la population influe sur la demande en eau, ce qui exige un recensement de tous les genres de consommation de la ville d'EL ASNAM. Afin de répondre aux besoins de l'agglomération il est nécessaire d'estimer le nombre d'habitants actuelle et à l'horizon 2051. L'évolution démographique suit la loi des accroissements géométriques qui est donnée par la loi des intérêts composés :

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

Avec :

$P_n$  : Population pour l'horizon considéré.

$P_0$  : Population à l'année de référence.

$\tau$ : Taux d'accroissement annuel de la population (%).

$n$  : Nombre d'années séparant l'année de référence à l'horizon considéré.

Le taux d'accroissement de la population est l'augmentation du nombre d'habitants d'une région au cours d'une période donnée. Il indique le nombre de naissance et de décès enregistré pendant la période et le nombre de personne qui sont émigrés sous immergés.

Le taux d'accroissement de la ville projetée est de 2%.

Tableau II. 1: Estimation de l'évolution de la population .

Ville	Taux d'accroissement	Population 2013	Population 2021	Population 2051
El Asnam	2%	14809	17352	31431

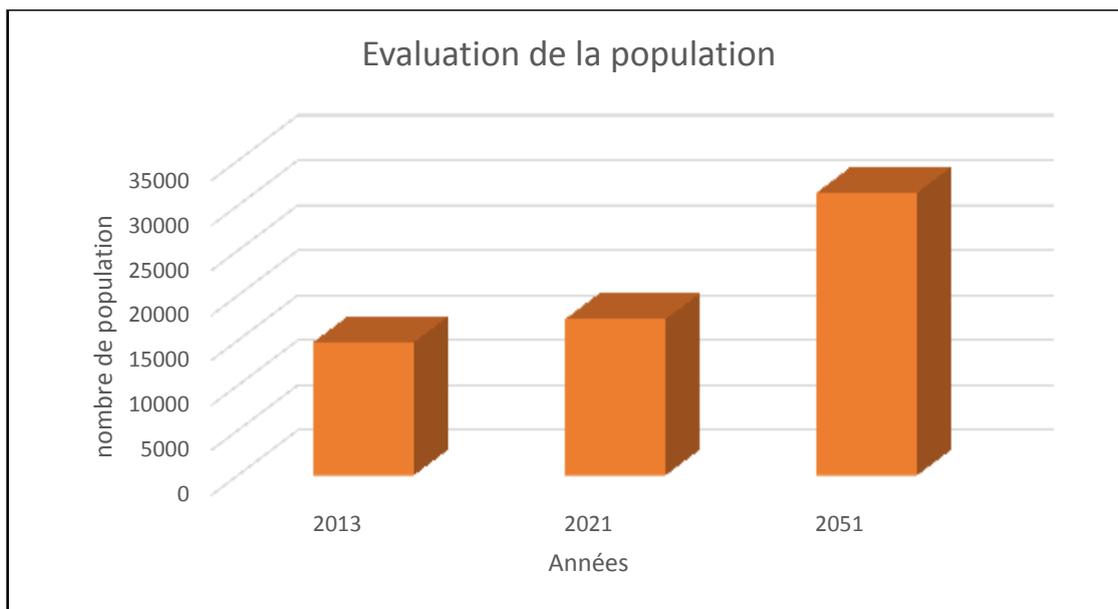


Figure II. 1:diagramme d'évaluation de la population pour différents horizon.

### II.3 Estimation des besoins en eau

Pour faire une estimation des besoins en eau d'une agglomération il est nécessaire de prendre en considération tous les types de besoins.

#### II.3.1 Besoins domestiques [1]

Tableau II. 2:Besoins domestiques.

ANNEE	Nombre d'habitants		Cons. moy (m <sup>3</sup> /j)		Cons. moy (l/s)	
	2021	2051	2021	2051	2021	2051
EL ESNAM	17352	31431	3470.4	6268.2	40.17	72.76
<b>Dotation (l/s)</b>		200				

#### II.3.2 Besoins sanitaires [1]

Tableau II. 3:Besoins sanitaires.

Villages	Etablissement	Nombre de lits	Dotation (l/j/lit)	Cons.moy (m <sup>3</sup> /j)	Cons.moy.j (l/s)
EL ESNAM	02 unités de soins	12	200	2.4	0,027

### II.3.3 Besoins scolaires [1]

Tableau II. 4: Besoins scolaires.

Villages	Etablissement	Nombre d'élèves	Dotation (l/j/personne)	Cons.mo.j (m <sup>3</sup> /j)	Cons.moy.j (l/s)
EL ESNAM	02 EP	750	15	11.25	0,130
	02 CEM	700		10.5	0,122
	01 LYCEE	620		9.3	0,108
Total		2070	15	31.05	0,36

### II.3.4 Besoins socioculturels [1]

Tableau II. 5: Besoins socioculturelles.

Village	Désignation	Dotation (l/j)	Cons. moy (m <sup>3</sup> /j)	Cons. moy (l/s)
El ESNAM	02mosquées	2000	04	0.046
	01foyers de jeunes	2000	02	0.023
Total			10	0.115

### II.3.5 Besoins municipaux [1]

Tableau II. 6: Besoins du secteur municipal.

Villages	Désignation	Nombre d'employés	Dotation (l/j/employé)	Cons.moy.j (m <sup>3</sup> /j)	Cons.moy.J (l/s)
EL ESNAM	01 antenne mairie	25	15	0,375	0,0043
	01 centre payeur	05	15	0,075	0,0009
Total				0.450	0,0052

### II.3.6 Besoins d'élevages[1]

Tableau II. 7: Besoins d'élevages.

Type d'élevage	Nombre	Dotation	Cons.moy.j (m <sup>3</sup> /j)	Cons.moy.j (L/s)
Bovins	800	50	83.75	0.969
Ovins	650	5		
Caprins	100	5		
Aviculture	40000	1		

### II.3.7 Besoins commerciaux : [1]

Tableau II-8: Besoins du secteur commercial.

Villages	Unité commerciale	Dotation (l/j/Unité)	Cons.moy.j (m <sup>3</sup> /j)	Cons.moy.j (l/s)
EL ESNAM	23AG	100	2.3	0,026
	13Cafés	350	4.55	0.053
Total			6.85	0.079

### II.4 Récapitulatif de la consommation moyenne journalière : [1]

Tableau II-9: Récapitulatif de la consommation moyenne journalière sans les besoins d'élevages.

Horizon	Cons.moy.j (m <sup>3</sup> /j)		Cons.moy.j (l/s)	
	2021	2051	2021	2051
EL ESNAM	3604.9	6402.7	41.723	74.105

### II.5. Estimation des besoins maximaux en eau :

Même construit avec soins, correctement entretenu, le réseau d'alimentation en eau potable n'est jamais étanche et les pertes d'eau sont dues :

- Aux robinets non ou mal fermés ;

- Principalement aux fuites des canalisations d'adduction ou de distribution enterrées, ou des canalisations à l'intérieure des immeubles.

Selon le service technique des ressources en eau de la commune d'EL ESNAM, les fuites d'eau à long terme est de 20%. [9]

Tableau II-10:Récapitulatif de la consommation moyenne journalière sans les besoins d'élevages.

Horizon	Cons.moy.j (m <sup>3</sup> /j)		Cons.moy.j (l/s)	
	2020	2050	2020	2050
EL ESNAM	1043.2	2200.15	12.07	25.46

Tableau II-11:Récapitulatif des besoins totaux en eau en tenant compte des 20 % pertes et avec les besoins d'élevages.

Horizons	Cons.moy.j (m <sup>3</sup> /j)		Cons.moy.j (l/s)	
	2021	2051	2021	2051
Total	4325.88	7683.24	50.068	88.926

## II.6 Variation des débits de consommation

En raison de l'irrégularité de la consommation et les fuites dans le réseau, le débit exigé par ce dernier est soumis à plusieurs variations, tel que variations horaires, variation journalière, variations mensuelles, variations annuelles.

Il est nécessaire d'affecter au débit moyen journalier, des coefficients d'irrégularité permettant d'évaluer la consommation maximale et minimale afin de dimensionner le réseau d'AEP.

### II.6.1 Variation de la consommation journalière

Elle représente le débit du jour, le plus chargé de l'année. Il s'agit en fait d'une majoration de la consommation moyenne journalière de 10 à 30 %. Elle est donnée par la formule suivante:

$$Q_{\max j} = K_{\max j} \times Q_{\text{moy } j}$$

Avec :

$K_{max.j}$  : Coefficient d'irrégularité journalière maximale qui prend en compte qui tient compte l'augmentation de la consommation individuelle, du gaspillage et d'éventuelles fuites dans le réseau. Il est compris entre 1,1 et 1,3 ; on prend  $K_{max.j} = 1,2$

### Consommation minimale journalière « $Q_{min.j}$ »

Elle représente le débit du jour le moins chargé de l'année. Elle est représentée par la formule suivante :

$$Q_{min.j} = K_{min.j} \times Q_{moy.j}$$

Avec :

$K_{min.j}$  : Coefficient d'irrégularité journalière minimale, tenant compte d'une éventuelle sous consommation. Il est compris entre 0,7 et 0,9. Dans notre cas, nous avons choisi :  $K_{min.j}=0,8$ .

Tableau II. 8: Débits journaliers maximums et minimums

Horizons	Q moy j		K max.j	Q max j		K min.j	Q min j	
	m <sup>3</sup> /j	l/s		m <sup>3</sup> /j	l/s		m <sup>3</sup> /j	l/s
2021	4325.88	50.068	1,2	5191.056	60.082	0,8	3460.704	40.054
2051	7683.24	88.926	1,2	9219.889	106.712	0,8	5146.592	71.141

## II.6.2 Variation de la consommation horaire [2]

Elle est déterminée selon les coefficients d'irrégularité horaire ( $K_{max.h}$ ) et ( $K_{min.h}$ ) et nous permet ainsi de déduire la plus forte ou la plus faible charge du réseau, afin de dimensionner et de prévoir les risques de dépôts dans la conduite :

$$Q_{max.h} = K_{max.h} \times Q_{max.j} / 24$$

Où :  $K_{max.h}$  : coefficient d'irrégularité horaire maximale donné par la formule

$$K_{max.h} = \alpha_{max} \times \beta_{max}$$

Avec :

$\alpha$  : coefficient tenant compte du niveau de confort et des équipements de l'agglomération, compris entre 1,2 et 1,4, dans notre cas on a pris :  $\alpha_{max} = 1,3$ .

$\beta$  : coefficient donné par un tableau en fonction de la taille de l'agglomération (manuel technique).

Tableau II. 9: Valeur de  $\beta$  en fonction du nombre.

Nombre d'habitants	100	1 500	2 500	4 000	6 000	10 000	20 000	30 000	100 000
$\beta_{max}$	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1
$\alpha_{min}$	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7

Dans notre cas, le nombre d'habitants est égal à 13098 habitants, compris entre 10 000 et 20000. on prend :  $\beta_{max} = 1,149$

$$K_{max.h} = \beta_{max} \times \alpha_{max} = 1.1489 \times 1,3 = 1,4936$$

$$K_{max.h} = 1,4936$$

Donc:

$$Q_{max.h} = K_{max.h} \times (Q_{max.j} / 24)$$

$$Q_{max.h} = 1,4936 \times (9219.889 / 24) \\ = 573.7844 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$Q_{max.h} = 573.7844 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (soit } 159.385 \text{ l/s)}$$

Tableau II. 10: tableau récapitulatif des consommations.

Horizon	Qminj		Qmoyj		Qmaxj		Qmaxh	
	m <sup>3</sup> /j	l/s	m <sup>3</sup> /j	l/s	m <sup>3</sup> /j	l/s	m <sup>3</sup> /h	l/s
2051	6146.59	71.141	7683.2	88.92	9219.88	106.712	573.78	159.385

## II.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons entamé notre étude par le calcul du nombre de la population à l'horizon actuel et futur, ainsi les besoins de toutes les catégories de consommateurs, à partir des quels nous avons calculé le débit de pointe 159,385 l/s qui nous sera utile pour le dimensionnement du réseau de distribution de l'eau potable de l'agglomération à l'horizon 2051.

## **Chapitre III : Dimensionnement du réseau de distribution**

## **III.1 Introduction**

Après avoir évalué les besoins en eau de l'agglomération d'EL ESNAM on doit faire un choix convenable du réseau pour distribuer l'eau aux différentes catégories de consommateurs recensés au niveau de l'agglomération.

Le but de la mise en place de ce dernier est de parvenir à satisfaire la demande des consommateurs en débit et en pression. Pour cela les différents tronçons des canalisations du réseau doivent avoir des diamètres optimaux et ils seront dimensionnés en conséquence.

## **III.2 Description d'un réseau de distribution d'AEP**

Le réseau de distribution d'Alimentation en eau potable est un ensemble d'installations qui relie les sources d'approvisionnement en générale des réservoirs aux branchements particuliers.

Le réseau de distribution se compose d'un réservoir, des conduites, Pièces spéciale, raccords, Accessoires, Appareils de robinetterie, et des branchements. La distribution dans un réseau peut être gravitaire, ou par refoulement.

## **III.2 Type de réseaux [3]**

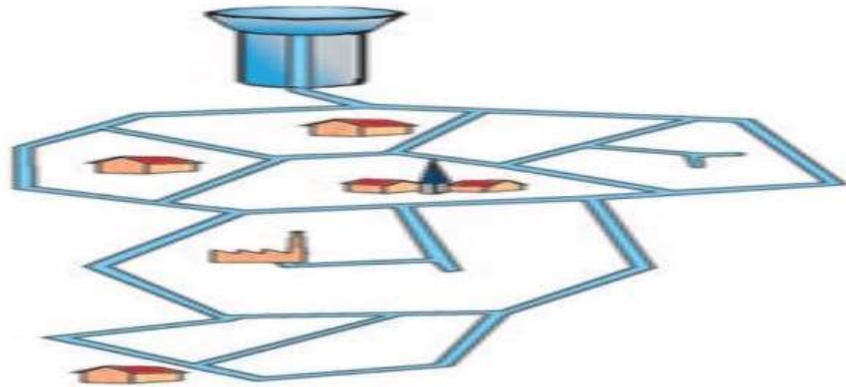
On distingue trois types de réseaux :

### **III.2.1 réseaux maillés**

Pour la distribution en eau des agglomérations de moyenne et de grande importance, ils présentent une solution plus adéquate grâce à leur sécurité et leur souplesse d'utilisation.

Ils sont utilisés en général dans les zones urbaines, et tend a se généraliser dans les agglomérations rurales sous forme associée aux réseaux ramifiés (limitation de nombres de mailles en conservant certaines ramifications).

Les réseaux maillés sont constitués principalement d'une série de canalisation disposée de telle manière qu'il soit possible de décrire des boucles fermées ou maillées.



FigureIII-1: Réseau maille.

### III.2.2 Réseaux ramifié

On les appelle ainsi grâce à leur structure arborisante fréquemment utilisés dans les petites agglomérations rurales leur inconvénient, c'est que dans les conduites il n'y a qu'un seul cheminement possible, en cas d'incident sur la conduite principale, toute la partie avale sera privée d'eau.

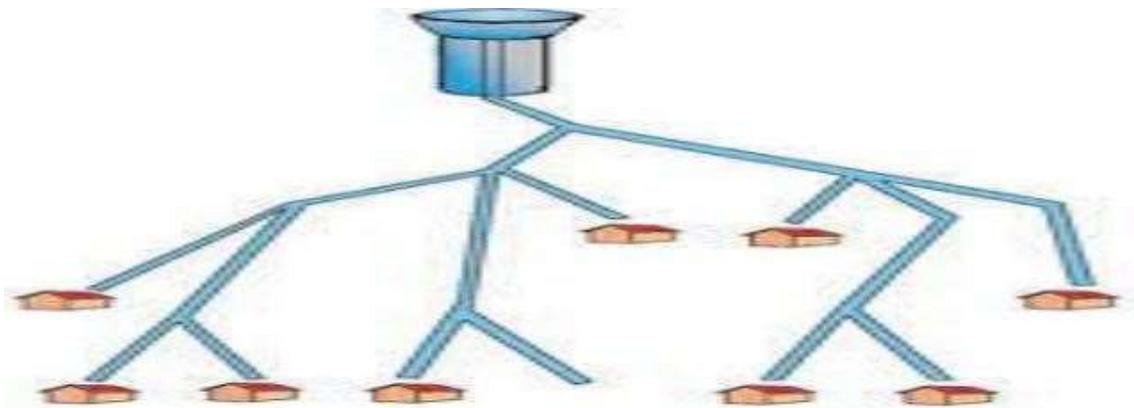


Figure III-2: reseau ramifié.

### III.2.3 Réseaux étagés

Lors de l'étude d'un projet d'alimentation d'une ville en eau potable, il arrive que cette ville présente des différences de niveau importantes.

La distribution par le réservoir projeté donne de fortes pressions aux points bas (normes des pressions ne sont pas respectées).

### III.2.4 Principe de tracé d'un réseau combiné

Pour tracer le réseau, il y a un certain nombre de conditions qu'il faut respecter:

- Choisir le lieu de consommation principale.

- Déterminer le sens principal de masse ou de la quantité totale d'eau.
- Tracer les conduites maîtresses parallèles entre elles, ces conduites doivent être situées sur les cotes géodésiques les plus élevées pour bien répartir l'eau.

Il faut tracer les conduites maîtresses à travers les quartiers les quelles il faut prévoir les lignes secondaires

### **III.4 Choix du matériau des conduites [4]**

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol et de l'ordre économique (coût et disponibilité sur le marché) ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes...etc.).

Par mis les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte et le PVC

#### **III.4.1 Tuyaux en fonte**

Présentent plusieurs avantages :

- Bonne résistance aux forces internes.
- Bonne résistance à la corrosion.
- Très rigides et solides

L'inconvénient est que les tuyaux en fonte sont très lourds, très chers et ne sont pas disponible sur le marché.

#### **III.4.2 Tuyaux en acier**

Les tuyaux en acier sont plus légers que les tuyaux en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose

- Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement)

Leur inconvénient est la corrosion.

