

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIRA de Bejaia



Faculté de Technologie
Département d'Hydraulique

Laboratoire de recherche en Hydraulique appliquée et environnement

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

M^r. LECHEHEB ABDENOUR

M^r. MEZAACHE DHIYA EDDINE

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER en Hydraulique**

Option : Hydraulique urbaine

INTITULE :

Dimensionnement du Réseau d'Alimentation en eau potable du Secteur FOUKA, Commune de Bejaia, Wilaya de Bejaia

Soutenu le :30/10/2021 devant le jury composé de :

- Président : M^r.Lahouari.F

- Promoteur : M^r. Yakoubi.M

- Examineur :M^r. Ikni.T

Année universitaire : 2020/2021

Sommaire

Liste des Tableaux

Liste des figures

Liste des symboles et abréviation

Introduction Générale.....	1
I.1 Introduction.....	3
I.2 Situation Géographique	3
I.3 Situation topographique.....	1
I.4 Situation Urbaine.....	1
I.4.1. Le réseau routier.....	1
I.4.2. Le transport urbain	5
I.4.3. Le port de Bejaïa.....	5
I.4.4. Occupation urbaine	5
I.5 Situation climatologique :	5
I.4.1 : Précipitation :.....	7
I.4.2. Température.....	8
I.4.3 : Le vent	9
I.5. Ressources en eau du secteur.....	10
I.5.1 Le barrage de Tichi Haf	10
I.5.2. Source Bleue	11
I.6.Conclusion	11
II.1. Introduction.....	12
II.2. Etude démographique.....	12
II.3. Choix du Taux d'accroissement.....	12
II.4. Estimation de la Population.....	12
II.5. Estimation des différents besoins.....	13
II.5.1. Choix des normes de consommation.....	13
II.5.2. Détermination de la consommation journalière des besoins domestiques	14
II.5.3. Détermination des différents besoins.....	14
II.5.3.1. Besoins administratifs	14
II.5.3.2. Besoins militaires.....	15
II.5.3.3. Besoins scolaires	16
II.5.3.4. Besoins Commerciaux.....	16
II.5.3.5. Besoins Touristique.....	17
II.5.3.6. Besoins Socioculturelles	17

II.5.3.7. Besoins Sanitaires	18
II.5.3.8. Tableau récapitulatif des différents besoins en eau à l'horizon 2046	18
II.6. Majoration de la consommation moyenne journalière	18
II.6.1. Variation de la consommation journalière	19
II.6.1.1. Consommation maximale journalière et minimale journalière	19
II.6.2. Variation de la consommation horaire	20
II.6.2.1. Le débit maximum horaire	21
II.6.2.2. Le débit minimum horaire	22
II.6.2.3 Variation des débits horaires	23
II.7. Conclusion	24
III.1. Introduction	25
III.2. Type d'adduction	25
III. 2.1. Adduction Gravitaire	25
III.2.2. Adduction par refoulement	25
III.2.3. Adduction mixte	25
III.3. Adduction et type d'écoulement	25
III.3.1. Ecoulement à surface libre	25
III.3.2. Ecoulement en charge	26
III.4. Critères de choix de tracé	26
III .5. Choix du matériau de la conduite	27
III.6. Dépôts dans l'adduction	27
III.6.1. Condition limite de la vitesse	28
III.7. Calcul hydraulique	28
III.7.1. Cas gravitaire	28
III.7.2. Cas de refoulement	30
III.7.3. Caractéristique de l'adduction par refoulement	30
III.7.3.1 Calcul du diamètre de la conduite	30
III.7.3.2. Calcul de la vitesse :	31
III.7.3.3 Calcul des pertes de charge	31
III.7.3.1. Hauteur manométrique totale	32
III.7.3.2. Puissance de pompage	32
III.7.3.3. Energie consommée par le pompage	33
III.7.3.4 Frais d'exploitation	33
III.8. Dimensionnement de l'adduction	33
III.8.1. Détermination du diamètre de la conduite de refoulement et de la vitesse :	33
III.8.2. Présentation de l'adduction par refoulement	34

III.8.3. Calcul des pertes de charge totale et de Hmt (Application numérique)	34
III.8.4. Calcul de la Puissance de pompage	34
III.8.5. Calcul de L'énergie de la pompe et les frais d'exploitation	35
III.8.5 Frais d'amortissement	35
III.9. Conclusion	36
IV.1. Introduction.....	37
IV.2. Rôles des réservoirs.....	37
IV.2.1. Régulateur et accumulateur	37
IV.2.2. Augmentation des pressions.....	37
IV.2.3. Gain d'énergie au niveau de la station de pompage.....	37
IV.2.4. Utilité pour briser la charge.....	37
IV.2.5. Stockage de la réserve d'incendie	37
IV.3 Classification des réservoirs.....	38
IV.4 Emplacement des réservoirs	38
IV.5 Choix du type de réservoir	38
IV.6. Fontainerie d'équipement des réservoirs.....	39
IV.6.1. Conduite d'arrivée ou d'adduction	40
IV.6.2. Conduite de départ ou de distribution	40
IV.6.3. Conduite de trop-plein.....	41
IV.6.4. Conduite de décharge ou de vidange.....	41
IV.6.5. Conduite by-pass.....	41
IV.6.6. Matérialisation d'une réserve d'incendie	41
IV.6.7. Entretien des réservoirs.....	42
IV.7 Capacité des réservoirs.....	42
IV.7.1. Méthode analytique	42
IV.7.2. Méthode graphique.....	43
IV.8. Détermination du volume total de notre réservoir.....	43
IV.9 Dimensionnement du réservoirs Final	44
IV.9.1 Dimensionnement du réservoir de stockage FOUKA.....	44
IV.9.2 Détermination du diamètre du réservoir	46
IV.9.3 Détermination de la hauteur de l'incendie	46
IV.10 Conclusion	47
V.2 Choix des pompes	48
V.3 Les courbes Caractéristiques d'une pompe	48
V.3.1 La courbe hauteur - débit « $H = f(Q)$ ».....	48
V.3.2 La courbe rendement - débit « $\eta = f(Q)$ ».....	48

V.3.3 La courbe des puissances absorbées - débit « $P_a = f(Q)$ ».....	48
V.4 Le point de fonctionnement d'une pompe.....	48
V.4.1 Première variante : modification du temps de pompage	49
V.4.2 Deuxième variante : Régulation par étouffement	49
V.4.3 Troisième variante : Rognage de la roue.....	49
V.4.4 Quatrième variante : variation de la vitesse de rotation.....	50
V.5 Etude de la cavitation	50
V.6 Choix du type de pompe.....	51
V.6.1 La pompe (S. Centrale - R.FOUKA).....	51
V.6.2. Description du pompe	53
V.7 Conclusion.....	54
VI.1. Introduction.....	55
VI.2. Vue d'ensemble sur le phénomène	55
VI.3. Causes du phénomène.....	55
VI.4. Moyens de protection contre le régime transitoire	55
VI.4.1. Les volants d'inertie.....	56
VI.4.2. Les soupapes de décharge.....	56
VI.4.3. Soupapes d'admission et de purge d'air	57
VI.4.4. Les ventouses	57
VI.4.5. Réservoir d'air	57
VI.4.6. Cheminée d'équilibre.....	58
VI.5. Etude du coup de bélier	59
VI.5.1. La valeur du coup de bélier.....	59
VI.6. Calcul des valeurs du coup de bélier pour les tronçons (SC_R).....	61
VI.7 Conclusion	61
VII.1. Introduction	62
VII.2. Classification des réseaux	62
V.2.1 Réseau ramifiés	62
VII.2.2 Réseau maillé	63
VII.2.3. Réseau mixte	63
VII.2.4. Réseau étage.....	63
VII.3 Choix du type des conduites	64
VII.4. Équipements du réseau de distribution.....	64
VII.4.1. Type de canalisation	64
VII.4.2. Appareils et accessoires du réseau	64
VII.4.2.1. Robinets vannes	64

VII.4.2.2. Bouches ou poteau d'incendie	64
VII.4.2.3. Clapets	65
VII.4.2.4. Ventouses.....	65
VII.4.2.5. Robinets de vidange.....	65
VII.4.2.6. Bouche d'arrosage	65
VII.4.2.7. Pièces spéciales de raccord	65
IV.4.2.8 les raccords.....	66
VII.5 Réseau à adopter	67
VII.5.1 Schéma du réseau	67
VII.6. Calcul hydraulique du réseau de distribution	68
VII.6.1. Déterminateur le débit du réseau.....	68
VII.6.1.1. Débit spécifique.....	68
VII.6.1.2. Débit en route.....	68
VII.6.1.3. Le débit en nœud	69
VII.6.2. Calcul des pressions de service du réseau	69
VII.7. Dimensionnement du réseau.....	69
VII.8. Configuration et simulation de réseau hydraulique.....	93
VII.8.1. Présentation d'EPANET.....	93
VII.8.2. Utilisation d'EPANET.....	94
VII.8.3. Modélisation du réseau	94
VII.8.4. Simulation du réseau.....	95
VII.8.5. Dimensionnement du réseau.....	95
VII.9. Conclusion.....	111
Conclusion General	112

Bibliographie

Annexes

Résumé

Liste des Tableaux

Tbleaux I.1 :Répartition mensuelle des précipitations	7
Tableau I.2 :Répartition mensuelle de la température.....	8
TableauII.1 :Evaluation de la population à l’horizon de 2046.....	13
TableauII.2 :Détermination des besoins domestiques.....	14
TableauII.3 :Détermination des besoins administratifs.....	15
TableauII.4 :Détermination des besoins militaires.....	15
TableauII.5 :Détermination des besoins scolaires.....	16
TableauII.6 :Détermination des besoins Commerciaux.....	16
TableauII.7 :Détermination des besoins Touristiques.....	17
TableauII.8 :Détermination des besoins Socioculturelles	17
TableauII.9 :Récapitulatif des besoins Santaires	18
TableauII.10 : Récapitulatif des différents besoins.....	18
TableauII.11 :Récapitulatif de la consommation moyenne journalière.....	19
TableauII.12 :Tableau récapitulatif des consommations Q_{moy}, $Q_{min j}$, $Q_{max j}$.....	20
TableauII.13 :Les valeurs de β_{max}	21
TableauII.14Tableau donnant le coefficient $K_{max h}$ en fonction du nombre d’habitants.....	21
TableauII.15 :Calcul de la consommation maximale horaire.....	22
TableauII.16 :Les valeurs de β_{min}.....	22
TableauII.17 :le coefficient $K_{min h}$ en fonction du nombre d’habitants	22
TableauII.18 :Calcul de la consommation minimale horaire.....	23
TableauII.19 :Répartition de la consommation horaire.....	23
TableauIII.1 :Calcul de la hauteur géométrique.....	34
TableauIII.2 :Résultats de calculs HMT,PDCT	34
TableauIII.3 :Energie de la pompe et les frais d’exploitation.....	35
TableauIV.1 :Répartition théorique des débits de distribution du réseau principal.....	44

TableauV.1 :Tension de vapeur d'eau pompée en fonction de la température.....	51
TableauVI.1 :Caractéristique de la conduite	61
TableauVII.1 :Tableau des raccords.....	66
TableauVII.2 : Les Tuyaux et Les débits de route.....	70
TableauVII.3 : Débits aux nœuds.....	78
TableauVII.4 : Les pressions dans les nœuds et leur altitude.....	95
TableauVII.5 :Etat des conduites du réseau.....	102

Liste des Figures

FigureI.1 :Vue satellitaire du secteur Fouka	3
FigureI.2 :Représentation graphique des précipitations.....	8
FigureI.3 :Courbe des températures max, moy, min.	9
FigureI.4 :Photo du barrage Tichy-Haf.....	11
FigureII.1 :Evolution de la population.....	13
FigureIV.1 :Coupe transversale d'un réservoir de stockage de type semi-enterré.....	39
FigureIV.2 :Equipements d'un réservoir.....	39
FigureIV.3 :conduite d'arrivée.....	40
FigureIV.4 :Conduite de distribution.....	40
FigureIV.5 :Conduite de By-pass.	41
FigureIV.6 :Matérialisation de la réserve d'incendie	42
FigureIV.7 :Répartition graphique des débits de distribution du réseau principal.....	45
FigureV.1 :Les courbes caractéristiques de la pompe	51
FigureVI.1 :Principe de fonctionnement d'un réservoir d'air.....	58
FigureVI.2 :Cheminée d'équilibre.	58
FigureVII.1 :Réseau ramifié.....	62
FigureVII.2 :Réseau maillé.....	63
FigureVII.3 :Schéma du notre réseau de distribution.....	67
FigureVII.4 :Le schéma du réseau de distribution après simulation.....	110

Liste des symboles et abréviation

α_{max} : Coefficient tenant compte du niveau de confort et des équipements de l'agglomération.

α_{min} : Coefficient tenant compte du niveau de confort et des équipements de l'agglomération.

β_{max} : Coefficient donnée par un tableau en fonction de la taille d'agglomération.

β_{min} : Coefficient donnée par un tableau en fonction de la taille d'agglomération.

B_i : Largeur de la tranchée en (m).

C° : Degrés Celsius.

C_{pi} : Cote piézométrique au point i (m).

C_{ri} : Cote de terrain au pont (m).

DA : Dinars Algérien.

DN : Diamètre normalisé (m).

D : Diamètre de la conduite (m).

q : Dotation journalière en (l/j.hab).

Dr : Diamètre du réservoir(m).

D_{INT} : Diamètre intérieur de la conduite(m).

D_n : Diamètre de la conduite (m).

e_s : Épaisseur de lit de pose en mètre.

h_t : Profondeur de la tranchée(m).

HT : Hors taxes.

H_{inc} : La hauteur d'incendie(m).

H_r : La hauteur du réservoir(m).

$K_{max h}$: Coefficient d'irrégularité horaire maximal.

$K_{max j}$: Coefficient d'irrégularité journalière maximale.

$K_{min h}$: Coefficient d'irrégularité horaire minimale.

$K_{min j}$: Coefficient d'irrégularité horaire minimale.

$K.f$: coefficient de foisonnement

L_{deb} : Longueur de la tranchée (m).

L_i : Longueur de la tranchée (m).

L_i : Longueur du tronçon concerné (m).

l_i : Distance entre la conduite et le toit de talus(m).

% : Pourcentage.

τ : taux d'accroissement annuel de la population.

$\sum L$: Somme des longueurs (m).

$\sum Qr$: La somme des débits de route qui arrivent à ce nœud l/s.

N : Nombre de consommateurs.

P_{fut} : Nombres d'années séparant l'année de référence à l'horizon considéré.

P_0 : Population de l'année de référence (hab).

PEHD : Polyéthylène haute densité.

PN : Pression nominale (bar)

Pmax: Résidu maximal dans le réservoir.

P%: Résidu maximal dans le réservoir.

Qmax h: Le débit maximum horaire (m³ /h).

Qmax j: Consommation maximale journalière (m³ /j).

Qmin h: Le débit minimum horaire (m³ /h).

Qmin j: Consommation minimale journalière (m³ /j).

Qmoy j: Consommation moyenne journalière en (m³ /j).

Qn: Débit au nœud considéré l/s.

Qr: Débit en route l/s.

Qsp: Débit spécifique l/s/ml.

RN : Route national.

R⁺max: Résidu maximum positif (%).

R⁻max: Résidu maximum négatif (%).

S_{deb} : Surfaces de déblais de chaque coupe.

Sr : La surface du réservoir (m²).

TTC : Toute taxe comprise.

TVA : Taxe sur la valeur ajoutée

V : Vitesse d'écoulement.

Vinc: Volume de réserve d'incendie (m³).

Vmax: Volume maximal du stockage pour la consommation (m³).

Vtotal: Volume total du réservoir (m³).

Vc: Volume de la conduite

NGA :La Goulette service du Nivellement de Précision origine des altitudes du réseau.

(NPSH) d: Charge nette minimale disponible à l'aspiration.

(NPSH) r : Charge nette minimale requise à l'aspiration.

P% : Résidu maximal dans le réservoir (%).

P₀:Pression absolue.

Pa : Puissance absorbée par la pompe en (KW).

Patm : Pression atmosphérique.

Introduction Générale

Parce que l'eau est indispensable à la vie et qu'elle est vitale pour le bien-être de l'homme, beaucoup d'infrastructures ont été réalisées depuis l'indépendance pour satisfaire les besoins des citoyens en eau potable. En termes de réalisation, les effets sont impressionnants, ce qui permet d'ailleurs à l'Algérie d'être au premier rang dans le Maghreb en matière de linéaires de canalisation ou de taux de raccordement à des réseaux d'AEP.

L'Algérie s'est engagée dans un vaste programme de valorisation des eaux depuis quelques années. En effet, le pays a fait des investissements énormes dans le cadre du dessalement de l'eau de mer. Il poursuit ses efforts dans la mobilisation et le traitement des eaux pluviales afin de promouvoir leur utilisation à des fins domestiques et agricoles, c'est dans ce contexte que s'inscrit notre mémoire qui a pour but l'alimentation en eau potable du secteur Fouka qui est situé à la ville de Bejaia. Notre travail portera sur la situation géographique, topographique, climatique et urbaine de la zone considérée dans le premier chapitre. Le deuxième chapitre sera consacré à l'estimation des besoins en eau, la population et à la détermination du débit maximum journalier nécessaire pour la détermination de la capacité et du volume total du réservoir. Ce dernier est l'objet du quatrième chapitre, le troisième chapitre concerne l'adduction, et le cinquième chapitre se portera sur le choix des pompes adéquates pour les différentes stations de pompage, la protection de notre chaîne d'adduction contre le phénomène du coup de bélier fera l'objet de sixième chapitre.

Enfin, dans le septième chapitre, nous utiliserons le logiciel EPANNET pour dimensionner le réseau de distribution.

CHAPITRE

1Présentation

Du

Site

I.1 Introduction

Avant d'entamer n'importe quel projet d'alimentation en eau potable d'une agglomération, l'étude du site est nécessaire pour connaître les caractéristiques physiques fondamentales de la région et les facteurs qui influent la conception de ce projet.

I.2 Situation Géographique

La zone d'étude, objet de notre projet, se situe dans La ville de Bejaïa. D'où cette dernière se trouve au bord de la Méditerranée, 231 km à l'ouest d'Alger, 109 km au nord de Sétif et 133 km à l'est de Jijel, elle se situe dans la vallée d'oued Soummam, sur le carrefour des routes RN 9, RN 12 et RN 24, reliant Bejaïa aux villes de Sétif, de Bejaïa et longeant la côte jusqu'à Alger, Respectivement, de point vu administratif, la ville de Bejaïa est le chef-lieu de wilaya, constituée par 52 communes. L'aire totale est de 3 404 km², la zone d'étude est constituée par l'agglomération de Secteur Fouka, la délimitation géographique du secteur Fouka est comme suit : (X1=684632,24 m Est ; Y1=4068555,49 m Nord) (X2=687694,93 m Est, Y2=4070384,71 m Nord), Selon le Système WGS 84(Google earth).

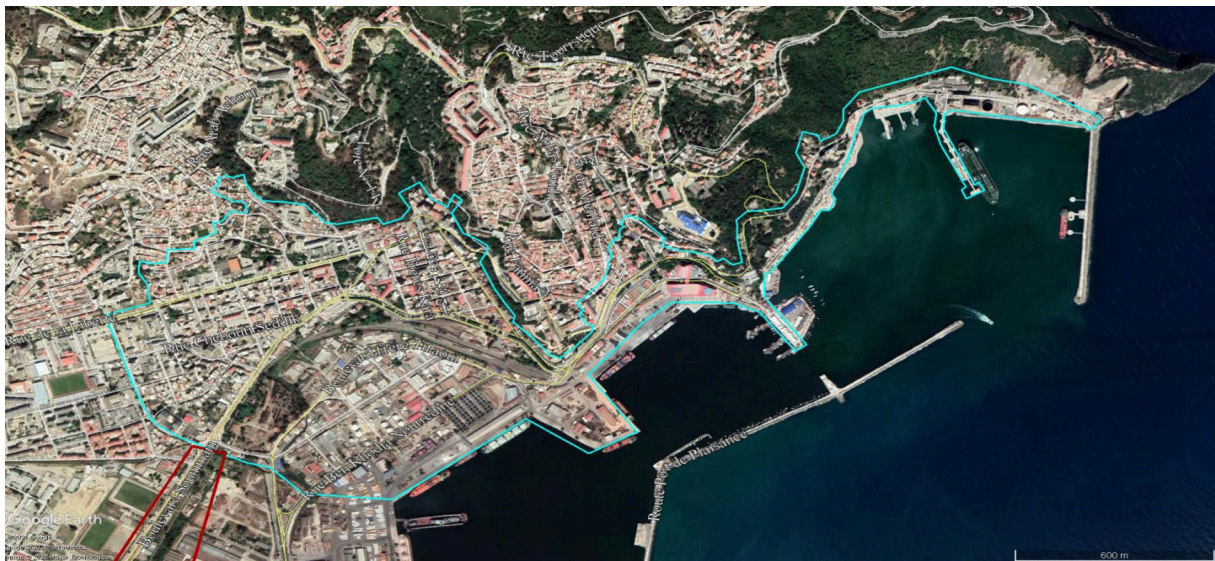


Figure I.1 : Vue satellitaire du secteur Fouka.

I.3 Situation topographique

Afin de connaître la topographie de site et localiser les points singuliers, on a analysé le levé topographique de cette zone qui nous a permis de distinguer ce qui suit :

- Le Plan contient les éléments suivants :
 - Les Bâties ;
 - Les trottoirs et chaussées ;
 - Les espaces verts et arbres ;
 - Les regards et chambres souterrains (Assainissement, AEP, Télécom, Gaz, Poste d'électricité ...etc.) ;
 - Localisation des points potentiels et repères, Les noms des rues dans la ville de Bejaia (Hôtel, Restaurant, Lycée, Marché ... Etc.) ;
- Notre Site se caractérise par les données topographiques suivantes :

Il s'étend sur 1,62 Km du nord vers le sud et 3,04 Km de l'est vers l'ouest avec une dénivellation de 78,62 m d'altitude dont :

*L'altitude maximale est de : 74,62 m (NGA).

*L'altitude minimale est de : 00,78 m (NGA).

- L'altitude du point le plus défavorable est de : 52,37 m NGA (Pression min)
- L'altitude du point le plus défavorable est de : 02,02 m NGA (Pression max)
- La surface totale couverte par le levé topographique est de : 127,15 Ha
- La forme de notre secteur, il est plus au moins rectangulaire ... [2]

I.4 Situation Urbaine

I.4.1. Le réseau routier

Le réseau national routier permettant l'accès à la ville de Bejaïa est composé des 4 routes nationales suivantes :

- La RN12, reliant Bejaia ville à Tizi Ouzou par Adekarsur la rive gauche de la Soummam. On note une urbanisation anarchique en cours aux abords de cette route entre Bejaïa et Oued Ghir, entravant la fluidité de la circulation au niveau de cette zone, bien comme l'occurrence d'inondations fréquentes lors de crue de Soummam.
- La RN26 reliant la ville d'El Ksour à la wilaya de Bouira. Depuis sa modernisation dans les années 90, cette route commence à drainer un flux de plus en plus important vers Bejaïa et Alger, et réciproquement.
- La RN24 a été modernisée durant les années 80 pour relier Bejaia à Tizi Ouzou via la côte d'Alger. Elle draine ainsi un flux peu important durant la basse saison mais extrêmement élevé durant la saison estivale pour desservir les plages de la côte ouest de Bejaïa ;
- La RN9 et RN43 reliées Bejaïa à Sétif et, à Jijel (à partir de souk lethnine) le long de la côte. C'est une route qui draine un flux très important notamment en saison estivale où elle atteint son niveau de saturation. Ces routes nationales suivant deux axes majeurs : la bande côtière (RN9, RN24 et RN43) et la vallée de la Soummam (RN12 et RN26). Sur ces deux grands axes se greffent des chemins de wilaya Pour desservir l'arrière-pays. Routes nationales et chemins de wilaya n'arrivent toujours pas à constituer un réseau car ces derniers se terminent presque toujours en impasse, c'est-à-dire avant de pouvoir toucher un autre chemin ou une RN. Sur l'ensemble se greffent des chemins communaux dont l'utilité est purement locale. [3]

I.4.2. Le transport urbain

La constitution de la ville de Bejaia, sur un site au relief très accidenté, avec des rues simultanément étroites, en pente raide et en ligne brisée, rend très difficile l'implémentait

d'un système de transport urbain efficient. Cependant, le réseau s'est formé progressivement, mais assez rapidement, de sorte qu'aujourd'hui, Bejaïa se targue de posséder, en dépit de ses nombreuses lacunes, l'un des systèmes de transport les plus denses et les plus performants d'Algérie. [3]

Le réseau est ainsi constitué d'un enchevêtrement de 28 lignes, est long de 136 km, sur lesquels circulent 274 véhicules de différentes marques et capacités dont le plus utilisé est le fourgon aménagé de 18 places. [3]

I.4.3. Le port de Bejaïa

Le port de Bejaïa réalise entre 10 à 12% du trafic national de marchandises, où les hydrocarbures se taillent la part du lion (plus de 78% en 2000). Hors hydrocarbures, le port a traité en 2000, un volume de 2 280 000 tonnes, dont les postes les plus importants sont représentés par les céréales (1 058 000 tonnes), l'huile (258 000 tonnes), le sucre (354 000 tonnes), le lait (24 000 tonnes), le bois (251 000 tonnes), le fer (116 000 tonnes), le ciment, (59 000 tonnes), les produits chimiques (48 000 tonnes) et diverses autres marchandises (120 000 tonnes). [3]

I.4.4. Occupation urbaine

Notre secteur Fouka est un secteur fermé (0 zone d'extension) il est située en plein centre-ville, limité par la mer et l'ancienne ville.

