

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<sup>r</sup>. LECHEHEB ABDENOUR

M<sup>r</sup>. 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<sup>r</sup>.Lahouari.F

- Promoteur : M<sup>r</sup>. Yakoubi.M

- Examineur :M<sup>r</sup>. Ikni.T

Année universitaire : 2020/2021

## *Sommaire*

Liste des Tableaux

Liste des figures

Liste des symboles et abréviation

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

|   |    |
|---|----|
| 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*

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

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

## *Liste des Figures*

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

## *Liste des symboles et abréviation*

**$\alpha_{max}$**  : Coefficient tenant compte du niveau de confort et des équipements de l'agglomération.

**$\alpha_{min}$** : Coefficient tenant compte du niveau de confort et des équipements de l'agglomération.

**$\beta_{max}$** : Coefficient donnée par un tableau en fonction de la taille d'agglomération.

**$\beta_{min}$** : Coefficient donnée par un tableau en fonction de la taille d'agglomération.

**$B_i$** : Largeur de la tranchée en (m).

**$C^\circ$**  : 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.

$\tau$  : 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 (m<sup>3</sup> /h).

**Qmax j**: Consommation maximale journalière (m<sup>3</sup> /j).

**Qmin h**: Le débit minimum horaire (m<sup>3</sup> /h).

**Qmin j**: Consommation minimale journalière (m<sup>3</sup> /j).

**Qmoy j**: Consommation moyenne journalière en (m<sup>3</sup> /j).

**Qn**: Débit au nœud considéré l/s.

**Qr**: Débit en route l/s.

**Qsp**: Débit spécifique l/s/ml.

**RN** : Route national.

**R<sup>+</sup>max**: Résidu maximum positif (%).

**R<sup>-</sup>max**: Résidu maximum négatif (%).

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

***Sr*** : La surface du réservoir (m<sup>2</sup>).

***TTC*** : Toute taxe comprise.

***TVA*** : Taxe sur la valeur ajoutée

***V*** : Vitesse d'écoulement.

***Vinc***: Volume de réserve d'incendie (m<sup>3</sup>).

***Vmax***: Volume maximal du stockage pour la consommation (m<sup>3</sup>).

***Vtotal***: Volume total du réservoir (m<sup>3</sup>).

***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 (%).

***P<sub>0</sub>***: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.

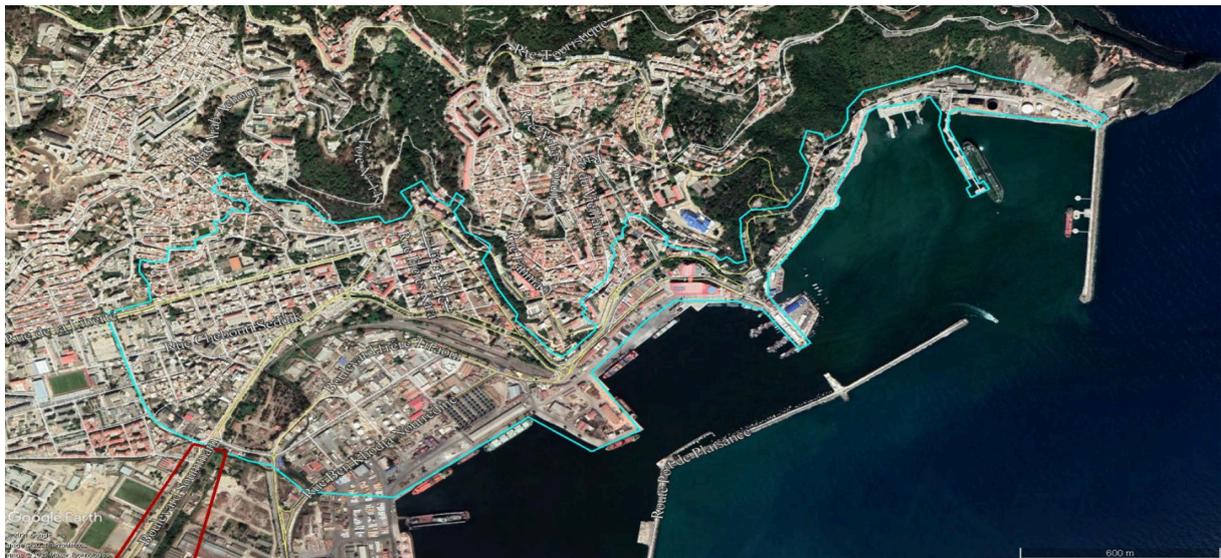
*CHAPITRE*  
*1Présentation*  
*Du*  
*Site*