#### **III.4.3 Tuyaux en PVC (Polychlorure de vinyle non plastifié)**

- Bonne résistance à la corrosion
- Disponible sur le marché
- Une pose de canalisation facile

Leur inconvénient est le risque de rupture

#### **Remarque :**

Dans notre projet on utilise des conduites en PEHD

Ils sont utilisés en générale dans les zones urbaines, et tendent à se généraliser dans les agglomérations rurales sous forme associée aux réseaux ramifiés (limitation de nombres de mailles en conservant certaines ramifications).

Les réseaux maillés sont constitués principalement d'une série de canalisation disposée de telle manière qu'il soit possible de décrire des boucles fermées ou maillées.

### III.5 Calcul hydraulique du réseau combiné [5]

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

- On détermine la longueur de chaque tronçon du réseau.
- On calcule les débits en route pendant les heures considérées (l'heure de pointe, l'heure de pointe +incendie).
- On détermine le débit spécifique en considèrent les débits en route.
- Sachant le débit spécifique ; on détermine les débits supposés concentrés aux nœuds.

### III.6 Calcul des débits du réseau

Pour pouvoir dimensionné un réseau d'alimentation en eau potable, il est nécessaire de déterminer les débits aux nœuds .

#### III.6.1 Détermination du débit spécifique

Défini comme étant le rapport entre le débit de pointe et la somme des longueurs des tronçons du réseau, on suppose que les besoins domestiques sont uniformément répartis sur toute la longueur du réseau :

$$Q_{sp} = Q_{\text{pointe}} / \sum L_i$$

$Q_{\text{pointe}}$  : débit de pointe calculé dans le chapitre II (l/s).

$Q_{sp}$  : débit spécifique (l/s/m).

$\sum L_i$  : Somme des longueurs du tronçon (m).

*Tableau III-1: Détermination de débit spécifique.*

	<b><math>Q_{\text{Pointe}}</math> (l/s)</b>	<b>159.385</b>
<b>Heure de pointe</b>	<b><math>\sum_{i=1}^{n=100} L_i</math> (m)</b>	<b>10985</b>
	<b><math>Q_{sp}</math> (l/s/m)</b>	<b>0.01451</b>

### III.6.2 Calcul des débits en route [5]

Le débit en route se définit comme étant le débit réparti uniformément le long d'un tronçon de réseau le débit en route est donné par la formule suivante :  $Q_{ri} = Q_{sp} * L_i$

Avec :  $Q_{ri}$  : débit en route dans le tronçon i (l/s).

$Q_{sp}$  : débit spécifique (l/s/m).

$L_i$  : longueur du tronçon (m).

### III.6.3 Détermination des débits nodaux [5]

C'est le débit concentré en chaque point de jonction des conduites du réseau, il est déterminé comme suit :  $Q_{ni} = 0.5 \sum Q_{ri-k} + \sum Q_{ci}$

Où :  $Q_{ni}$  : débit au nœud i (l/s).

$\sum Q_{ri-k}$ : la somme des débits en route des tronçons reliés au nœud i (l/s).

$\sum Q_{ci}$ : la somme des débits concentrés au nœud i (l/s).

### III.7 Calcules des débits en route

Tableau III-2: Resultats des débits en route.

Tronçon	Longueur (m)	$Q_{sp}$ (L/S/m)	Q route (L/S)
R-0	365	0.01451	5.29615
0-2	72		1.04472
0-3	68		0.98668
0-26	71		1.03021
2-3	75.75		1.0991325
2-6	89.12		1.2931312
2-26	112		1.62512
3-4	223		3.23573
4-5	156		2.26356
5-6	125		1.81375
5-8	179		2.59729
6-7	138.13		2.0042663
7-8	134		1.94434
7-9	61		0.88511
8-11	880		12.7688
9-10	378		5.48478
9-20	88		1.27688
10-11	247		3.58397
10-23	181		2.62631
11-12	132		1.91532
12-24	281	4.07731	
12-13	232	3.36632	
13-14	129	1.87179	

Tableau III-2: Resultats des débits en route. (Suite)

Tronçon	Longueur (m)	Q <sub>sp</sub> (L/S/m)	Q route (L/S)
13-15	28	0.01451	0.40628
15-16	177		2.56827
15-17	128		1.85728
17-18	268		3.88868
17-19	298		4.32398
20-21	134		1.94434
20-22	280		4.0628
22-23	189		2.74239
22-38	260		3.7726
23-24	299		4.33849
24-25	129		1.87179
26-27	37		0.53687
27-28	160		2.3216
27-30	140		2.0314
28-29	318		4.61418
28-31	67		0.97217
30-31	130		1.8863
30-32	85		1.23335
31-33	98		1.42198
32-33	103		1.49453
32-34	46		0.66746
33-35	23		0.33373
34-35	94		1.36394
34-36	245		3.55495
34-37	184		2.66984
37-38	40		0.5804
38-39	792		11.49192
39-40	234		3.39534
39-41	108		1.56708
41-42	182		2.64082

Tableau III-2 : Resultats des débits en route. (Suite)

Tronçon	Longueur (m)	$Q_{sp}$ (L/S/m)	$Q_{route}$ (L/S)
41-43	181		2.62631
41-46	58		0.84158
43-44	58		0.84158
43-47	60		0.8706
44-45	62		0.89962
44-49	147		2.13297
45-49	172		2.49572
46-47	179		2.59729
46-48	285		4.13535
47-48	111		1.61061
48-49	79		1.14629

### III.8 Calcule des débits en nœud

Tableau III-3:Resultats des débits nodaux.

Noeud	TRANCON	$Q_{route}$ (L/S)	$Q_{noeud}$ (L/s)
Noeud 2	2-0	1.04472	2.784157035
	2-3	1.0991325	
	2-6	1.2931312	
	2-26	1.62512	
Noeud 3	3-0	0.98668	2.926848375
	3-2	1.0991325	
	3-4	3.23573	
Noeud 4	4-3	3.23573	3.0246095
	4-5	2.26356	
Noeud 5	5-4	2.26356	3.67103
	5-6	1.81375	
	5-8	2.59729	
Noeud 6	6-2	1.2931312	2.811131125
	6-5	1.81375	
	6-7	2.0042663	

Tableau III-3: Resultats des débits nodaux. (suite)

<b>Noeud</b>	<b>TRANCON</b>	<b>Q<sub>route</sub> (L/S)</b>	<b>Q<sub>noeud</sub> (L/s)</b>
Noeud 7	7-6	2.0042663	2.658543965
	7-8	1.94434	
	7-9	0.88511	
Noeud 8	8-5	2.59729	9.5207365
	8-7	1.94434	
	8-11	12.7688	
Noeud 9	9-7	0.88511	4.2057235
	9-10	5.48478	
	9-20	1.27688	
Noeud 10	10-9	5.48478	6.432283
	10-11	3.58397	
	10-23	2.62631	
Noeud 11	11-10	3.58397	10.0474495
	11-12	1.91532	
	11-8	12.7688	
Noeud 12	12-11	1.91532	5.1474225
	12-13	3.36632	
	12-24	4.07731	
Noeud 13	13-12	3.36632	3.1044145
	13-14	1.87179	
	13-15	0.40628	
Noeud 14	14-13	1.87179	1.0294845
Noeud 15	15-13	0.40628	2.6575065
	15-16	2.56827	
	15-17	1.85728	
Noeud 16	16-15	2.56827	1.4125485
Noeud 17	17-15	1.85728	5.538467
	17-18	3.88868	
	17-19	4.32398	
Noeud 18	18-17	3.88868	2.138774

Tableau III-3:Resultats des débits nodaux.(suite)

<b>Noeud</b>	<b>TRANCON</b>	<b>Q<sub>route</sub> (L/S)</b>	<b>Q<sub>noeud</sub> (L/s)</b>
Noeud 19	19-17	4.32398	2.378189
Noeud 24	24-12	4.07731	5.6581745
	24-23	4.33849	
	24-25	1.87179	
Noeud 23	23-10	2.62631	5.3389545
	23-22	2.74239	
	23-24	4.33849	
Noeud 22	22-20	4.0628	5.8177845
	22-23	2.74239	
	22-38	3.7726	
Noeud 20	20-9	1.27688	4.006211
	20-21	1.94434	
	20-22	4.0628	
Noeud 21	21-20	1.94434	1.069387
Noeud 25	25-24	1.87179	1.0294845
Noeud 26	26-0	1.03021	1.75571
	26-2	1.62512	
	26-27	0.53687	
Noeud 27	27-26	0.53687	2.6894285
	27-28	2.3216	
	27-30	2.0314	
Noeud 28	28-27	2.3216	4.3493725
	28-29	4.61418	
	28-31	0.97217	
Noeud 30	30-27	2.0314	2.8330775
	30-31	1.8863	
	30-32	1.23335	
Noeud 29	29-28	4.61418	2.537799

Tableau III-3:Resultats des débits nodaux.(suite)

<b>Noeud</b>	<b>TRANCON</b>	<b>Q<sub>route</sub> (L/S)</b>	<b>Q<sub>noeud</sub> (L/s)</b>
Noeud 32	32-30	1.23335	1.867437
	32-33	1.49453	
	32-34	0.66746	
Noeud 31	31-28	0.97217	2.3542475
	31-30	1.8863	
	31-33	1.42198	
Noeud 33	33-31	1.42198	1.787632
	33-32	1.49453	
	33-35	0.33373	
Noeud 34	34-32	0.66746	4.5409045
	34-35	1.36394	
	34-36	3.55495	
	34-37	2.66984	
Noeud 35	35-33	0.33373	0.9337185
	35-34	1.36394	
Noeud 37	37-34	2.66984	1.787632
	37-38	0.5804	
Noeud 36	36-34	3.55495	1.9552225
Noeud 38	38-22	3.7726	8.714706
	38-37	0.5804	
	38-39	11.49192	
Noeud 39	39-38	11.49192	9.049887
	39-40	3.39534	
	39-41	1.56708	
Noeud 40	40-39	3.39534	1.867437
Noeud 41	41-39	1.56708	4.2216845
	41-42	2.64082	
	41-46	0.84158	
	41-43	2.62631	
Noeud 42	42-41	2.64082	1.452451

Tableau III-3:Resultats des débits nodaux.(suite)

Noeud	TRANCON	Q <sub>route</sub> (L/S)	Q <sub>nœud</sub> (L/s)
Noeud 43	43-41	2.62631	2.3861695
	43-44	0.84158	
	43-47	0.8706	
Noeud 44	44-43	0.84158	2.1307935
	44-45	0.89962	
	44-49	2.13297	
Noeud 45	45-44	0.89962	1.867437
	45-49	2.49572	
Noeud 46	46-41	0.84158	4.165821
	46-47	2.59729	
	46-48	4.13535	
Noeud 47	47-43	0.8706	2.793175
	47-46	2.59729	
	47-48	1.61061	
Noeud 48	48-46	4.13535	3.7907375
	48-47	1.61061	
	48-49	1.14629	
Noeud 49	49-44	2.13297	3.176239
	49-45	2.49572	
	49-48	1.14629	
Noeud 0	0-R	5.29615	4.596768
	0-2	1.04472	
	0-3	0.98668	
	0-26	1.03021	

### III.9 Calculs du réseau de distribution en eau potable en cas de pointe

#### III.9.1 Présentation du logiciel EPANET [6]

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

concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau.

EPANET a pour objectif une meilleure compréhension de l'écoulement et de l'usage de l'eau dans les systèmes de distribution. Il peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse des systèmes de distribution. En voici quelques exemples : définition d'un programme de prélèvement d'échantillons, calage d'un modèle hydraulique, simulation du chlore résiduel, et estimation de l'exposition de la population à une substance. EPANET offre une aide à la recherche de stratégies alternatives pour gérer le réseau, comme par exemple :

- Utilisation en alternance des différentes ressources du système,
- Modifier le régime de pompage ou de marnage des réservoirs,
- Préciser l'usage des stations de recoloration (ou autres retraitements) en réseau,
- Planifier l'entretien et le remplacement de certaines canalisations.

Disponible sous Windows, EPANET fournit un environnement intégré pour l'édition de données de réseau, pour l'exécution de simulations hydrauliques et de simulations qualité, et pour l'affichage des résultats sous plusieurs formats (des cartes avec des codes couleurs, des tableaux et des graphiques).

### **III.9.2 Modélisation Hydraulique**

Une modélisation hydraulique scrupuleuse et complète est la première condition pour pouvoir modéliser la qualité de l'eau de manière efficace. EPANET contient un moteur de calcul hydraulique moderne ayant les caractéristiques suivantes :

- La taille du réseau étudié est illimitée.
- Pour calculer les pertes de charge dues à la friction, il dispose des formules de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, et Chezy-Manning.
- Il inclut les pertes de charge singulières aux coudes, aux tés, etc.
- Il peut modéliser des pompes à vitesse fixe ou variable.
- Il peut calculer l'énergie consommée par une pompe et son coût.
- Il peut modéliser différents types de vannes, comme des clapets anti-retours, des vannes de contrôle de pression ou débit, des vannes d'arrêt, etc.
- Les réservoirs peuvent avoir des formes variées (le diamètre peut varier avec la hauteur).
- Il peut y avoir différentes catégories de demandes aux nœuds, chacune avec une caractéristique propre.

- Il peut modéliser des consommations dépendantes de la pression (buses par exemple).

### III.9.3 Utilisation du logiciel EPANET

Les étapes classiques de l'utilisation d'EPANET pour modéliser un système de distribution d'eau sont les suivantes :

- Dessiner un réseau représentant le système de distribution ou importer une description de base du réseau enregistrée dans un fichier avec un format texte Métafichier.
- Saisir les propriétés des éléments du réseau ;
- Décrire le fonctionnement du système ;
- Sélectionner un ensemble d'options de simulation ;
- Lancer une simulation hydraulique ou une analyse de la qualité ;
- Visualiser les résultats d'une simulation.

### III.9.4 Modélisation du réseau

EPANET modélise un système de distribution d'eau comme un ensemble d'arcs et de nœuds. Les arcs représentent des tuyaux, des pompes, et des vannes de contrôle. Les nœuds représentent des nœuds de demande, des réservoirs et des bâches.

- Première étape : Elle consiste au report du tracé qu'on a réalisé avec AUTOCAD sur un fichier compatible avec EPANET.
- Deuxième étape Il s'agit de choisir et de définir l'unité de calcul puis d'introduire quelques données de base.
- Troisième étape Dans notre projet la modélisation consiste à un introduire les différentes données du réseau.

-Au niveau des nœuds

- L'altitude des nœuds par rapport à un plan de référence.
- La demande en eau (débit en route prélevé sur le réseau).

Au niveau des arcs

- Les nœuds initiaux et final, le diamètre, la longueur et le coefficient de rugosité (pour déterminer la perte de charge).
- Au niveau des réservoirs.
- L'altitude du radier.
- Le diamètre.
- Les niveaux initial, minimal et maximal de l'eau.

Le fonctionnement de station de pompage peut être piloté par des commandes simples, (heures de marche/arrêt en fonction du niveau d'un réservoir) ou des commandes élaborées plus complexes.

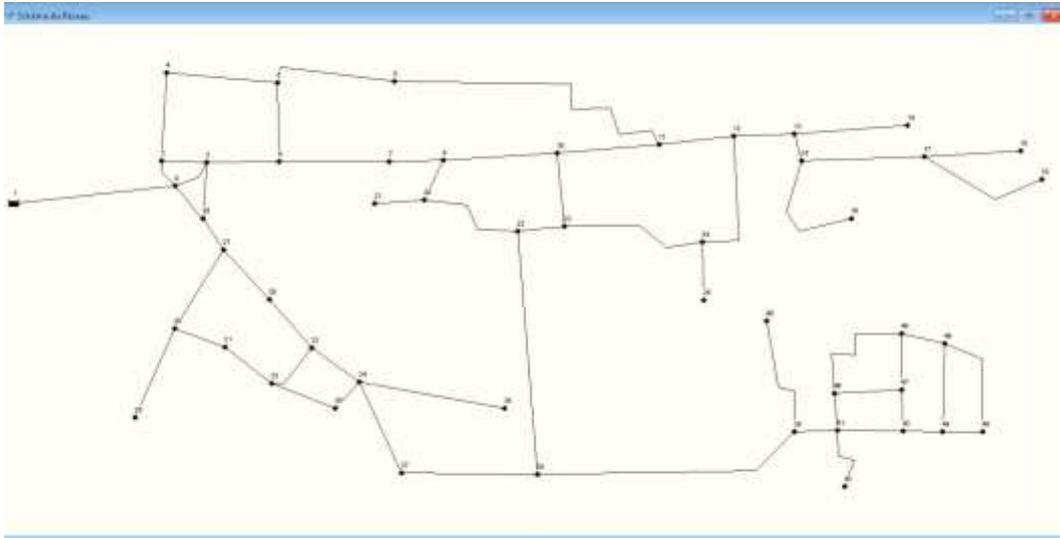


Figure III-3:Reseau de distribution sur epanet avant la simulation.