I.5 Situation climatologique :

Notre secteur FOUKA a les caractéristiques générales du climat méditerranéen. Ainsi, l'année se divise, généralement, en deux grandes saisons, un hiver doux et pluvieux et un long été

chaud, lourd, dégagé et sec. Ce climat est conditionné par sa situation géographique et la nature du relief dominant, les précipitations annuelles moyennes de Bejaia sont de l'ordre de 600 à 800mm, les températures moyennes varient entre 5 et 40 °C, leurs fluctuations dépendent de la morphologie des terrains, les températures minimales varient entre 3 et 12 °C au mois de Janvier, tandis que les températures maximales dépassent 35°C au mois d'Août. [4]

I.4.1 : Précipitation :

Les Précipitations de l'année 2020 qui concerne notre zone étude se résume dans le tableau suivant :

Tableau I.1 : Répartition mensuelle des précipitions de l'année 2020 :

	Janv.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc	Année
Cumule précipitation (mm)	39,2	0,0	145,8	42,4	1,4	17,0	13,0	5,8	64,2	88,2	134,4	90,4	641,8
Max en 24h de précipitation	17,0 <u>le 9</u>	0,0	56,0 <u>le 21</u>	12,0 <u>le 19</u>	1,0 <u>le 9</u>	7,0 <u>le 8</u>	13,0 <u>le 14</u>	5,0 <u>le 30</u>	22,0 <u>le 9</u>	81,0 <u>le 11</u>	36,0 <u>le 28</u>	31,0 <u>le 2</u>	81,0
Max en 5j de précipitation	37,0	0,0	89,4	22,0	1,0	12,0	13,0	5,1	48,2	82,2	64,6	34,6	89 .4
Moyen>=>1 de précipitation	6,5	0,0	13,2	4,6	1,0	4,3	13,0	5,0	9,0	29,0	19,0	8,1	10,2

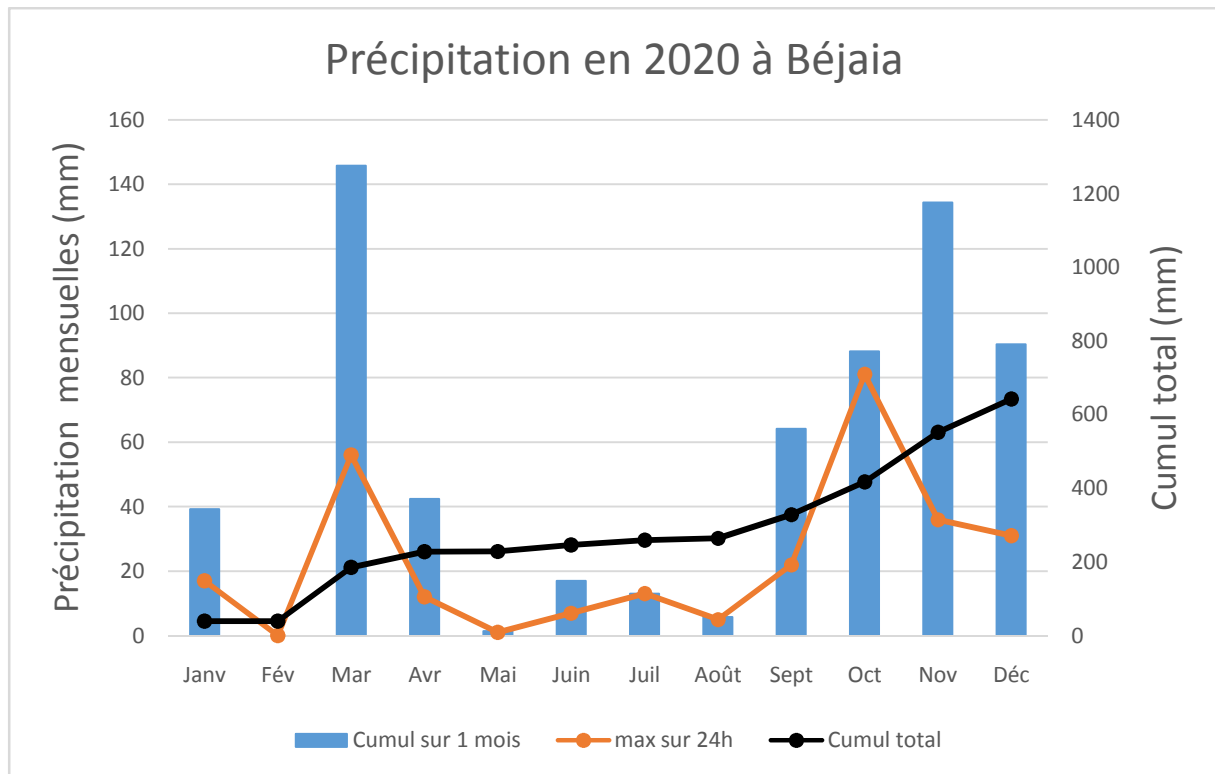


Figure I.2 : Représentation graphique des précipitations

I.4.2. Température

La variation mensuelle de la température de la région étudiée de l'année 2020 est représentés dans le tableau suivant :

Tableaux I.2 : Répartition mensuelle de la température :

	Janv 2020	Fév 2020	Mars 2020	Avr 2020	Mai 2020	Juin 2020	Juil 2020	Août 2020	Sept 2020	Ost 2020	Nov 2020	Déc 2020	Année
Tempè maxi extrême	21,9 le22	26,7 Le29	26,3 Le1 3	25,5 Le21	29,5 Le05	34,0 Le04	40 Le31	39,6 Le29	33,9 Le19	33,9 Le02	29,4 Le06	21,4 Le04	40,8 Le31Juil
Tempè maxi moyenne	16,8	19,5	19,4	20,9	24,6	27,2	29,6	30,6	27,9	24,9	21,5	18,2	23,4
Tempé. Moy moyenne	11,8	14,0	14,5	16,3	19,7	21,7	25,1	26,0	23,1	19,4	16,9	13,4	18,5
Tempé. mini Moyenne	6,7	8,4	9,6	11,8	14,7	16,3	20,6	21,3	18,3	13,9	12,4	8,5	13,5
Tempé. mini extrême	4,0 Le2	4,6 Le20	4,4 Le8	6,4 Le5	11,7 Le1	12,9 Le10	17,0 Le6	18,0 Le7	13,0 Le28	10,2 Le18	8,2 Le25	5,2 Le31	4,0 Le2Janv
Tempè maxi Minimale	12,3	16,6	14,3	17,8	20,8	24,3	27,0	26,2	24,9	20,3	14,7	12,6	12,3

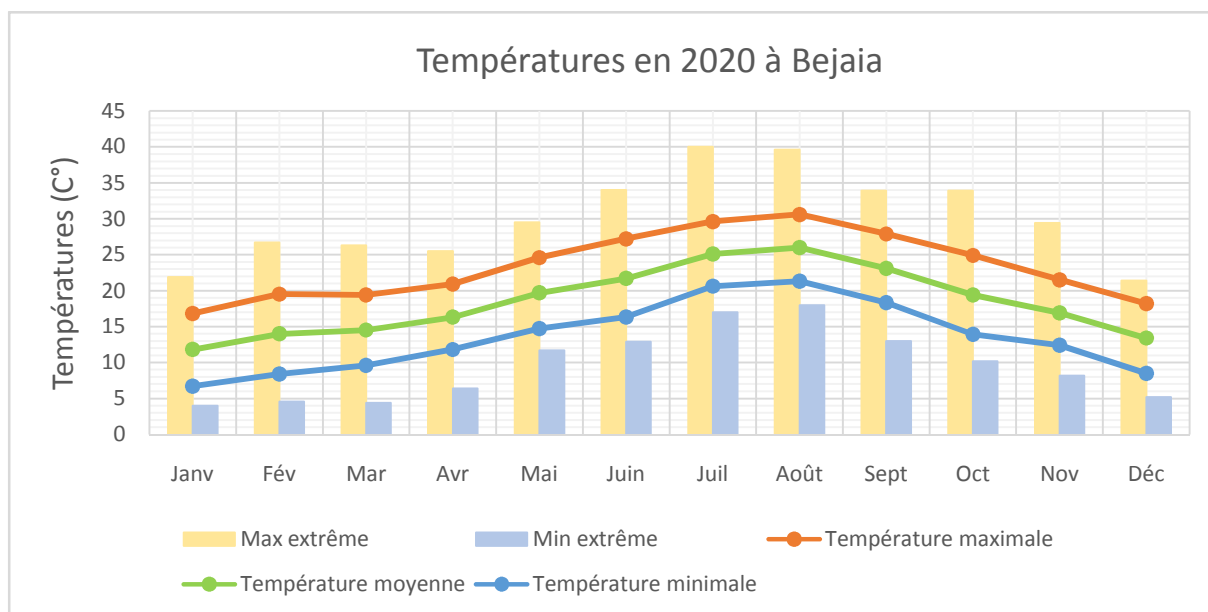


Figure I.3 : Courbe des températures max, moy, min.

I.4.3 : Le vent

Cette section traite du vecteur vent moyen horaire étendu (vitesse et direction) à 10 mètres au-dessus du sol. Le vent observé à un emplacement donné dépend fortement de la topographie locale et d'autres facteurs, et la vitesse et la direction du vent instantané varient plus que les moyennes horaires, la vitesse horaire moyenne du vent à Bejaia connaît une variation saisonnière considérable au cours de l'année, la période la plus venteuse de l'année dure 4,9 mois, du 27 octobre au 24 mars, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 12,3 kilomètres par heure. Le jour le plus venteux de l'année est le 27 décembre, avec une vitesse moyenne du vent de 15,1 kilomètres par heure, la période la plus calme de l'année dure 7,1 mois, du 24 mars au 27 octobre. Le jour le plus calme de l'année est le 17 juin, avec une vitesse moyenne horaire du vent de 9,4 kilomètres par heure, la direction horaire moyenne principale du vent à Bejaia varie au cours de l'année, le vent vient le plus souvent de l'est pendant 4,4 mois, du 9 mai au 21 septembre, avec un pourcentage maximal de 43 % le 19 juillet. Le vent vient le plus souvent du nord pendant 2,0 semaines, du 21 septembre au 5 octobre, avec un pourcentage maximal de 30 % le 21 septembre. Le vent vient le plus souvent de l'ouest pendant 7,1 mois, du 5 octobre au 9 mai, avec un pourcentage maximal de 41 % le 1 janvier.

I.5. Ressources en eau du secteur

La ville de Bejaia à quatre ressource principales :

- Champ du captage Oued Agrioune ;
- Source bleu à Bordj mira ;
- Transfert : Akbou_Bejaia à partir du barrage Tichi Haf ;
- Station de dessalement (prévu prochainement).

Notre secteur est alimenté à partir de la station centrale d'où les eaux proviennent de la source bleue et le Transfert Akbou_Bejaia (R10000), source : Plan d'intervention a moyen long terme schéma hydraulique.

I.5.1 Le barrage de Tichi Haf.

Ce barrage se situe à 12 km environ à l'Est de la ville d'Akbou, sur l'oued Bousellem. Les Principales caractéristiques de ce barrage, de la retenue et de son bassin versant sont les suivantes :

- Surface du bassin versant.....3 980 km² ;
- Apport moyen annuel183 hm³/an ;
- Capacité totale80 hm³ ;
- Volume régularisé66 hm³/an ;
- Type de barrage :Voûte en béton ;
- Hauteur du barrage.....83.5 m;
- Longueur en crête.....300 m;
- Débit de pointe de la crue de projet.....7 400 m³/s ;
- Débit de dimensionnement de l'évacuateur de crues.6 500 m³/s ;

Pour faire face au déficit actuel de production des champs de captage du système d'AEP deBejaïa, il est prévu son renforcement dans le cadre du Transfert d'Eau de Tichi Haf. [3]



Figure I.4 : Photo du barrage Tichy-Haf

I.5.2. Source Bleue

Le système d’Alimentation en Eau Potable actuel de Bejaia est caractérisé par l’utilisation en exclusivité de ressources en eau souterraines, exploitées par des champs de captage et une captation d’une source, le système d’AEP actuel est ainsi alimenté par 3 champs de captage, permettant l’extraction, des eaux souterraines présentes dans les alluvions des Oueds situés à l’est de Bejaia, et d’une captation superficielle d’eaux d’une source, parmi ces sources le transfert à partir de la Source Bleue située à Bordj-Mira, les champs de captage existants permettent l’extraction des eaux présentes dans les alluvions des oueds. Les nappes en cause sont ainsi sensibles, d’une part, aux écoulements superficiels et, d’autre part, à la pollution.

I.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé de représenter notre secteur, connaître la situation géographique, topographique et le climat, ces différentes informations représentent les premières données de base pour l’élaboration de notre travail qui est la conception d’un réseau de distribution afin de résoudre tous les problèmes de notre agglomération.

CHAPITRE 2 :

*Estimation des
besoins en eau*

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, cette estimation en eau dépend de plusieurs facteurs : (l'évolution de la population, niveau de vie de la population,), elle diffère aussi d'une période à une autre et d'une agglomération à une autre, les besoins en eau d'une communauté correspondent à la somme de diverses nécessités ou consommations qui devront être satisfaites par le système d'AEP. Ces nécessités sont les suivantes :

- Consommation domestique ;
- Consommation industrielle ;
- Consommation publique (La consommation domestique est dans la plupart des cas la composante la plus importante) des besoins en eau d'une agglomération.

II.2. Etude démographique

Les perspectives d'évolution démographique constituent un élément très important pour mener une opération d'aménagement hydraulique et aussi pour l'amélioration du niveau de vie de la population, selon le dernier recensement de la population effectué par le bureau d'études portugais, groupement Coba-Epal (recensement général de la population et de l'habitat) en 2007, le nombre d'habitants du Secteur Fouka, commune de Bejaia a été estimé à 11 879 habitants [5].

II.3. Choix du Taux d'accroissement

Le choix du taux d'accroissement « T » se fait sur la base du développement du tissu urbain ainsi que l'horizon d'étude, le taux d'accroissement de la population actuel et futur de la zone d'étude est de 2 %, (taux retenu dans le cadre de l'étude PDAU) [5].

II.4. Estimation de la Population

On utilisera la formule suivante pour l'estimation du nombre d'habitant sur un horizon de 25 ans :

$$P_{fut} = P_{act} * (1+T)^n \quad (II.1)$$

- **Pfut** : Population pour l'horizon considéré (future).

- **Pact** : Population actuelle.
- **T** : Taux d'accroissement démographique.
- **n** : Nombre d'années de calcul.

Avec un taux d'accroissement démographique de 2 %, les résultats de calcul du nombre de population pour différents horizons sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau II.1 :Evaluation de la population à l'horizon de 2046

ANNEE	2007	2021	2026	2036	2046
POPULATION	11879	15 674	17306	21096	25715

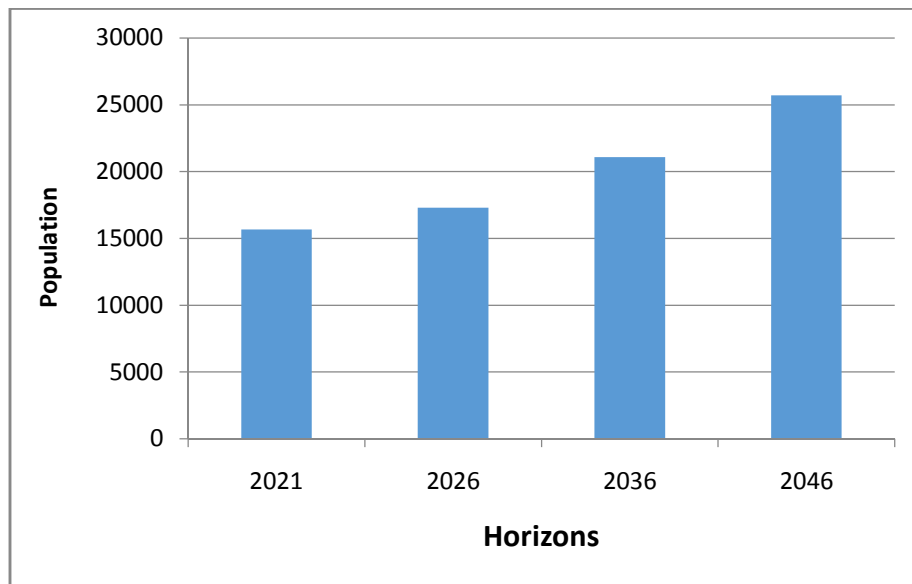


Figure II.1: Evolution de la population

II.5. Estimation des différents besoins

II.5.1. Choix des normes de consommation

- **Normes de consommation domestiques**

La consommation par personne diffère suivant le type d'agglomération et d'activité, la localisation...etc. La quantité d'eau consommée varie généralement de 150 à 250 l/hab./j, la zone d'étude représente une agglomération à caractère urbain. A cet effet on opte pour une norme de consommation de 200 l/hab. /j [3].

II.5.2. Détermination de la consommation journalière des besoins domestiques

La consommation journalière des besoins domestiques se détermine par la formule suivante :

$$Q \text{ moy journalier} = q \times N \dots\dots\dots (II.2)$$

Avec :

- Q moy journalier : consommation moyenne journalière des consommateurs en : m3/j.
- q : dotation moyenne journalière des consommateurs en l/j/hab.
- N : Nombre de consommateurs.

Les besoins en eau de la population de Secteur Fouka sont illustrés dans le tableau II.2 suivant:

Tableau II.2 : Détermination des besoins domestiques

Localité	Population		Dotation 2021(l/j/hab.)	Dotation 2046(l/j/hab.)	Besoins (m3/j)	
	2021	2046			2021	2046
Secteur Fouka	15 674	25715	200	200	3134.8	5143

II.5.3. Détermination des différents besoins

II.5.3.1. Besoins administratifs

Les besoins administratifs sont représentés dans le tableau II.3. Suivant :

Tableau II.3 : Détermination des besoins administratifs

Localité	Equipements	Nombre d'usagers	Dotation(l/j/usager)	Qmoy.j (m ³ /j)	Totale (m ³ /j)
Secteur Fouka	DAIRA	30	8	0.24	3.875
	La Commune	40	8	0.32	
	Bloc administratif R+4	60	8	0.48	
	Bloc police R+3	45	15	0.675	
	Air Algérie R+3	50	8	0.4	
	Justice	70	8	0.56	
	Centrale police R+3	80	15	1.2	

II.5.3.2. Besoins militaires

Les besoins militaires sont représentés dans le tableau II.4,ci-dessous :

Tableau II.4: Détermination des besoins militaires

Localité	Equipements	Nombre d'usagers	Dotation(l/j/usager)	Qmoy.j (m ³ /j)	Totale (m ³ /j)
Secteur Fouka	Caserne militaire	60	150	9	52.5
	Gendarmerie	40	150	6	
	Caserne de marine	250	150	37.5	

II.5.3.3. Besoins scolaires

Les besoins scolaires sont regroupés dans le tableau II.5 suivant :

Tableau II.5 : Détermination des besoins scolaires

Localité	Les établissements	Nombre d'élèves	Dotation(l/j/usager)	Qmoy.j (m ³ /j)	Totale (m ³ /j)
Secteur Fouka	Primaire 1	600	15	9	46.35
	Primaire El Mokrani	700	15	10.5	
	Primaire Ibn Rochd	800	15	12	
	CEM Ben toummert	990	15	14.85	

II.5.3.4. Besoins Commerciaux

Les besoins Commerciaux sont regroupés dans le tableau II.6 suivant :

Tableau II.6 : Détermination des besoins Commerciaux

Localité	Equipements	Nombre d'usagers	Dotation(l/j/usager)	Qmoy.j (m ³ /j)	Totale (m ³ /j)
Secteur Fouka	Marché couvert	200	20	4	9
	Marché Hebdomadaire	250	20	5	

II.5.3.5. Besoins Touristique

Les besoins Touristique sont regroupés dans le tableau II.7 suivant :

Tableau II.7 : Détermination des besoins Touristiques

Localité	Equipements	Nombre d'usagers	Dotation(l/j/usager)	Qmoy.j (m ³ /j)	Totale (m ³ /j)
Secteur Fouka	Hôtel du Nord R+8	500	150	75	239.56
	Hôtel Brahim	80	150	12	
	Résidence la Plaine R+ 14	1000	150	150	
	Brise de mer (4 Cafétérias, 2 WC 2 Restaurants)	200	8	2.56	
		20	8		
		100	8		

II.5.3.6. Besoins Socioculturelles

Les besoins Socioculturelles sont regroupés dans le tableau II.8 suivant :

Tableau II.8 : Détermination des besoins Socioculturelles

Localité	Equipements	Nombre d'usagers	Dotation(l/j/usager)	Qmoy.j (m ³ /j)	Totale (m ³ /j)
Secteur Fouka	Mosquée Sidi Abdelhak	300	10	3	13
	Mosquée Ibn Badis	1000	10	10	

II.5.3.7. Besoins Sanitaires

Les besoins Touristique sont regroupés dans le tableau II.9 suivant :

Tableau II.9 : Détermination des besoins Sanitaires

Localité	Equipements	Nombre d'usagers	Dotation(l/j/usager)	Qmoy.j (m ³ /j)	Totale (m ³ /j)
Secteur Fouka	Centre de Médecine	100	20	2	4.25
	Salle de sport	90	25	2.25	

II.5.3.8. Tableau récapitulatif des différents besoins en eau à l'horizon 2046

Les différents besoins en eau à l'horizon 2046 sont regroupés dans le tableau II.10 ci-après :

Tableau II.10 : Récapitulatif des différents besoins

Besoins (m3/j)	Besoins Domestiques (m3/j)	Besoins Administratifs (m3/j)	Besoins Militaires (m3/j)	Besoins Scolaires (m3/j)	Besoins Commerciaux (m3/j)	Besoins Touristique (m3/j)	Besoins Socioculturelles (m3/j)	Besoins Sanitaires (m3/j)
2046	5143	3.875	52.5	46.35	9	239.56	13	4.25

Donc à l'horizon de 2046, les besoins moyens journaliers totaux de notre secteur étudié seront **5511,535 (m³/ J)**

II.6. Majoration de la consommation moyenne journalière

Afin d'éviter toute insuffisance dans la consommation journalière, on prévoit une majoration de **20%** des besoins totaux journaliers. Ceci pour compenser les fuites qui sont généralement dues à certaines raisons telles que: Les fuites dans les conduites du réseau d'alimentation en eau potable, la vétusté du réseau, le type du tuyau, la nature du terrain et la qualité d'entretien pour cela, il y a lieu de majorer la consommation moyenne journalière, la consommation moyenne journalière majorée est représentée dans le tableau II.11. Suivant :

Tableau II.11:Récapitulatif de la consommation moyenne journalière

Année	Besoins totaux (m ³ /j)	Pertes (m ³ /j)	Qmoy majoré (m ³ /j)
2046	5511,535	1102.307	6613.842

II.6.1. Variation de la consommation journalière

II.6.1.1. Consommation maximale journalière et minimale journalière

Durant la journée, la consommation d’eau n’est pas régulière, elle varie en présentant des maximums et des minimums. Ces variations sont caractérisées par des coefficients d’irrégularité, à savoir K_{max j} et K_{min j}.

- **La consommation maximale journalière**

Le débit maximum journalier est défini comme étant le débit de la journée la plus chargée de l’année, ou la consommation est la plus forte :

$$Q_{\max j} = Q_{\text{moy } j} * K_{\max j} \dots\dots\dots(\text{II.3})$$

Avec :

Q_{moy j} : Consommation moyenne journalière (m³/ j).

K_{max j} : coefficient d’irrégularité journalière maximum .il est compris entre 1,1 et 1,3 :

Nous optons donc pour : K_{max j} = 1,2.