## 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 km<sup>2</sup>, 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 Adekar sur 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<br>précipitation<br>(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<br>de<br>précipitation | 17,0<br><u>le 9</u> | 0,0  | 56,0<br><u>le 21</u> | 12,0<br><u>le 19</u> | 1,0<br><u>le 9</u> | 7,0<br><u>le 8</u> | 13,0<br><u>le 14</u> | 5,0<br><u>le 30</u> | 22,0<br><u>le 9</u> | 81,0<br><u>le 11</u> | 36,0<br><u>le 28</u> | 31,0<br><u>le 2</u> | 81,0  |
| Max en 5j<br>de<br>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<br>de<br>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  |

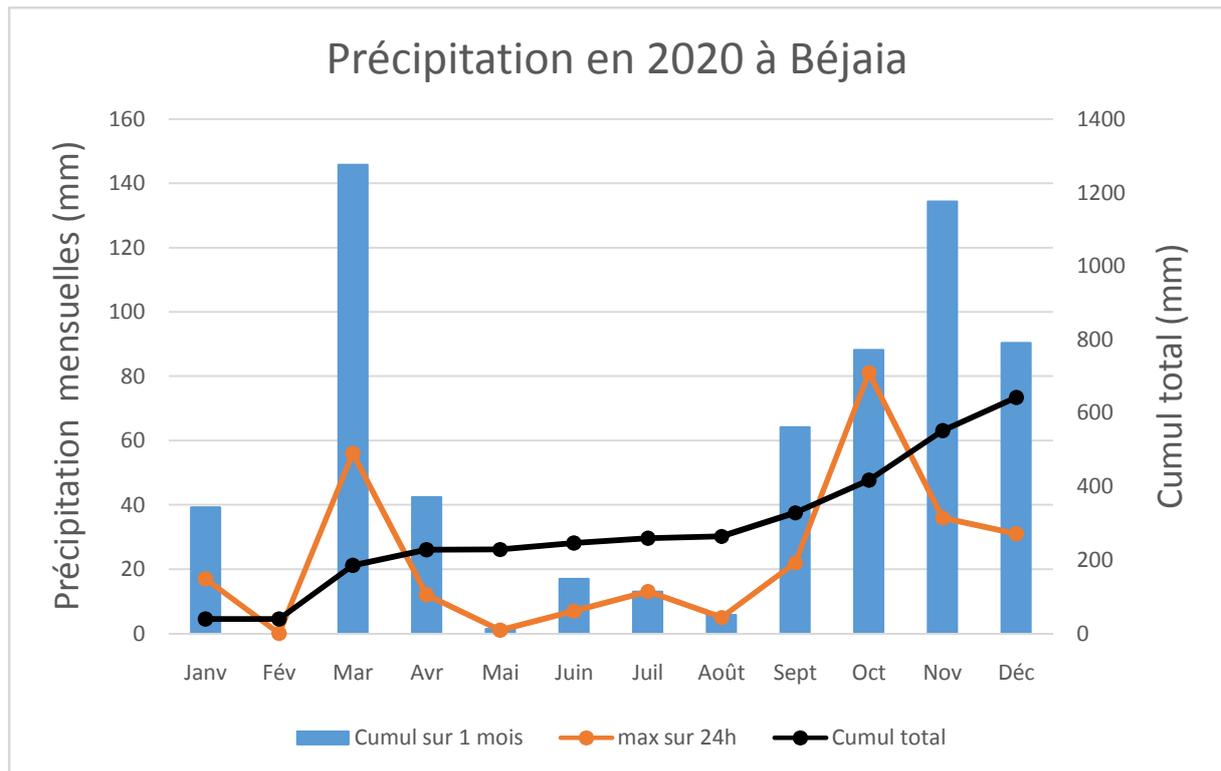


Figure I.2 : Représentation graphique des précipitations

### 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<br>2020 | Fév<br>2020  | Mars<br>2020  | Avr<br>2020  | Mai<br>2020  | Juin<br>2020 | Juil<br>2020 | Août<br>2020 | Sept<br>2020 | Ost<br>2020  | Nov<br>2020  | Déc<br>2020  | Année            |
|---------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
| Tempè maxi<br>extrême     | 21,9<br>le22 | 26,7<br>Le29 | 26,3<br>Le1 3 | 25,5<br>Le21 | 29,5<br>Le05 | 34,0<br>Le04 | 40<br>Le31   | 39,6<br>Le29 | 33,9<br>Le19 | 33,9<br>Le02 | 29,4<br>Le06 | 21,4<br>Le04 | 40,8<br>Le31Juil |