### III.10 Les résultats de simulation sur EPANET

Les résultats de calcul de réseau s'indiquées dans les tableaux suivants :

### III.11 Etat des arcs du réseau après simulation (cas de pointe)

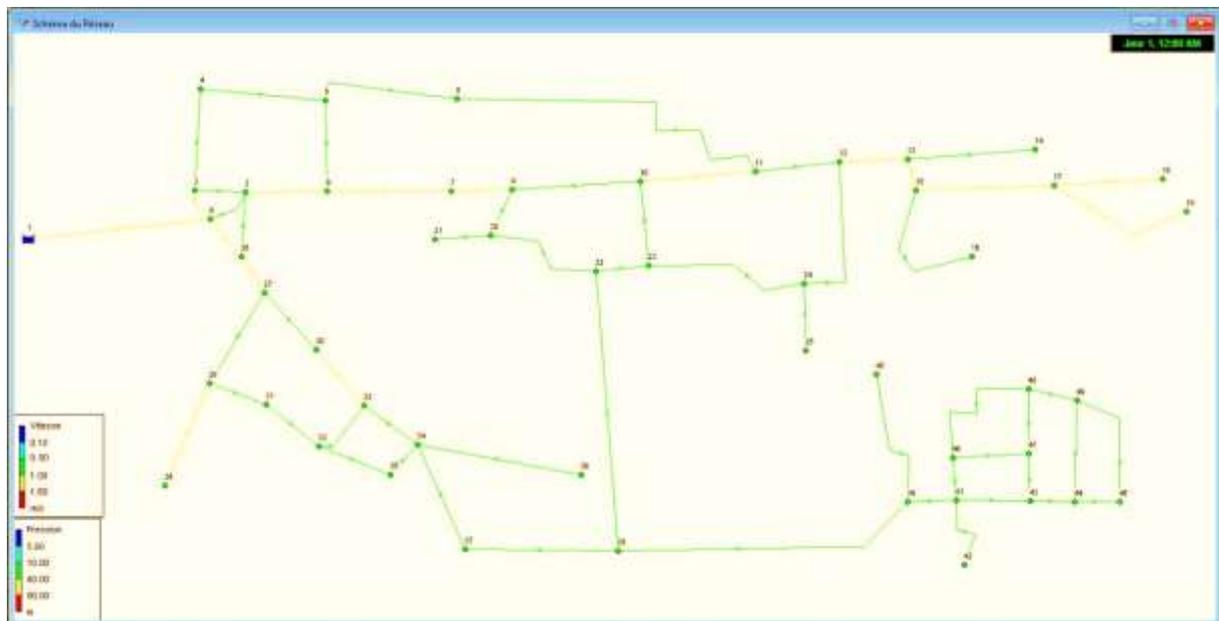


Figure III-4:Etat des arcs du réseau après simulation (cas de pointe).

#### **Remarque :**

On remarque dans le cas de débit de pointe toutes les conduites sont en deux couleurs, vertes et jaunes, cela veut dire que toutes les vitesses sont entre 0,5 m/s et 1,6 m/s.

La même chose pour les nœuds, ils sont tous verts donc toutes les pressions sont entre 1 et 5 bar

Les résultats sont montrés dans le tableau suivant :

Tableau III-4 : Détermination des diamètres des conduites.

	Longueur	Diamètre	Vitesse	Pert.Charge Unit.
ID Arc	M	mm	m/s	m/km
Tuyau 2	75.75	200	1.19	7.6
Tuyau 3	223	225	0.56	1.55
Tuyau 5	156	200	0.59	1.99
Tuyau 7	138.13	280	1.29	5.89
Tuyau 9	179	160	0.7	3.62
Tuyau 10	89.12	280	1.35	6.38
Tuyau 11	61	250	1.56	9.67
Tuyau 12	378	250	1.19	5.73
Tuyau 13	247	200	1.28	8.7
Tuyau 14	880	75	0.57	6.32
Tuyau 15	132	250	0.62	1.67
Tuyau 16	232	140	1.43	16.68
Tuyau 17	129	50	0.64	13.16
Tuyau 18	28	125	1.38	18.12
Tuyau 21	128	110	1.27	17.94
Tuyau 22	268	50	1.32	52.6
Tuyau 25	88	125	1.07	11.11
Tuyau 26	134	50	0.66	14.13
Tuyau 30	189	63	0.63	9.52
Tuyau 36	129	50	0.64	13.16
Tuyau 37	172	40	0.71	21.69
Tuyau 38	147	40	0.84	29.48
Tuyau 39	62	75	0.71	9.72
Tuyau 40	79	50	0.97	29.24
Tuyau 41	285	50	0.65	13.86
Tuyau 42	179	90	1.04	15.84
Tuyau 43	111	90	0.82	10.04

Tableau III-4: Détermination des diamètres des conduites.(Suite)

	Longueur	Diamètre	Vitesse	Pert.Charge Unit.
Tuyau 44	60	50	1	31.15
Tuyau 45	58	90	1.07	16.57
Tuyau 46	181	125	0.95	8.8
Tuyau 47	58	125	1.06	10.78
Tuyau 48	182	50	0.9	25.15
Tuyau 49	108	225	0.79	3.01
Tuyau 50	234	50	1.15	40.56
Tuyau 53	260	63	0.64	9.81
Tuyau 54	40	250	1.16	5.53
Tuyau 56	184	250	1.21	5.93
Tuyau 57	245	50	1.21	44.29
Tuyau 58	46	280	0.92	3.08
Tuyau 59	85	225	1.49	10.07
Tuyau 60	140	315	0.79	2
Tuyau 61	37	280	1.46	7.42
Tuyau 63	160	200	0.79	3.47
Tuyau 64	318	75	0.69	9.26
Tuyau 66	67	200	0.52	1.6
Tuyau 68	98	180	0.54	1.9
Tuyau 69	94	140	0.67	3.96
Tuyau 70	23	160	0.57	2.48
Tuyau 71	181	110	1.08	13.28
Tuyau 72	177	50	0.87	23.89
Tuyau 73	298	50	1.41	59.35
Tuyau 74	365	450	1.32	3.43
Tuyau 75	72	75	0.87	14.3
Tuyau 76	68	250	1.29	6.68
Tuyau 77	71	355	1.39	5.03
Tuyau 78	112	225	1.14	6.01
Tuyau 79	792	250	0.91	3.45

Tableau III-4: Détermination des diamètres des conduites.(Suite)

	Longueur	Diamètre	Vitesse	Pert.Charge Unit.
Tuyau 80	280	110	0.74	6.4
Tuyau 81	299	90	0.91	12.24
Tuyau 82	281	63	0.74	13.14

### III.12 Etat des nœuds après la simulation (cas de pointe)

Tableau III-5: Détermination des pressions au niveau des nœuds (cas de pointe).

	Altitude	Demande Base	Pression
ID Nœud	M	LPS	m
Noeud 2	489	2.784	23.72
Noeud 3	494	2.927	19.29
Noeud 4	497	3.025	15.95
Noeud 5	492	3.671	20.64
Noeud 6	490	2.811	22.15
Noeud 7	490	2.659	21.34
Noeud 8	491	9.521	20.99
Noeud 9	489	4.206	21.75
Noeud 10	489	6.432	19.58
Noeud 11	488	10.047	18.43
Noeud 12	487	5.147	19.21
Noeud 13	479	3.104	23.34
Noeud 14	477	1.029	23.64
Noeud 15	479	2.658	22.83
Noeud 16	477	1.413	20.61
Noeud 17	476	5.538	23.54
Noeud 18	474	2.139	11.44
Noeud 19	471	2.278	10.85
Noeud 24	482	5.658	20.52
Noeud 23	484	5.339	22.18
Noeud 22	479	5.818	28.98
Noeud 20	486	4.006	23.77

TableauIII-5: Détermination des pressions au niveau des noeuds (cas de pointe).(Suite)

	Altitude	Demande Base	Pression
Noeud 21	488	1.069	19.87
Noeud 25	479	1.029	21.82
Noeud 26	489	1.756	24.39
Noeud 27	490	2.689	23.12
Noeud 28	491	4.349	21.56
Noeud 30	488	2.217	24.84
Noeud 29	486	2.538	23.62
Noeud 32	489	1.867	22.98
Noeud 31	490	2.354	22.45
Noeud 33	490	1.788	22.27
Noeud 34	488	4.54	23.84
Noeud 35	489	0.934	23.21
Noeud 37	483	1.788	27.75
Noeud 36	483	1.955	17.99
Noeud 38	477	8.715	33.53
Noeud 39	478	9.05	29.8
Noeud 40	483	1.867	15.31
Noeud 41	479	4.222	28.47
Noeud 42	470	1.452	32.89
Noeud 43	477	2.386	28.88
Noeud 44	475	2.131	29.92
Noeud 45	472	1.867	32.32
Noeud 46	480	4.166	26.85
Noeud 47	479	2.793	25.01
Noeud 48	479	3.791	23.89
Noeud 49	476	3.176	24.58
Noeud 0	490	4.597	23.75
Bâche 1	515	-	-

### III.12 Calculs du réseau de distribution en eau potable en cas de pointe + incendie

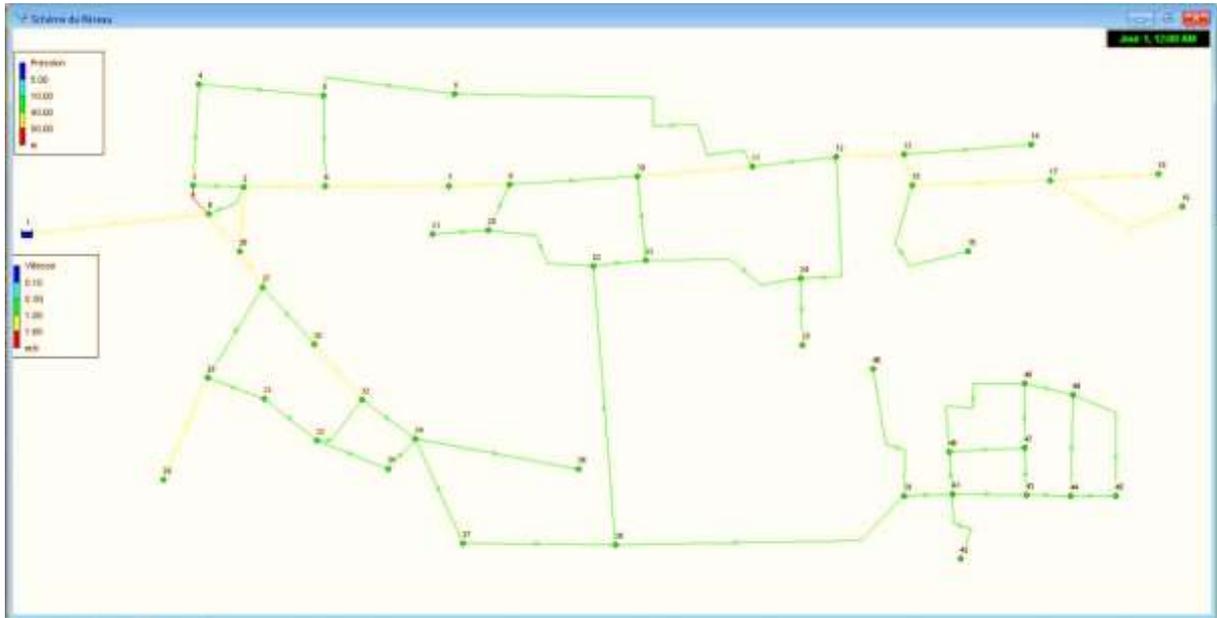


Figure III-5: Simulation sur epanet (Cas de pointe+Incendie)

Les tableaux suivants montrent les résultats de calculs après la simulation sur epanet :

Tableau III-6: détermination des diamètres (Cas de pointe +incendie)

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit. m/km
Tuyau 2	75.75	200	1.47	11.32
Tuyau 3	223	225	0.56	1.56
Tuyau 5	156	200	0.59	2
Tuyau 7	138.13	280	1.29	5.86
Tuyau 9	179	160	0.7	3.65
Tuyau 10	89.12	280	1.35	6.36
Tuyau 11	61	250	1.55	9.63
Tuyau 12	378	250	1.18	5.71
Tuyau 13	247	200	1.28	8.68
Tuyau 14	880	75	0.58	6.6
Tuyau 15	132	250	0.62	1.67
Tuyau 16	232	140	1.43	16.68
Tuyau 17	129	50	0.64	13.16
Tuyau 18	28	125	1.38	18.12

Tableau III-6: détermination des diamètres (Cas de pointe +incendie) . (Suite)

	Longueur	Diamètre	Vitesse	Pert.Charge Unit.
Tuyau 21	128	110	1.27	17.94
Tuyau 22	268	50	1.32	52.6
Tuyau 25	88	125	1.06	10.97
Tuyau 26	134	50	0.66	14.13
Tuyau 30	189	63	0.63	9.73
Tuyau 36	129	50	0.64	13.16
Tuyau 37	172	40	0.71	21.69
Tuyau 38	147	40	0.84	29.48
Tuyau 39	62	75	0.71	9.72
Tuyau 40	79	50	0.97	29.24
Tuyau 41	285	50	0.65	13.86
Tuyau 42	179	90	1.04	15.84
Tuyau 43	111	90	0.82	10.04
Tuyau 44	60	50	1	31.15
Tuyau 45	58	90	1.07	16.57
Tuyau 46	181	125	0.95	8.8
Tuyau 47	58	125	1.06	10.78
Tuyau 48	182	50	0.9	25.15
Tuyau 49	108	225	0.79	3.01
Tuyau 50	234	50	1.15	40.56
Tuyau 53	260	63	0.67	10.88
Tuyau 54	40	250	1.17	5.55
Tuyau 56	184	250	1.21	5.96
Tuyau 57	245	50	1.21	44.29
Tuyau 58	46	280	0.92	3.09
Tuyau 59	85	225	1.49	10.1
Tuyau 60	140	315	0.79	2.01
Tuyau 61	37	280	1.46	7.44
Tuyau 63	160	200	0.79	3.48
Tuyau 64	318	75	0.69	9.26

Tableau III-6: détermination des diamètres (Cas de pointe +incendie) . (Suite)

	Longueur	Diamètre	Vitesse	Pert.Charge Unit.
Tuyau 66	67	200	0.53	1.61
Tuyau 68	98	180	0.54	1.91
Tuyau 69	94	140	0.67	3.98
Tuyau 70	23	160	0.57	2.49
Tuyau 71	181	110	1.08	13.23
Tuyau 72	177	50	0.87	23.89
Tuyau 73	298	50	1.41	59.35
Tuyau 74	365	450	1.45	4.11
Tuyau 75	72	75	1.04	19.99
Tuyau 76	68	250	1.46	8.56
Tuyau 77	71	355	1.5	5.85
Tuyau 78	112	225	1.41	9.14
Tuyau 79	792	250	0.91	3.45
Tuyau 80	280	110	0.73	6.25
Tuyau 81	299	90	0.91	12.24
Tuyau 82	281	63	0.74	13.13

### III.13 Etat des nœuds après la simulation (cas de pointe + incendie)

Tableau III-7: détermination des pressions au niveau des nœuds (Cas de pointe +incendie)

	Altitude	Demande Base	Pression
ID Noeud	m	LPS	mce
Noeud 2	489	19.784	23.06
Noeud 3	494	2.927	18.92
Noeud 4	497	3.025	15.57
Noeud 5	492	3.671	20.26
Noeud 6	490	2.811	21.5
Noeud 7	490	2.659	20.69
Noeud 8	491	9.521	20.61
Noeud 9	489	4.206	21.1
Noeud 10	489	6.432	18.94

Tableau III-7: détermination des pressions au niveau des neuds (Cas de pointe +incendie).

(Suite)

	Altitude	Demande Base	Pression
Noeud 11	488	10.047	17.8
Noeud 12	487	5.147	18.58
Noeud 13	479	3.104	22.71
Noeud 14	477	1.029	23.01
Noeud 15	479	2.658	22.2
Noeud 16	477	1.413	19.97
Noeud 17	476	5.538	22.9
Noeud 18	474	2.139	10.8
Noeud 19	471	2.278	10.21
Noeud 24	482	5.658	19.89
Noeud 23	484	5.339	21.54
Noeud 22	479	5.818	28.38
Noeud 20	486	4.006	23.13
Noeud 21	488	1.069	19.24
Noeud 25	479	1.029	21.19
Noeud 26	489	1.756	24.09
Noeud 27	490	2.689	22.81
Noeud 28	491	4.349	21.25
Noeud 30	488	2.217	24.53
Noeud 29	486	2.538	23.31
Noeud 32	489	1.867	22.67
Noeud 31	490	2.354	22.15
Noeud 33	490	1.788	21.96
Noeud 34	488	4.54	23.53
Noeud 35	489	0.934	22.9
Noeud 37	483	1.788	27.43
Noeud 36	483	1.955	17.68
Noeud 38	477	8.715	33.21
Noeud 39	478	9.05	29.48
Noeud 40	483	1.867	14.99

Tableau III-7: détermination des pressions au niveau des nœuds (Cas de pointe +incendie).

(Suite)

	Altitude	Demande Base	Pression
Noeud 41	479	4.222	28.16
Noeud 42	470	1.452	32.58
Noeud 43	477	2.386	28.56
Noeud 44	475	2.131	29.6
Noeud 45	472	1.867	32
Noeud 46	480	4.166	26.53
Noeud 47	479	2.793	24.7
Noeud 48	479	3.791	23.58
Noeud 49	476	3.176	24.27
Noeud 0	490	4.597	23.5
Bâche 1	515	-	-

### III.14 Equipements hydrauliques [5]

Le réseau d'alimentation en eau potable se compose d'un ensemble d'équipements hydrauliques ,en particulier les tuyaux, robinetteries et accessoires , pièces spéciales de raccordement

#### III.14.1 Type des tuyaux

Le réseau de distribution sera Constitué d'un assemblage de tuyaux en PEHD, les diamètres utilisés varient entre 40 et 315mm.

#### III.14.2 Appareil et accessoires du réseau

Les accessoires doivent être utilisés pour l'équipement du réseau de distribution sont les suivants :

- Les robinets vannes : ils sont placés au niveau de chaque nœud et permettent, l'isolement des différents tronçons du réseau lors d'une répartition sur l'un d'entre eux, ils permettent ainsi de régler les débits ; leurs manœuvre s'effectues à partir du sol au moyen d'une clé dit Béquille.
- Les décharges : Ce sont des robinets places aux endroits des points les plus bas du réseau de distribution pour permettre la vidange à l'intérieur d'un regard en maçonnerie.

- Bouches ou poteau d'incendie : les bouches ou poteau d'incendie doivent être raccordés sur les conduites capable d'assurer un débit de 17 l/s.
- Les ventouses : sont des organes qui sont placés au point le plus haut du réseau, pour réduire la formation de vide dans les installations hydraulique. Les ventouses ont pour le rôle spécial ; l'élimination des poches d'air dans la canalisation des conduites.

#### **III.14 Pièces spéciales de raccordement**

- Les Tés : utilisés pour le raccordement des canalisations secondaires aux canalisations principales.
- Les coudes : utilisés en cas de changement de direction.
- Les cônes de réduction : ce sont des organes de raccordement en cas de changement de diamètre.