- **La consommation minimale journalière**

Le débit minimum journalier est défini comme étant le débit de la journée la moins chargée de L’année, ou la consommation est la plus faible :

$$Q_{\min j} = Q_{\text{moy } j} * K_{\min j} \dots\dots\dots(\text{II.4})$$

Avec :

Q_{moy j} : consommation moyenne journalière (m³/ j).

$K_{min j}$: coefficient d'irrégularité minimum, tenant compte d'une éventuelle sous-consommations. Il est compris entre 0,7 et 0,9 dans notre cas nous avons choisi : $K_{min j} = 0,8$, les consommations moyennes, minimales et maximales journalière sont réunies dans la tableau suivant :

Tableau II.12. : Tableau récapitulatif des consommations Q_{moy} , $Q_{min j}$, $Q_{max j}$

Année	Q moy J (m3 /j)	Q max J (m3 /j)	Q min J (m3 /j)
2046	6613.842	7936.6104	5291.0736

II.6.2. Variation de la consommation horaire

Les débits maximal et minimal subissent des variations horaires, ces dernières sont caractérisées par les coefficients de variation horaires, $K_{max h}$ et $K_{min h}$, appelés respectivement coefficients de consommation maximum et minimum horaires, ces coefficients sont calculés respectivement pour la journée la plus chargée et le moins chargée de l'année. Ils sont déterminés par les expressions suivantes :

$$K_{max} = Q_{max h} / Q_{moy h max} \dots\dots\dots(II.5)$$

$$K_{min} = Q_{min h} / Q_{moy h min} \dots\dots\dots(II.6)$$

Avec :

- $Q_{max h}$: Débit maximal horaire en (m³ /h).
- $Q_{min h}$: Débit minimal horaire en (m³ /h).
- $Q_{moy hmax}$: Débit moyen horaire de la journée la plus chargée de l'année en (m³ /h).

$$Q_{moy hmax} = \frac{Q_{max}}{24} \dots\dots\dots(II.7)$$

$Q_{moy h min}$: Débit moyen horaire de la journée là moins chargée de l'année en (m³ /h).

$$Q_{\min h \min} = \frac{Q_{\min}}{24} \dots\dots\dots (II.8)$$

II.6.2.1. Le débit maximum horaire

Le coefficient de variation horaire K max h peut être défini par la formule suivante :

$$K_{\max h} = \beta_{\max} * \alpha_{\max} \dots\dots\dots (II.9)$$

Avec :

- α_{\max} : Coefficient qui dépend du confort au sein de l’agglomération, tel que : $1.2 \leq \alpha_{\max} \leq 1.4$

Dans notre étude, on prend $\alpha_{\max} = 1.3$

- β_{\max} : Coefficient qui dépend du nombre d’habitants, sa valeur est donnée dans le Tableau II.13 suivant :

Tableau II.13 : Les valeurs de β_{\max}

Nombre d’hab.	<1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	50000	100000	300000	>1000000
β_{\max}	2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.15	1.1	1.01	1

Le nombre d’habitants à l’horizon 2046 est de 25715, donc on prend $\beta_{\max}=1.19$, le tableau II.14 ci-dessous représente les différentes valeurs de β_{\max} et $K_{\max h}$ pour notre zone d’étude. La valeur de β_{\max} est déterminée par interpolation.

Tableau II.14 : Tableau donnant le coefficient $K_{\max h}$ en fonction du nombre d’habitants

Localité	Population	β_{\max}	α_{\max}	$K_{\max h}$
Secteur Fouka	25715	1,19	1,3	1,55

A partir du tableau précédant, on peut déterminer le $Q_{\max h}$, tel que :

$$Q_{\max h} = K_{\max h} * (Q_{\max j} / 24) \dots\dots\dots (II.10)$$

La consommation maximale horaire pour notre zone d'étude est représentée dans le tableau II.15 Suivant :

Tableau II.15 : Calcul de la consommation maximale horaire

Localité	Qmax h (m3/h)
Secteur Fouka	512.57

II.6.2.2. Le débit minimum horaire

Le coefficient de variation horaire K min h peut être défini par la formule suivante :

$$K_{min\ h} = \beta_{min} * \alpha_{min} \dots \dots \dots (II.11)$$

Avec :

- α_{min} : Coefficient tenant compte du niveau de confort et des équipements de l'agglomération qu'est compris entre 0,4 et 0,6

Dans notre étude, on prend $\alpha_{min} = 0,5$

- β_{min} : Coefficient donnée par un tableau en fonction de la taille d'agglomération. Il est représenté dans manuelle technique. Le tableau II.16 donne les résultats suivant :

Tableau II.16 : Les valeurs de β_{min}

Nombre d'hab.	1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	50000
β_{min}	0.1	0.1	0.2	0.2	0.25	0.4	0.5	0.7

Le nombre d'habitants à l'horizon 2046 est de 25715, donc on prend $\beta_{min}=0,54$

Le tableau II.17 ci-dessous représente les différentes valeurs de β_{min} et $K_{min\ h}$ pour La zone d'étude.

Tableau II.17 : le coefficient $K_{min\ h}$ en fonction du nombre d'habitants

Localité	Population	β_{min}	α_{min}	K min h
Secteur Fouka	25715	0,54	0,5	0,27

A partir de ces données précédentes, on peut déterminer le $Q_{min h}$, tel que :

$$Q_{min h} = K_{min h} * (Q_{min j} / 24) \dots\dots\dots(II.12)$$

La consommation minimale horaire pour notre zone d'étude est représentée dans le tableau II.18 Suivant :

Tableau II.18 : Calcul de la consommation minimale horaire

Localité	$Q_{min h}$ (m ³ /h)
Secteur Fouka	89,29

II.6.2.3 Variation des débits horaires

Dans la présente étude, pour la détermination du débit maximum horaire, nous avons opté pour la méthode donnant la variation horaire de la consommation totale suivant le tableau dans (Annexes I.1) [2].

Les résultats sont présentés dans le tableau II.19

Tableau II.19 : Répartition de la consommation horaire

Heure	$Q_{max j}$		Cumulée	
	%	m ³ / J	%	m ³ / J
0-1	1	79.36	1	79.36
1-2	1	79.36	2	158.72
2-3	1	79.36	3	238.08
3-4	1	79.36	4	317.44
4-5	2	158.72	6	476.16
5-6	3	238.08	9	714.24
6-7	5	396.8	14	1111.04

7-8	6.5	515.84	20.5	1626.88
8-9	6.5	515.84	27	2142.72
9-10	5.5	436.48	32.5	2579.2
10-11	4.5	357.12	37	2936.32
11-12	5.5	436.48	42.5	3372.8
12-13	7	555.52	49.5	3928.32
13-14	7	555.52	56.5	4483.84
14-15	5.5	436.48	62	4920.32
15-16	4.5	357.12	66.5	5277.44
16-17	5	396.8	71.5	5674.24
17-18	6.5	515.84	78	6190.08
18-19	6.5	515.84	84.5	6705.92
19-20	5	396.8	89.5	7102.72
20-21	4.5	357.12	94	7459.84
21-22	3	238.08	97	7697.92
22-23	2	158.72	99	7856.64
23-24	1	79.36	100	7936.6104
	100	7936		

II.7. Conclusion

Dans ce chapitre, on a estimé les besoins en eau de la zone étudiée. On a trouvé que le débit maximal journalier pour le secteur Fouka $7936.6104 \text{ m}^3 / \text{j}$, soit $91,86 \text{ l/s}$ à l'horizon 2046, ce qui nous permettra d'évaluer la capacité optimale du réservoir et de la bache d'eau ainsi que

dimensionner l'adduction. Ces calculs sont nécessaires afin de garantir le bon fonctionnement du système et d'assurer des quantités d'eau suffisantes aux populations.

CHAPITRE 3 :
Adduction

III.1. Introduction

Après avoir fait l'estimation des besoins, nous passerons au dimensionnement des conduites, avant cela, on doit s'arrêter au terme adduction, qui est le procédé qui permet de transporter des débits d'eaux depuis les zones de captage (sources, forage, puits, barrage ...) jusqu'au point de stockage ou distribution (réservoirs, bâches à eau ...), elle peut être soit entièrement par gravité, soit par refoulement et soit mixte (refoulement-gravitaire) [3], dans l'adduction par refoulement, l'écoulement fait appel à une source d'énergie, tandis que dans l'adduction gravitaire, l'écoulement s'effectue sous l'effet de la pesanteur.

III.2. Type d'adduction

III. 2.1. Adduction Gravitaire

C'est une adduction ou l'écoulement se fait gravitaire ment, On rencontre ce type d'adduction, dans le cas où la source se situe à une côte supérieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

III.2.2. Adduction par refoulement

C'est une adduction ou l'écoulement se fait sous pression à l'aide des machines hydro-électriques. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte inférieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

III.2.3. Adduction mixte

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

III.3. Adduction et type d'écoulement

On distingue deux types d'écoulement :

III.3.1. Ecoulement à surface libre

L'écoulement à surface libre est un écoulement qu'on rencontre dans le cas des adductions gravitaires sans charge tels que les canaux à ciel ouvert et les aqueducs fermés. Ce type d'écoulement est conditionné par la pente.

III.3.2. Ecoulement en charge

L'écoulement en charge est un écoulement qu'on rencontre dans le cas des adductions ou des réseaux gravitaires sous pression et des adductions par refoulement.

III.4. Critères de choix de tracé

L'emplacement des réservoirs étant fixé, il est nécessaire de prévoir un tracé pour l'adduction, et ce tracé doit :

- Avoir un itinéraire aussi direct que possible.
- Respecter les impératifs du profil en long avec le moins possible de surprofondeurs.
- Eviter la multiplication des ouvrages coûteux ou fragiles (traversés de rivière, route, chemin de fer ect...).
- Eviter dans la mesure du possible la traversée des massifs boisés.
- Entrainer des dépenses aussi faibles que possible de construction en évitant les points hauts sur le refoulement (construction de cheminée d'équilibre)
- Le choix d'un tracé en bordure des routes et chemins présente un certain nombre d'avantages :
- Travaux de terrassement et approvisionnement des tuyaux souvent moins onéreux.
- Accès facile aux regards contenant des appareils de robinetterie.
- On essaye toujours d'éviter les contres pentes qui donnent des cantonnements d'air, de plus, en période d'arrêt de pompe, il y peut avoir une cavitation entraînant une rupture de la veine liquide pouvant occasionner des éclatements de canalisation.
- Le tracé en plan sera conçu compte tenu de la possibilité de réaliser le profil en long idéal avec des coudes largement ouverts afin d'éviter les butées importantes. A cet effet, on sera être amené à ne pas suivre l'accotement des routes, et par conséquent franchir certains particuliers.
- Si notre tracé se trouve topographiquement accidenté ou une suite de points hauts surgit, des cantonnements d'air pourront avoir lieu en ces points qui peuvent entrainer des cavitations, dans ces cas des dispositifs anti-béliers peuvent être installés.

- Certains terrains accidentés nous obligent à avoir un tracé où l'adduction sera mixte (refoulement-gravitaire). Dans ce cas nous devons toujours chercher à raccourcir le tronçon de refoulement s'il ya lieu.

III .5. Choix du matériau de la conduite

Le choix est fondé sur des critères d'ordre technique et économique à savoir :

- Le prix d'achat ;
- La disponibilité sur le marché ;
- La pression à supporter ;
- La durée de vie prouvée par l'expérience et les tests de vieillissement ;
- Les conditions de pose et de transport ;
- La longueur des conduites.

Avec l'évolution des récentes technologies, le marché du matériel hydraulique a également évolué. De ce fait, on dispose de différents types de conduites et selon le matériau

Constitutif, on distingue :

- Les conduites en acier ;
- Les conduites en fonte ductile ;
- Les conduites en PVC (Chlorure de Poly Vinyle) ;
- Les conduites en PEHD (Poly Ethylène Haute Densité).

Dans notre projet, le PEHD répond aux objectifs recherchés, notamment :

- Facilité de pose (grande flexibilité), possibilité d'enroulement en couronne
Pour les petits diamètres ;
- Fiable au niveau des branchements (pas de fuites) ;
- Répond parfaitement aux normes de potabilité ;
- Longue durée de vie (théoriquement 50 ans à une température de 20°C) ;
- Bonnes caractéristiques hydrauliques (coefficient de rugosité très faible).

III.6. Dépôts dans l'adduction

L'eau captée peut être chargée en limons, sable, le cas de sources à débit variant fortement, on constate une sédimentation de ces matériaux solide au niveau des points bas de la conduite. Pour prévenir l'apparition de problème dans le futur, surtout dans le cas d'adduction longue, trois précautions s'imposent :

- Prévoir un décanteur des sableurs en tête d'ouvrage,
- Dimensionner correctement L'adduction en respectant une vitesse de l'eau supérieur à 0.6 m / s ;
- Equiper la conduite d'adduction par plusieurs vannes de vidange au niveau des points plus bas du profil.

Régulièrement les vidanges seront ouvertes de manière à éliminer les dépôts solides.

III.6.1. Condition limite de la vitesse

La vitesse d'écoulement maximale et minimale considérée pour le dimensionnement de la conduit d'adduction est la suivante :

- Vitesse maximale : **1.5 m / s**
- Vitesse minimale (adduction gravitaire) : **0.3 m / s**
- Vitesse d'écoulement minimale (refoulement) : **0.6 m/ s**

III.7. Calcul hydraulique

III.7.1. Cas gravitaire

L'écoulement s'effectue à partir d'un réservoir situé à une altitude suffisante pour vaincre les pertes de charge causées par le débit transitant (charge disponible).

Les paramètres hydrauliques intervenant dans le dimensionnement sont [4] :

- Le débit ;
- La vitesse ;
- La perte de charge unitaire.

Le calcul se fait en résolvant un système de deux équations :

$$Q = \frac{(\pi * D^2)}{4} * V \dots\dots\dots (III.1)$$

$$J = 1.1 * J * \frac{(\lambda * V^2)}{D^2 g} = H_g \dots\dots\dots (III.2)$$

Les étapes de dimensionnement sont les suivantes :

- On dispose d'une charge disponible définie par la différence d'altitude entre le point de départ et le point d'arrivée :

$$H_d = 1.1 * J * L \dots\dots\dots (III.3)$$

D'où:

$$J = \frac{Hd}{1.1 L} \dots\dots (III.4)$$

- Pour obtenir le débit projeté, on détermine par calculs itératifs le diamètre optimal permettant de dissiper la charge disponible :

$$Hd = 1.1 * \frac{8Q^2 \lambda L}{g \pi^2 D^5} \dots\dots (III.5)$$

D'où:

$$D = \frac{\sqrt[5]{1.1 * Q^2 \lambda L}}{g \pi^2 Hd} \dots\dots(III.6)$$

- On évalue par la suite le débit provoqué par le diamètre commercial proche du diamètre optimal. Par conséquent, il y aura une variation de débit.

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} \sqrt{1.1 * L} \dots\dots (III.7)$$

- L'ajustement du débit s'effectuera à l'aide de pertes de charge singulière (vanne de régulation) :

$$\Delta H = Hd - Hn \dots\dots (III.8)$$

Avec :

$$Hn = 1.1 * \frac{8Q^2 \lambda}{g \pi D^2} * L \dots\dots (III.9)$$

D'où :

- **Hn** : Hauteur nécessaire.
- **Q** : Débit de projet.
- **D** : Diamètre choisi de la conduite.

III.7.2. Cas de refoulement

Du point de vue économique la conduite de refoulement et la station de pompage sont liés pour élever un débit connu à une hauteur géométrique donnée, il existe une infinité des solutions qui résultent de l'adaptation de la puissance de la pompe au diamètre et à la nature de canalisation théorique de refoulement, c'est-à-dire aux pertes de charge générées qui majeures la puissance d'élévation théorique, si l'on tient compte, d'une part de l'investissement des conduits qui avec le diamètre et d'autre part de cout proportionnel de l'énergie qui comprend une partie fixe (énergie théorique d'élévation) et une partie variable avec la perte de charge qui décroît avec le diamètre, on peut déterminer un diamètre optimal au sens économique. Ce diamètre est alors donné par les dépenses totales d'investissement et d'exploitation minimales, Bonin et Bresse ont proposés les approches ci-après qui donne un diamètre économique mais non normalisé en mètre d'une seule conduite refoulant un débit Q en (m^3 / s).

Remarque : La formule de Bresse n'est valable que pour les petits projets (longueur de conduite ≤ 1 Km)

III.7.3. Caractéristique de l'adduction par refoulement

III.7.3.1 Calcul du diamètre de la conduite

Pour dimensionner du diamètre de la conduite, il y a deux méthodes :

A- Première méthode

Nous choisissons les diamètres pour lesquels la vitesse d'écoulement est comprise entre V_{\max} et V_{\min} tel que :

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_{\max}}}$$

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_{\min}}}$$

Avec :

V_{\min} : Vitesse minimale de l'écoulement qui est de 0,6 m/s.

V_{\max} : Vitesse maximale de l'écoulement qui est de 1,5 m/s.

D_{\min} : Diamètre minimale de la conduite en m.

D_{\max} : : Diamètre maximale de la conduite en m.

Q : Débit qui doit transiter la conduite en m^3/s .

B- Deuxième méthode

$$D_{ec} = \sqrt{Q} \quad (\text{Relation de Bonin})$$

$$D_{ec} = 1.5 * \sqrt{Q} \quad (\text{Relation de Bresse})$$

Avec :

D_{ec} : diamètre économique de la conduite (m),

Q : débit véhiculé par la conduite (m^3 / s).

III.7.3.2. Calcul de la vitesse :

La vitesse se calcul selon la formule suivante :

$$V = (4*Q) / (\pi*D^2) \quad \dots\dots\dots(\text{III.12})$$

Q : Débit véhiculé dans la conduite (m^3 / s).

D : diamètre de la conduit (m).

III.7.3.3 Calcul des pertes de charge

Elles sont données par la formule suivante de DARCY-WEISBACH [4] :

$$\Delta H_L = (8 \times \lambda \times L \times Q^2) / (\pi^2 \times g \times D^{5.3}) \quad \dots\dots\dots(\text{III.13})$$

Avec :

ΔH_L : Perte de charge linéaire (unitaire) en m/ml.

D : Diamètre de la conduite en m.

V : Vitesse d'écoulement en m/s.

λ : Coefficient de frottement qui est en fonction de la rugosité de la paroi interne de la conduite et du régime d'écoulement.

g : Accélération de la pesanteur en m/s^2 .

On peut calculer le coefficient λ par la formule suivante :

$$\lambda = (1.14 - 0.86 \ln \frac{\varepsilon}{D})^2 \quad (\text{Formule de NIKURADZE}) \quad \dots\dots\dots(\text{III.14})$$

ε : rugosité de conduite en m (pour les conduites de PEHD $\varepsilon = 0,04 \text{ mm}$) [3]

Re: Nombre de Reynold, qui est déterminé par la formule suivante :

$$Re = \frac{v \times D}{\gamma} \dots\dots\dots(III.15)$$

γ : Viscosité cinématique du liquide ($10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$) [5].

Les pertes de charge singulière sont celles qui apparaissent dans les singularités (coudes, clapets, vannes, branchement ...) elles sont estimées à 15% des pertes de charge linéaires pour les conduites en PEHD. Alors, l'estimation des pertes de charge singulières n'a qu'une faible influence sur le point de fonctionnement des pompes.

$$\Delta H_S = 0.15 * \Delta H_L \dots\dots\dots(III.16)$$

ΔH_S : Perte de charge singulières en m.

ΔH_L : Perte de charge linéaires en m.

Les pertes de charge totale représente la somme des deux pertes de charge (linéaire et singulière).

$$\Delta H_T = \Delta H_S + \Delta H_L \dots\dots\dots(III.17)$$

III.7.3.1. Hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique totale sera calculée de la manière suivante :

$$H_{mt} = H_g + \Delta H_T + \Delta H_{asp} \dots\dots\dots(III.18)$$

Avec :

H_{mt} : Hauteur manométrique totale (m).

H_g : Hauteur géométrique total (m).

ΔH_T : Perte de charge Totale.

ΔH_{asp} : Perte de charge aspiration.

III.7.3.2. Puissance de pompage

La puissance absorbée de la pompe est donnée par la formule suivante

$$Pa = \frac{\rho \times g \times H_{mt} \times Q}{\eta} \dots\dots\dots(III.19)$$

Avec:

Q : Débit à refouler (m³/s),

η : Rendement de la pompe On prend 75 %

g : Accélération de la pesanteur (m / s²).

Hmt : Hauteur manométrique.

P : puissance absorbée par la pompe.

III.7.3.3. Energie consommée par le pompage

L'énergie consommée par la pompe est donnée par la formule :

$$E = P \times t \times 365 \quad \dots\dots (III.20)$$

Avec :

E : énergie consommée pendant une année (k w h).

P : puissance de pompage (k w).

t : temps de pompage par jour (h).

III.7.3.4 Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation d'un système d'adduction sont évalués à partir de la consommation d'énergie et du prix du Kilowattheure (KWh) d'électricité, ils sont donnés par la formule suivante :

$$F_{\text{exp}} = e_u \cdot E \dots\dots (III.21)$$

Avec :

F_{exp} : frais d'exploitation en (DA)

e_u : Prix unitaire du KWh . Fixé à 4,67 (DA/KWh) [7]

E : Energie totale dépensée par la pompe

III.8. Dimensionnement de l'adduction

III.8.1. Détermination du diamètre de la conduite de refoulement et de la vitesse :

➤ Le diamètre :

Notre débit est de : 7936.6104 m³ / j

Alors : $Q = 0.092 \text{ m}^3 / \text{s}$

$$- D_{\text{BONNIN}} : \mathbf{D} = \sqrt{(0.092)} = \mathbf{0.303 \text{ m} = 303\text{mm}}$$

On prend la gamme normalisée : [315] mm PN16 → $D_{\text{INT}} = 277,6\text{mm}$ [6]

➤ La vitesse :

$$D = 315 \text{ mm}, D_{\text{int}} = 277,6$$

$$Q = 0.092 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$V = (4*Q) / (\pi*D^2); \quad V = (4*0.092)/(3.14*(0.2776)^2) = 1.52\text{m/s}$$

III.8.2. Présentation de l’adduction par refoulement

Il s’agit d’une adduction par refoulement destinée au secteur Fouka, elle consiste à refouler l’eau à partir de la station centrale vers le réservoir du Fouka

Tableau III.1 : Calcul de la hauteur géométrique

Tronçon	Long (m)	Type de la conduit	CR Amont (m)	CTP Aval (m)	Hg (m)	Secteur desservi
SC-Rz Fouka	2263	PEHD 315	5	70	65	Fouka

REMARQUE :

Le choix du matériau s’est porté sur le PEHD PN16

III.8.3. Calcul des pertes de charge totale et de Hmt (Application numérique)

$$\lambda = \frac{(1.14 - 0.86 \ln \frac{\epsilon}{D})^2}{D}$$

$$\lambda = \frac{(1.14 - 0.86 \ln \frac{0.04 \times 10^{-3}}{0.2776})^2}{0.2776} = 0.037136$$

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} = 421952$$

$$\Delta H_L = (8 \times \lambda \times L \times Q^2) / (\pi^2 \times g \times D^{5.3})$$

$$\Delta H_L = (8 \times 0.037136 \times 2263 \times 0.092^2) / (3.14^2 \times 9.81 \times 0.2776^{5.3}) = 52,20 \text{ m}$$

$$\Delta H_S = 0.15 \times \Delta H_L = 0.15 \times 52,20 = 7.83 \text{ m}$$

$$\Delta H_T = \Delta H_S + \Delta H_L = 7.83 + 52,20 = 60.03 \text{ m}$$

$$\Delta H_{asp} = 0.5 \quad [5]$$

$$H_{mt} = H_g + \Delta H_T + \Delta H_{asp} = 65 + 60,03 + 0.5 = 125,53 \text{ m.}$$

Tableau : III.2 Résultats de calculs HMT,PDCHT

DN (mm)	Dint (mm)	Hg (m)	RE	λ	ΔH_L (m)	ΔH_S (m)	ΔH_T (m)	ΔH_{asp} (m)	Hmt (m)
315	277,6	65	421952	0.037136	52,20	7.83	60,03	0.5	125,53

III.8.4. Calcul de la Puissance de pompage

La puissance absorbée par la pompe :

$$P = \frac{\rho \times g \times H_{mt} \times Q}{\eta}$$

$$P = \frac{1000 \times 9.81 \times 125,53 \times 0.092}{0.75} = 151057,781 \text{ W} = 151,05 \text{ KW}$$

III.8.5. Calcul de L'énergie de la pompe et les frais d'exploitation

L'énergie consommée par la pompe est donnée par la formule :

$$E = P \times t \times 365$$

$$E = 151,05 \times 18 \times 365 = 992398,5 \text{ KWh/an}$$

Tableau : III.3 Energie de la pompe et les frais d'exploitation

Diamètre INT(mm)	P (KW)	E (KWh/an)	Frais d'exploitation DA
277,6	151,05	992398,5	4634501

III.8.5 Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement sont constitués par le prix de revient de la conduite depuis la fourniture jusqu'à la pose. Dans notre cas nous supposons que les frais seront amortis dans une période de 25 ans (durée d'exploitation) ce qui nous conduit au calcul de l'annuité "A". [3]

$$A = I + \frac{I}{(1+I)^n - 1}$$

Avec :

I : Taux d'annuité (égale à 8% en Algérie).

n: Nombre d'année.