| Tempè maxi<br>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<br>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.<br>mini<br>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.<br>mini<br>extrême | 4,0<br>Le2   | 4,6<br>Le20  | 4,4<br>Le8    | 6,4<br>Le5   | 11,7<br>Le1  | 12,9<br>Le10 | 17,0<br>Le6  | 18,0<br>Le7  | 13,0<br>Le28 | 10,2<br>Le18 | 8,2<br>Le25  | 5,2<br>Le31  | 4,0<br>Le2Janv   |
| Tempè maxi<br>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             |

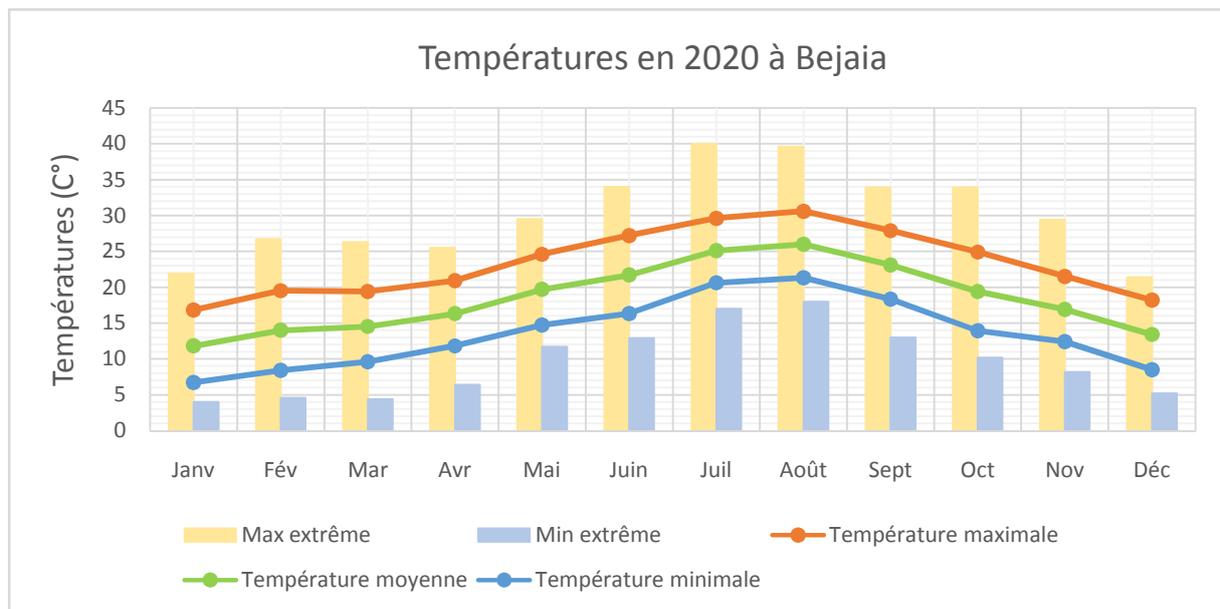


Figure I.3 : Courbe des températures max, moy, min.

### 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 km<sup>2</sup> ;
- Apport moyen annuel .....183 hm<sup>3</sup>/an ;
- Capacité totale .....80 hm<sup>3</sup> ;
- Volume régularisé .....66 hm<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/s ;
- Débit de dimensionnement de l'évacuateur de crues. ....6 500 m<sup>3</sup>/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 :

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

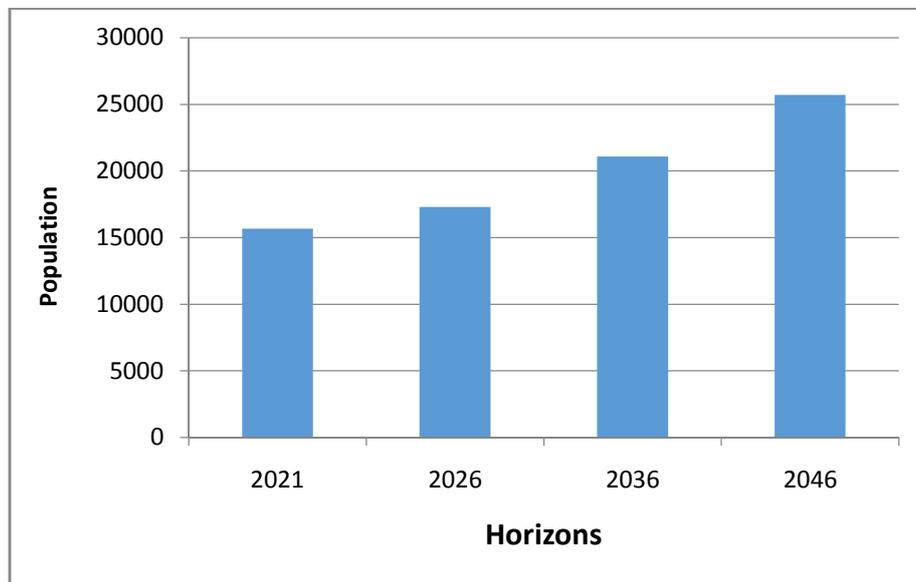
- **Pfut** : Population pour l'horizon considéré (future).