#### **III.15 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons procédé au dimensionnement du réseau de distribution de la commune d'EL ESNAM dont le type est mixte. Les vitesses varient entre 0,5 et 1,6 m/s, les pressions sont dans un intervalle de 1 à 6 bars. Donc les vitesses et les pressions dans le réseau sont admissibles. La modélisation est effectuée à l'aide du logiciel EPANET.

## **Chapitre IV : Dimensionnement d`adduction**

## **IV.1 Introduction :**

Le but de ce chapitre, est de transporter de l'eau pour couvrir la demande en eau des consommateurs formant les deux agglomérations vues que le système d'alimentation en eau potable est acceptable. Pour cela, nous sommes appelés à faire une étude technico-économique pour dimensionner l'adduction destinée à la commune de EL ESNAM.

## **IV.2 Définition : [6]**

L'adduction est l'ensemble des installations reliant la prise d'eau qui est une source, forage, retenue ou bien barrage jusqu'au point d'utilisation ou au réservoir de stockage.

L'objectif de cette étude est la mise en place d'un système d'adduction techniquement performant et économiquement peu coûteux qui sont des aspects interdépendants.

Les conduites d'adduction doivent satisfaire pendant leurs durées d'utilisation les besoins de la population et être en mesure de véhiculer un débit maximal journalier.

## **IV.3 Types d'adduction : [6]**

De par leurs fonctionnements, Les adductions peuvent être classées selon leurs charges en adduction :

- Gravitaire (à surface libre, sans pression, l'air étant présent dans les canalisations) ;
- Par refoulement (conduites sous pression) ;
- Mixte (refoulement & gravitaire).

### **IV.3.1 Adduction gravitaire**

Le captage se situe à une altitude supérieure à celle du réservoir de desserte de l'agglomération. Dans ce cas l'ouvrage d'adduction peut consister soit :

- En canal découvert ou un aqueduc couvert, il fait appel à l'écoulement libre de l'eau, c'est-à-dire sans pression.
- En une conduite forcée, il fait appel à l'écoulement sous pression.

### **IV.3.2 Adduction par refoulement**

Le captage se situe à un niveau inférieur à celui du réservoir d'accumulation. Dans ce cas les eaux sont relevées par une station de pompage (ou de reprise) dans une conduite sous pression.

### **IV.3.3 Adduction mixte**

C'est une adduction où la conduite par refoulement se transforme en conduite gravitaire ou l'inverse. Le relai entre les deux types de conduites est assuré par un réservoir appelé réservoir tampon.

### **IV.4 Choix du tracé [6]**

Le choix du tracé des conduites d'adduction se base sur des conditions économiques, techniques et topographiques qu'on essaiera de respecter dans la mesure du possible, ces conditions se résument comme suit :

- Dans un but économique, le tracé doit être le plus court possible ayant un profil régulier afin de réduire les frais ;
- Dans un but technique, et pour faciliter l'exécution des travaux ainsi que l'acheminement du matériel, lors de la réalisation, on doit suivre les chemins existants (routes et pistes) ;
- Rechercher la possibilité d'alimenter l'agglomération gravitairement;
- Eviter les contres pentes susceptibles de créer des poches d'air (cantonnements) aux points hauts qui sont plus ou moins difficile à évacuer et qui risquent d'engendrer la rupture de la veine liquide, pouvant ensuite provoquer des désordres graves (vibrations, descellement des joints). Dans le cas de refoulement, il peut résulter en ces endroits une cavitation par suite d'arrêt inopiné (imprévu) de la pompe pouvant occasionner l'éclatement des canalisations ;
- Les coudes doivent être largement ouverts afin d'éviter les butées importantes et dans le but de minimiser les pertes de charges.

### **IV.5 Choix du type de matériaux : [11]**

Le choix du type de matériaux des conduites constitue l'élément principal du réseau, leur choix doit répondre aux exigences suivantes :

- Disponibilité du produit ;
- Les coûts de fournitures et de mise en œuvre ;
- Le diamètre et la pression de service ;
- Facilité d'entretien et d'exploitation ;
- Durée de vie ;

- Adaptation aux terrains de pose ; Les tuyaux les plus utilisés sont :
- Métalliques : Acier, fonte (grise, ductile), acier galvanisé ;
- A base de ciment : amiante, ciment, béton armé ;
- En matières thermoplastiques : chlorure de polyvinyle (PVC), polyéthylène (PEHD, PEMD, PEBD)

#### **IV.5 1 Les tuyaux en fonte**

La fonte est un alliage de fer et de carbone, dont la proportion de carbone varie entre 2,2 et 4%. Les tuyaux en fontes sont utilisés pour la distribution, comme pour l'assainissement, ainsi que pour l'irrigation.

La fonte ductile est obtenue en additionnant, au moment de la coulée, une très faible quantité de magnésium dont la présence au sein de la fonte, provoque la cristallisation du graphite sous une forme sphéroïdale au lieu de cristaux aplatis comme dans la fonte ordinaire.

Les longueurs courantes de ces tuyaux sont de 6m pour les petits diamètres et moyen (jusqu'à 800mm) et de 7m pour les Ø au-delà de 800 mm.

#### **Les avantages :**

- Résistance aux pressions élevées, jusqu'à :
- ✓ 50 bars pour les diamètres ne dépassant pas 600mm ;
- ✓ 40 bars pour les diamètres supérieurs.
- Très rigide et solide ;
- Bonne résistance à l'écrasement ;
- Permet le cintrage des tuyaux sur le chantier ce qui limite l'approvisionnement des coudes ;
- Longue durée de vie.

#### **Les inconvénients :**

- Fragile ;
- Très robuste ;
- Très coûteuses et non disponibilité sur le marché ;
- La nécessité des pièces spéciales :

- Joints standards : on utilise du plomb et de la corde imprégnée.
  - Joints express : Rapids, gibault et à brides.
  - Pièces spéciales : raccords, tés, croix, cônes, manchons...
- Sensible à la surcharge et aux mouvements de sous-sol qui provoquent le Déboitement des conduites ;
- Grande sensibilité à la corrosion.



Figure IV-1: Corrosion des conduites en fonte ductile.

#### IV.5.2 Conduite en acier

L'acier est un constituant de fer combiné au carbone, le pourcentage de carbone est compris entre 0,1 % et 1,5 %. L'acier utilisé dans la fabrication des tubes et raccords est l'acier doux soudable.

Les longueurs courantes varient de 6 à 16 m suivant les diamètres. La pression de service dans ces tuyaux peut atteindre :

- ✓ 60 bars jusqu'à 150 mm de diamètres ;
- ✓ 50 bars jusqu'à 250 mm de diamètre ;
- ✓ 40 bars jusqu'à 400 mm de diamètre.

Les tuyaux en acier galvanisé sont reliés à l'aide d'un manchon à visser, également en acier galvanisé, chaque tuyau est fileté aux 2 extrémités et en principe livrés avec un manchon.

Les tuyaux en acier présentent les avantages suivants :

- Facile à couper, soudable, et cintrables ;
- Bonne étanchéité ;

- Résistance aux pressions importantes et aux contraintes (chocs, écrasement) ;
- Plus léger que les tuyaux en fonte, (l'économie sur le transport) ;
- Economie et disponibilité sur le marché ;
- Par leurs élasticités s'adaptent aux reliefs plus ou moins accidentés.

**Les inconvénients des tuyaux en acier sont :**

- La sensibilité à la corrosion, ils nécessitent donc d'être revêtue intérieurement et extérieurement.
  - ✓ A l'intérieur : Les tuyaux en acier sont revêtus par un email à base de bitume de pétrole de 1 à 2 mm d'épaisseur, selon le diamètre
  - ✓ A l'extérieur : il recevra un revêtement constitué par de la soie de verre noyée dans un bitume de houille,
- Courte durée de vie (20 ans).

**IV.5.3 Tuyaux thermoplastiques**

La matière plastique est un nom collectif désignant un groupe de matières composées de gigantesques molécules que l'on appelle des macromolécules, prenant naissance par voie synthétique et qui ont été transformé plastiquement au cours d'une ou plusieurs phases de leur composition.

Les matières plastiques trouvent actuellement application dans presque tous les domaines de l'industrie, et particulièrement dans le domaine de l'eau.

Les tuyaux thermoplastiques trouvent une application potentielle dans les canalisations de distribution d'eau, sous forme de polyéthylène (PE) et de chlorure de polyvinyle (PVC).

**IV.5.4 Les tuyaux en PVC (chlorure de polyvinyle)**

Le PVC est un dérivé de l'éthylène, le monomère est le chlorure vinyle de formule  $\text{CH}_2\text{CHCl}$ . Le PVC est une poudre blanche. Dont le point de fusion se situe à 150 °C, et le produit se ramollit à 75 °C.

Les tubes en PVC sont 5 à 8 fois plus légers que les tubes fabriqués en matériaux traditionnels (acier, fonte),

Les longueurs de ces tuyaux varient de 4 à 6 m.

### **Les propriétés hydrauliques des tuyaux en PVC :**

- La finition des surfaces internes des tubes (lisses) réduit considérablement les pertes de charges comparativement à d'autres matériaux
- Une faible rugosité qui se maintient au fil des années ;
- Une bonne résistance chimique à la solution saline, acide et solution oxydable ;
- L'inertie chimique de PVC le protège contre les effets d'entartrage et de corrosion ;
- Facilité de pose de canalisation ;
- Disponibilité sur le marché.

Leur inconvénient est le risque de rupture.

### **IV.5.5 Les tuyaux en polyéthylène (PE) :**

Le PE est issu des hydrocarbures. Le *polyéthylène* résulte de l'association de nombreuses molécules simples (Éthylène) selon une réaction de polymérisation qui a lieu dans un réacteur chimique sous une pression et une température donnée en présence de catalyseurs.

La variation de l'un de ces paramètres peut changer la structure de la matière obtenue appelée polymère. Ce dernier peut être PE à basse densité (PEBD), moyenne densité (PEMD) ou à haute densité (PEHD) dont les points de fusion se situent respectivement à 115 °C et 130 °C. Le PE est utilisé dans :

- ✓ La distribution du gaz naturel.
- ✓ La distribution d'eau.
- ✓ L'assainissement.
- ✓ L'irrigation.
- ✓ Les fluides industriels...etc.

Son utilisation pour véhiculer de l'eau chaude est déconseillée, car le matériau se ramollit vers 60 °C et fond vers 200 °C.



Figure IV-2:Les tuyaux en PEHD.

**Remarque :**

Il ressort que les conduites en fonte et en PEHD sont celles qui répondent mieux aux exigences du projet d'étude en matière de pression, de corrosion et de longévité.

Dans notre projet, on opte pour utiliser des conduites en fonte ductile pour l'adduction, parce que ce matériau répond à nos besoins .

#### **IV.6 Equipements des conduites d'adduction [6]**

Un bon fonctionnement et une meilleure exploitation d'un réseau d'adduction nécessitent, en service normal comme en cas d'incident, que l'on dispose d'un certain nombre d'accessoires : les vannes de sectionnement, les ventouses, les vidanges, les clapets et les crépines.

##### **IV.6.1 Les vannes de sectionnement**

Elles sont utilisées pour isoler un ou plusieurs tronçons de l'adduction pour l'entretien ou la réparation ; elles permettent aussi la vidange partielle d'un tronçon. On constate deux types de ces vannes :

- ✓ Les robinets à boisseau : comporte un corps contenant une clé évidée, cylindrique, tronconique ou sphérique, ajustée dans un corps. L'obturation est obtenue par une rotation de la clé de 90°.
- ✓ Les robinets à soupape : leur obturation est réalisée par une soupape solidaire d'une vis de commande. La rotation de la vis a pour effet d'appliquer ou non la soupape sur son siège.

#### IV.6.2 Les ventouses

Pour évacuer éventuellement l'air entraîné par l'eau, qui s'accumulerait aux points hauts des conduites du réseau, sans perte initiale d'eau. On peut voir deux types de ventouses :

- ✓ Les ventouses manuelles : sont constituées d'une prise verticale montée sur la génératrice supérieure d'un tuyau et d'un robinet à commande manuelle.
- ✓ Les ventouses automatiques : comportent un flotteur sphérique logé dans un corps en fonte mis à l'atmosphère par un orifice placé à la partie supérieure de couvercle.



Figure IV-3: Différents types de ventouses.

**Ventouse automatique**

**Ventouse triple fonctions**

#### IV.6.3 Les robinets de décharge (vidange)

Une décharge n'est autre qu'un robinet disposé aux points bas du tracé, en vue de la vidange de la conduite. Cette évacuation s'effectue à l'égout voisin ou, si le point bas se trouve hors de la ville, dans le fossé de la route. Ce robinet, comme toute pièce de ce genre, sera posé à l'intérieur d'un regard en maçonnerie. Cet appareil doit toujours être facilement accessible.

#### IV.6.4 Les clapets

Ils sont destinés à empêcher le passage d'un fluide dans certaines conditions. Ils sont surtout utilisés dans les stations de pompage au point des canalisations d'aspiration (désamorçage) ou sur la conduite de refoulement (arrêt de la colonne d'eau).

Les clapets les plus utilisés sont ceux dites des soupapes de retenue à tuyère où la fermeture est accélérée par un ressort et non provoquée par le retour de l'eau comme dans le clapet à battant, il en résulte une fermeture rapide et sans choc, donc la protection du matériel. Il existe aussi des clapets en caoutchouc qui sont particulièrement silencieux.

#### IV.6.5 Les Crépines

Ce sont des appareils en forme de panier, percées en trous et placées à l'extrémité des canalisations d'aspiration, pour empêcher l'introduction de corps étrangers dans celles-ci.

#### IV.6.6 Les régulateurs de pression

##### A. Régulateur de pression aval:

Ce sont des organes de vannage qui introduisent automatiquement une perte de charge variable, de manière à ce que la pression aval soit maintenue à une valeur constante. Quelque soit le débit et la pression en eau, il faut maintenir ces appareils en état de propreté pour limiter les frottements entre pièces mobiles et éviter le coincement.



Figure IV-4: Régulateur de pression aval.

## B. Régulateur de pression amont

Ce sont les mêmes appareils que les régulateurs aval mais inversé. Le réglage étant effectué par la pression amont. Cet appareil est destiné principalement à maintenir une pression suffisante dans les conduites gravitaires.



Figure IV-5: Régulateur de pression amont

## C. Régulateur de pression amont et aval :



Figure IV-6: Régulateur de pression amont et aval.

## IV.7 Calculs hydrauliques [10]

### IV.7.1 Description des adductions étudiées

- Adduction par refoulement reliant la station de refoulement et le réservoir tampon.
- La longueur entre la station de refoulement et le réservoir tampon est de 4890 m .
- Adduction gravitaire reliant le réservoir tampon au réservoir de EL ESNAM :
- La longueur entre le réservoir tampon et le réservoir de EL ESNAM est de 5190 m.
- Le débit transfère est de 106,7 l/s.

Selon le tracé topographique retenu, notre adduction se décompose en deux :

#### IV.7.1.1 Adduction par refoulement Liant la station de refoulement et le réservoir Tampon

Il s'agit d'une conduite de refoulement, nous proposons de transférer de la station de refoulement de cote 414 m vers le réservoir Tampon de cote 537m.

Les points de départ et d'arrivée étant connues, la longueur de l'adduction et l'utilisation des installations existantes sont les éléments de choix.

La longueur de l'adduction par refoulement est de 4,89km .

#### IV.7.1.2 Adduction gravitaire Liant le réservoir Tampon et le réservoir d'EL ESNAM

La partie gravitaire, Elle s'agit de transfert des eaux du réservoir Tampon de cote 537m vers le réservoir d'EL ESNAM de cote 515m. Ça veut dire que le réservoir Tampon joue le rôle de relier l'adduction par refoulement et l'adduction gravitaire.

La longueur de l'adduction gravitaire est 5,19km .

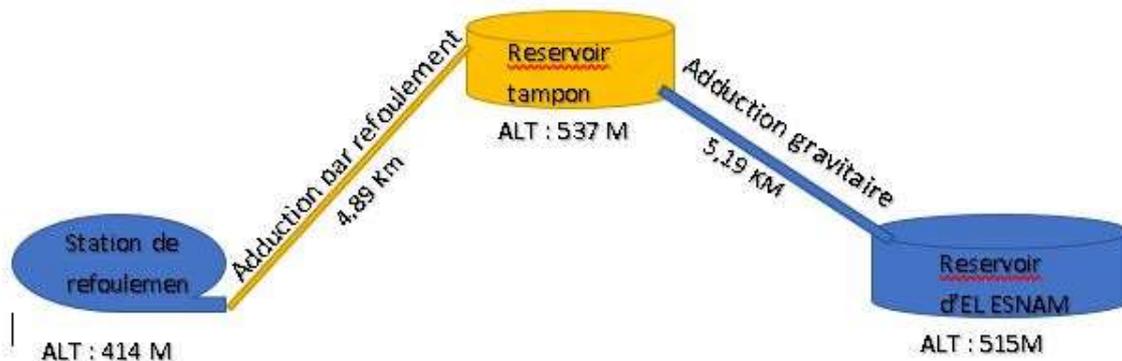


Figure IV-7:schéma du réseau d'adduction.

## IV.7.2 Calcul des diamètres des adductions de refoulement

### IV.7.2.1 Calcul du diamètre économique pour les conduites en Refoulement

Le but du calcul consiste à déterminer le diamètre économique des conduites en refoulement. Il est connu que les coûts d'investissement sont proportionnels aux diamètres et que l'énergie consommée pour un même débit avec différents diamètres. Notre but consiste donc à déterminer le diamètre qui engendre le moins de frais. C'est ce qui est désigné par le diamètre économique.

Il existe un diamètre résultant d'un compromis entre les deux paramètres :

- Les frais d'exploitation qui décroissent quand le diamètre augmente par suite de la diminution des pertes de charge.
- Les frais d'amortissement de la conduite qui augmentent avec le diamètre de la canalisation.