Donc :
$$A = 0.08 + \frac{0.08}{(1+0.08)^{25} - 1}$$

$$\rightarrow A = 0.093 \text{ DA}$$

On déduit les frais d'amortissement annuels en multipliant les prix de revient de la canalisation par l'annuité "A".

III.9. Conclusion

D'après notre étude nous avons abouti à une conduite de diamètre Dint=277,6 mm qui permet de véhiculer le débit jusqu'aux réservoir de stockage 2000 m³ avec une hauteur manométrique H_{MT}=125,53 m.

Tronçon	Diamètre mm	Matériaux
S.Central-R. FOUKA	315	PEHD-PN16

CHAPITRE 4 :
Réservoir

IV.1. Introduction

A travers ce chapitre, nous allons traiter l'une des infrastructures urbaines qui est le réservoir, les réservoirs sont des ouvrages intermédiaires entre les réseaux d'adductions et les réseaux de distributions. Ils jouent un rôle très important dans un réseau d'alimentation en eau potable et peuvent en avoir plusieurs.

IV.2. Rôles des réservoirs

IV.2.1. Régulateur et accumulateur

Dans une agglomération, le débit refoulé par la station de pompage n'est pas, dans tous les cas, égal au débit consommé. Donc, un réservoir d'accumulation et de régulation s'avère indispensable pour assurer la régulation entre le débit refoulé et celui consommé.

IV.2.2. Augmentation des pressions

Il s'agit dans ce cas d'un réservoir d'équilibre. Il est placé à un point et une altitude de telle sorte qu'il puisse assurer la pression nécessaire dans des points très éloignés.

IV.2.3. Gain d'énergie au niveau de la station de pompage

Le réservoir permet de réduire les dépenses d'énergie (stockage la nuit et distribution gravitaire pendant les heures de pointe).

IV.2.4. Utilité pour briser la charge

Si le terrain se trouve dans un relief accidenté, en certains points du réseau où on peut avoir des pressions non admissibles, un réservoir peut être utilisé pour briser la charge.

IV.2.5. Stockage de la réserve d'incendie

On peut avoir deux cas :

- Un réservoir à part qui emmagasine la réserve d'incendie ; ceci étant rare dans la pratique du fait du coût de réalisation de cette variante.
- La réserve d'incendie est accumulée dans le réservoir d'accumulation.

IV.3 Classification des réservoirs

Les réservoirs peuvent être classés selon [3] :

- Leurs positions par rapport au sol, à savoir :
 - ✓ Enterrés ;
 - ✓ Semi-enterrés ;
 - ✓ Surélevés, appelés aussi châteaux d'eau.
- Leurs formes, à savoir :
 - ✓ Circulaires ;
 - ✓ Carrés et rectangulaires ;
 - ✓ Quelconques.
- La nature du matériau dont ils sont constitués qui peut être :
 - ✓ Métallique ;
 - ✓ En maçonnerie ;
 - ✓ En béton armé ordinaire ou précontraint.

IV.4 Emplacement des réservoirs

L'emplacement d'un réservoir obéit à un certain nombre de conditions suivantes [3.4] :

- Au centre de l'agglomération (château d'eau) pour réduire les pertes de charge et par conséquent les diamètres.
- En altitude en réduisant le diamètre. La perte de charge est compensée alors par une pression plus grande.
- L'altitude du réservoir, plus précisément du radier, doit se situer à un niveau supérieur à la plus haute cote piézométrique exigée sur le réseau.
- Il faut donc évaluer la perte de charge entre le réservoir et le point de plus haute cote piézométrique à desservir. On obtient ainsi approximativement l'altitude du radier.
- La topographie intervient et à une place prépondérante dans le choix de l'emplacement, de même que la géologie. Il ne faut pas oublier les extensions futures.

IV.5 Choix du type de réservoir

Vu le relief accidenté de la zone d'étude (terrain ondulé), notre choix s'est fait sur des réservoirs circulaires semi enterrés, pour les motifs suivants :

- L'étude architecturale simplifiée.
- L'étanchéité est facile à réaliser.
- Conservation de l'eau à une température constante.
- Economie sur les frais de construction.

- Une coupe transversale d'un réservoir de stockage de type semi-enterré est donnée dans la figure IV.1 ci-après :

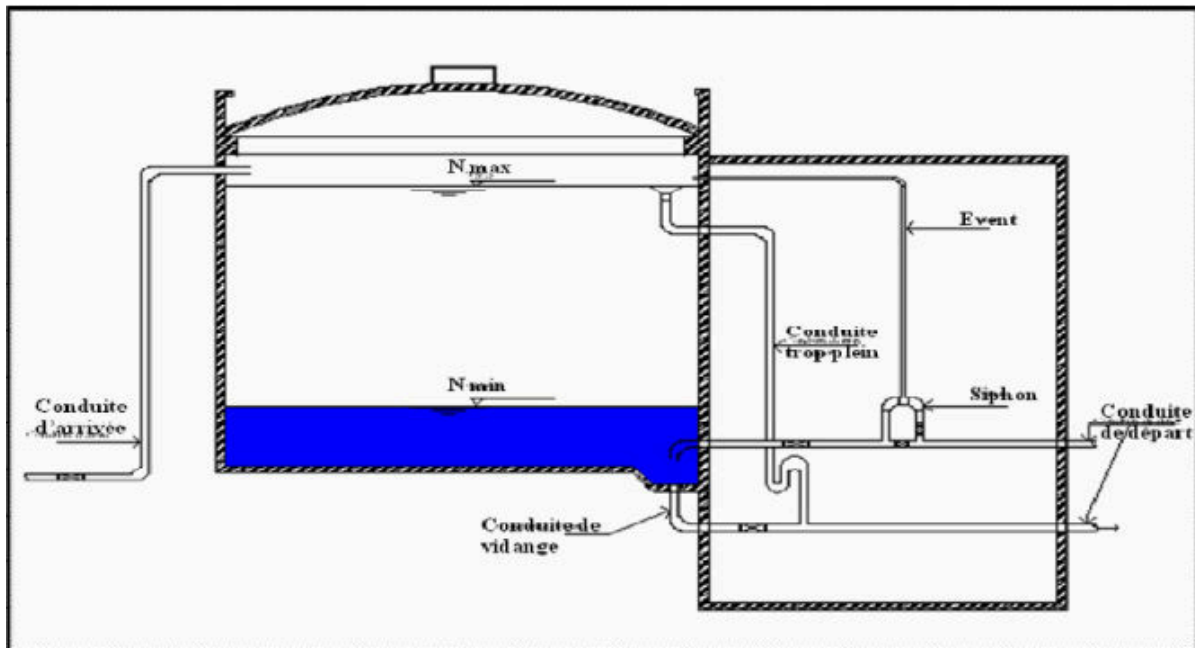


Figure IV.1 : Coupe transversale d'un réservoir de stockage de type semi-enterré

IV.6. Fontainerie d'équipement des réservoirs

Les équipements du réservoir (Figure IV.2.) seront disposés avantageusement dans une chambre de manœuvre accolée au réservoir qui leur permet de remplir les différentes fonctions que nous attendons d'eux : réception de l'adduction et départ de l'eau vers la distribution

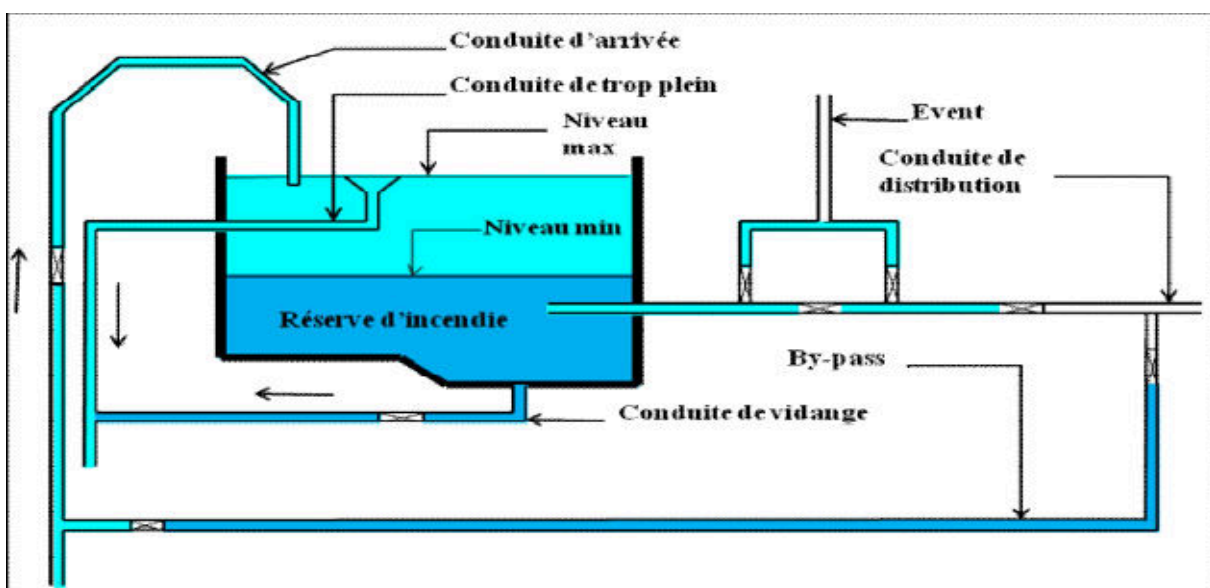


Figure IV.2 : Equipements d'un réservoir

IV.6.1. Conduite d'arrivée ou d'adduction

Cette conduite du type refoulement ou gravitaire, doit arriver de préférence dans la cuve en siphon noyé ou par le bas, toujours à l'opposé de la conduite de départ, pour provoquer un meilleur brassage. Cette arrivée de l'eau permet le renouvellement d'eau par mélange en créant des perturbations et écoulements par rouleaux. Les robinets à flotteurs destinés à alimenter ou à interrompre l'arrivée d'eau dans les réservoirs doivent être d'un type anti béliér; les soupapes et leurs parties sont en bronze ou en métal inoxydable.

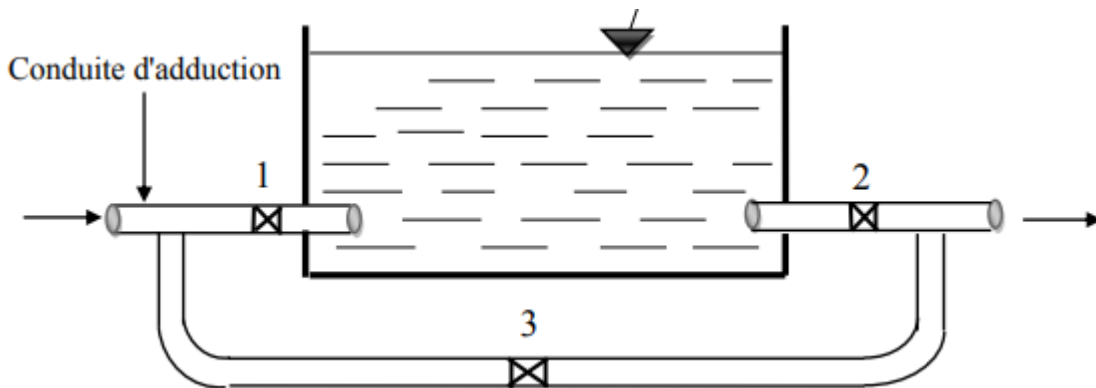


Figure IV.3 : conduite d'arrivée

IV.6.2. Conduite de départ ou de distribution

Cette conduite est placée à l'opposé de la conduite d'arrivée à quelque centimètre au-dessus du radier (15 à 20 cm) pour éviter l'entrée de matières en suspension, l'extrémité est munie d'une crépine courbée pour éviter le phénomène de vortex (pénétration d'air dans la conduite, cette conduite est équipée d'une vanne à survitesse permettant la fermeture rapide en cas de rupture au niveau de cette conduite.

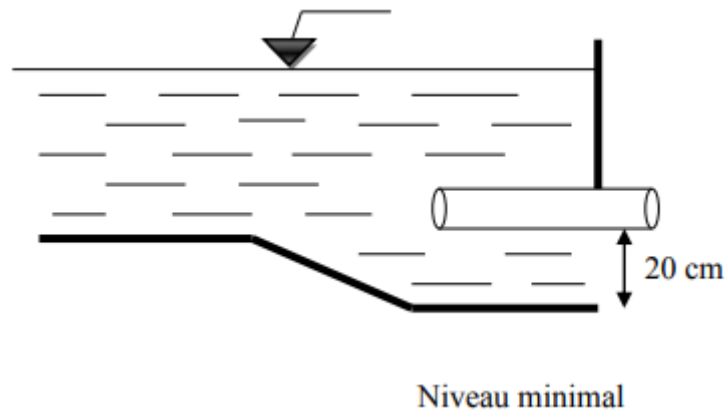


Figure IV.4 :Conduite de distribution

IV.6.3. Conduite de trop-plein

Cette conduite permet d'évacuer l'excès d'eau au réservoir en cas où la pompe ne s'arrête pas. Si le réservoir est compartimenté, chaque cuve doit avoir une conduite de trop-plein, ces conduites doivent se réunir dans la chambre de manœuvre pour former un joint hydraulique évitant la pénétration de tous corps étranger (Figure IV.1).

IV.6.4. Conduite de décharge ou de vidange

La conduite de vidange doit partir du point le plus bas du radier. Elle permet la vidange du réservoir en cas de nettoyage ou de réparation. Elle est munie d'un robinet vanne, et se raccorde généralement à la conduite de trop-plein. Le robinet vanne doit être nettoyé après chaque vidange pour éviter les dépôts de sable [8] (Figure IV.2).

IV.6.5. Conduite by-pass

C'est un tronçon de conduite qui relie la conduite d'arrivée et la conduite de départ dans le cas d'un réservoir unique non compartimenté. Cette conduite fonctionne quand le réservoir est isolé pour son entretien ou dans le cas d'un incendie à forte charge[8].

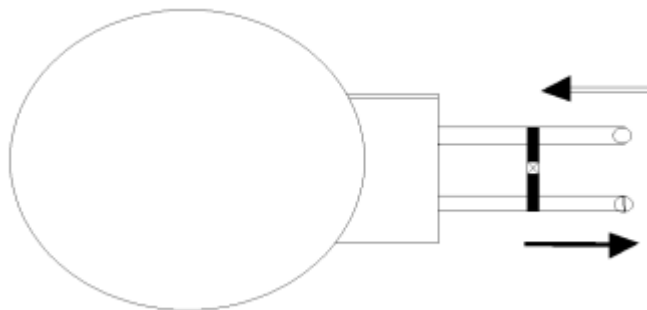


Figure IV.5: Conduite de By-pass.

IV.6.6. Matérialisation d'une 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. Pour cela, nous avons intérêt à équiper l'ouvrage d'un système à siphon permettant de transiter l'eau du réservoir tout en préservant la quantité destinée pour l'incendie. Cette interdiction sera, bien entendu, levée par une manœuvre manuelle effectuée sur place ou à distance en cas d'incendie.

Autrement dit, un évent d'un siphon interdit l'utilisation de l'eau au-dessus d'un niveau défini au préalable. Le système de fonctionnement est le suivant :

- Fonctionnement normal : conduites (1) et (3) ouvertes et (2) fermée.
- Cas d'incendie : il suffit d'ouvrir la conduite (2).

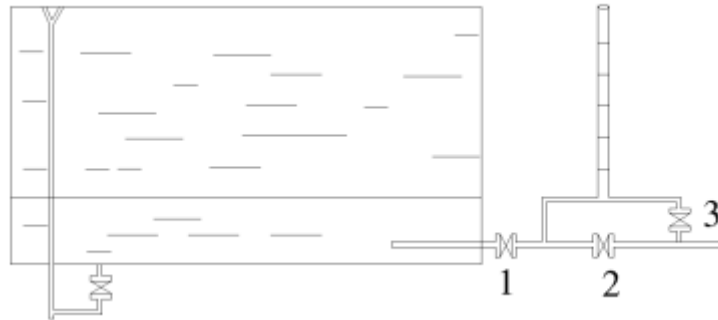


Figure IV.6 :Matérialisation de la réserve d'incendie.

IV.6.7. Entretien des réservoirs

Les structures des réservoirs doivent faire l'objet d'une surveillance régulière en ce qui concerne toutes les fissures, ainsi que les phénomènes de corrosion sur les parties métalliques en raison de l'atmosphère humide qui y règne. Un soin particulier doit être apporté au nettoyage des cuves ; opération comportant plusieurs étapes telles que :

- Isolement et vidange de la cuve.
- Elimination des dépôts sur les parois.
- Réparation éventuelles des parois.
- Désinfection à l'aide des produits chlorés[8].

IV.7Capacité des réservoirs

IV.7.1. Méthode analytique

A Partir de la différence entre le débit entrant et le débit sortant du réservoir, nous calculerons le résidu pour chaque heure, la valeur maximale trouvée sera le pourcentage du volume de stockage. Le volume maximal de stockage du réservoir, pour la consommation, est déterminé par la formule suivante : [8]

$$V_{\max} = \frac{P\% \times Q_{\max.j}}{100}$$

Avec :

- **Vmax:** volume maximal du stockage pour la consommation (m³) ;
- **Qmax,j:** consommation maximal journalière (m³/j) ;
- **P%:** résidu maximal dans le réservoir.
 - Détermination de la valeur de Pmax:

La valeur de Pmax détermine comme suit :

- Nous avons déterminé précédemment les valeurs du coefficient de variation horaire Kmax.h pour la zone d'étude à desservir. La répartition de la consommation maximale journalière sur les 24 heures se détermine à l'aide du tableau de distribution de débit journalier.
- On repartit ensuite le débit de pompage le long de la journée (24 heures pour notre cas).
- La différence entre l'apport et la distribution pour chaque heure de la journée, sera reportée dans la colonne des surplus ou des déficits selon son signe.
- On détermine ensuite le résidu dans le réservoir pour chaque heure, la valeur maximale trouvée (Pmax) fera le pourcentage du volume stockage, Tel que :

$$P_{\max} = |R^{+\max}| + |R^{-\max}|$$

Où :

R⁺max : Résidu maximum positif (%) ;

R⁻max : Résidu maximum négatif (%).

IV.7.2. Méthode graphique

Dans cette méthode, on trace sur le même graphe la courbe de consommation totale et la courbe cumulée des débits d'apport en fonction du temps, le volume de stockage du réservoir s'obtient en additionnant la valeur absolue des écarts des deux entre les deux courbes.

IV.8. Détermination du volume total de notre réservoir

Le volume total du réservoir sera calculé en tenant compte de la réserve d'incendie qui est égale à 200m³. Le volume total est donc :

$$V_{\text{total}} = V_{\text{max}} + V_{\text{incendie}}$$

Avec :

Vtotal: volume total du réservoir (m³) ;

Vincendie: volume de réserve d'incendie (Vincendie=200 m³).

En ce qui concerne le volume Vincendie, et étant donné le degré de risque d'occurrence d'un incendie, on a considéré une réserve de 200 m³ pour les zones urbaines plus denses et de 125 m³ pour les zones périphériques.

➤ Calcul du diamètre :

Hr= [3 :6] m → on prend Hr=5m

$$Vr = Sr \times Hr = \frac{\pi \times Dr^2}{4} \times Hr \quad Dr = \sqrt{\frac{4 \times Vr}{\pi \times Hr}}$$

➤ Calcul de la hauteur d'incendie :

Nous avons : **Vinc=200 m³** → **Hinc = $\frac{(4 \times Vinc)}{(\pi \times Dr^2)}$**

IV.9 Dimensionnement du réservoirs Final

IV.9.1 Dimensionnement du réservoir de stockage FOUKA

Les résultats détaillés de dimensionnement sont calculés dans le tableau (**Tableau IV .1**)

Tableau IV.1 : Répartition théorique des débits de distribution du réseau principal.

Heure	Apports		Distribution		Surplus	Déficit	Résidu
	%	(m3/j)	I%	(m3/j)	%	%	%
00→01	4,167	330.7	1	79.36	3.167	-	3.167
01→02	4,167	330.7	1	79.36	3.167	-	6.334
02→03	4,167	330.7	1	79.36	3.167	-	9.501
03→04	4,167	330.7	1	79.36	3.167	-	12.668
04→05	4,167	330.7	2	158.72	2.167	-	14.835
05→06	4,167	330.7	3	238.08	1.167	-	16.002
06→07	4,167	330.7	5	396.8	-	-0.833	15.169
07→08	4,167	330.7	6.5	515.84	-	-2.333	12.836
08→09	4,167	330.7	6.5	515.84	-	-2.333	10.503
09→10	4,167	330.7	5.5	436.48	-	-1.333	9.17
10→11	4,167	330.7	4.5	357.12	-	-0.333	8.837

11→12	4,167	330.7	5.5	436.48	-	-1.333	7.504
12→13	4,167	330.7	07	555.52	-	-2.833	4.671
13→14	4,167	330.7	07	469.35	-	-2.833	1.838
14→15	4,167	330.7	05.5	436.48	-	-1.333	0.505
15→16	4,167	330.7	04.5	357.12	-	-0.333	0.172
16→17	4,167	330.7	05	396.8	-	-0.833	-0.661
17→18	4,167	330.7	6.5	515.84	-	-2.333	-2.994
18→19	4,167	330.7	6.5	515.84		-2.333	-5.327
19→20	4,167	330.7	5	396.8	-	-0.833	-6.16
20→21	4,167	330.7	4.5	357.12		-0.333	-6.493
21→22	4,167	330.7	03	238.08	1.167	-	-5.326
22→23	4,167	330.7	02	158.72	2.167	-	3.159
23→24	4,167	330.7	1	79.36	3.167	-	0.00
Totale	100	7936.6104	100	7936	-	-	-

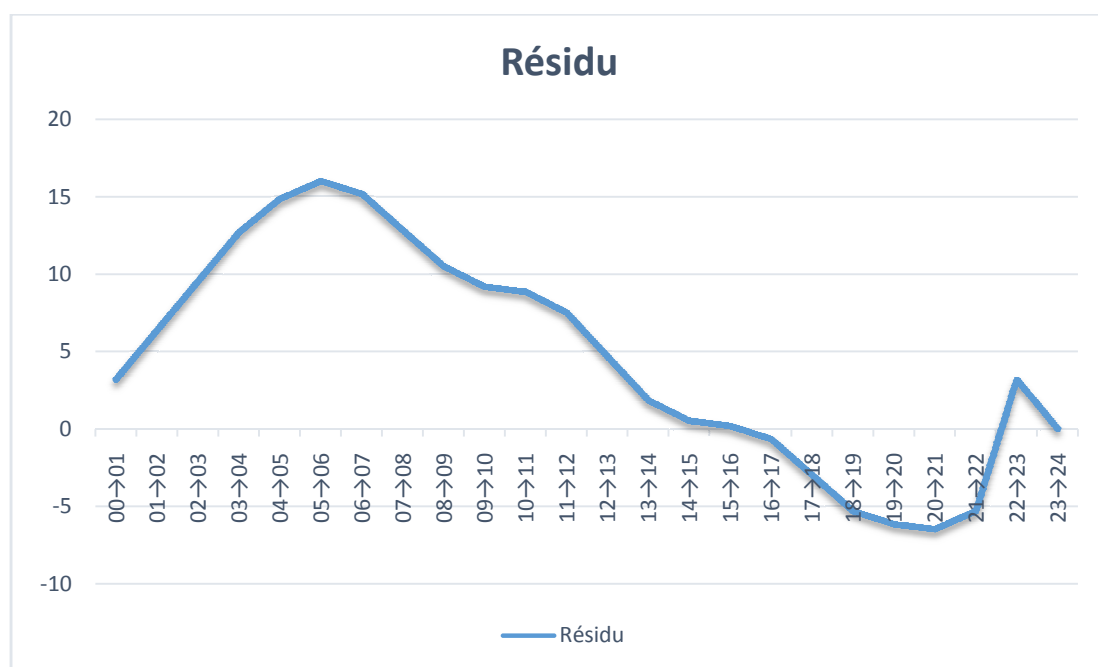


Figure IV.7: Répartition graphique des débits de distribution du réseau principal.