Le diamètre économique pour chaque tronçon est déterminé après une estimation technico-économique des diamètres normalisés calculés, suivant les étapes suivantes :

#### A. Calcul des diamètres normalisés

En première approximation, les diamètres sont déterminés par les formules de Bonin et Bresse et par la suite nous choisirons les diamètres normalisés qui existent sur le marché et se trouvant dans l'intervalle des diamètres calculés.

$$D_{\min} = \sqrt{Q}$$

$$D_{\max} = 1,5\sqrt{Q}$$

Où : D: Le diamètre de la conduite en (m).

Q: Le débit véhiculé par la conduite en (m<sup>3</sup>/s).

Tableau IV-1: détermination de la gamme des diamètre.

Tronçon	Débit transporté (m <sup>3</sup> /s)	D <sub>min</sub> (mm)	D <sub>max</sub> (mm)
Réservoir tampon – réservoir de el Asnam	0.1067	300	500

Après étude technico-économique basée sur les frais d'exploitation et les frais d'amortissement, le choix du diamètre normalisé est opéré, et ensuite le diamètre le plus économique est retenu.

### **B. Frais d'exploitation :**

Pour estimer les frais d'exploitation, il est nécessaire de déterminer : d'abord, les pertes de charge engendrées dans les canalisations.

Connaissant la hauteur géométrique  $H_g$ , nous pouvons déterminer les hauteurs manométriques totales (HMT) correspondantes à chaque diamètre.

$$HMT = H_g + \Delta H_T$$

$$H_g = CTP_{\text{aval}} - CTP_{\text{amont}}$$

$$\Delta H_T = \Delta H_{li} + \Delta H_{si}$$

$$\Delta H_{si} = 15\% \Delta H_{li} = 1.15 \Delta H_{li}$$

Où : HMT : La hauteur manométrique.

$H_g$  : La hauteur géométrique.

$CP_{\text{aval}}$  : La cote piézométrique en aval.

$CP_{\text{amont}}$  : La cote piézométrique en amont.

$\Delta H_T$  : Les pertes de charge totale.

$\Delta H_{li}$  : Les pertes de charge linéaire.

$\Delta H_{si}$  : Les pertes de charge singulière.

Les pertes de charge pour chaque diamètre seront calculées par la formule de Darcy-Weisbach:

$$\Delta H_{li} = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Le coefficient de frottement est évalué par la formule d'Altchul :

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\varepsilon}{D_{int}} + \frac{6,8}{Re} \right)^{0,25}$$

Nous prenons La rugosité pour les nouvelles conduites  $\varepsilon = 0.1\text{mm}$  et le nombre Reynolds est calculé par la relation suivante :

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Avec la viscosité cinématique  $= 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ .

Les frais d'exploitation sont déterminés par la formule :

$$F_{\text{exp}} = E_a \cdot e$$

Où :  $F_{\text{exp}}$  : Frais d'exploitation.

e: Prix unitaire d'un Kwh imposé par SONALGAZ e=4,67 Da/Kwh.

$E_a$  : Energie consommée annuellement par l'installation de pompage en (Kwh)

donnée par :

$$E_a = P_t * 24 * 365$$

$P_t$  : Puissance totale (Kw).

$$P_t = n * P_p$$

n : Nombre de pompes en fonctionnement n =2.

$P_p$  : Puissance absorbée par l'installation de pompage Kw, donnée par la formule

suivante

$$P_p = \frac{g * Q_{ref} * \rho * HMT}{\mu_p}$$

Avec :  $Q_{ref}$  : Débit à refouler en ( $m^3/s$ ).

HMT : Hauteur manométrique totale (m).

$\rho$  : La masse volumique de l'eau ( $1000Kg/m^3$ ).

g : Accélération de la pesanteur ( $m/s^2$ ).

$\mu_p$  : Rendement de la pompe (nous prenons 80).

### C. Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement augmentent avec le diamètre et la longueur de la canalisation, nous avons tenu compte de l'annuité (A) d'amortissement, qui amortit un capital investi au taux (i) pour une période en principe égale à la durée de vie du matériel (conduite) qui est estimé à 30 ans.

$$F_{am} = A * P_{tc}$$

Avec :  $F_{am}$  : Frais d'amortissement (DA)

A : Annuité d'amortissement

i : taux d'annuité (8 à 12 % en Algérie) en fonction du type d'investissement, pour notre projet, nous prenons i=8%

n : nombre d'année d'amortissement n = 30 ans

$P_{tc}$ : Prix total de la conduite (DA)

Le prix total de la conduite est évalué par la formule suivante :

$$P_{tc} = P_{ml} * L$$

Avec :  $P_{ml}$ : Prix du mètre linéaire de la conduite (DA)

L : Longueur de la conduite (m)

### D. Le cout total

Après le calcul du coût total de chaque diamètre normalisé nous optons pour le choix des diamètres économiques qui correspondent au cout total le plus faible.

Le coût total est égal à :

$$Ct = F_{exp} + F_{am}$$

### Les résultats des calculs :

Calcul des frais d'investissement pour la conduite en fonte ductile

Tableau IV-2: Calcul des frais d'investissement de chaque diamètres

Diametres	Prix unitaire	Longueur	Frais d'amortissement	A	Frais d'investissement
0.3	10552	4890	51599280	0.0888	4582016.06
0.35	13535	4890	66186150		5877330.12
0.4	15938	4890	77936820		6920789.62
0.45	18684	4890	91364760		8113190.69
0.5	21430	4890	104792700		9305591.76

### Calcul des frais d'exploitations pour les conduites en fonte ductile

Tableau IV-3: Détermination d'exploitation .

Diamètres	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (M/S)	Re	F	$\Delta H_T$ (m)	Hmt (m)	Pa (kwh)	E (kwh)	Fe (DA)
0.3	0.1067	1.510	453078.556	0.083	158.399	281.399	368.185	3225307.87	15062187.73
0.35	0.1067	1.109	388353.048	0.0804	70.518	193.518	253200.93	2218040187	10358247674
0.4	0.1067	0.849	339808.917	0.0777	34.983	157.983	206707.07	1810753937	8456220887
0.45	0.1067	0.671	302052.371	0.0755	18.851	141.851	185599.198	1625848976	7592714720
0.5	0.1067	0.543	271847.134	0.0735	10.842	133.842	175120.888	1534058981	7164055443

## Calcul du cout total pour les conduites en fonte ductile

Tableau IV-4:Le cout totale.

Diamètres	Frais d'investissement	Frais d'exploitations	Cout totale
300	4582016.06	15062187.73	19644203.79
350	5877330.12	10358247674	10364125004
400	6920789.62	8456220887	8463141677
450	8113190.69	7592714720	7600827911
500	9305591.76	7164055443	7173361035

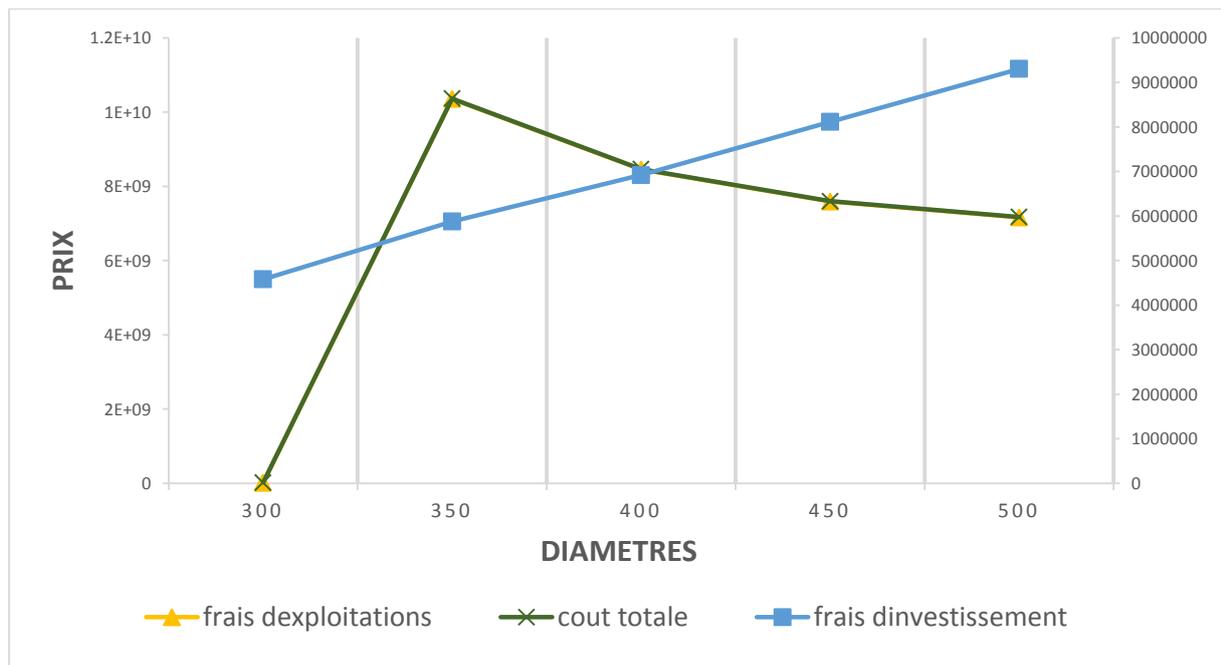


Figure IV-8:graphe les différents frais en fonction des diamètres

### IV.7.3 Choix du diamètre

Le graphe montre les frais d'exploitation, les frais d'investissement et le cout totale en fonction des gammes de diamètre normalise des conduites en fonte ductile.

Le choix du diamètre économique se fait à partir du graphe du cout totale, on prend le point le plus bas du graphe et qui représente le diamètre économique pour l'adduction projetée.

Dans notre cas le diamètre 300mm est le plus économique.

Donc dans ce projet on opte pour un diamètre de **300mm**

Tableau IV-5:Caractéristiques du diamètre choisi. (Refoulement)

<b>Diamètre (mm)</b>	<b>Vitesse (m/s)</b>	<b><math>\Delta H_T</math> (m)</b>	<b>Hmt (m)</b>	<b>Coût totale (DA)</b>
300	1.510	158.399	281.399	19644203.79

#### **IV.7.4 Calcul de l'adduction gravitaire**

##### **IV.7.4.1 Détermination de diamètre**

Le diamètre peut être calculé par la formule suivante :

On a :  $Q = 0,1067 \text{ m}^3/\text{s}$

Et on suppose une Vitesse de **1 m/s**

**Donc on obtient :**

$D = 0.369 \text{ m}$

On opte pour un diamètre normalise de [350mm – 400mm]

Si :  $D = 350 \text{ mm}$  on obtient  $v = 1.11 \text{ m/s}$

$D = 400 \text{ mm}$  on obtient  $v = 0.85 \text{ m/s}$

On prend :  **$D = 350 \text{ mm}$**

**Remarque :**

On opte pour le diamètre 350 mm car la vitesse est vérifié et ce diamètre est plus économique.

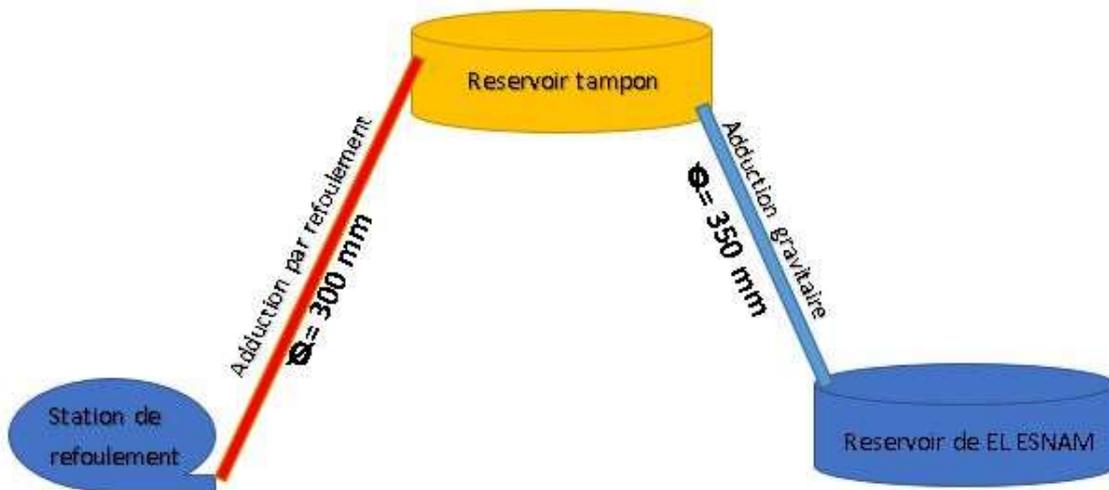


Figure IV-9:Schema récapitulatif des diamètres choisis dans l'adduction

## IV.8 Conclusion

L'étude technico-économique de l'adduction a permis de récapituler les résultats suivants :

- L'adduction par refoulement avec une longueur totale des conduites est de 4.89 Km, le diamètre nominal est de 300 mm.

- L'adduction gravitaire avec une longueur totale de 5.19 Km et de diamètre nominal de 350 mm.

Pour le réseau d'adduction, on opte pour les conduites en fonte ductile.

## **Chapitre V : Caractéristiques des pompes**

## V.1 Introduction :

Les pompes hydrauliques sont des appareils conçus pour transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique. L'identification d'une pompe est de déterminer ses caractéristiques à savoir le débit refoulé, la hauteur d'élévation, la puissance absorbée et le rendement. Ces caractéristiques, sont fournies par le constructeur.

Dans ce travail nous supposons plusieurs variantes du nombre de pompes, et en fonction des résultats nous choisissons le nombre de pompes qui convient le mieux pour chaque station. Par la suite, nous déterminons le mode de réglage le plus optimal afin d'adapter le débit de la pompe à celui demandé, les stations sont appelées à refouler l'eau vers les réservoirs d'alimentation des dites agglomérations EL ESNAM.

## V.2 Les pompes centrifuges [10]

La pompe est destinée à transformer l'énergie donnée par le moteur d'entraînement en énergie hydraulique en projetant de l'eau en périphérie et par la suite un écoulement continu de la veine liquide.

Une pompe centrifuge se compose :

- D'un distributeur, sorte de tubulure profilée qui, comme son nom l'indique, sert à conduire l'eau avec une vitesse et une direction convenable dans l'axe de la pompe ou « ouïe », ou « œillard » de la roue.

Le distributeur est généralement constitué par un cône convergent qui permet de réaliser une meilleure disposition des filets liquides en améliorant le parallélisme et l'égalité des vitesses. Il est précédé, à l'amont, par la canalisation d'aspiration.

- D'une roue, ou turbine, ou rotor, ou mobile, constitué par un moyen porté par un arbre et muni d'aubes tournant à l'intérieur de deux coquilles formant le corps de pompe. Les aubes peuvent être fixées sur un ou deux cotés à des disques ; on distingue ainsi des rotors ouverts, semi-ouvert ou fermé.
- La théorie du fonctionnement des pompes centrifuges montre qu'entre l'entrée et la sortie de la roue, l'énergie mécanique totale de la veine fluide est augmentée. Cette augmentation provient :
  - d'une part d'un accroissement de l'énergie pression (ou énergie potentielle).
  - d'autre part d'accroissement de l'énergie cinétique.

## V.2.1 Types des pompes centrifuges

Il existe une série de pompes centrifuges, nous pouvons les classer suivant plusieurs manières ; en tenant compte notamment :

- Du nombre de roues.
  - pompes monocellulaires.
  - pompes multicellulaires.
- De la forme des aubes de la roue.
  - roue à aubes.
  - roue à canaux.
- De la vitesse spécifique.
- De la direction de l'axe.
  - Pompes à axe horizontal
  - Pompes à axe vertical
- De la position de pompe par rapport au niveau à l'aspiration.
- La forme du corps de la pompe.
  - pompes à volute ou colimaçon.
  - Pompes à diffuseur circulaire.
- Sens de rotation.
  - Pompe à sens direct.
  - Pompe à sens inverse.

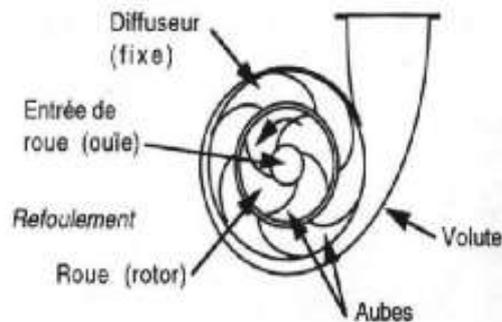


Figure V-1: Constitution d'une pompe centrifuge.

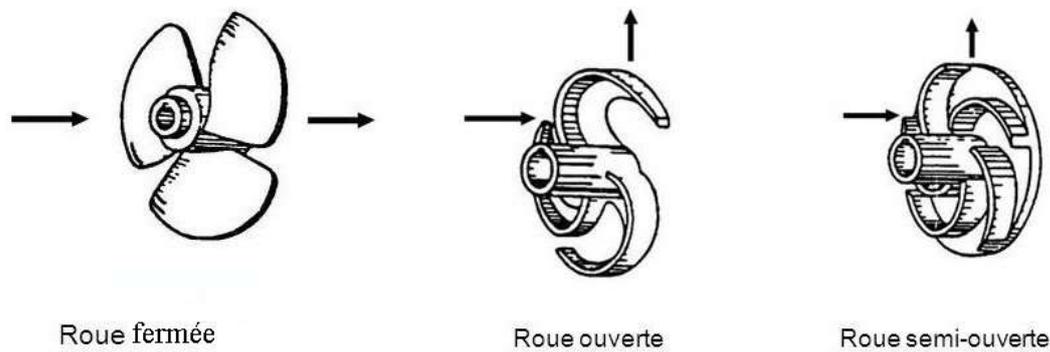


Figure V-2: Les types de roue.

### V.3 Couplage des pompes

On distingue deux types de couplage des pompes :

- Le couplage en série : ce type de couplage est utilisé en vue de l'augmentation de la hauteur d'élévation des pompes.
- Le couplage en parallèle : ce type de couplage est utilisé en vue de l'augmentation du débit refoulé par les pompes.

### V.4 Choix du nombre et de type de pompe

Les différentes contraintes qui doivent être prises en considération pour orienter le choix du type de pompe à adopter résultent d'examen des diverses conditions à satisfaire :

- Le débit à refouler.
- La hauteur manométrique totale.
- La puissance absorbée.
- Le rendement.
- La vitesse de rotation.
- Le cout et le type de pompe.
- La charge nette d'aspiration requise  $(NPSH)_r$  minimale.

Pour le choix du type de pompe dans notre projet, nous utilisons le logiciel Caprari. Il nous permet de déterminer avec précision les caractéristiques de différentes pompes en fonction du débit refoulé et de la hauteur manométrique voulue.

## V.4.1 Station de pompage refoulant l'eau de station de pompage vers le réservoir tampon

Nous avons besoin de refouler un débit total de 106,7 l/s et assurer une hauteur manométrique de 158.399mce.

Les résultats dans le tableau suivant :

Tableau V-1:Les caractéristiques des pompes de station de pompage

Variante	Q (m <sup>3</sup> /h)	HMT (m)	Type de pompe	Vitesse (m/s)	μ (%)	Puissance abs (Kw)	(NPSH) <sub>r</sub> (m)
1	104	274	E14SE50/7Q + M14500	2900	79,2	360	10,1
2	666	353	E14SE50/7Q + M14500	2900	68,4	329	8,03

Nous remarquons que la première variante a des bonnes caractéristiques donc il faut équiper la station par 2 pompes (une fonctionne et l'autre de secours).

La pompe est de type E14SE50/7Q + M14500 (voir l'annexe) sachant que le groupe des pompes refoule un débit d'104m<sup>3</sup>/h, pour satisfaire la hauteur manométrique totale de 274m.

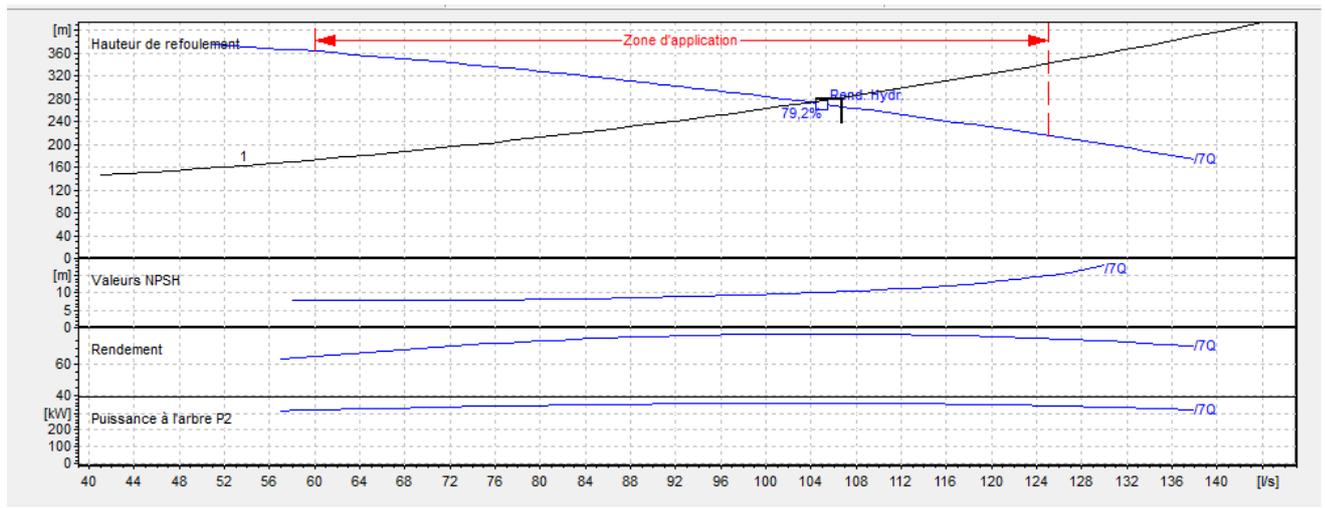


Figure V-3:Les courbes caractéristiques du groupe des pompes de la station de pompage

### V.4.1.1 Point de fonctionnement

Le point de fonctionnement d'une installation, c'est le point d'intersection de la courbe caractéristique de la pompe et celle de la conduite.

#### V.4.1.1.2 Recherche du point de fonctionnement désiré

La détermination de ce point est basée sur des considérations techniques et économiques ; les caractéristiques de la conduite ayant été déterminées, on trace la courbe qui représente les variations des pertes de charges totales en fonctions du débit. Le point de fonctionnement (p) qui représente l'intersection de la courbe caractéristique de la conduite et celle de la pompe ne coïncide pas généralement avec le débit désiré. Pour remédier à ce problème on envisage différentes méthodes :

- Accepter le point de fonctionnement tel qu'il est donné : le débit à relever sera donc supérieur à celui désiré.
- Accepter les caractéristiques de la pompe et vanner sur le refoulement : augmentation de la consommation d'énergie.
- Rogner la roue afin de faire passer les caractéristiques (Q, H) par le point désiré : baisse du rendement de la pompe.
- Concevoir une pompe semblable susceptible de répondre aux besoins c'est-à-dire le débit, la vitesse et la hauteur nécessaire.

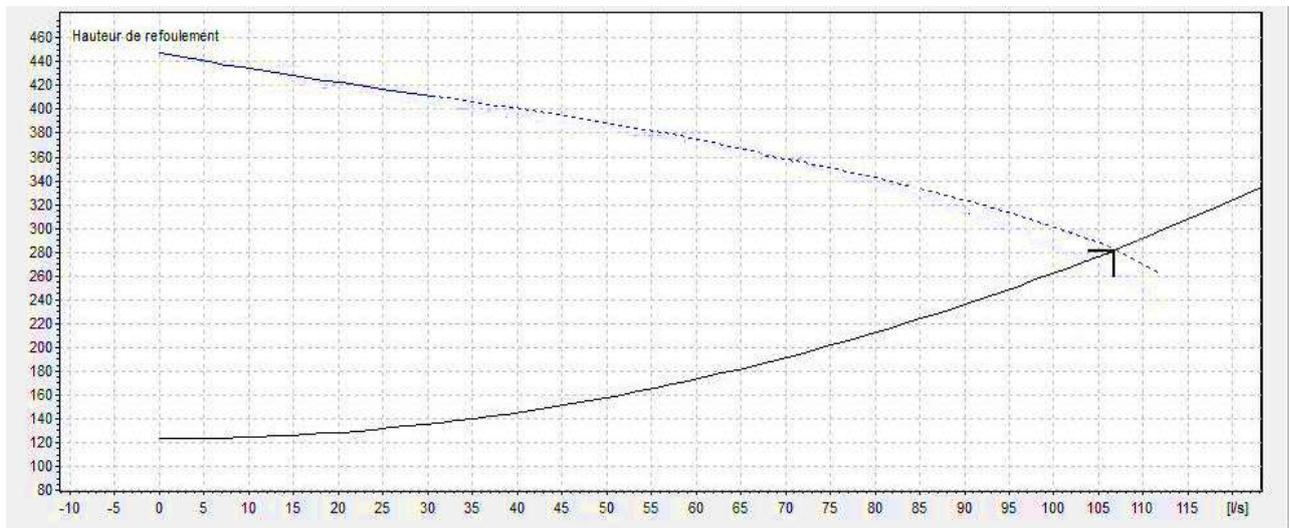


Figure V-4: La courbe caractéristique de potine de fonctionnement

## V.5 Conclusion

Pour cette installation, on a choisi deux pompes en série dont le but est d'avoir un fonctionnement optimal de réseau d'adduction et le point de fonctionnement nous a donné des valeurs du débit 106,7 l/s et de la hauteur ( $H_{MT}=158.399\text{mce}$ ), ces valeurs étant très proches de nos valeurs désirées qu'on pourrait bien s'en passer de tout réglage éventuel

## **CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU RESERVOIR**

## VI.1 Introduction

Les réservoirs sont des ouvrages hydrotechniques variés nécessitant une étude technique approfondie afin qu'ils puissent remplir à bien, les tâches auxquelles ils sont conçus. Ils servaient de réserve d'eau et de régulation des débits et des pressions.

Dans ce chapitre nous allons identifier le réservoir implanté dans notre réseau et assurer un dimensionnement adéquat en calculant sa capacité nécessaire à satisfaire les exigences de nos agglomérations.

## VI.2 Fonctions des réservoirs [10]

- Les réservoirs constituent les organes régulateurs de pression et de débit entre le régime de production et celui de la consommation.
- Ils permettent d'emmagasinier l'eau lorsque la consommation est inférieure à la production, et la restituent lorsque la consommation devient supérieure à cette dernière.
- Les réservoirs permettent une certaine souplesse pour faire face, sans gêne pour les utilisateurs, aux incidents suivants :
  - Panne électrique,
  - Remplacement d'une pompe,
  - Accident sur la conduite de refoulement quand il se trouve à la tête du réseau,
  - Les réservoirs permettent, outre une régularité de fonctionnement des groupes de pompage, de profiter au maximum du tarif de nuit en énergie électrique.
- Certains réservoirs sont équipés de telle manière qu'une partie de leur capacité constitue une réserve d'incendie. Ce volume se renouvelle sans être entamé par un dispositif spécial dit système à évent, le plus souvent constitué par un siphon, qui se désamorçe lorsque le niveau de la réserve est atteint.
- Dans le cas où une agglomération s'étend dans une direction donnée, un réservoir unique et de hauteur convenable peut devenir insuffisant pour assurer à tout moment et en tout point du réseau une pression suffisante. Alors, on a recours à un ou plusieurs réservoirs d'équilibre en liaison par le réseau avec le réservoir principal, mais à une cote de niveau légèrement inférieure.

Le remplissage du réservoir d'équilibre se fait gravitairement au moment des faibles consommations, c'est-à-dire principalement la nuit. La journée, la charge, à partir du réservoir principal, diminue dans le réseau par suite de la consommation, celle du réservoir d'équilibre devient alors prépondérante et c'est son action qui maintient une pression régulière.

- Les réservoirs peuvent également jouer le rôle de brise charge dans le cas d'une distribution étagée.
- Les réservoirs peuvent aussi jouer le rôle de relais, ils sont appelés dans ce cas réservoirs tampons.

### **VI.3 Prescriptions sanitaires**

En plus de leurs rôles précédemment cités, les réservoirs doivent répondre aux prescriptions sanitaires ci-après :

- Les ouvrages de stockage doivent être conçus et exploités de manière à éviter une stagnation prolongée de l'eau d'alimentation,
- Les réservoirs doivent être protégés contre toute pollution externe et contre les élévations importantes de température,
- Ils doivent être faciles d'accès et leur installation doit permettre de vérifier en tout temps leur étanchéité,
- Ils doivent être munis d'un dispositif permettant une prise d'échantillon d'eau à l'amont et à l'aval immédiat du réservoir,
- L'ensemble des matériaux constituant les réservoirs ne doit ni se désagréger ni communiquer à l'eau des saveurs ou des odeurs désagréables,
- Après chaque intervention susceptible de contaminer l'eau contenue dans les réservoirs et, de toute façon au moins une fois par an, les réservoirs sont vidés, nettoyés et désinfectés,
- En plus des prescriptions citées ci-avant, les réservoirs à surface libre doivent être fermés par un dispositif amovible à joints étanches,
- Les orifices de ventilation sont protégés contre l'entrée des insectes et des petits animaux par un dispositif approprié (treillage métallique inoxydable à mailles d'un millimètre au maximum).

### **VI.4 Classification des réservoirs**

Selon les critères pris en considération, les réservoirs peuvent être classés de diverses façons :

#### **VI.4.1 Classification selon le matériau de construction**

Elle se base sur la nature des matériaux de construction des réservoirs :

- Réservoirs métalliques,
- Réservoirs en maçonnerie,
- Réservoirs en béton armé ou précontraint.

## **VI.4.2 Classification selon la situation des lieux**

Les réservoirs, pour accomplir convenablement les fonctions auxquelles ils sont conçus, peuvent occuper les différentes dispositions suivantes par rapport à la surface du sol :

- enterrés,
- semi-enterrés,
- surélevé ou sur tour (château d'eau).

## **VI.4.3 Classification selon l'usage**

Vu les nombreux usages des réservoirs on peut les classer en :

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

## **VI.4.4 Classification selon la forme géométrique**

Selon leur capacité, les réservoirs peuvent prendre la forme :

- Rectangulaire ou carrée : ils sont utilisés surtout pour les capacités importantes. Dans ce cas, le compartimentage sera facilement réalisé pour assurer la continuité de la distribution. Ils seront exécutés en béton armé ou précontraint, chaque compartiment doit avoir la même tuyauterie que pour un réservoir unique.
- Cylindrique : elle est préférée pour les réservoirs de faibles capacités. La position de la tuyauterie et la même que pour les réservoirs rectangulaires. Ils sont faits soit en béton armé ou en précontraint.

Comme il existe des réservoirs à forme quelconque (sphérique, conique...).

## **VI.5 Choix du type de réservoir**

Le choix du type de réservoir dépend surtout du facteur économique (BET Groupement)

Les réservoirs enterrés et semi-enterrés présenteront par rapport au réservoir sur tour, les avantages suivants :

- Économie sur les frais de construction,
- Étude architecturale très simplifiée et moins sujette à critique,
- Étanchéité plus facile à réaliser,
- Conservation à une température constante de l'eau ainsi emmagasinée.

## **VI.5.1 Exigences techniques**

Un bon réservoir doit répondre à différents impératifs et des exigences suivantes :

### **VI.5.1.1 Etanchéité**

Les cuves des réservoirs d'eau doivent être parfaitement étanches et ne recevoir au qu'un enduit intérieur susceptible d'altérer l'eau qu'elles conditionnent. Elles doivent être aussi aménagées de manière que l'eau circule régulièrement à l'intérieur en évitant toute stagnation.

### **VI.5.1.2 Résistance**

Les réservoirs doivent équilibrer, dans toutes leurs parties, les effets auxquels seront soumis, poids propre, effets climatiques (neiges, vents, etc.) effets dynamiques (séisme), effets de retrait, effets de fluage, variation de température (surcharge d'exploitation).

### **VI.5.1.3 Durabilité**

Les matériaux constituant, tous les éléments des réservoirs doivent conserver leurs propriétés, après un long contact avec le liquide sans qu'ils retiennent. Cela est relié aussi à la bonne gestion ce qui nous appelle la gestion durable.

## **VI.6 Equipements hydrauliques des réservoirs**

Pour accomplir leurs fonctions convenablement, les réservoirs uniques ou compartimentés doivent être équipés :

### **VI.6.1 Conduite d'adduction**

L'arrivée des eaux par la conduite d'arrivée peut être soit par le haut, soit par le bas, soit par une conduite noyée à partir d'un plan d'eau, La conduite d'adduction, à son débouché dans le réservoir, elle doit pouvoir s'obturer quand l'eau atteint un certain niveau. L'obturation est assurée soit par un robinet-vanne dans le cas d'une adduction gravitaire, ou bien par un dispositif permettant l'arrêt du moteur si l'adduction s'effectue par refoulement.

### **VI.6.2 Conduite de distribution**

L'orifice de départ de la conduite de distribution est placé entre 0,15 à 0,20 m au-dessus de radier et à l'opposé de la conduite d'arrivée afin, d'éviter l'introduction de boue ou de sable qui éventuellement pourraient se décanter dans la cuve et faciliter le brassage de l'eau.

L'extrémité est munie d'une crépine courbée pour empêcher la pénétration de matières en suspension dans l'eau.

Pour éviter la pénétration d'air dans la conduite (phénomène de Vortex) en cas d'abaissement maximal du plan d'eau on réservera un minimum de 0,5 m au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite.

Cette conduite est équipée d'une vanne à survitesse ou robinet vanne automatique, permettant la fermeture rapide en cas de rupture au niveau de cette conduite.

### **VI.6.3 Conduite du trop-plein**

Elle a pour but d'assurer l'évacuation du débit d'adduction excédentaire. En cas de défaillance du système d'arrêt des pompes, le trop-plein doit pouvoir évacuer la totalité du débit entrant dans le réservoir, à cet effet, on aménagera un joint hydraulique constitué par un siphon à l'extrémité avale de la conduite.

### **VI.6.4 Conduite de vidange**

C'est la conduite la plus basse dans le réservoir ayant comme fonction la vidange du réservoir en cas de nécessité (nettoyage, réparation).

### **VI.6.5 By-pass : Le by-pass est utilisé pour**

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

### **VI.6.6 Matérialisation de la réserve d'incendie**

C'est une disposition spéciale de la tuyauterie qui permet d'interrompre l'écoulement une fois le niveau de la réserve d'incendie est atteint. Nous distinguons le système à deux prises et le système à évent.

### **VI.6.7 Système à deux prises**

Deux conduites sortent du réservoir, l'une prend son départ juste au niveau de la réserve d'incendie l'autre au fond de la réserve d'incendie et elle est munie d'un robinet vanne.

À l'aide d'un té, ces conduites se rencontrent dans la chambre de manœuvre.

Quand le niveau d'eau dans la cuve atteint le niveau de la consigne d'incendie, l'alimentation cesse de se faire et la réserve d'incendie reste intacte. Le robinet vanne cité ci-dessus est responsable de la préservation de la réserve d'incendie. La réserve d'incendie n'est pas convenablement renouvelée, la stagnation de l'eau conduit à sa dégradation et aux dépôts dans le réservoir.

### **VI.6.8 Système à siphon**

Une seule conduite sort de la cuve et prend son départ au fond de la réserve d'incendie. Arrivant dans la chambre de manœuvre, cette conduite comporte un siphon muni d'un évent et de trois robinets vanne.

Le premier est placé avant le siphon, le deuxième à sa sortie et le troisième sur le tronçon de conduite entre les deux bouts du siphon.

Quand le niveau d'eau dans le réservoir atteint le niveau de la consigne d'incendie, le système se désamorce grâce à l'évent tout en laissant le premier et le deuxième robinet ouverts. Le premier et le troisième robinet vanne sont responsables de la préservation de la réserve d'incendie.