D'après le tableau (**Tableau IV .1**), on trouve que :

$$P \% = [16 \%] + [|- 6.493| \%] = 22.493 \%$$

$$V_{\max} = (P \% * Q_{\max j}) / 100 = 22.493 * 7936.6104 / 100 = 1785.06 \text{ m}^3$$

Donc :

$$V_T = V_{\max} + V_{\text{inc}} = 1785.06 + 200 = 1985.06 \text{ m}^3$$

La capacité du réservoir a projeté est de 2000 m³.

IV.9.2 Détermination du diamètre du réservoir

$V_r = (\pi d^2/4) \times H_r$: C'est la hauteur du réservoir = 5 m

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times V_r}{\pi \times H_r}} = \sqrt{\frac{4 \times 2000}{3.14 \times 5}} = 22,57 \text{ m} \quad D_r : \text{diamètre du réservoir}$$

Pour un diamètre normalisé on prend :

$$D_r = 23 \text{ m}$$

IV.9.3 Détermination de la hauteur de l'incendie

$$V_{\text{inc}} = S * H_{\text{inc}} \quad H_{\text{inc}} = V_{\text{inc}}/S$$

$$H_{\text{inc}} = \frac{4 * V_{\text{inc}}}{\pi * D_r^2} \quad H_{\text{inc}} = 0.48 \text{ m.}$$

Les équipements des réservoirs :

- La cuve et la tour seront exécutées en béton armé ;
- La cuve doit être visitable et vétillée ;
- La ventilation est facilitée par la présence de la cheminée d'accès qui comporte à sa partie supérieure des orifices à l'air libre obturés par des grillages ;
- La chambre des vannes se situe au pied de la tour ou se trouve ruinées les vannes ;
- L'accès à la cuve s'effectue par une échelle qui longe les parois ;

IV.10 Conclusion

La capacité du réservoir ainsi déterminée, garantira une aménée continue en eau potable pour toute la localité.

CHAPITRE 5 :
Les Pompes

V.1 Introduction

Après avoir réalisé la partie adduction, nous entamerons la partie étude des pompes, dans laquelle nous spécifions le choix et les caractéristiques hydrauliques de la pompe à l'aide du catalogue numérique CAPRARI. Quel que soit le type de la pompe hydraulique, son rôle principal sert à aspirer le fluide d'un point bas à basse pression et de le refouler vers un point à haute pression afin de transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique.

V.2 Choix des pompes

Le choix de type des pompes à installer se fait de façon à [6] :

- Assurer le débit de refoulement et la hauteur manométrique de la pompe;
- Assurer le rendement maximum;
- Une vitesse de rotation assez importante;
- Vérifier les conditions de non cavitation.

V.3 Les courbes Caractéristiques d'une pompe

Les courbes principales qui caractérisent une pompe et qui expriment ses performances sont [11]:

V.3.1 La courbe hauteur - débit « $H = f(Q)$ »

Elle exprime les variations des différentes hauteurs de relèvement en fonction du débit.

V.3.2 La courbe rendement - débit « $\eta = f(Q)$ »

Elle présente les valeurs du rendement en fonction du débit.

V.3.3 La courbe des puissances absorbées - débit « $P_a = f(Q)$ »

Elle représente la variation des puissances absorbées en fonction des débits.

V.4 Le point de fonctionnement d'une pompe

Il est défini comme étant le point d'intersection de la courbe « $H = f(Q)$ » avec la courbe caractéristique de la conduite « $H_c = f(Q)$ ». En particulier, dans le cas où le point de fonctionnement ne correspond pas avec le point désiré, on sera dans l'obligation d'apporter des modifications [6].

V.4.1 Première variante : modification du temps de pompage

Il s'agit de trouver un nouveau temps de pompage à partir de la formule suivante :

$$T_0 \times Q = T \times Q_1 \dots\dots\dots (V.1)$$

D'où :

$$T_0 = T \times Q_1 / Q \dots\dots\dots (V.2)$$

V.4.2 Deuxième variante : Régulation par écoulement

La régulation par écoulement ou bien le vannage, consiste à vanner au refoulement pour créer une pertedechargeafind'obtenirledébit Q_0 .

La valeur des pertes de charges s'exprime par la relation suivante [6] :

$$h = H' - H_1 \dots\dots\dots (V.3)$$

Avec :

- h : perte de charge engendrée par le vannage (m);
- H_1 : la hauteur manométrique du point désiré (m);
- H' : la distance entre le point désiré et l'intersection de la verticale passant par le même point avec la caractéristique de la pompe (m).

Donc, la puissance absorbée par la pompe sera donnée par :

$$Pa = \frac{(g \times \rho \times Q' \times H)}{\eta} \dots\dots\dots (V.4)$$

Avec :

- η : rendement de la pompe.

V.4.3 Troisième variante : Rognage de la roue

Le rognage intervient par la réduction du diamètre extérieur de la roue, ce qui entraîne une diminution de la hauteur d'élévation mais pour la même vitesse de rotation, on aura alors [6] :

$$m = (Q_1 / Q_2)^{1/2} \times (H_1 / H_2)^{1/2} \dots\dots\dots (V.5)$$

Avec :

- m : Coécrivent de rognage.

- Le pourcentage de rognage (r) :

$$r = 1 - m \text{ (%).....(V.6)}$$

- La puissance absorbée par la pompe :

$$Pa = g \times Q1 \times H1 \eta \text{ (Kw)..... (V.7)}$$

V.4.4 Quatrième variante : variation de la vitesse de rotation

Ladiminutiondelavitessederotationentraîneladiminutiondudébitainsiquelapuissanceabsorbée. On trace la courbe iso-rendement ($H = aQ^2$) qui passe par l’origine et par le point P1(Q1, H1) et qui coupe la courbe caractéristique de la pompe au point P3(Q3, H3) [6].

- La nouvelle vitesse de rotation est :

$$N' = N \times \frac{Q1}{Q3} \text{(V.8)}$$

- La puissance absorbée par la pompe :

$$Pa = \frac{g \times Q1 \times H1}{\eta} \text{ (Kw)(V.9)}$$

V.5 Etude de la cavitation

La cavitation est un phénomène qui apparaît dans la pompe au moment de la rotation lorsqu’en un point de l’écoulement la pression statique descend en dessous de la tension de vapeur du liquide, il s’agit de la création de bulles de gaz dans les zones de pression les plus élevées. Ce phénomène s’accompagne souvent par de bruits violents, vibrations importantes et une érosion des matériaux au niveau de la pompe [6], c’est pour cela pour éviter la cavitation dans le fonctionnement de la pompe, il faut vérifier la condition suivante :

$$(NPSH)d > (NPSH)r \text{(V.10)}$$

Pour une alimentation en charge :

$$(NPSH) d = \frac{P0}{g \times \rho} + Ha - (\Delta Ha + Tv) \dots \dots \dots (V.11)$$

Pour une alimentation en dépression :

$$(NPSH) d = \frac{P0}{g \times \rho} - Ha - (\Delta Ha + T) \dots \dots \dots (V.12)$$

Avec :

- Ha : hauteur d’aspiration en (m);
- ΔHa : perte de charge à l’aspiration en (m);
- P0 : Pression en mètre de colonne d’eau au point d’aspiration en (m);
- Tv : la pression de vapeur maximale que l’air peut supporter à une température donnée.

Les valeurs de la tension de vapeur en fonction de la température sont données dans la table (4.1), dans notre étude on prend T= 20°C [8].

Tableau V.1 : Tension de vapeur d’eau pompée en fonction de la température

T°(C)	0	4	10	20	30	40	50	60	70	80	100
Tv(m)	0.06	0.083	0.125	0.24	0.43	0.75	1.26	2.03	4.1	4.8	10.3

V.6 Choix du type de pompe

V.6.1 La pompe(S. Centrale - R. FOUKA)

Les Caractéristiques de la conduite sont les suivants :

- Q = 91.86l/s
- Hg = 65 m
- Hmt = 125,53 m

À partir du catalogue numérique CAPRARI, on opte pour une pompe centrifuge multicellulaire à axe horizontal de type (HMU40-1/6E) :

- $Q = 91,86 \text{ l/s}$.
- $(NPSH)_r = 8,53 \text{ m}$.
- $H = 81,2 \text{ m}$.
- $N = 3000 \text{ tr/min}$.



Figure V.1 : Les courbes caractéristiques de la pompe

D'après la courbe, on remarque que le point de fonctionnement (91; 125)

- Etude de la cavitation On fixe.

$$H_a = 1 \text{ m}; \Delta H_a = 0 \text{ m}$$

En appliquant la relation (4.11) ci-dessus, on aura :

$$(NPSH)_d = 10,33 + 1 - (0 + 0,24) = 11,09 \text{ m}$$

$$\text{D'où: } (NPSH)_d > (NPSH)_r,$$

$$11,09 > 8,53$$

Donc la pompe ne Cavite pas.

Alors on opte pour une pompe E12S55 :

V.6.2. Description du pompe

- Pompe immergée semi-axiale.
- Corps d'aspiration, de refoulement et diffuseurs : en fonte.
- Roues : en fonte, bloquées sur l'arbre par des douilles coniques en acier inoxydable.
- Arbre : en acier inoxydable, guidé aux extrémités et au niveau de chaque diffuseur par des paliers protégés contre la pénétration de sable.
- Accouplement, visserie, crépine et gouttière de protection des câbles en acier inoxydable.
- Clapet de retenue : incorporé, avec orifice à bride, doté de contre-bride.
- Peinture : homologuée pour eau potable.

Moteur électrique.

- Asynchrone, triphasé, lubrifié par le liquide interne.
- Rotor en court-circuit.
- Stator : rebobinable, en fil de cuivre revêtu par une gaine en matériau hydrofuge à haut degré d'isolement spécifique au fonctionnement à bain d'eau.
- Chemise du stator : en acier inoxydable.
- Paliers supérieur et inférieur : en fonte.
- Arbre : en acier inoxydable guidé par des paliers en bronze.
- Butée : type Michell, à patins oscillants.
- Membrane de dilatation pour l'équilibrage entre la pression interne et externe.

V.7 Conclusion

Dans ce chapitre, et à l'aide du catalogue numérique CAPRARI, on a choisi une pompe immergée semi-axiale à l'axe horizontal pour un rendement maximal, Pour assurer un bon fonctionnement de notre adduction par refoulement.

CHAPITRE 6 :
Coup de bélier

VI.1. Introduction

Supposons qu'une conduite fonctionne en régime permanent, le changement de ce régime engendre une série d'ondes de pressions qui se propagent le long de la conduite, en s'amortissant progressivement en raison des pertes d'énergies dues aux frottements, pour reprendre enfin le régime initial, c'est le phénomène **du coup de bélier (transitoire)**.

Ces variations de pressions causées par des changements de régime plus ou moins rapide, voire brusque, entraînent des contraintes sur le matériel, ou l'adduction se trouve affectée par ces valeurs extrêmes. Compte tenu de la complexité du phénomène, des méthodes approximatives, graphiques ou numériques ont pris le relais pour permettre aux Hydrauliciens de quantifier ce type de phénomène.

VI.2. Vue d'ensemble sur le phénomène

Le coup de bélier ou régime transitoire en hydraulique est un phénomène résultant d'un écoulement non permanent (transitoire) qui apparaît dans une conduite lorsqu'on provoque une variation importante du débit à l'extrémité aval de celle-ci (la conduite). Autrement dit, les coups de bélier sont des ondes de surpression et de dépression liées à un changement brutal de l'écoulement dans la conduite, c'est-à-dire que chaque tranche d'eau de la conduite subit des variations brusques de pression et de vitesse à des instants différents (propagation par onde) ; le coup de bélier est un phénomène oscillatoire[3].

VI.3. Causes du phénomène

Les causes les plus fréquentes provoquant le phénomène sont [3] :

- Fermeture instantanée d'un robinet-vanne place au bout d'une conduite d'adduction
- Arrêt brutal par disjonction inopinée d'un ou des groupes de pompes alimentant une

Conduite de refoulement débitant dans un réservoir ;

- Démarrage d'un groupe électropompe à vanne ouvert ;
- Démarrage ou arrêt d'une pompe débitant dans une conduite déjà alimentée.

VI.4. Moyens de protection contre le régime transitoire

La protection d'une conduite en écoulement gravitaire peut être obtenue généralement d'une manière satisfaisante en imposant une vitesse d'ouverture et de fermeture des vannes suffisamment lente afin de limiter les surpressions et dépressions éventuelles à des valeurs raisonnables.

Toutefois, en présence d'une station de pompage, il est plus difficile de contrôler l'ampleur du phénomène étant donné que l'arrêt des pompes peut se produire subitement, par suite d'une

interruption du courant qui alimente les moteurs électriques.

Afin de limiter les variations de la pression dans les conduites, les appareils anti-bélier devront avoir pour effet de limiter la dépression ainsi que la surpression [3].

Les dispositifs les plus utilisés sont :

- Les volants d'inertie;
- Les soupapes de décharge ;
- Les réservoirs d'admission et de purge d'air ;
- Les ventouses ;
- Clapet by-pass ;
- Les réservoirs d'air ;
- Les chemises d'équilibre ;
- Vanne de fermeture lente.

VI.4.1. Les volants d'inertie

Le volant d'inertie est une roue de masse assez importante, fixée à l'arbre du groupe moteur pompe. Grâce à l'énergie cinétique qu'il accumule pendant la marche normale, le volant lui restitue au moment de la disjonction et permet ainsi de prolonger le temps d'arrêt de, l'ensemble du groupe, donc de diminuer l'intensité du coup de bélier. Ce système est généralement peu ou non utilisé, car [3] :

- Il n'intervient que pour limiter les dépressions ;
- Si la conduite de refoulement est assez grande, on doit envisager des volants avec des poids vraiment considérables, par conséquent le système ne sera pas économique ;
- Plus le volant est lourd plus le moteur doit être très puissant pour pouvoir vaincre au démarrage l'inertie de ce dernier, ce qui peut conduire à des appels d'intensités de courant inadmissibles;
- Ce dispositif est limité à la protection des conduites à longueurs de refoulement faible ou moyenne, qui n'accède pas quelques centaines de mètres.

VI.4.2. Les soupapes de décharge

Les soupapes de décharge sont des équipements mécaniques qui s'ouvrent pour réduire la surpression. Ces appareils font intervenir un organe mécanique, un ressort à boudin, ordinairement, qui par sa compression, obture en exploitation normale, un orifice placé sur la conduite, au point à protéger, c'est-à-dire, là où la surpression à craindre est maximale et libérée, le cas échéant, le débit de retour de la conduite correspond à la valeur de la surpression admissible [3].

Cette soupape ne doit s'ouvrir que sous une pression déterminée, légèrement supérieure (5%

environ) à la pression normale. L'ouverture doit se faire très rapidement pour que l'opération soit efficace.

VI.4.3. Soupapes d'admission et de purge d'air

Le principe des soupapes d'admission et de purge d'air est assez simple, puisqu'il ressemble aux précédentes tout en opérant dans les deux directions. Généralement, elles s'ouvrent en admission lorsque la pression tombe sous la pression atmosphérique puis expulsent l'air quand la pression s'accroît. La principale difficulté réside dans l'évaluation des quantités d'air admises et expulsées du fait que l'écoulement de l'air, un fluide compressible, se fait à des vitesses très élevées pour lesquelles les effets de la compressibilité se font sentir. En fait, ces notions sont importantes pour calculer les aires efficaces des orifices d'entrée et de sortie [3].

VI.4.4. Les ventouses

Ils ont pour rôle principal l'évacuation de l'air contenue dans la conduite et permettre aussi l'admission de l'air dans ces conduites lorsque l'on procède à leur vidange ou généralement lorsqu'il y a apparition de la cavitation en un point haut.

VI.4.5. Réservoir d'air

Un réservoir à air comprimé est un récipient fermé dont la partie supérieure contient de l'air sous pression et la partie inférieure un certain volume d'eau. Ainsi, lors d'un arrêt des pompes (par exemple), le réservoir se décomprime et fournit de l'eau à la conduite, réduisant l'abaissement de pression du au coup de bélier. Lorsque le sens de l'écoulement s'inverse,

l'air du réservoir se comprime permettant ainsi de stocker un volume d'eau (Figure (III.1)).

Le réservoir d'air présente certains avantages qui sont les suivants [3]:

- Il représente des dimensions réduites par rapport à d'autres dispositifs (cheminée d'équilibre) ;
- Il peut être préconisé comme solution dans les régions froides car il est facile à chauffer pour éviter les effets du gel ;
- Il peut être installé parallèlement au sol cela offre une meilleure résistance au vent et au tremblement de terre.

Comme il présente certains inconvénients qui sont comme suit :

- La nécessité de fournir de l'air comprimé constamment ;
- La nécessité de prévoir plusieurs équipements auxiliaires qui demandent une maintenance constante et des frais élevés.

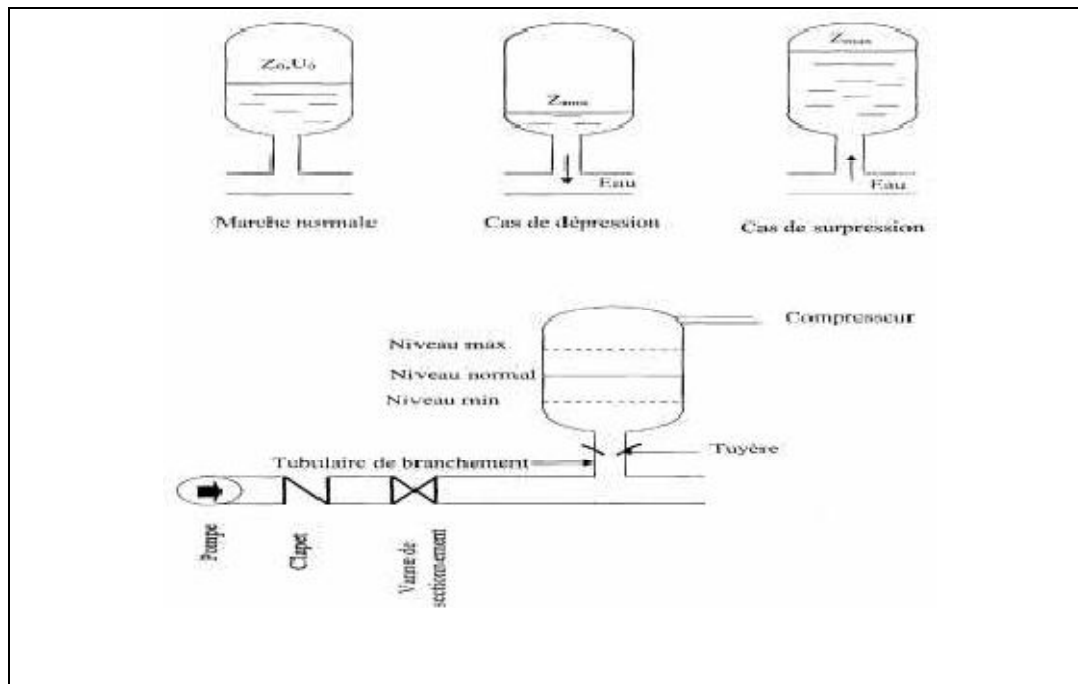


Figure VI.1: Principe de fonctionnement d'un réservoir d'air.

VI.4.6. Cheminée d'équilibre

C'est un réservoir débouchant à l'air libre permettant de protéger la conduite contre les Surpressions et les dépressions. Ces conditions sont remplies si l'on a la possibilité d'absorber Ou au contraire de fournir une certaine quantité d'eau, en fonction de la variation instantanée de pression dans la conduite à protéger, il faut pour cela dispose d'un réservoir susceptible de se remplir ou de se vider d'eau suivant que la pression dans la conduite augmente ou diminue. Les cheminées d'équilibres sont souvent utilisées au niveau des points hauts, elles sont très Rarement utilisées à la station [3]. Elles présentent certains avantages à savoir (Figure(III.2)) :

- Un fonctionnement qui ne nécessite aucun n'entretien.
- La protection idéale pour les points du parcours difficilement accessible.

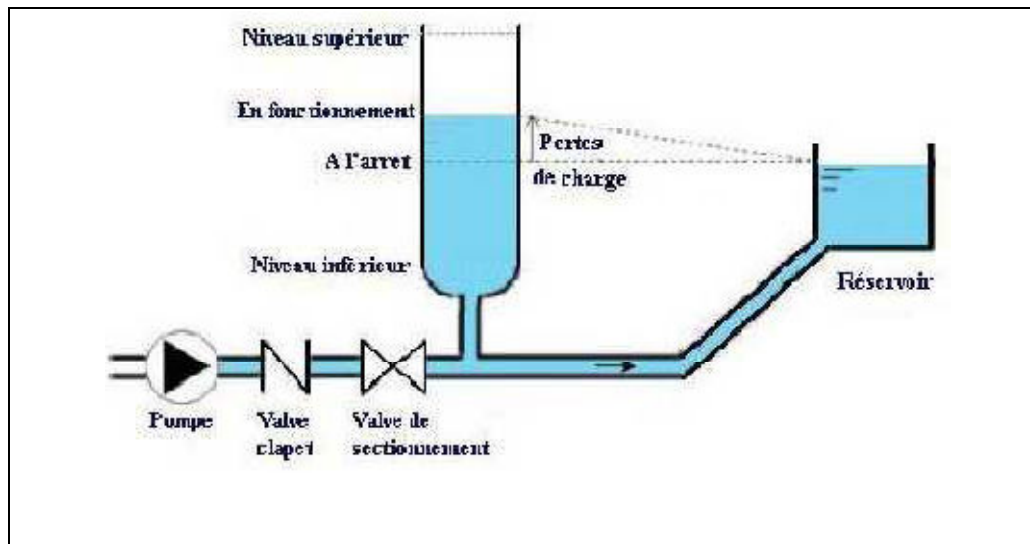


Figure VI.2: Cheminée d'équilibre.

VI.5. Etude du coup de bélier

L'étude consiste à calculer les surpressions et les dépressions dans les différents tronçons des conduites de refoulement, et vérifier que ces valeurs ne dépassent pas la valeur de la pression de service.

VI.5.1. La valeur du coup de bélier

La célérité des ondes est donnée par la formule d'ALLIEVI ci-dessous :

$$a = 9900 / \sqrt{[(48.3 + (K * D))/e]} \dots\dots\dots(VI.1)$$

Avec :

- K : Coefficient dépendant de la nature de la conduite,
- D : Diamètre intérieur de la conduite (mm) (Annexe (6)),
- e : Epaisseur de la conduite (mm) (Annexe (6)).

Où :

- K = 83 pour le PEHD.

➤ 1er Cas : Fermeture brusque

La fermeture brusque est caractérisée par un temps T, tel que : $T < (2 \times L / a)$.

La valeur maximale du coup de bélier est :

$$B = (a \times V_0) / g \dots\dots\dots(VI.2)$$

Avec :

- B : La valeur du coup de bélier (m),
- a : La célérité de l'onde (m/s),
- V₀ : Vitesse d'écoulement en régime permanent initiale (m/s),
- g : Accélération de la pesanteur (m/s²).

➤ **La valeur maximale de la pression-surpression est**

$$H_s = H_0 + B \dots\dots\dots(VI.3)$$

➤ **La valeur maximale de la pression-dépression est**

$$H_d = H_0 - B \dots\dots\dots(VI.4)$$

Où :

-H₀: La pression absolue au point le plus haut de la conduite, telle que :

$$H_0 = H_g + 10 \dots\dots\dots(VI.5)$$

Avec :

- H_g : Hauteur géométrique de refoulement,
- 10 : Pression atmosphérique,
- H₀ : Pression absolue de la conduite.

➤ **2^{eme} Cas : Fermeture lente**

La fermeture lente est caractérisée par un temps T tel que : (T > 2 L/a).

La valeur maximale du coup de bélier sera calculée par la formule de MICHAUD :

➤**La valeur maximale du coup de bélier est :**

$$B = \frac{a \times V_0}{D} \dots\dots\dots(VI.6)$$

Avec :

- V_0 : Valeur de l'eau dans la conduite en régime permanent initial (m /s).
- g : accélération de la pesanteur (m / s²).
- B : valeur du coup de bélier (m).
- D : Diamètre intérieur de la conduite (mm) (Annexe (6)),

VI.6. Calcul des valeurs du coup de bélier pour les tronçons (SC_R)

Tableau VI.1 : caractéristique de la conduite

Tronçon	Caractéristique de la conduite									
	D	e	V_0	Hg	h_0	a	B	Hs	Hd	PN
SC_RS	277,6	28,7	1.52	65	75	339,34	1,86	76,86	73,14	160

Remarque :

D'après les résultantes obtenues on n'a pas besoin de déterminer l'anti bélier par ce que on n'a pas de risque du phénomène du coup de bélier

($B < PN$).