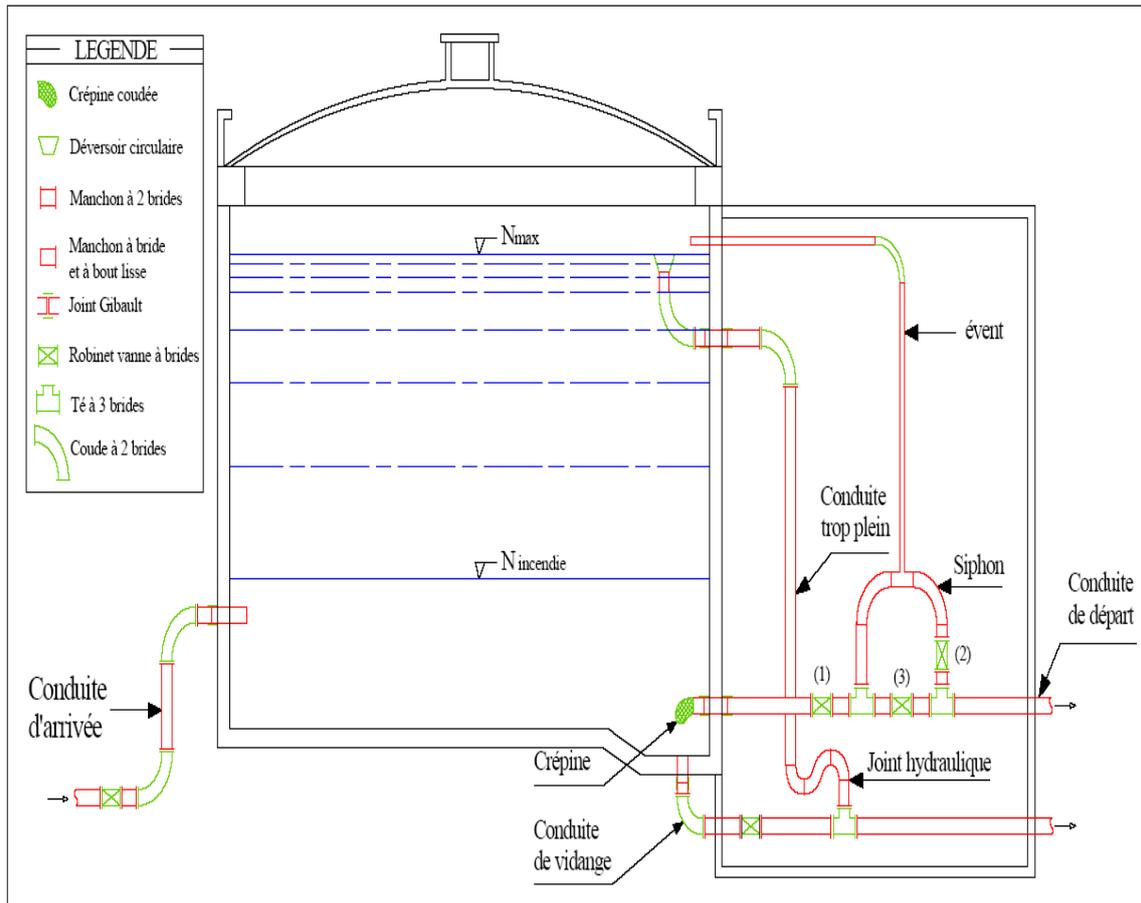


Figure VI-1: Les composants du réservoir.



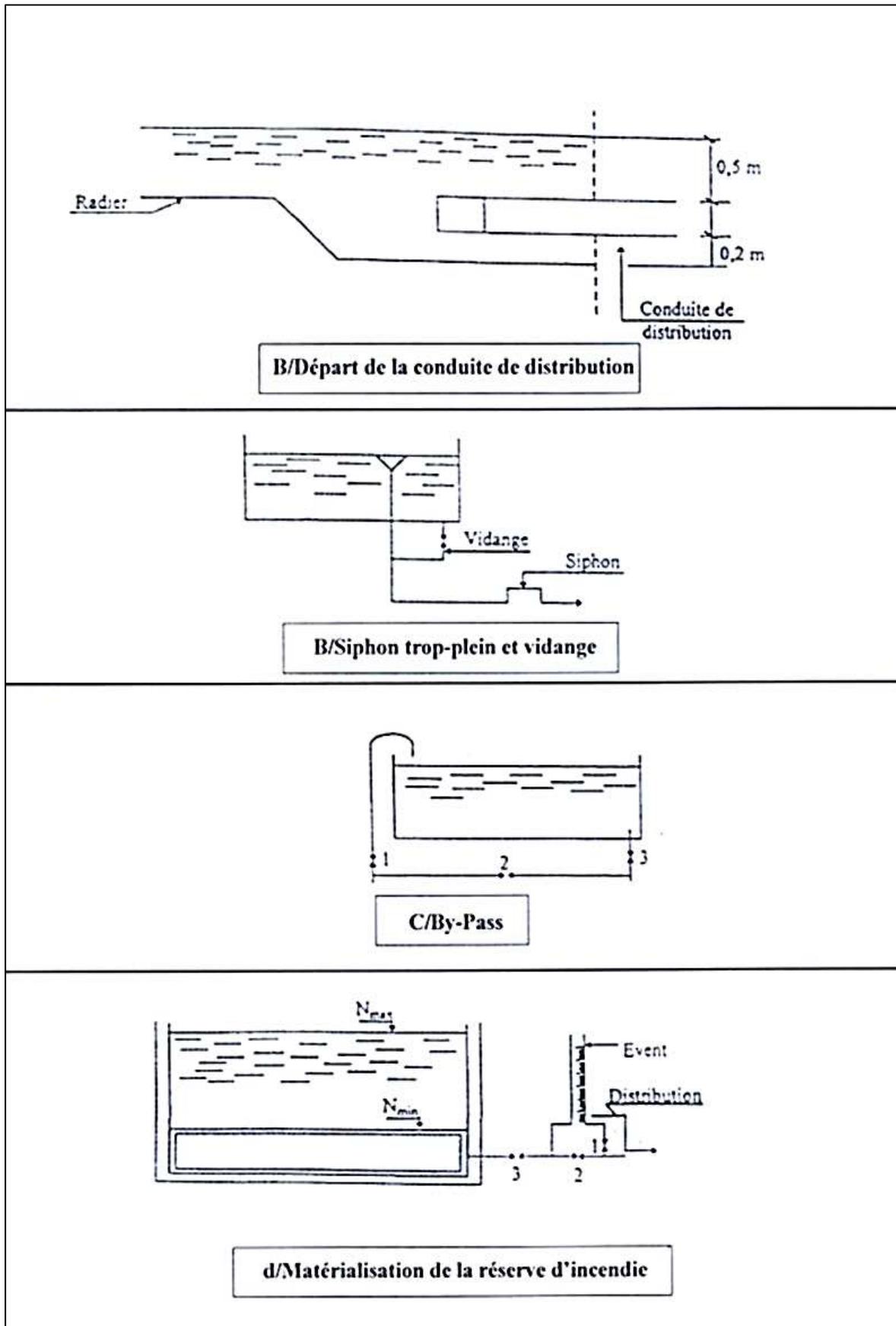


Figure VI-2: les accessoires du réservoir.

## **VI.7 Implantation des réservoirs [10]**

Le choix de site d'implantation d'un réservoir est généralement effectué sur la base des considérations techniques et économiques. En effet, l'objectif recherché est de prévoir à réaliser un système d'adduction et de distribution techniquement satisfaisant et peu coûteux.

Pour cela on est amené à respecter les conditions suivantes :

- En plaine, ils doivent généralement être au centre de gravité de l'agglomération et surélevés pour que la cote de radier soit supérieure à la cote piézométrique maximale exigée par le réseau de distribution afin d'assurer une alimentation directe par simple gravité ;
- Pour des raisons économiques il est préférable que ce remplissage se fait par gravité, ce qui implique qu'on peut le placer à un niveau bas par rapport à la prise d'eau ;
- Afin de réduire les charges, on est amené à réaliser des réservoirs semi enterrés, pour lesquels les frais de terrassement sont moins onéreux et dont la couverture peut être plus légère.

### **VI.7.1 Entretien des réservoirs**

Les structures des réservoirs doivent faire l'objet d'une surveillance régulière en ce qui concerne toutes les fissures éventuelles que le phénomène de corrosion sur les parties métalliques en raison de l'atmosphère humide qui règne.

Un soin particulier est à apporter au nettoyage des cuves ; opération comportant plusieurs étapes telles que :

- Élimination des dépôts sur les parois,
- Examen des parois et réparations éventuelles,
- Désinfection à l'aide des produits chlorés,
- Remise en service.

### **VI.7.2 Hygiène et sécurité**

Dans le but de garder la qualité de l'eau, un réservoir d'eau potable doit être parfaitement étanche, aéré, pourvu d'une couverture protégeant l'eau contre les variations de la température et l'introduction de corps étrangers, il doit être également muni d'un robinet de puisard pour faciliter le contrôle de l'eau.

## VI.8 Capacité du réservoir : [8]

La capacité du réservoir est déterminée en fonction des variations du débit entrant et sortant, des apports et de la consommation journalière de l'agglomération. Le calcul de la capacité peut se faire comme suite

- La capacité du réservoir est déterminée à partir de la différence entre le débit entrant et le débit sortant du réservoir, on calculera le résidu pour chaque heure, la valeur maximale trouvée sera le pourcentage du volume de stockage.
- La répartition des débits d'apport se fait sur 24 heures dans le cas où l'adduction est gravitaire, et sur 20 heures dans le cas d'adduction par refoulement, et cela pour avoir un temps nécessaire pour la réparation des pannes éventuelles et d'entretien au niveau de la station de pompage.
- Le volume résiduel et le volume maximal de stockage du réservoir pour la consommation sont déterminés par les formules suivantes :

$$V_R = \frac{P\% \times Q_{maxj}}{100} \quad \text{et} \quad V_{max} = V_R + V_{incendie}$$

Avec :

- $V_R$  : Volume résiduel dans le réservoir de stockage ( $m^3$ ) (Cas de distribution) ;
- $V_{max}$  : Volume maximal de stockage ( $m^3$ ) (Cas d'adduction) ;
- $V_{incendie}$  : Réserve d'incendie ;
- $Q_{max,j}$  : Consommation maximale journalière ( $m^3/j$ ) ;
- $P\%$  : Résidu maximal dans le réservoir (%).

$P\%$  (Égale à la somme de la valeur maximale absolue de déficit et de surplus).

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  $120 m^3$ .

Tableau VI-1:calcul de la capacité du réservoir

HEURE	CONSOMATION	CONSOMATION	CONSOMATION	APPORT	APPORT	APPORT	DIFFERENCE
-------	-------------	-------------	-------------	--------	--------	--------	------------

	MODEL %	m <sup>3</sup>	CUMMULE	%	m <sup>3</sup>	CUMMULE	
0-1	1.5	138.298	138.298	5	460.99445	460.99445	322.696115
1-2	1.5	138.298	276.596	5	460.99445	921.9889	322.696115
2-3	1.5	138.298	414.895	5	460.99445	1382.98335	322.696115
3-4	1.5	138.298	553.193	5	460.99445	1843.9778	322.696115
4-5	2.5	230.497	783.690	5	460.99445	2304.97225	230.497225
5-6	3.5	322.696	1106.386	5	460.99445	2765.9667	138.298335
6-7	4.5	414.895	1521.281	5	460.99445	3226.96115	46.099445
7-8	5.5	507.093	2028.375	5	460.99445	3687.9556	-46.099445
8-9	6.25	576.243	2604.618	5	460.99445	4148.95005	-115.248613
9-10	6.25	576.243	3180.861	5	460.99445	4609.9445	-115.248613
10-11	6.25	576.243	3757.104	5	460.99445	5070.93895	-115.248613
11-12	6.25	576.243	4333.347	5	460.99445	5531.9334	-115.248613
12-13	5	460.994	4794.342	5	460.99445	5992.92785	0
13-14	5	460.994	5255.336	5	460.99445	6453.9223	0
14-15	5.5	507.093	5762.430	5	460.99445	6914.91675	-46.099445
15-16	6	553.193	6315.623	5	460.99445	7375.9112	-92.19889
16-17	6	553.193	6868.817	5	460.99445	7836.90565	-92.19889
17-18	5.5	507.093	7375.911	0	0	7836.90565	-507.093895
18-19	5	460.994	7836.905	0	0	7836.90565	-460.99445
19-20	4.5	414.895	8251.8	0	0	7836.90565	-414.895005
20-21	4	368.795	8620.596	0	0	7836.90565	-368.79556
21-22	3	276.596	8897.192	5	460.99445	8297.9001	184.39778
22-23	2	184.397	9081.590	5	460.99445	8758.89455	276.59667
23-24	1.5	138.298	9219.889	5	460.99445	9219.889	322.696115
----	100	9219.889	----	100	9219.889		

**A partir de tableau IV.1 :**

$$V_u = 322.696115 - (-507.093895) = 829.79001 \text{ m}^3$$

$$V_T = 460.99445 + 120 = 949.79001 \text{ m}^3 \quad \text{avec} \quad V_T = V_U + V_{INC}$$

$$V_N = 1000 \text{ m}^3$$

### VI.8.1 Dimensionnement du réservoir

Après avoir déterminé la capacité du réservoir et sachant que sa forme est circulaire, on calcule son diamètre.

Diamètre du réservoir R

$$D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * H}}$$

Avec :

- V : volume du réservoir (m<sup>3</sup>)
- D : diamètre du réservoir (m)
- H : hauteur d'eau dans le réservoir (hauteur de la cuve en m)

Pour la hauteur « H » peut être variée entre (3 et 6) m cette hauteur peut atteindre 7 à 8m dans les grands ouvrages.

Dans notre cas, on prend H = 5 m.

$$D'ou \quad D = 15.95 \text{ m}$$

$$D = 16 \text{ m}$$

## VI.9 Conclusion

Dans ce chapitre, une description des réservoirs implantés sur le système de distribution été présentée en décrivant l'ensemble de leurs fonctions, classification et implantation ainsi que les prescriptions sanitaires et l'entretien exigées pour assurer la bonne qualité des eaux potables emmagasinées.

Aussi, ce chapitre nous a permis d'évaluer et calculer le volume de réservoir qui est à 1000m<sup>3</sup>, ce volume il nous donne la possibilité de satisfaire notre zone alimentée sur l'horizon étudié.

Le réservoir existant est 100 m<sup>3</sup> de volume donc on opte pour la construction d'un nouveau réservoir de 1000 m<sup>3</sup> pour satisfaire les futures générations.

## **Chapitre VII : La pose de la conduite**

## **VII.1 Introduction**

Une canalisation a pour rôle de transporter un débit souhaiter en résistant aux éventuelles comme : la surpression, la dépression, le poids de l'eau, celui du terrain ainsi que les charges roulantes.

## **VII.2 Pose des conduites : [3]**

La pose de la conduite doit être réalisée minutieusement en tenant compte de certains impératifs lors de l'aménagement de la fouille et de la pose. Avant chaque réalisation d'un projet d'alimentation en eau potable, il est nécessaire de définir l'ensemble de ces composantes afin d'assurer la protection, la stabilité et la durabilité de la conduite.

### **VII.2.1 Exécution et aménagement de la tranchée**

Lors de l'exécution d'une tranchée, on doit tenir compte des normes suivantes La section transversale de la tranchée dépend de la largeur et de la profondeur ;

- La largeur est en fonction du diamètre de la conduite et de la nature du sol ;
- Un espacement de 30 cm est prévu de part et d'autre de la conduite ;
- La profondeur doit être suffisante pour assurer la protection de la conduite contre les efforts de surcharges et de la variation de la température, on prévoit une profondeur minimale de 0,8 m jusqu'à la génératrice supérieure de la conduite ;
- Le fond de la fouille doit être purgé des pierres qui pourraient s'y trouver, et convenablement dressé ; après quoi, il sera recouvert d'un lit de pose de 10 à 15 cm ;
- Le remblayage de la conduite est exécuté de façon à ne causer aucun dommage aux tubes.

Pour obtenir un bon remblai, on utilise une terre dépourvue de pierre très fortement damée par petites couches jusqu'à 30 cm au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite ;

- En terrain agressif, on cherche une homogénéisation du sol par utilisation d'un remblai inerte, bien drainé au contact du métal pour atténuer le phénomène de corrosion.

A : Remblai supérieur  
 B : Remblai de protection  
 C : Assise  
 D : Lit de pose  
 E : Hauteur de couverture  
 F : Enrobage  
 G : Appui

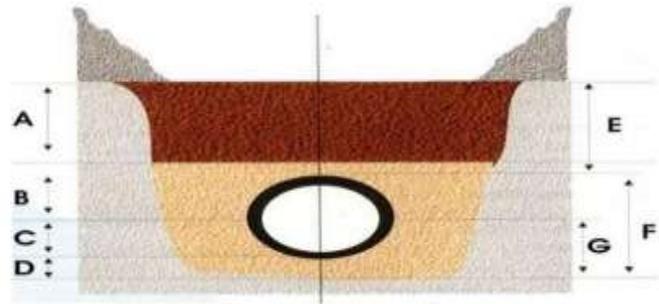


Tableau VII-1:Les différents matériaux

Couche	Matériau	Hauteur de remblai
Lit de pose	Sable 0.1 à 5 mm	Couche d'au moins 10 cm
Assise	Sable 0.1 à 5 mm	Jusqu'à hauteur axe du tube
Remblai de protection	Sable 0.1 à 5 mm	10 cm au-dessus du tube
Remblai supérieur	Réutilisation déblai	Jusqu'à la surface

### VII.2.2 Stabilisation des conduites[3]

Pour résister aux poussées dues à la pression de l'eau dans les coudes, les cônes, les tés et les extrémités, il y a lieu d'aménager des butées en massif de béton.

- Butée sur coude horizontal.
- Butée sur coude vertical.
- Butée sur branchement.
- Butée sur un cône.