($H_d < PN$).

($H_s < PN$).

VI.7 Conclusion

À travers ce chapitre nous avons vu comment fais la description physique du phénomène du coup de bélier et nous avons vu comment calculer la surpression, la dépression et comment faire le dimensionnement du réservoir d'air.

CHAPITRE 7 :

Réseau

De

Distribution

VII.1. Introduction

L'eau stockée dans le réservoir, doit être distribuée à l'aide des canalisations sur lesquelles des branchements seront piqués en vue de satisfaire les consommateurs, toutefois, une étude préliminaire doit être faite afin d'attribuer un diamètre adéquat à la canalisation, permettant d'assurer le débit maximal à tous les besoins (domestiques, industriels, touristique, militaire etc....).

VII.2. Classification des réseaux

On distingue trois types de réseaux :

- Réseau ramifié.
- Réseau étagé.
- Réseau maillé.
- Réseau mixte[9].

V .2.1 Réseau ramifiés

Le réseau ramifié est constitué par une conduite principale et des conduites secondaires (branches) branchées tout le long de la conduite principale : c'est un réseau arborescent. c'est un réseau qui n'assure aucune distribution du retour, il suffit qu'une panne se produise sur la conduite principale et que toute la population à l'aval sera privée d'eau[9].

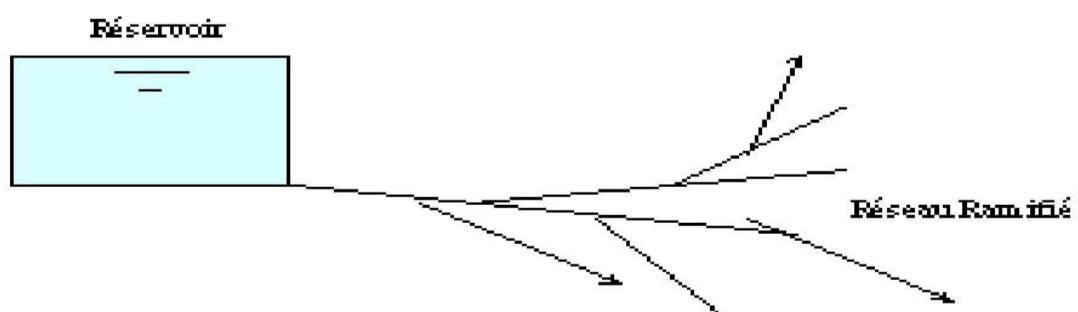


Figure VII.1. Réseau ramifié

VII.2.2 Réseau maillé

Un réseau maillé est constitué d'une série de tronçons disposés de telle manière qu'il soit possible de décrire une ou plusieurs boucles fermées en suivant son tracé, contrairement aux réseaux ramifiés ; le réseau maillé assure une distribution de retour en cas de panne d'un tronçon. [9], Ils sont utilisés généralement dans les zones urbanisées et tendent à se généraliser dans les agglomérations rurales, sous forme associée à des réseaux ramifiés (limitation de nombres de mailles en conservant certaines ramifications).

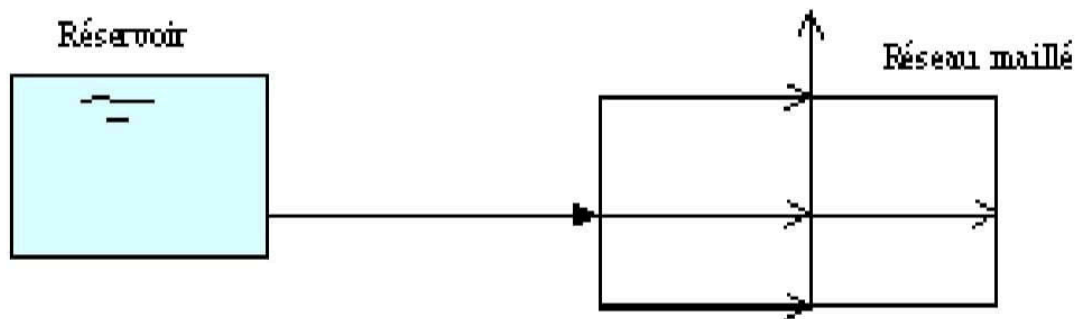


Figure VII.2. Réseau maillé

VII.2.3. Réseau mixte

Ce sont des réseaux constitués d'une partie ramifiée et d'une autre maillée, il est utilisé pour des agglomérations présentant des endroits plats et d'autres accidentés et c'est le cas de notre réseau.

VII.2.4. Réseau étage

Le réseau étagé est caractérisé par des différences de niveau très importantes, ce qui fait que la distribution de l'eau par le réservoir donne des fortes pressions aux points les plus bas (normes de pressions ne sont pas respectées).

En effet, ce système nécessite l'installation d'un réservoir intermédiaire, alimenté par le premier qui permet de régulariser la pression dans le réseau.

VII.3 Choix du type des conduites

Le réseau sera réalisé avec des conduites en PEHD, pour les avantages dont elles disposent :
Facilité de pose.

- Longue durée de vie.
- Rugosité très faible.
- Répond parfaitement aux normes de potabilité
- Résiste à l'entartage et à la corrosion interne et externe.
- Bonne résistance aux hautes températures. [5]

VII.4. Équipements du réseau de distribution

VII.4.1. Type de canalisation

Le réseau de distribution sera constitué d'un assemblage de tuyaux en PEHD, les diamètres utilisés varient entre 23mm et 315mm.

VII.4.2. Appareils et accessoires du réseau

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

VII.4.2.1. Robinets vannes

Ils sont placés au niveau de chaque nœud, et permettent l'isolement des différents tronçons du réseau lors d'une réparation sur l'un d'entre eux, ils permettent aussi le réglage des débits, leur manœuvre s'effectue à partir du sol au moyen d'une clé dite « béquille », celle-ci est introduite dans une bouche à clé placée sur le trottoir (facilement accessible).

VII.4.2.2. Bouches ou poteau d'incendie

Les bouches ou les poteaux d'incendie doivent être raccordés sur les conduites capables d'assurer un débit minimum 17(l/s) avec une pression de 10 m (1 bar), ces derniers seront installés en bordure des trottoirs espacés de 50 à 200 m et répartis suivant l'importance des risques imprévus.

VII.4.2.3. Clapets

Les clapets ont un rôle d'empêcher l'eau en sens contraire de l'écoulement prévu.

VII.4.2.4. Ventouses

Les ventouses sont des organes qui sont placés aux points le plus hauts du réseau pour réduire la formation du vide dans les installations hydrauliques. Elles permettent de chasser et pénétrer l'air dans la conduite ainsi que la limitation de la dépression.

VII.4.2.5. Robinets de vidange

Ce sont des robinets placés aux points les plus bas du réseau de distribution pour permettre la vidange de la conduite. Ces robinets seront posés à l'intérieur d'un regard en maçonnerie.

VII.4.2.6. Bouche d'arrosage

Ce sont des bouches situées aux alentours des jardins.

VII.4.2.7. Pièces spéciales de raccord

a) les Tés : ils utilisés au niveau d'un réseau pour soutirer ou ajouter un débit.

b) les coudes : ils sont utilisés pour le changement de direction.

c) les cônes:ils sont utilisés pour raccorder deux conduites de diamètres différents.

d) les croix de jonction: ils sont utilisés au niveau des nœuds pour le croisement des deux conduites perpendiculaires.

e) les manchons : ce sont des morceaux de 25 à 50 cm, qui sont utilisés pour le raccordement des accessoires et appareillages. [9]

f) Les compteurs :

Le réseau de distribution nécessite l'emplacement des compteurs qui seront installés en des points adéquats, et servent à l'évaluation du rendement du réseau de distribution et le contrôle de la consommation.

IV.4.2.8 les raccords

Le tableau ci-dessous indique le fonctionnement de chaque raccord.

Tableau VII.1 : Tableau des raccords

Nom du raccord	Fonction
Coudes	Changement de direction
Cône de réduction	Diminution de diamètre
Manchon	Assemblage en ligne de 02 éléments cylindrique
Té	Raccordement à l'équerre d'une conduite à une autre
Boue d'extrémité ou bride d'extrémité	Permet à l'extrémité d'une conduite de changer de type d'assemblage

VII.5 Réseau à adopter

VII.5.1 Schéma du réseau

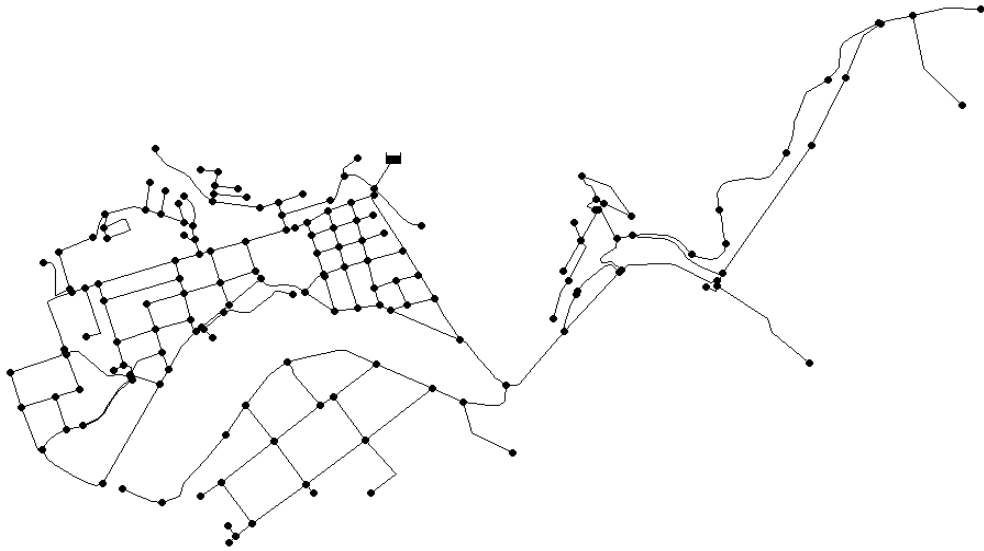


Figure VII.3 : Schéma du notre réseau de distribution.

VII.6. Calcul hydraulique du réseau de distribution

La détermination des débits dans un réseau s'effectue selon les étapes suivantes :

- Déterminer la longueur de chaque tronçon ;
- Déterminer le débit spécifique en considérant les débits en route ;
- Calculer les débits en route pendant l'heure de pointe ;
- Déterminer les débits supposés concentrer aux nœuds.

VII.6.1. Déterminer le débit du réseau

VII.6.1.1. Débit spécifique

On admet l'hypothèse que la consommation domestique est répartie régulièrement sur toute la longueur du réseau, on utilise donc la notion de débit spécifique en l/s/m². Ce débit se calcule comme suit :

$$Q_{sp} = \frac{Q_{max} \times h}{\sum L} \quad (VII.1)$$

Avec :

- $Q_{max} \times h$: Débit maximum horaire (l/s).
- $\sum L$: Somme des longueurs (m).

VII.6.1.2. Débit en route

Le débit en route de chaque tronçon est le produit de sa longueur par le débit spécifique, il est donné par la formule suivante :

$$Q_r = Q_{sp} \times L_i \quad (VII.2)$$

Avec :

- Q_r : Débit en route l/s.
- Q_{sp} : Débit spécifique l/s/ml.
- L_i : Longueur du tronçon concerné (m).

VII.6.1.3. Le débit en nœud

Le débit de chaque nœud est donné par la formule suivante :

$$Q_n = \frac{\sum Q_r}{2} \text{ (VII.3)}$$

Avec :

- Q_n : débit au nœud considéré l/s.
- $\sum Q_r$: la somme des débits de route qui arrivent à ce nœud l/s

VII.6.2. Calcul des pressions de service du réseau

Il faut que le réseau assure une pression minimale en tous points de la surface à alimenter, en pratique la fourchette de pressions à assurer est entre 10 à 60 m de colonnes d'eau, soit 1 à 6 bar.

$$P_{si} = C_{pi} - C_{ri} \quad \text{(VII.4)}$$

Avec :

- P_{si} : Pression au sol au point i(m).
- C_{pi} : Cote piézométrique au point i(m).
- C_{ri} : Cote de terrain au pont(m).

VII.7. Dimensionnement du réseau

- $Q_{max}h = 512.57 \text{ m}^3/\text{h} \text{ -----} > Q_{max}h = 142,38 \text{ l/s}$

$$\sum L = 20068,75\text{m}$$

D'après la relation (VII.1) on détermine le débit spécifique.

$$Q_{sp} = 0,0070 \text{ l/s}$$

D'après la relation (VII.2) on détermine le débit de route pour chaque tronçon.

Les résultats sont donnés dans le tableau (VII.2) ci-dessous.

Tableau VII.2 : Les Tuyaux et Les débits de route

conduite	Longueur (m)	Qp (L/s)	Qr (L/s)
Tuyau p2	44,88	0,0070	0,31416
Tuyau p3	126,3	0,0070	0,8841
Tuyau p4	49,31	0,0070	0,34517
Tuyau p7	206,6	0,0070	1,4462
Tuyau p8	93,9	0,0070	0,6573
Tuyau p10	35,4	0,0070	0,2478
Tuyau p11	39,5	0,0070	0,2765
Tuyau p12	51,12	0,0070	0,35784
Tuyau p13	87,44	0,0070	0,61208
Tuyau p15	82,86	0,0070	0,58002
Tuyau p17	59,15	0,0070	0,41405
Tuyau p18	86,95	0,0070	0,60865
Tuyau p19	210,9	0,0070	1,4763
Tuyau p20	67,92	0,0070	0,47544
Tuyau p21	134,1	0,0070	0,9387
Tuyau p22	35,96	0,0070	0,25172
Tuyau p23	22,45	0,0070	0,15715
Tuyau p24	21,73	0,0070	0,15211
Tuyau p25	124,2	0,0070	0,8694
Tuyau p26	50,69	0,0070	0,35483
Tuyau p27	37,18	0,0070	0,26026
Tuyau p28	41,4	0,0070	0,2898
Tuyau p29	33,72	0,0070	0,23604

Tuyau p30	175,2	0,0070	1,2264
Tuyau p33	143,2	0,0070	1,0024
Tuyau p34	30,08	0,0070	0,21056
Tuyau p35	144,6	0,0070	1,0122
Tuyau p36	145,5	0,0070	1,0185
Tuyau p37	159,8	0,0070	1,1186
Tuyau p38	243,6	0,0070	1,7052
Tuyau p39	72,48	0,0070	0,50736
Tuyau p40	45,48	0,0070	0,31836
Tuyau p41	72	0,0070	0,504
Tuyau p42	57,19	0,0070	0,40033
Tuyau p45	58,04	0,0070	0,40628
Tuyau p48	60,7	0,0070	0,4249
Tuyau p51	60,04	0,0070	0,42028
Tuyau p52	98,18	0,0070	0,68726
Tuyau p53	198,8	0,0070	1,3916
Tuyau p54	32,08	0,0070	0,22456
Tuyau p55	55,91	0,0070	0,39137
Tuyau p56	94,09	0,0070	0,65863
Tuyau p57	72,15	0,0070	0,50505
Tuyau p58	59,53	0,0070	0,41671
Tuyau p59	51,41	0,0070	0,35987
Tuyau p60	35,72	0,0070	0,25004
Tuyau p69	129,7	0,0070	0,9079
Tuyau p70	325,7	0,0070	2,2799
Tuyau p71	36,66	0,0070	0,25662

Tuyau p72	35,72	0,0070	0,25004
Tuyau p73	209,6	0,0070	1,4672
Tuyau p74	66,8	0,0070	0,4676
Tuyau p75	29,53	0,0070	0,20671
Tuyau p76	94,89	0,0070	0,66423
Tuyau p77	109,7	0,0070	0,7679
Tuyau p78	24,24	0,0070	0,16968
Tuyau p79	35,17	0,0070	0,24619
Tuyau p80	61,17	0,0070	0,42819
Tuyau p81	62,61	0,0070	0,43827
Tuyau p82	63,35	0,0070	0,44345
Tuyau p83	17,18	0,0070	0,12026
Tuyau p84	93,45	0,0070	0,65415
Tuyau p85	114	0,0070	0,798
Tuyau p86	175	0,0070	1,225
Tuyau p90	39,74	0,0070	0,27818
Tuyau p91	14,84	0,0070	0,10388
Tuyau p92	41,87	0,0070	0,29309
Tuyau p93	270,1	0,0070	1,8907
Tuyau p94	25,91	0,0070	0,18137
Tuyau p95	144,5	0,0070	1,0115
Tuyau p96	106,2	0,0070	0,7434
Tuyau p97	219	0,0070	1,533
Tuyau p98	214,1	0,0070	1,4987
Tuyau p99	9,965	0,0070	0,069755
Tuyau p100	92,88	0,0070	0,65016

Tuyau p101	52,68	0,0070	0,36876
Tuyau p103	22,06	0,0070	0,15442
Tuyau p104	21,06	0,0070	0,14742
Tuyau p105	112,2	0,0070	0,7854
Tuyau p106	123,9	0,0070	0,8673
Tuyau p108	162,8	0,0070	1,1396
Tuyau p111	238	0,0070	1,666
Tuyau p115	86,8	0,0070	0,6076
Tuyau p116	75,05	0,0070	0,52535
Tuyau p117	150,6	0,0070	1,0542
Tuyau p118	204,9	0,0070	1,4343
Tuyau p123	194,1	0,0070	1,3587
Tuyau p124	86,9	0,0070	0,6083
Tuyau p125	228,6	0,0070	1,6002
Tuyau p126	92,99	0,0070	0,65093
Tuyau p128	30,34	0,0070	0,21238
Tuyau p130	41,85	0,0070	0,29295
Tuyau p134	126,9	0,0070	0,8883
Tuyau p135	41,32	0,0070	0,28924
Tuyau p136	110,7	0,0070	0,7749
Tuyau p137	255,9	0,0070	1,7913
Tuyau p138	25,13	0,0070	0,17591
Tuyau p139	28,72	0,0070	0,20104
Tuyau p140	39,89	0,0070	0,27923
Tuyau p141	204,7	0,0070	1,4329
Tuyau p142	114,2	0,0070	0,7994

Tuyau p143	74,93	0,0070	0,52451
Tuyau p146	277,4	0,0070	1,9418
Tuyau p147	67,31	0,0070	0,4717
Tuyau p148	80,3	0,0070	0,5621
Tuyau p152	54,32	0,0070	0,38024
Tuyau p155	95,29	0,0070	0,66703
Tuyau p156	122,3	0,0070	0,8561
Tuyau p157	143,8	0,0070	1,0066
Tuyau p159	89,23	0,0070	0,62461
Tuyau p161	60,56	0,0070	0,42392
Tuyau p163	78,09	0,0070	0,54663
Tuyau p164	155	0,0070	1,085
Tuyau p165	172,4	0,0070	1,2089
Tuyau p166	97,96	0,0070	0,68572
Tuyau p168	41,87	0,0070	0,29309
Tuyau p169	19,56	0,0070	0,13692
Tuyau p170	68,97	0,0070	0,48279
Tuyau p171	31,67	0,0070	0,22169
Tuyau p172	9,244	0,0070	0,064708
Tuyau p173	46,03	0,0070	0,32221
Tuyau p174	153,4	0,0070	1,0738
Tuyau p175	4,987	0,0070	0,034909
Tuyau p177	49,24	0,0070	0,34468
Tuyau p178	73,86	0,0070	0,51702
Tuyau p179	65,97	0,0070	0,46179
Tuyau p180	52,55	0,0070	0,36785

Tuyau p181	89,12	0,0070	0,62384
Tuyau p182	9,358	0,0070	0,065506
Tuyau p183	105,3	0,0070	0,7371
Tuyau p184	108,3	0,0070	0,7581
Tuyau p185	42,12	0,0070	0,29484
Tuyau p186	63,8	0,0070	0,4466
Tuyau p187	25,7	0,0070	0,1799
Tuyau p188	38,79	0,0070	0,27153
Tuyau p189	33,39	0,0070	0,23373
Tuyau p190	40,61	0,0070	0,28427
Tuyau p191	184,1	0,0070	1,2887
Tuyau p194	82,63	0,0070	0,57841
Tuyau p195	65,54	0,0070	0,45878
Tuyau p196	108,1	0,0070	0,7567
Tuyau p210	78,15	0,0070	0,54705
Tuyau p215	265,5	0,0070	1,8585
Tuyau p222	287,5	0,0070	2,0125
Tuyau 2	47,63	0,0070	0,33341
Tuyau 3	46,24	0,0070	0,32368
Tuyau 4	61,69	0,0070	0,43183
Tuyau 5	53,59	0,0070	0,37513
Tuyau 6	61	0,0070	0,427
Tuyau 7	61,62	0,0070	0,43134
Tuyau 8	53,05	0,0070	0,37135
Tuyau 9	52,16	0,0070	0,36512
Tuyau 10	61,14	0,0070	0,42798

Tuyau 11	94,97	0,0070	0,66479
Tuyau 12	58,78	0,0070	0,41146
Tuyau 13	55,92	0,0070	0,39144
Tuyau 14	113,89	0,0070	0,79723
Tuyau 15	51,17	0,0070	0,35819
Tuyau 16	59,48	0,0070	0,41636
Tuyau 17	72,98	0,0070	0,51086
Tuyau 18	24,87	0,0070	0,17409
Tuyau 19	104,16	0,0070	0,72912
Tuyau 20	63,77	0,0070	0,44639
Tuyau 21	91,4	0,0070	0,6398
Tuyau 22	103,95	0,0070	0,72765
Tuyau 23	100,65	0,0070	0,70455
Tuyau 24	74,6	0,0070	0,5222
Tuyau 25	93,24	0,0070	0,65268
Tuyau 27	66,14	0,0070	0,46298
Tuyau 29	118	0,0070	0,826
Tuyau 31	52,1	0,0070	0,3647
Tuyau 32	195,02	0,0070	1,36514
Tuyau 33	293,28	0,0070	2,05296
Tuyau 35	92,6	0,0070	0,6482
Tuyau 36	160	0,0070	1,12
Tuyau 37	216,94	0,0070	1,51858
Tuyau 38	195,75	0,0070	1,37025
Tuyau 39	160	0,0070	1,12
Tuyau 40	170	0,0070	1,19

Tuyau 42	98,1	0,0070	0,6867
Tuyau 43	91,4	0,0070	0,6398
Tuyau 44	48,07	0,0070	0,33649
Tuyau 45	170	0,0070	1,19
Tuyau 46	300	0,0070	2,1
Tuyau 47	150	0,0070	1,05
Tuyau 48	93	0,0070	0,651
Tuyau 50	168,7	0,0070	1,1809
Tuyau 51	117,57	0,0070	0,82299
Tuyau 26	196,03	0,0070	1,37221
Tuyau 28	425,23	0,0070	2,97661
Tuyau 49	133,5	0,0070	0,9345
Tuyau 52	64,8	0,0070	0,4536
Tuyau 53	133,24	0,0070	0,93268
Tuyau 54	98,46	0,0070	0,68922
Tuyau 55	129,97	0,0070	0,90979
Tuyau 56	159,15	0,0070	1,11405
Tuyau 57	106,64	0,0070	0,74648
Tuyau 58	175,4	0,0070	1,2278
Tuyau 59	141,18	0,0070	0,98826
Tuyau 60	97,3	0,0070	0,6811
Tuyau 61	18	0,0070	0,126
Tuyau 1	111,68	0,0070	0,78176

Tableau VII.3 :Débits aux nœuds

Nœud	ID conduite	Qr	Qn
Nœud 2	Conduite 1	0,78176	1,272985
	Conduite P108	1,1396	
	Conduite P159	0,62461	
Nœud 3	conduite P108	1,1396	0,5698
Nœud4	conduite P83	0,12026	1,421805
	conduite P82	0,44345	
	conduite P70	2,2799	
Nœud5	conduite P82	0,44345	0,628425
	conduite P81	0,43827	
	conduite 5	0,37513	
Nœud6	conduite P81	0,43827	0,599935
	conduite P80	0,42819	
	conduite 2	0,33341	
Nœud7	conduite P80	0,42819	0,46221
	conduite P79	0,24619	
	conduite P60	0,25004	
Nœud8	conduite P60	0,25004	0,515095
	conduite P51	0,42028	
	conduite P59	0,35987	
Nœud9	conduite P51	0,42028	0,778435
	conduite 2	0,33341	
	conduite 8	0,37135	
	conduite 4	0,43183	

Nœud10	conduite	4	0,32079	0,555
	conduite	5	0,27867	
	conduite	3	0,24045	
	conduite	9	0,27123	
Nœud11	conduite	3	0,24045	0,120
Nœud12	conduite	P59	0,267332	0,446
	conduite	P48	0,31564	
	conduite	P58	0,309556	
Nœud13	conduite	8	0,27586	0,607
	conduite	6	0,3172	
	conduite	P48	0,31564	
	conduite	12	0,30566	
Nœud14	conduite	9	0,27123	0,599
	conduite	6	0,3172	
	conduite	7	0,32042	
	conduite	13	0,29078	
Nœud15	conduite	7	0,32042	0,160
Nœud16	conduite	p58	0,309556	0,493
	conduite	p45	0,301808	
	conduite	p57	0,37518	
Nœud17	Conduite	12	0,30566	0,758
	Conduite	10	0,31793	
	Conduite	14	0,59223	
	Conduite	P45	0,301808	
Nœud18	Conduite 13		0,29078	0,741
	Conduite 10		0,31793	

	Conduite 17	0,3795	
	Conduite 11	0,49384	
Nœud19	Conduite 11	0,49384	0,246
Nœud20	Conduite p57	0,37518	0,760
	Conduite p56	0,489268	
	Conduite p134	0,65988	
Nœud21	Conduite p56	0,489268	0,707
	Conduite p52	0,510536	
	Conduite p161	0,31491	
Nœud22	Conduite p52	0,510536	0,255
Nœud23	Conduite p161	0,31491	0,598
	Conduite 14	0,59223	
	Conduite p55	0,290732	
Nœud24	Conduite p55	0,290732	0,361
	Conduite 15	0,26608	
	Conduite p54	0,166816	
Nœud25	Conduite 15	0,26608	0,477
	Conduite 16	0,3093	
	Conduite 17	0,3795	
Nœud26	Conduite p42	0,297388	0,490
	Conduite 16	0,3093	
	Conduite p41	0,3744	
Nœud27	Conduite p42	0,297388	0,148
Nœud28	Conduite p54	0,166816	0,718
	Conduite p40	0,236496	
	Conduite p53	1,03376	

Nœud29	Conduite p40	0,236496	0,493
	Conduite p41	0,3744	
	Conduite p39	0,376896	
Nœud30	Conduite p39	0,376896	1,372
	Conduite p70	1,69364	
	Conduite p69	0,67444	
Nœud31	Conduite p69	0,67444	1,302
	Conduite p53	1,03376	
	Conduite p165	0,89648	
Nœud32	Conduite p147	0,35001	0,615
	Conduite p159	0,464	
	Conduite p148	0,41756	
Nœud33	Conduite p147	0,35001	0,175
Nœud34	Conduite p148	0,41756	0,411
	Conduite p21	0,40638	
Nœud35	Conduite p27	0,193336	0,408
	Conduite p28	0,21528	
	Conduite p21	0,40638	
Nœud36	Conduite p26	0,263588	0,228
	Conduite p27	0,193336	
Nœud37	Conduite p20	0,353184	0,176
Nœud38	Conduite p26	0,263588	0,454
	Conduite p25	0,64584	
Nœud39	Conduite p25	0,64584	0,927
	Conduite p19	1,09668	
	Conduite p24	0,112996	

Nœud40	Conduite p24	0,112996	0,340
	Conduite p18	0,45214	
	Conduite p23	0,11674	
Nœud41	Conduite p18	0,45214	0,226
Nœud42	Conduite p23	0,11674	0,305
	Conduite p17	0,30758	
	Conduite p22	0,186992	
Nœud43	Conduite p17	0,30758	0,153
Nœud44	Conduite p22	0,186992	0,213
	Conduite p173	0,23936	
Nœud45	Conduite p173	0,23936	0,119
Nœud46	Conduite p19	1,09668	0,548
Nœud47	Conduite p79	0,182884	0,154
	Conduite p78	0,126048	
Nœud48	Conduite p78	0,126048	0,455
	Conduite p28	0,21528	
	Conduite p77	0,57044	
Nœud49	Conduite p15	0,430872	0,747
	Conduite p76	0,493428	
	Conduite p77	0,57044	
Nœud50	Conduite p15	0,430872	0,517
	Conduite 21	0,47528	
	Conduite 18	0,12932	
Nœud51	Conduite 18	0,12932	0,665
	Conduite p134	0,65988	
	Conduite 19	0,54163	

Nœud52	Conduite 19	0,54163	0,680
	Conduite 20	0,3316	
	Conduite p8	0,48828	
Nœud 53	Conduite 20	0,3316	0,892
	Conduite 23	0,52338	
	Conduite p13	0,454688	
	Conduite 21	0,47528	
Nœud54	Conduite p13	0,454688	0,550
	Conduite p75	0,153556	
	Conduite p76	0,493428	
Nœud55	Conduite p190	0,21117	0,356
	Conduite p75	0,153556	
	Conduite p74	0,34736	
Nœud56	Conduite p73	1,08992	0,851
	Conduite p74	0,34736	
	Conduite p12	0,265824	
Nœud57	Conduite p12	0,265824	0,768
	Conduite p7	1,07432	
	Conduite p11	0,2054	
Nœud58	Conduite p11	0,2054	0,829
	Conduite 22	0,54054	
	Conduite p143	0,38964	
	Conduite 23	0,52338	
Nœud59	Conduite p10	0,18408	0,529
	Conduite 25	0,48485	
	Conduite p143	0,38964	

Nœud60	Conduite p3	0,65676	0,942
	Conduite p10	0,18408	
	Conduite p169	0,10171	
Nœud61	Conduite p169	0,10171	0,319
	Conduite p8	0,48828	
	Conduite p172	0,04807	
Nœud62	Conduite p170	0,35864	0,285
	Conduite p171	0,16468	
	Conduite p172	0,04807	
Nœud63	Conduite p171	0,16468	0,082
Nœud64	Conduite p170	0,35864	0,711
	Conduite p141	1,06444	
Nœud65	Conduite p141	1,06444	0,532
Nœud66	Conduite 23	0,52338	0,4556
	Conduite 24	0,38792	
Nœud67	Conduite 24	0,38792	0,884
	Conduite 25	0,48485	
	Conduite p195	0,34081	
	Conduite 57	0,55453	
Nœud68	Conduite p195	0,34081	0,579
	Conduite p4	0,256412	
	Conduite p196	0,56212	
Nœud69	Conduite p3	0,65676	0,573
	Conduite p4	0,256412	
	Conduite p2	0,233376	
	Conduite p196	0,56212	

Nœud71	Conduite p130	0,21762	0,605
	Conduite p194	0,42968	
Nœud72	Conduite p128	0,15777	0,187
	Conduite p130	0,21762	
Nœud73	Conduite p128	0,15777	0,078
Nœud74	Conduite p142	0,59384	0,746
	Conduite 57	0,55453	
	Conduite 27	0,34393	
Nœud75	Conduite p7	1,07432	0,962
	Conduite p142	0,59384	
	Conduite p177	0,25605	
Nœud76	Conduite p177	0,25605	0,766
	Conduite p73	1,08992	
	Conduite p72	0,185744	
Nœud77	Conduite p72	0,185744	0,534
	Conduite p71	0,190632	
	Conduite 53	0,69285	
Nœud78	Conduite 53	0,69285	0,346
Nœud79	Conduite p118	1,06548	0,652
	Conduite p182	0,04866	
	Conduite p71	0,190632	
Nœud80	Conduite p117	0,78312	0,689
	Conduite p182	0,04866	
	Conduite p183	0,54756	
Nœud81	Conduite p117	0,78312	0,391
Nœud82	Conduite p183	0,54756	0,528

	Conduite p166	0,50939	
Nœud83	Conduite p116	0,39026	0,449
	Conduite p166	0,50939	
Nœud84	Conduite p140	0,20743	0,580
	Conduite p116	0,39026	
	Conduite p184	0,56316	
Nœud85	Conduite p140	0,20743	0,485
	Conduite 29	0,6136	
	Conduite p139	0,14934	
Nœud86	Conduite p139	0,14934	0,381
	Conduite 29	0,6136	
Nœud87	Conduite p184	0,56316	0,583
	Conduite p185	0,21902	
	Conduite p178	0,38407	
Nœud88	Conduite p178	0,38407	0,192
Nœud89	Conduite p185	0,21902	0,447
	Conduite p186	0,33176	
	Conduite p179	0,34304	
Nœud90	Conduite p179	0,34304	0,171
Nœud91	Conduite p186	0,33176	0,369
	Conduite p187	0,13364	
	Conduite p180	0,27326	
Nœud92	Conduite p180	0,27326	0,136
Nœud93	Conduite p187	0,13364	0,399
	Conduite p188	0,20171	
	Conduite p181	0,46342	

Nœud94	Conduite p181	0,46342	0,231
Nœud95	Conduite p188	0,20171	0,293
	Conduite p189	0,17363	
	Conduite p190	0,21117	
Nœud96	Conduite p189	0,17363	0,086
Nœud97	Conduite 56	0,82758	1,108
	Conduite 61	0,324	
	Conduite p118	1,06548	
Nœud98	Conduite 61	0,324	0,922
	Conduite 32	1,0141	
	Conduite 60	0,50596	
Nœud99	Conduite 32	1,0141	0,998
	Conduite p175	0,02593	
	Conduite p191	0,95732	
Nœud100	Conduite p191	0,95732	0,478
Nœud101	Conduite p125	1,18872	0,607
	Conduite p175	0,02593	
Nœud102	Conduite p194	0,42968	1,094
	Conduite p2	0,233376	
	Conduite 33	1,52506	
Nœud103	Conduite p123	1,00932	1,267
	Conduite 33	1,52506	
Nœud104	Conduite 55	0,67584	1,068
	Conduite p123	1,00932	
	Conduite p124	0,45188	
Nœud105	Conduite p124	0,45188	

	Conduite p125	1,18872	1,062
	Conduite p126	0,48355	
Nœud106	Conduite p126	0,48355	0,617
	Conduite 35	0,48152	
	Conduite 31	0,27092	
Nœud107	Conduite 31	0,27092	0,388
	Conduite 60	0,50596	
Nœud108	Conduite 35	0,48152	0,834
	Conduite 54	0,51199	
	Conduite 55	0,67584	
Nœud109	Conduite 54	0,51199	0,669
	Conduite 56	0,82758	
Nœud110	Conduite p164	0,806	1,42
	Conduite p165	0,89648	
	Conduite p97	1,1388	
Nœud111	Conduite p164	0,806	1,04
	Conduite p115	0,45136	
	Conduite 36	0,832	
Nœud112	Conduite 36	0,832	0,416
Nœud113	Conduite p115	0,45136	1,205
	Conduite 39	0,832	
	Conduite 37	1,12809	
Nœud114	Conduite 37	1,12809	1,888
	Conduite 40	0,884	
	Conduite 38	1,0179	
	Conduite p157	0,74776	

Nœud115	Conduite 40	0,884	0,442
Nœud116	Conduite 38	1,0179	1,418
	Conduite p35	0,75192	
	Conduite p30	0,91104	
	Conduite p34	0,156416	
Nœud117	Conduite p34	0,156416	0,078
Nœud118	Conduite p30	0,91104	0,963
	Conduite 59	0,73414	
	Conduite p152	0,28246	
Nœud119	Conduite p152	0,28246	0,294
	Conduite p29	0,175344	
	Conduite p138	0,13068	
Nœud120	Conduite p29	0,175344	0,087
Nœud121	Conduite p138	0,13068	0,065
Nœud122	Conduite p135	0,21486	0,39
Nœud123	Conduite 59	0,73414	0,930
	Conduite 58	0,91208	
	Conduite p135	0,21486	
Nœud124	Conduite 58	0,91208	1,548
	Conduite p156	0,63596	
	Conduite p174	0,79768	
	Conduite p35	0,75192	
Nœud125	Conduite p174	0,79768	0,886
	Conduite p36	0,7566	
	Conduite p168	0,21772	
Nœud126	Conduite p157	0,74776	

	Conduite p168	0,21772	0,855
	Conduite p33	0,74464	
Nœud127	Conduite p33	0,74464	1,421
	Conduite p38	1,26672	
	Conduite 39	0,832	
Nœud128	Conduite p37	0,83096	1,427
	Conduite p36	0,7566	
	Conduite p38	1,26672	
Nœud129	Conduite p155	0,49551	0,981
	Conduite p37	0,83096	
	Conduite p156	0,63596	
Nœud130	Conduite p155	0,49551	0,913
	Conduite p137	1,33068	
Nœud131	Conduite p136	0,57564	0,953
	Conduite p137	1,33068	
Nœud132	Conduite p136	0,57564	0,287
Nœud133	Conduite p97	1,1388	1,126
	Conduite p98	1,11332	
Nœud134	Conduite p96	0,55224	0,276
Nœud135	Conduite p95	0,7514	0,958
	Conduite p98	1,11332	
	Conduite p99	0,051818	
Nœud136	Conduite p95	0,7514	0,375
Nœud137	Conduite p99	0,051818	1,063
	Conduite p215	1,3806	

	Conduite 49	0,6942	
Nœud138	Conduite 49	0,6942	0,697
	Conduite p92	0,217724	
	Conduite p100	0,482976	
Nœud139	Conduite p100	0,482976	0,536
	Conduite 43	0,47528	
	Conduite p103	0,114712	
Nœud140	Conduite 43	0,47528	0,939
	Conduite 44	0,24996	
	Conduite p106	0,64428	
	Conduite 42	0,51012	
Nœud141	Conduite 44	0,24996	0,12498
Nœud142	Conduite 42	0,51012	0,255
Nœud143	Conduite p106	0,64428	0,613
	Conduite p105	0,58344	
Nœud144	Conduite p105	0,58344	0,291
Nœud145	Conduite p103	0,114712	0,315
	Conduite p163	0,40607	
	Conduite p104	0,10951	
Nœud146	Conduite p163	0,40607	0,645
	Conduite 45	0,884	
Nœud147	Conduite p210	0,40638	0,645
	Conduite 45	0,884	
Nœud148	Conduite p210	0,40638	0,394
	Conduite p101	0,273936	
	Conduite p104	0,10951	

Nœud149	Conduite p101	0,273936	0,136
Nœud150	Conduite p215	1,3806	0,796
	Conduite p94	0,134732	
	Conduite p91	0,077168	
Nœud151	Conduite p90	0,206648	0,922
	Conduite p91	0,077168	
	Conduite 46	1,56	
Nœud152	Conduite p90	0,206648	0,103
Nœud153	Conduite 46	1,56	0,78
Nœud154	Conduite p94	0,134732	1,875
	Conduite p93	1,40452	
	Conduite 28	2,2112	
Nœud155	Conduite p92	0,217724	1,266
	Conduite p93	1,40452	
	Conduite p86	0,91	
Nœud156	Conduite p85	0,5928	0,751
	Conduite p86	0,91	
Nœud157	Conduite p85	0,5928	0,539
	Conduite p84	0,48594	
Nœud158	Conduite p84	0,48594	0,964
	Conduite p146	1,44248	
Nœud159	Conduite p146	1,44248	1,34
	Conduite p111	1,2376	
Nœud160	Conduite p111	1,2376	1,008
	Conduite 47	0,78	
Nœud161	Conduite 47	0,78	0,8002

	Conduite 48	0,4836	
	Conduite 52	0,33696	
Nœud162	Conduite 48	0,4836	1,428
	Conduite p222	1,495	
	Conduite 50	0,87724	
Nœud163	Conduite p222	1,495	0,747
Nœud164	Conduite 50	0,87724	0,438
Nœud165	Conduite 52	0,33696	0,474
	Conduite 51	0,61136	
Nœud166	Conduite 51	0,61136	0,815
	Conduite 26	1,01936	
Nœud167	Conduite 26	1,01936	1,615
	Conduite 28	2,2112	

VII.8. Configuration et simulation du réseau hydraulique

VII.8.1. Présentation d'EPANET

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Un réseau est un ensemble 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.

VII.8.2. Utilisation d'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 d'un réseau enregistré dans un fichier au format texte ;
- 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.

VII.8.3. Modélisation du réseau

EPANET modélise un système de distribution d'eau comme un ensemble d'arcs reliés à des nœuds, les arcs représentent des tuyaux, des pompes, et des vannes de contrôle. Les nœuds représentent des nœuds de demande, des réservoirs et des baches, dans le présent projet, la modélisation a été faite en introduisant les différentes données du réseau.

- **Au niveau des nœuds**
 - L'altitude du nœud par rapport à un plan de référence;
 - La demande en eau (débit prélevé sur le réseau).
- **Au niveau des arcs**
 - Les nœuds initiaux et finals ;
 - Le diamètre;
 - La longueur;
 - Le coefficient de rugosité (pour déterminer la perte de charge).
- **Au niveau de réservoir**
 - L'altitude du radier;
 - Le diamètre ;
 - Le niveau initial, minimal et maximal d'eau.

VII.8.4. Simulation du réseau

Après la saisie des informations du réseau, la simulation peut être lancée dans cette étape, et grâce à son moteur de calcul, le logiciel analyse le comportement du réseau dans les conditions requises et détermine les différentes grandeurs hydrauliques (vitesse, débit, pression et charge) un instant donné, ce qui implique de résoudre simultanément les équilibres de masse dans les nœuds et les pertes de charge dans chaque arc du réseau.

VII.8.5. Dimensionnement du réseau

Dans cette partie on essaye de dimensionner le réseau ça veut dire trouver les diamètres nécessaires pour véhiculer le débit dont on a besoin avec les pressions et des vitesses convenables; dans le logiciel Epanet, on fait entrer les données nécessaires, à savoir les altitudes des nœuds, les demandes des nœuds, on essaye de trouver les diamètres en faisant plusieurs tâtonnements, le tableau suivant donne les altitudes des nœuds :

Tableau VII.4 : Les pressions dans les nœuds et leur altitude

ID Noeud	Altitude (m)	Pression (m)
Noeud n0103	3,91	51,47
Noeud n069	3,14	53,85
Noeud n0102	3,13	53,48
Noeud n060	4,68	54,21
Noeud n068	3,71	51,47
Noeud n067	4,4	44,21
Noeud n059	4,81	54,39
Noeud n057	7,7	52,71
Noeud n075	5,6	54,43
Noeud n052	5,5	54,69
Noeud n061	4,85	54,45
Noeud n058	7,03	53,09
Noeud n056	9,19	51,88

Noeud n054	10,5	50,88
Noeud n053	7,39	53,58
Noeud n050	7,45	53,89
Noeud n049	11,13	50,51
Noeud n047	12,08	50,01
Noeud n042	16,29	36,23
Noeud n043	16,17	33
Noeud n040	16,57	36,57
Noeud n041	15,54	34,95
Noeud n039	16,34	38,39
Noeud n046	10,8	12,71
Noeud n036	14,25	46,3
Noeud n037	22,63	36,58
Noeud n034	18,63	38,49
Noeud n035	13,13	47,7
Noeud n044	16,58	27,85
Noeud n038	13,21	45,31
Noeud n048	11,92	50,07
Noeud n0119	3,52	39,94
Noeud n0120	3,04	39,7
Noeud n0116	2,85	49,22
Noeud n0118	3,3	45,71
Noeud n0127	2,11	52,21
Noeud n0126	2,22	42,77
Noeud n0117	2,84	48,7
Noeud n0124	2,45	47,04

Noeud n0125	2,23	40,79
Noeud n0128	2,23	51,22
Noeud n0129	2,79	49,08
Noeud n029	4,79	55,15
Noeud n030	9,81	49,43
Noeud n028	3,58	57,12
Noeud n026	7,21	52,5
Noeud n027	12,47	44,18
Noeud n017	8,51	51,1
Noeud n016	8,77	49,55
Noeud n014	12,12	49,61
Noeud n013	10,91	49,21
Noeud n012	9,05	47,76
Noeud n09	13,45	47,59
Noeud n08	11,61	49,86
Noeud n021	4,83	50,43
Noeud n022	8,65	42,9
Noeud n031	3,02	55,24
Noeud n024	3,78	57,06
Noeud n023	4,28	53,74
Noeud n020	5,28	48,22
Noeud n07	13,65	48,48
Noeud n06	16,38	45,84
Noeud n018	8,53	52,91
Noeud n05	19,4	42,91
Noeud n04	25,63	37,07

Noeud n077	8,39	50,43
Noeud n079	8,68	49,53
Noeud n076	7,84	51,67
Noeud n055	10,59	50,74
Noeud n02	26,56	36,18
Noeud n0157	28,75	18,81
Noeud n0158	32,11	14,47
Noeud n0156	21,55	28,03
Noeud n0155	15,51	36,4
Noeud n0166	4,39	45,93
Noeud n0154	4,017	49,75
Noeud n0151	3,39	50,41
Noeud n0152	2,63	50,04
Noeud n0150	3,31	50,69
Noeud n0138	15,8	37,17
Noeud n0135	2,79	52,37
Noeud n0136	3,1	41,24
Noeud n0133	3,09	53,11
Noeud n0134	3,013	48,58
Noeud n0110	3,16	54,22
Noeud n0137	2,85	52,27
Noeud n0139	24,53	25,64
Noeud n0148	27,22	20,55
Noeud n0149	24,44	20,9
Noeud n0145	27,17	21,68
Noeud n0143	21,06	26,85

Noeud n0144	18,45	9,56
Noeud n0140	27,5	21,89
Noeud n0142	38,45	7,23
Noeud n03	34,62	25,4
Noeud n0159	38,09	3,82
Noeud n0160	20,8	23,12
Noeud n0113	1,99	53,44
Noeud n0111	2,19	53,88
Noeud n084	26,72	31,56
Noeud n083	25,87	21,65
Noeud n080	8,78	49,38
Noeud n081	17,78	28,22
Noeud n097	4,03	48,88
Noeud n0109	5,2	45,93
Noeud n0104	4,38	49,3
Noeud n0106	4,15	46,63
Noeud n0105	3,7	45,57
Noeud n0101	3,12	46,8
Noeud n072	3,32	54,59
Noeud n073	3,36	52,86
Noeud n074	3,98	54,92
Noeud n071	3,14	47,27
Noeud n051	6,74	54,22
Noeud n0123	2,7	43,37
Noeud n0122	3,06	39,69
Noeud n0131	3,59	42,16

Noeud n0132	4,65	21,94
Noeud n0130	2,85	48,25
Noeud n0121	3,71	39,42
Noeud n085	21,65	35,33
Noeud n086	16,6	36,13
Noeud n064	5,188	52,56
Noeud n065	4,997	49,94
Noeud n0141	32,69	14,79
Noeud n032	23,126	35,92
Noeud n033	35,431	22,3
Noeud n0114	2,96	51,38
Noeud n0165	3,94	46
Noeud n0146	32,805	14,26
Noeud n082	16,4	39,29
Noeud n062	4,817	54,38
Noeud n063	4,583	54,01
Noeud n045	16,82	25,94
Noeud n099	3,121	46,82
Noeud n087	21,578	37,28
Noeud n088	29,878	22,73
Noeud n089	22,884	36,41
Noeud n090	34,635	18,82
Noeud n091	18,374	42,12
Noeud n092	28,309	29,77
Noeud n093	16,017	45
Noeud n094	23,15	27,41

Noeud n095	12,141	49,02
Noeud n096	13,699	46,77
Noeud n0100	3,597	44,25
Noeud n0161	3,94	45,82
Noeud n0147	42,113	4,4
Noeud n019	15,281	33,69
Noeud n025	5,679	55,41
Noeud n0162	3,661	38,6
Noeud n0163	3,04	36,78
Noeud n0164	3,2	22,38
Noeud n010	15,385	46,63
Noeud n011	15,933	44,37
Noeud n015	13,731	44,23
Noeud n066	5,745	52,15
Noeud n0107	4,063	47,63
Noeud n098	3,963	48,69
Noeud n0108	4,868	37,03
Noeud n0112	1,953	39,68
Noeud n0115	2,81	46,44
Noeud n0153	2,914	42,76
Noeud n0167	4,378	46,75
Noeud n078	5,161	45,01
Bâche 2	63	0

Après plusieurs essais sur les diamètres, on trouve ceux qui respectent les conditions de pression et de vitesses, le tableau suivant donne la liste de ces derniers:

Tableau VII.5 :Etat des conduites du réseau

ID Tuyau	Diamètre int mm	Débit l/s	Vitesse m/s	Pert de Charge Unitaire m/km
Tuyau p2	79,2	3,96	0,8	8,43
Tuyau p3	79,2	5,45	1,11	15,06
Tuyau p4	34	0,92	1,02	36,64
Tuyau p7	96,8	4,98	0,68	4,85
Tuyau p8	79,2	4,23	0,86	9,52
Tuyau p10	79,2	4,09	0,83	8,96
Tuyau p11	96,8	6,32	0,86	7,45
Tuyau p12	110,2	12,06	1,26	12,86
Tuyau p13	96,8	4,9	0,67	4,71
Tuyau p15	79,2	2,47	0,5	3,62
Tuyau p17	16	0,15	0,76	56,6
Tuyau p18	21	0,23	0,65	30,53
Tuyau p19	21	0,55	1,58	148,05
Tuyau p20	21	0,18	0,51	19,7
Tuyau p21	21	0,21	0,62	27,66
Tuyau p22	16	0,33	1,65	224,87
Tuyau p23	34	0,79	0,87	27,73
Tuyau p24	34	1,36	1,49	73,28
Tuyau p25	53,6	2,83	1,25	30,5
Tuyau p26	53,6	3,28	1,46	39,96
Tuyau p27	79,2	3,69	0,75	7,44