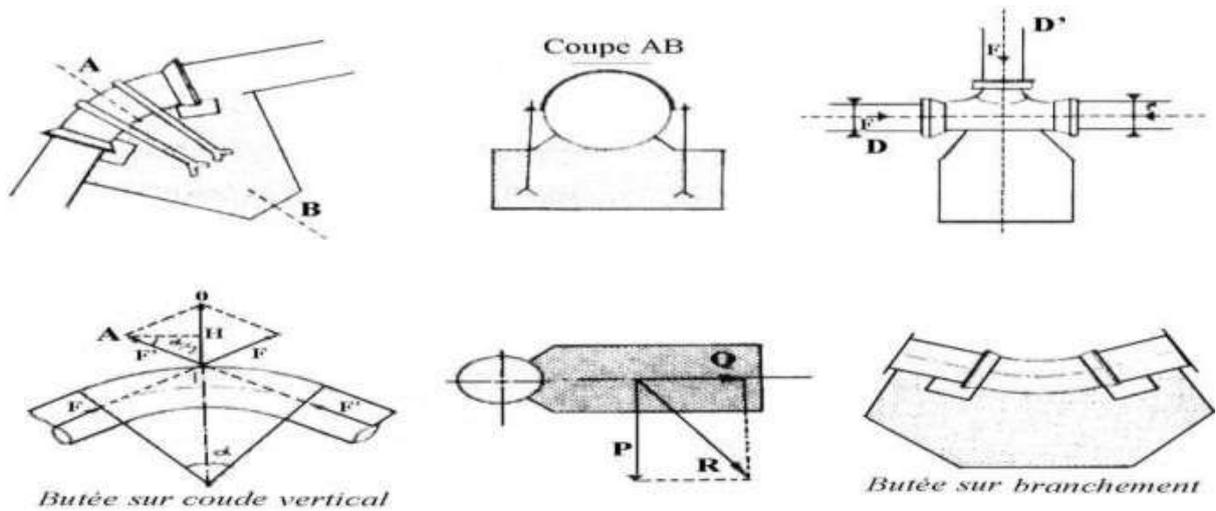


Figure VII-0 : type de raccordement

## VII.2.3 Travaux spéciaux [3]

### VII.2.3.1 Traversée de route

En raison des charges supportées, qui peuvent causer des ruptures et par conséquent des infiltrations nuisibles à la conduite comme à la route, la pose des conduites s'effectuera dans une gaine (buse en acier de diamètre supérieur dans laquelle la conduite est introduite). Pour protéger la canalisation des chocs et vibrations, et évacuer les fuites éventuelles hors

de la chaussée.

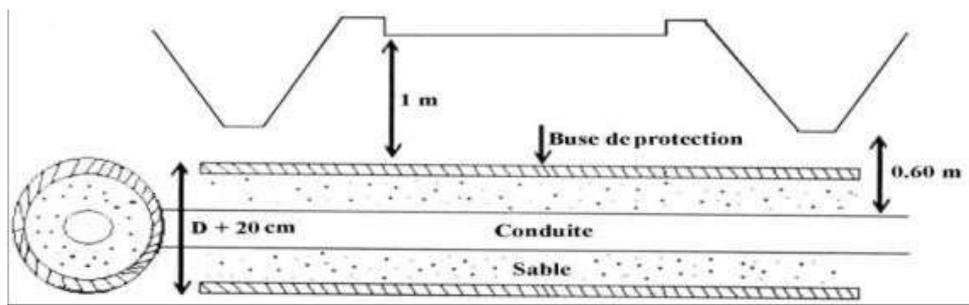


Figure VII-1: Protection spéciale pour la traversée de route.

### VII.2.3.2 Traversées d'oueds :

Le risque auquel est exposée une conduite en traversée sous le lit d'un oued est son découvrement, à la suite duquel se trouverait soumise aux contraintes dues à l'écoulement (efforts hydrauliques et chocs causés par transports solides). Deux causes principales peuvent être identifiées :

- Approfondissement du lit par érosion,
- Déplacement latéral du lit.

Pour ces traversées, il est prévu un calage de la conduite tel que la génératrice supérieure se trouve à 2m sous point le plus bas du lit de l'oued. Le remblaiement de la fouille sera réalisé avec les matériaux en place.

En conséquence, la conduite traversant en tranchée un talweg doit être protégée à sa partie aval chaque fois qu'il s'avère nécessaire ; par un gabion longitudinal enterré jusqu'au ras du sol. Les canalisations seront noyées dans une longrine protectrice en béton ou mise sous gaines de protection en acier.

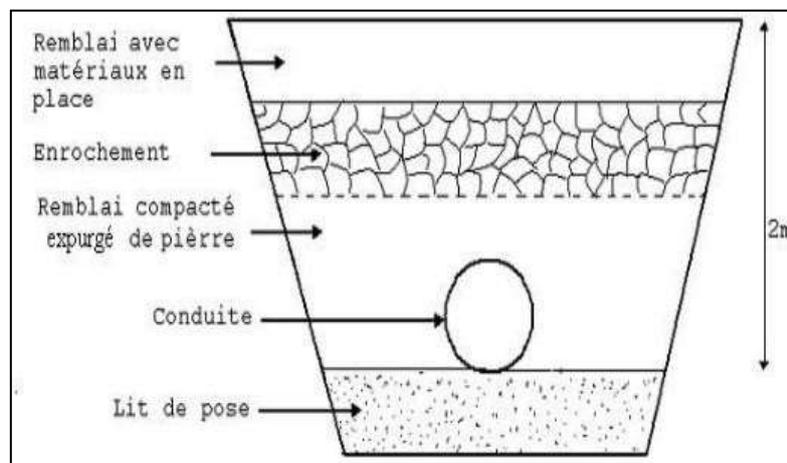


Figure VII-2: Les différentes couches de la pose de la conduite.

### VII.2.3.3 Pose en élévation

Lors de la traversée des terrains très accidentés ou de dépression, la conduite reposera sur des tasseaux en béton dans lesquels des têtes de pieux seront noyées jusqu'au bon sol. Les tasseaux peuvent être au nombre de deux par tuyau ou d'un seul.

#### **VII.2.3.4 Mise en eau et épreuve**

La mise en eau doit être progressive à partir d'un point bas en vérifiant que l'air s'évacue par les ventouses. Pour les tuyaux à revêtement intérieur poreux, une mise en pression préalable supérieure à 15 minutes est nécessaire pour imbiber le matériau. On applique ensuite la pression d'épreuve pendant 30 minutes, la diminution de pression constatée à l'issue de cette période ne doit pas être inférieure à 20 KPa. La pression d'épreuve appliquée actuellement est égale à la pression de service augmentée de 50%, définie comme la « Pression Maximale de fonctionnement de la Zone de pression comprenant le coup de bélier et tenant compte de développement futurs ».

La pression d'épreuve est maintenue pendant 30 minutes en pompant par moment pour l'ajuster, puis ramenée à 3 Mpa à l'aide d'une vanne de purge. L'essai est satisfaisant si la pression dans la conduite remonte sans intervention de l'opérateur.

#### **VII.2.3.5 La stérilisation des conduites neuves avant la mise en service**

Une fois les travaux d'installation des conduites sont achevés, il y'a lieu de procéder à une désinfection de tout le réseau.

### **VII.3 Conclusion**

Dans ce présent chapitre, on a présenté les normes, les techniques et les ouvrages concernant la pose de la conduite et les moyens de sa protection afin qu'elle puisse résister pour une longue durée.

## **Chapitre VIII : GESTION DU RESEAU**

## **VIII.1 Introduction :**

A l'heure où la préservation des ressources en eau est devenue un enjeu partagé par l'ensemble de la population, la promotion, l'économie et la maîtrise de la gestion et la distribution de l'eau ainsi que les prélèvements pour effectuer des analyses deviennent indispensables, notamment dans le domaine de l'alimentation en eau potable où la dégradation de certains équipements devient parfois génératrice d'importantes pertes.

## **VIII.2 Définition:**

La gestion est définie comme étant une politique, permettant de gérer un bien dans un état spécifié, ou en mesure d'assurer un service déterminé. Donc gérer, c'est veiller aux opérations qui permettent de conserver le potentiel du matériel, d'assurer la continuité de la production et entretenir les ouvrages et les équipements ; bien gérer c'est aussi assurer une opération à coût global minimum.

## **VIII.3 But de la gestion [3]**

La gestion des systèmes d'A.E.P a pour but :

- D'assurer la pérennité des ouvrages par des opérations de l'entretien.
- D'assurer le diagnostic courant des réseaux et des ouvrages mécaniques par des interventions de nettoyage, et de maintenance,
- L'exploitation par la régulation des débits et la synchronisation : relevage, traitement, stockage et distribution...

## **VIII.4 Importance de l'entretien et de la maintenance [3]**

Pour la qualité du service et son coût pour l'utilisateur, le poids d'un entretien est d'une maintenance efficace et considérable. Le coût de cette partie, face aux charges d'amortissement et de financement, peut varier de 25% à plus de 50% selon la durabilité des ouvrages, la nature des matériaux, et les conditions du financement.

L'expérience du gérant permet de limiter les coûts, tout en maintenant l'efficacité et la sécurité à la desserte.

### **VIII.4.1 Maintenance**

La maintenance est un ensemble des mesures servant à préserver l'état initial ainsi qu'à constater et évoluer l'état réel des dispositifs techniques, d'un système

d'alimentation en eau potable : en procédant régulièrement aux opérations d'entretien, d'inspection et de remise en état.

#### **VIII.4.1.1 La Maintenance Préventive :**

La maintenance préventive est une programmation pour les opérations qui sont susceptibles de se produire au fil du temps.

#### **VIII.4.1.2 Maintenances curatives**

Elle consiste à la remise en état d'un équipement ou d'une installation, à la suite d'une défaillance ou à une mise hors service accidentelle totale ou partielle.

#### **VIII.4.2 L'entretien courant**

Cela concerne les opérations qui interfèrent les plus souvent avec le fonctionnement quotidien de l'installation telle que les mesures de surveillance, de contrôle et de détection des anomalies (bruits, fuites etc.....).

##### **VIII.4.2.1 L'entretien préventif systématique :**

Il s'agit d'un programme minimum obligatoire dans la mesure où

- Son coût est inférieur aux dépenses de dépannage ou de renouvellement.
- Sa mise en œuvre est indispensable pour assurer aux équipements une durée de vie normale.

##### **VIII.4.2.2 L'entretien préventif exceptionnel :**

C'est un préventif qui n'a pas été programmé longtemps à l'avance (démonter une vanne, à la suite d'une détection des fuites significatives par exemple.)

### **VIII.5 Gestion technique et suivi générale des installations [3]**

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

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

- Contrôle hebdomadaire.
- Fonctionnement des accessoires.
- Etanchéités des conduites, vannes, robinetterie.
- Essai de fonctionnement des équipements de secours et auxiliaires.

## VIII.6 Gestion des ouvrages de stockages [3]

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

Les équipements susceptibles d'être installés dans un réservoir et leur fonction sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau VIII-1: Equipements des réseaux de distribution

Fonctions	Equipements
Hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clapet</li> <li>• Vidange</li> <li>• Vanne à fermeture lento</li> <li>• Equipment de troop plain</li> <li>• Siphon pour reserve d'incendie               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Computer</li> </ul> </li> <li>• Canalization de liaison               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Purgeur d'air</li> </ul> </li> </ul>
Exploitation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debit</li> <li>• Niveau</li> </ul>
Nettoyage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipment special pour nettoyage</li> <li>• Trappes de visite pour le personnel               <ul style="list-style-type: none"> <li>• et le matériel</li> </ul> </li> </ul>
Entretien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eclairage</li> <li>• Joint de montage</li> <li>• Appareil de manutention</li> </ul>

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

- Contrôle hebdomadaire.
- Contrôle semestriel.

### **VIII.6.1 Nettoyage des ouvrages de stockage :**

La désinfection des réservoirs comporte les diverses phases tel que :

- Décapage de dépôts.
- Rinçage des parois et de radier avec un jet sous pression ; donc une bonne gestion des ouvrages nécessite l'application de tous les critères cités au paravent.
- Chaulage des voiles et du radier (face intérieure).

### **VIII.6.2 Contrôle de qualité de l'eau :**

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

#### **VIII.6.2.1 Contrôle mensuel :**

- Ouvrage de croisement, étanchéité.
- Ouvrage en ligne ; état d'étanchéité de la fermeture des trappes, regards et des portes.

#### **VIII.6.2.2 Contrôle semestriel :**

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

### **VIII.6.3 La surveillance et l'entretien courant du réseau :**

La surveillance des conduites d'adduction en milieu urbain, est associée au contrôle général du réseau de distribution, qu'effectue le responsable du secteur à l'occasion de leur passage, sur la trace des conduites de ce réseau.

Par contre au milieu rural ou isolé, il est nécessaire de réaliser une vérification périodique particulière, permettant de contrôler l'évolution de la végétation à l'aplomb de la conduite.

Le respect de l'utilisation de la bande de servitude, créée au moment de la pose, le bon fonctionnement des matériels de fontainerie installés sur l'ouvrage de transport.

La première tâche que nous devons adopter pour notre projet, est de suivre le fonctionnement des adductions et des réseaux, en tenant à jour l'historique des incidents et des interventions faites.

Cette surveillance systématique, s'appuiera sur les opérations faites lors de l'entretien courant des ouvrages, et sur l'interprétation des opérations faites à l'occasion de travaux de réparation ou de réclamations des usagers :

- Pour les tuyaux, elle concernera l'âge, les casses et leurs causes, l'état de revêtement intérieur et extérieur.
- Pour les ouvrages spéciaux, elle portera sur les incidents survenus au génie civil et au matériel de fontainerie.

## **VIII.7 Conclusion**

Ce chapitre fait l'objet d'une description des méthodes de gestion, de l'entretien, du nettoyage, et de surveillance des réseaux d'AEP, dont le but de protéger ce système de transport d'eau et le maintien des ouvrages de stockages, les conduites d'adductions, les stations de pompes, dans de bonnes conditions, et de limiter les fuites à tous les niveaux du réseau.

## **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion générale

Pendant la durée de ce travail, nous évoquons les différentes phases nécessaires pour la réalisation du projet d'alimentation en eau potable de la ville d'EL ASNAM, afin de satisfaire les besoins en eau des consommateurs, en quantité et qualité. La raison pour laquelle nous avons essayé de toucher à tous les étapes concernant notre projet d'acheminement de l'eau à partir de la station de traitement du barrage TILZDIT vers l'agglomération de la ville d'EL ASNAM.

Après avoir évalué toutes les informations au sujet de la région d'étude, toutes les données nécessaires à l'étude hydraulique du système d'alimentation en eau potable qui sera projeté. Nous avons commencé par l'évaluation de la population actuelle et à l'horizon d'étude 2051, ainsi l'estimation des différents besoins en eau de la zone d'étude qui totalise un débit  $Q = 9219.889 \text{ m}^3 / \text{J}$  soit 106.712 l/s, et un débit de pointe  $Q = 573.78 \text{ m}^3 / \text{h}$  soit 159.385 l/s sur le quel est basé le dimensionnement du réseau d'AEP.

Le chapitre III a été consacré au dimensionnement du réseau de distribution de la zone d'étude qui est de type mixte, et alimenté par le réservoir de d'EL ASNAM. A l'aide du logiciel Epanet, le réseau est dimensionné de tel sorte qu'il assure des pressions et des vitesses acceptables dans tous ses tronçons. Les résultats indiquent que les vitesses varient entre 0.5 m/s et 1.6 m/s. Les pressions dans tous les nœuds du réseau varient entre 10 mce et 50 mce. Le réseau est doté des conduites en PEHD pour les avantages qu'il présente.

Le chapitre IV est consacré à l'étude technico économique de l'adduction à plusieurs variantes, pour la conduite d'adduction par refoulement qui relie la station de pompage au réservoir tampon, nous avons obtenu le diamètre  $D = 300 \text{ mm}$ , d'une longueur 4890m, de matériau fonte ductile.

L'adduction gravitaire reliant le réservoir tampon au réservoir d'EL ASNAM est de diamètre économique  $D = 350 \text{ mm}$  de longueur 5190 m de matériau fonte ductile.

Le chapitre V a pour but le choix des pompes adéquates pour notre station de pompage. Nous avons utilisé le catalogue numérique des pompes CAPRARI. Le choix s'est porté sur les pompes de type E14SE50/7Q + M14500 et une autre de secours pour satisfaire la hauteur manométrique totale de 158.39m.

Le chapitre VI a fait l'objet du dimensionnement du réservoir de type semi enterré d'une capacité de stockage  $1000 m^3$ , de hauteur  $H = 5 m$  et de diamètre  $D = 16 m$  qui devrait alimenter gravitairement l'agglomération de la ville d'EL ASNAM pour l'horizon 2051.

Dans chapitre VII, on a présenté les normes, les techniques et les ouvrages concernant la pose de la conduite, les moyens de sa protection, et son bon fonctionnement pour une longue durée.

Chapitre VIII fait l'objet d'une description des méthodes de gestion, de conservation, du nettoyage, et de surveillance des réseaux d'AEP, dans le but de protéger ce système de transport d'eau et le maintien dans de bonnes conditions les ouvrages de stockages, les conduites d'adductions, les stations de pompages, et de limiter les fuites à tous les niveaux du réseau.

## **Bibliographie**

1. A.P.C de EL ESNAM.
2. La direction de l'hydraulique de la wilaya de Bouira (D.H.W.B).
3. Hydraulique urbaine (Tome 2), par André DUPONT  
EDITION EYROLLES paris 1979.
4. Mr MOUZAI ; cours d'AEP ; USTHB 2008.
5. Moteur de recherche [http:// WWW google. Com](http://WWW.google.Com)\ Dimensionnement d'un réservoir d'eau
6. Moteur de recherche [http:// WWW google.Com](http://WWW.google.Com)\ Distribution d'eau.
7. Techniques de l'ingénieur - C 5 195 Adduction et distribution d'eau.

## **Mémoires de fin d'études :**

8. Rapport de stage : renforcement en eau du quartier OULED BOUCHIA a Bouira
9. CHERGUI Hamza : ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE BOUHROUA (W.GHARDAIA)
10. Akabli Abdelkader & Djoual Nadjib : ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA COMMUNE DE TAZMALT