Tuyau p28	63,8	4,31	1,35	28,09
Tuyau p29	16	0,09	0,43	21,15
Tuyau p30	53,6	2,08	0,92	17,5
Tuyau p33	34	1,27	1,4	65,15
Tuyau p34	16	0,08	0,39	17,52
Tuyau p35	42,6	1,14	0,8	17,87
Tuyau p36	16	0,17	0,87	71,7
Tuyau p37	79,2	4,32	0,88	9,91
Tuyau p38	110,2	5,93	0,62	3,55
Tuyau p39	16	0,06	0,28	9,63
Tuyau p40	42,6	1,1	0,77	16,75
Tuyau p41	34	0,55	0,6	14,39
Tuyau p42	16	0,15	0,74	53,39
Tuyau p45	34	0,94	1,04	37,94
Tuyau p48	16	0,15	0,75	54,53
Tuyau p51	16	0,05	0,25	7,2
Tuyau p52	21	0,25	0,74	37,77
Tuyau p53	176,2	40,89	1,68	12,27
Tuyau p54	220,4	42,7	1,12	4,47
Tuyau p55	34	1,1	1,22	50,51
Tuyau p56	16	0,08	0,4	18,68
Tuyau p57	21	0,35	1,02	66,82
Tuyau p58	16	-0,1	0,48	25,31
Tuyau p59	16	0,2	0,99	90,6
Tuyau p60	34	0,63	0,7	18,53
Tuyau p69	96,8	6,37	0,87	7,56

Tuyau p70	96,8	7,68	1,04	10,62
Tuyau p71	96,8	9,79	1,33	16,5
Tuyau p72	96,8	10,67	1,45	19,31
Tuyau p73	110,2	8,93	0,94	7,44
Tuyau p74	176,2	21,84	0,9	3,89
Tuyau p75	220,4	26,81	0,7	1,91
Tuyau p76	220,4	32,26	0,85	2,68
Tuyau p77	220,4	35,47	0,93	3,18
Tuyau p78	220,4	40,24	1,05	4,01
Tuyau p79	277,6	40,39	0,67	1,32
Tuyau p80	277,6	41,37	0,68	1,38
Tuyau p81	277,6	44,33	0,73	1,56
Tuyau p82	277,6	92,96	1,54	6,07
Tuyau p83	352,6	101,8	1,04	2,24
Tuyau p84	53,6	1,56	0,69	10,45
Tuyau p85	53,6	2,1	0,93	17,78
Tuyau p86	63,8	2,85	0,89	13,29
Tuyau p90	16	0,1	0,51	28,34
Tuyau p91	53,6	1,81	0,8	13,55
Tuyau p92	63,8	4,07	1,27	25,32
Tuyau p93	16	0,05	0,23	6,87
Tuyau p94	110,2	9,99	1,05	9,12
Tuyau p95	21	0,38	1,08	74,91
Tuyau p96	21	0,28	0,8	43,44
Tuyau p97	176,2	26,05	1,07	5,37
Tuyau p98	176,2	24,65	1,01	4,85

Tuyau p99	176,2	23,32	0,96	4,38
Tuyau p100	63,8	4,89	1,53	35,39
Tuyau p101	16	0,14	0,68	46,03
Tuyau p103	42	2,13	1,54	59,78
Tuyau p104	34	1,11	1,22	51,21
Tuyau p105	16	0,29	1,45	177,4
Tuyau p106	42,6	0,9	0,63	11,91
Tuyau p108	30	0,42	0,6	16,71
Tuyau p111	42,6	0,74	0,52	8,42
Tuyau p115	141	17,03	1,09	7,29
Tuyau p116	16	0,26	1,29	143,37
Tuyau p117	21	0,39	1,13	80,72
Tuyau p118	79,2	7,34	1,49	25,87
Tuyau p123	53,6	1,42	0,63	8,75
Tuyau p124	16	0,15	0,74	50,78
Tuyau p125	34	0,84	0,92	31,03
Tuyau p126	16	0,07	0,37	16,28
Tuyau p128	16	0,08	0,39	17,52
Tuyau p130	16	0,29	1,46	179,34
Tuyau p134	21	0,33	0,94	58,79
Tuyau p135	21	0,39	1,13	80,35
Tuyau p136	16	0,29	1,43	173,05
Tuyau p137	42,6	1,24	0,87	20,94
Tuyau p138	16	0,06	0,32	12,81
Tuyau p139	16	0,26	1,31	147,81
Tuyau p140	34	0,87	0,95	32,67

Tuyau p141	34	0,53	0,59	13,73
Tuyau p142	53,6	1,51	0,67	9,86
Tuyau p143	79,2	4,85	0,98	12,17
Tuyau p146	34	0,6	0,66	16,83
Tuyau p147	21	0,17	0,51	19,5
Tuyau p148	21	0,2	0,57	24,07
Tuyau p152	21	0,45	1,29	102,18
Tuyau p155	63,8	2,15	0,67	8,03
Tuyau p156	42,6	1,19	0,84	19,46
Tuyau p157	16	0,17	0,82	65,02
Tuyau p159	34	0,99	1,09	41,34
Tuyau p161	34	1,04	1,15	45,62
Tuyau p163	34	0,71	0,78	22,8
Tuyau p164	141	18,49	1,18	8,47
Tuyau p165	220,4	45,96	1,2	5,11
Tuyau p166	16	0,19	0,95	83,43
Tuyau p168	27,2	0,58	1	47,01
Tuyau p169	53,6	2,3	1,02	20,98
Tuyau p170	42,6	1,24	0,87	21,03
Tuyau p171	16	0,08	0,41	19,1
Tuyau p172	53,6	1,61	0,71	11,04
Tuyau p173	16	0,12	0,59	36,44
Tuyau p174	16	0,13	0,65	42,17
Tuyau p175	63,8	1,45	0,45	3,96
Tuyau p177	63,8	2,5	0,78	10,53
Tuyau p178	16	0,19	0,95	84,51

Tuyau p179	16	0,17	0,85	88,39
Tuyau p180	16	0,14	0,68	46,03
Tuyau p181	16	0,23	1,15	117,38
Tuyau p182	63,8	1,8	0,56	5,82
Tuyau p183	34	0,72	0,79	23,41
Tuyau p184	63,8	1,7	0,53	5,29
Tuyau p185	63,8	2,48	0,78	10,34
Tuyau p186	63,8	3,1	0,97	18,89
Tuyau p187	63,8	3,6	1,13	20,28
Tuyau p188	96,8	4,23	0,58	3,62
Tuyau p189	16	0,09	0,43	20,73
Tuyau p190	96,8	4,61	0,63	4,22
Tuyau p191	34	0,48	0,53	11,37
Tuyau p194	16	0,18	0,89	75,01
Tuyau p195	16	0,21	1,05	100,25
Tuyau p196	16	0,13	0,66	44,12
Tuyau p210	34	0,58	0,64	16,1
Tuyau p215	141	12,59	0,81	4,21
Tuyau p222	42,6	0,75	0,52	8,49
Tuyau 2	53,6	2,52	1,12	24,74
Tuyau 3	16	0,12	0,6	36,98
Tuyau 4	16	0,07	0,37	15,85
Tuyau 5	220,4	48,16	1,26	5,57
Tuyau 6	16	0,1	0,52	26,41
Tuyau 7	16	0,16	0,8	61,24
Tuyau 8	53,6	2,06	0,92	17,27

Tuyau 9	220,4	47,41	1,24	5,41
Tuyau 10	34	0,82	0,91	29,95
Tuyau 11	16	0,25	1,22	131,32
Tuyau 12	53,6	1,41	0,63	8,73
Tuyau 13	220,4	46,55	1,22	5,23
Tuyau 14	34	0,54	0,59	13,97
Tuyau 15	220,4	44,17	1,16	4,75
Tuyau 16	16	0,09	0,46	23,18
Tuyau 17	220,4	44,74	1,17	4,87
Tuyau 18	42,6	1,04	0,73	15,29
Tuyau 19	16	0,05	0,24	7,36
Tuyau 20	79,2	4,86	0,99	12,25
Tuyau 21	53,6	0,91	0,4	4
Tuyau 22	16	0,05	0,26	9,01
Tuyau 23	34	0,69	0,76	22,03
Tuyau 24	16	0,24	1,19	124,55
Tuyau 25	16	0,23	1,13	113,65
Tuyau 27	34	0,56	0,61	14,93
Tuyau 29	16	0,12	0,59	35,98
Tuyau 31	42,6	1,12	0,79	17,51
Tuyau 32	63,8	2,92	0,91	13,91
Tuyau 33	79,2	2,68	0,54	4,2
Tuyau 35	21	0,43	1,24	95,94
Tuyau 36	21	0,42	1,2	90,19
Tuyau 37	110,2	7,21	0,76	5,05
Tuyau 38	79,2	4,71	0,96	11,57

Tuyau 39	110,2	8,62	0,9	6,98
Tuyau 40	27	0,44	0,77	29,91
Tuyau 42	21	0,25	0,74	37,77
Tuyau 43	63,8	2,22	0,7	8,5
Tuyau 44	16	0,12	0,62	39,7
Tuyau 45	21	0,06	0,18	3,27
Tuyau 46	34	0,78	0,86	27,1
Tuyau 47	42,6	1,75	1,23	38,96
Tuyau 48	42,6	2,61	1,83	80,61
Tuyau 50	21	0,44	1,26	98,92
Tuyau 51	110,2	5,64	0,59	3,25
Tuyau 26	110,2	6,45	0,68	4,14
Tuyau 28	110,2	8,07	0,85	6,19
Tuyau 49	96,8	9,66	1,31	16,11
Tuyau 52	110,2	5,16	0,54	2,77
Tuyau 53	21	0,35	1	64,9
Tuyau 54	16	0,2	1,01	93,82
Tuyau 55	16	0,2	0,99	90,65
Tuyau 56	42,6	0,87	0,61	11,19
Tuyau 57	16	0,21	1,03	96,52
Tuyau 58	34	0,65	0,71	19,47
Tuyau 59	34	0,67	0,74	20,78
Tuyau 60	53,6	1,51	0,67	9,85
Tuyau 61	79,2	5,35	1,09	14,59

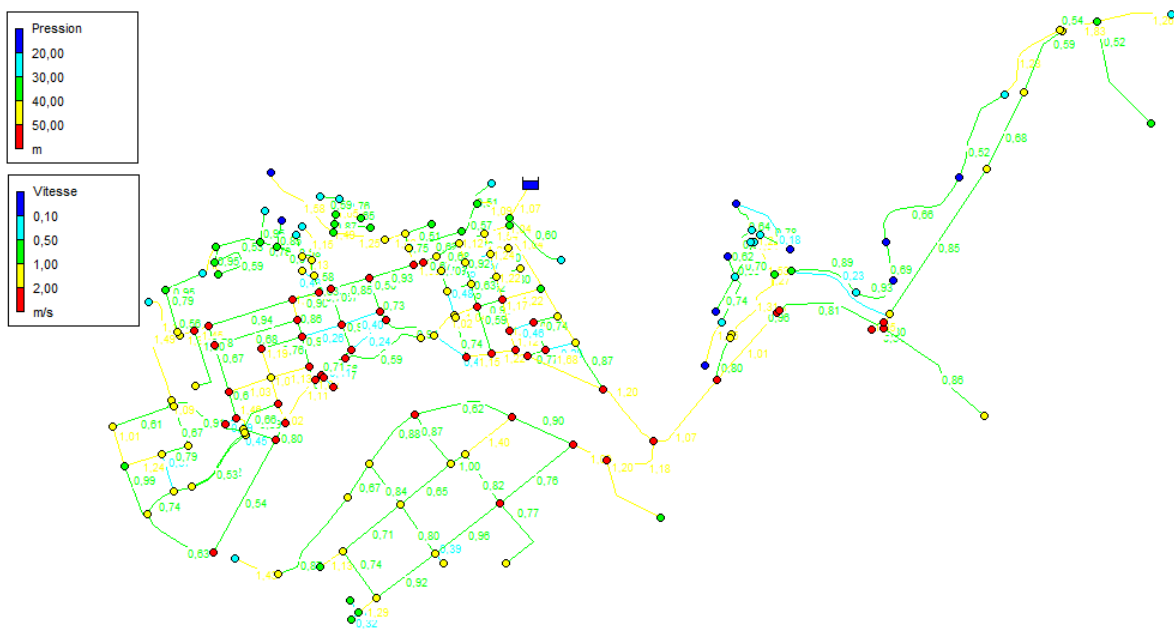


Figure VII.4 : Le schéma du réseau de distribution après simulation
(Pression/vitesse)

VII.9. Conclusion

Dans ce chapitre on a dimensionné notre réseau, pour cela on a calculé notre débit spécifique qui nous a servi à calculer les débits de routes dans chaque conduite, à partir de ces débits, on a calculé les demandes aux nœuds, on a introduit ces demandes ainsi que les altitudes des nœuds dans le logiciel EPANET, après plusieurs tâtonnements sur les diamètres, on a trouvé les diamètres convenables qui respectent les conditions des pressions et des vitesses.

Conclusion Générale

Au cours de notre travail, nous avons fait une étude de dimensionnement du réseau d'alimentation en potable du secteur FOUKA, commune de Bejaia willaya de Bejaia, nous signalons que durant notre étude, une priorité a été donnée surtout au côté technique pour assurer une pression convenable et un débit suffisant aux abonnés.

Dans notre étude, nous avons fait une analyse sur la zone d'étude du point de vue climatique géographique et topographique, et d'après l'évolution de la commune, on a déterminé les besoins en eau pour l'horizon 2046 (25 ans) avec un débit maximum journalier de 91,86 l/s.

Afin d'assurer le stockage de l'eau, nous avons calculé la capacité du réservoir a projeté qui alimente le secteur FOUKA. Nous avons trouvé ce dernier est de capacité du 2000m³. Ce réservoir sera semi enterré en béton armé. Lors de l'étude du réseau de distribution, nous avons opté pour un réseau mixte comme mode de distribution avec des conduites en PEHD PN 10 bars, le réseau en question a été simulé à l'aide du logiciel EPANET.

Enfin, nous souhaitons avoir fait un travail qui peut servir d'avant-projet à une étude détaillée, de garantir une alimentation en eau potable du secteur FOUKA et garantir ainsi à tous ses habitants des quantités suffisantes et d'une manière continue d'eau potable, cette expérience nous a permis de mettre en pratique toutes les connaissances que nous avons vu dans la majorité des domaines de l'hydraulique durant notre cycle de formation.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]Système WGS 84 (Google earth)
- [2] Bureau d'étude CHIALI SERIVCE
- [3]Rapport Synthèse mission D ADE Bèjaia
- [4]www.infoclimat.fr
- [5]Rapport D2 Formulation d'un Schéma Directeur de distribution D'EAU
- [6] Catalogue industrie des tube PEHD
- [7]SONELGAZ.
- [8]Alimentation en eau potable de la ville de Bouarfa W. Mémoire de fin d'étude ENSH de Blida2008.
- [9] Polycope cours d'A.E.P 4eme et 5eme année : E.N.S.H (1993) .
- [10]Guide de pose et d'utilisation des canalisations en Polyéthylène.
- [11]Dimensionnementduréseaud'alimentationeneaupotablede lazoneIhedadhenI

Annexe

(Annexe 1) : tableau des coefficients de variation maximale horaire de la consommation (k_{max})

Heures	Coefficient de variation maximale horaire de la consommation (k _{max} h)											
	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,7	1,8	1,9	2	2,5
0 - 1	3,5	3,35	3,2	3	2,5	2	1,5	1	0,9	0,85	0,75	0,6
1 - 2	3,45	3,25	3,25	3,2	2,65	2,1	1,5	1	0,9	0,85	0,75	0,6
2 - 3	3,45	3,3	2,9	2,5	2,2	1,85	1,5	1	0,9	0,85	1	1,2
3 - 4	3,4	3,2	2,9	2,6	2,25	1,9	1,5	1	1	1	1	2
4 - 5	3,4	3,25	3,35	3,5	3,2	2,85	2,5	2	1,35	2,7	3	3,5
5 - 6	3,55	3,4	3,75	4,1	3,9	3,7	3,5	3	3,85	4,7	5,5	3,5
6 - 7	4	3,85	4,15	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5,2	5,35	5,5	4,5
7 - 8	4,4	4,45	4,65	4,9	5,1	5,3	5,5	6,5	6,2	5,85	5,5	10,2
8 - 9	5	5,2	5,05	4,9	5,35	5,8	6,25	6,5	5,5	4,5	3,5	8,8
9 - 10	4,8	5,05	5,4	5,6	5,85	6,05	6,25	5,5	5,85	4,2	3,5	6,5
10 - 11	4,7	4,85	4,85	4,9	5,35	5,8	6,25	4,5	5	5,5	6	4,1
11 - 12	4,55	4,6	4,6	4,7	5,25	5,7	6,25	5,5	6,5	7,5	8,5	4,1
12 - 13	4,55	4,6	4,5	4,4	4,6	4,8	5	7	7,5	7,9	8,5	3,5
13 - 14	4,45	4,55	4,3	4,1	4,4	4,7	5	7	6,7	6,35	6	3,5
14 - 15	4,6	4,75	4,4	4,1	4,6	5,05	5,5	5,5	5,35	5,2	5	4,7
15 - 16	4,6	4,7	4,55	4,4	4,6	5,3	6	4,5	4,65	4,8	5	6,2
16 - 17	4,6	4,65	4,5	4,3	4,9	5,45	6	5	4,5	4	3,5	10,4
17 - 18	4,3	4,35	4,25	4,1	4,6	5,05	5,5	6,5	5,5	4,5	3,5	9,4
18 - 19	4,35	4,4	4,45	4,5	4,7	4,85	5	6,5	6,3	6,2	6	7,3
19 - 20	4,25	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5,35	5,7	6	1,6
20 - 21	4,25	4,3	4,4	4,5	4,4	4,2	4	4,5	5	5,5	6	1,6
21 - 22	4,15	4,2	4,5	4,8	4,2	3,6	3	3	3	3	3	1
22 - 23	3,9	3,75	4,2	4,6	3,7	2,85	2	2	2	2	2	0,6
23 - 24	3,8	3,7	3,5	3,3	2,7	2,1	1,5	1	1	1	1	0,6

Annexe

(Annexe 6) Tableau 01 :

D (EXT) (mm)	Ep (mm)	D_{int} (mm)	A (mm²)	SDR ADM	PN Bar
20	2,00	16,00	200,96	13,6	10
25	2,00	21,00	346,19	13,6	10
32	2,4	27,00	580,19	13,6	10
40	3,00	34,00	907,46	13,6	10
50	3,70	42,60	1424,59	13,6	10
63	4,70	53,60	2255,27	13,6	10
75	5,60	63,80	3195,30	13,6	10
90	5,40	79,20	4924,02	17	10
110	6,60	96,80	7355,64	17	10
125	7,40	110,20	9533,07	17	10
160	9,50	141,00	15606,59	17	10
200	11,90	176,20	24371,46	17	10
250	14,80	220,40	38132,29	17	10
315	18,70	277,60	60493,48	17	10
400	23,70	352,60	97596,51	17	10
500	29,70	440,60	152390,76	17	10
630	37,40	555,20	241973,93	17	10

D (EXT) : Diamètre extérieur du tube PEHD (mm).

EP : L'épaisseur Nominal du Tube PEHD (mm).

A : Section intérieur du Tube PEHD (mm).

SDR : Le Rapport Dimensionnel Standard du Diamètre extérieur et l'épaisseur (Classe de résistance).

PN : La pression Nominal du Tube PEHD (Bar).

Tableau 02 :

D (EXT) (mm)	Ep (mm)	D_{int} (mm)	A (mm²)	SDR ADM	PN Bar
25	3,00	19,00	283,39	9	16
40	4,50	31,00	754,39	9	16
63	7,10	48,80	1869,43	9	16
90	8,20	73,60	4252,31	11	16
110	10,40	90,00	6358,50	11	16
125	14,60	102,20	8199,20	11	16
250	18,80	130,80	21010,49	11	16
315	28,70	277,60	40493,48	11	16

Annexe

PM 125/ 2 C

Caractéristiques requises

Débit	91,9 l/s
Hauteur de refoulement	126 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1

Caractéristiques de la pompe

Débit	91,9 l/s
Hauteur de refoulement	126 m
Puissance absorbée	161 kW
Rendement	71,5%
Hauteur manométrique H(Q=0)	195 m
Orif. de refoulement	125 mm

Caractéristiques moteur

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	200 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

Limites opérationnelles

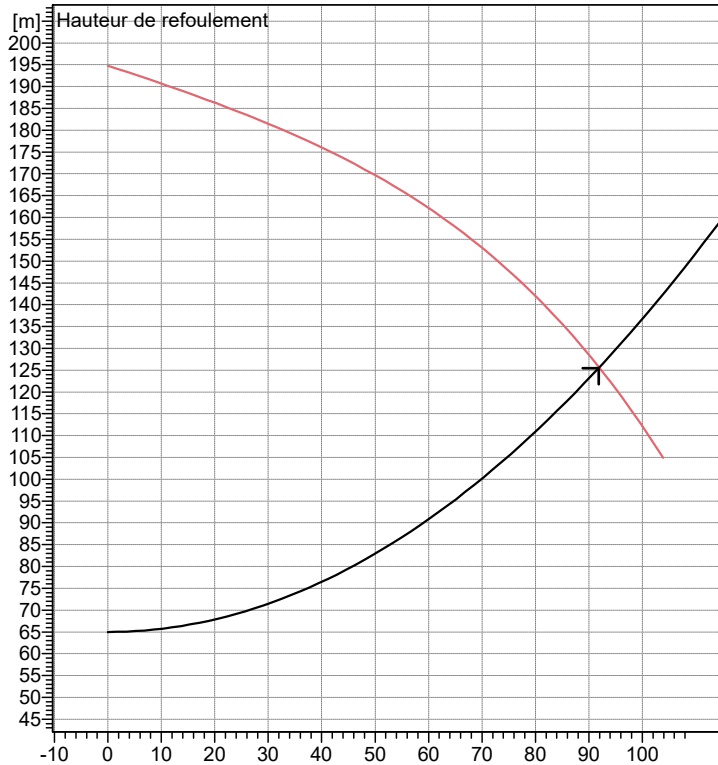
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s

Caractéristiques générales

Poids	1720 kg
-------	---------

Matériaux

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étagé	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



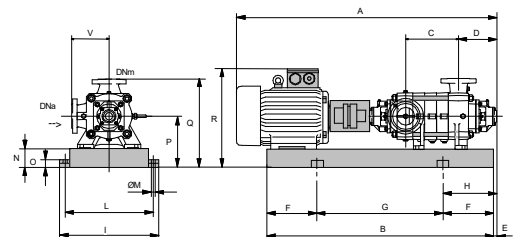
Caractéristiques de fonctionnement

Courbes des performances indicatives

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensions mm

A = 2380
B = 1780
C = 245
D = 337
DNa = 150
DNm = 125
E = 181
F = 300
G = 1180
H = 481
I = 760
L = 710
M = 22
N = 160
O = 50
P = 475
Q = 795
R = 982
V = 320



Notes:

Résumé

Dans le présent mémoire, nous avons fait une étude technique du projet d'alimentation en eau potable pour le secteur Fouka commune de Bejaia.

Après avoir présenté le site objet de cette étude, nous avons entamé l'estimation des besoins en eau des différentes catégories de consommateurs, qui sont de l'ordre de : 7 936,6104 m³/ J, Ensuite on a arrêté les caractéristiques de la conduite de refoulement.

Puis on a déterminé la capacité de réservoir à installer, ainsi que le système de pompage adéquat de notre zone d'étude, parallèlement la vérification du Coup bélier, et en fin, le dimensionnement du réseau de distribution pour le secteur en question.

Abstract

In this thesis, we have made a technical study of the drinkingwater supply project for the Fouka commune of Bejaia.

After presenting the site that is the subject of this study, we began estimating the needs. In water from different categories of consumers, which are of the order of 7 936, 6104 m³/J. The characteristics of the discharge line were then determined. Then we determined the capacity of the reservoir to be installed, as well as the adequate pumping system for our study area, in parallel with the verification of the water hammer, and finally, the sizing of the distribution network for the sector in question.