- **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<br>2021(l/j/hab.) | Dotation<br>2046(l/j/hab.) | Besoins (m3/j) |      |
|----------------------|------------|-------|----------------------------|----------------------------|----------------|------|
|                      | 2021       | 2046  |                            |                            | 2021           | 2046 |
| <b>Secteur Fouka</b> | 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 <sup>3</sup> /j) | Totale (m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /j) | Totale (m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /j) | Totale (m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /j) | Totale (m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /j) | Totale (m <sup>3</sup> /j) |
|---------------|---|------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|
| Secteur Fouka | Hôtel du Nord<br>R+8                                  | 500              | 150                  | 75                         | 239.56                     |
|               | Hôtel Brahim  | 80               | 150                  | 12                         |                            |
|               | Résidence la Plaine<br>R+ 14                          | 1000             | 150                  | 150                        |                            |
|               | Brise de mer<br>(4 Cafétérias, 2 WC<br>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 <sup>3</sup> /j) | Totale (m <sup>3</sup> /j) |
|---------------|--------------------------|------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|
| Secteur Fouka | Mosquée Sidi<br>Abdelhak | 300              | 10                   | 3                          | 13                         |
|               | Mosquée Ibn<br>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 <sup>3</sup> /j) | Totale (m <sup>3</sup> /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) |
|----------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| <b>2046</b>    | 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 (m<sup>3</sup>/ 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 (m3/j) | Pertes (m3/j) | Qmoy majoré (m3/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 :

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

Avec :

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

$K_{max j}$  : 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 :

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

Avec :

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

$K_{min j}$  : 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 (m<sup>3</sup> /h).
- $Q_{min h}$  : Débit minimal horaire en (m<sup>3</sup> /h).
- $Q_{moy hmax}$ : Débit moyen horaire de la journée la plus chargée de l'année en (m<sup>3</sup> /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 (m<sup>3</sup> /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 :

- $\alpha_{\max}$  : 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  $\alpha_{\max} = 1.3$

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

**Tableau II.13** : Les valeurs de  $\beta_{\max}$

| Nombre d’hab.  | <1000 | 1500 | 2500 | 4000 | 6000 | 10000 | 20000 | 50000 | 100000 | 300000 | >1000000 |
|----------------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|----------|
| $\beta_{\max}$ | 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  $\beta_{\max}$  et  $K_{\max h}$  pour notre zone d’étude. La valeur de  $\beta_{\max}$  est déterminée par interpolation.

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

| Localité      | Population | $\beta_{\max}$ | $\alpha_{\max}$ | $K_{\max h}$ |
|---------------|------------|----------------|-----------------|--------------|
| 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 :

- $\alpha_{min}$  : 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  $\alpha_{min} = 0,5$

- $\beta_{min}$  : 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  $\beta_{min}$

| Nombre d'hab. | 1000 | 1500 | 2500 | 4000 | 6000 | 10000 | 20000 | 50000 |
|---------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| $\beta_{min}$ | 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  $\beta_{min}$  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 | $\beta_{min}$ | $\alpha_{min}$ | 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 <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> / J | %       | m <sup>3</sup> / J |
| <b>0-1</b> | 1           | 79.36              | 1       | 79.36              |
| <b>1-2</b> | 1           | 79.36              | 2       | 158.72             |
| <b>2-3</b> | 1           | 79.36              | 3       | 238.08             |
| <b>3-4</b> | 1           | 79.36              | 4       | 317.44             |
| <b>4-5</b> | 2           | 158.72             | 6       | 476.16             |
| <b>5-6</b> | 3           | 238.08             | 9       | 714.24             |
| <b>6-7</b> | 5           | 396.8              | 14      | 1111.04            |

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

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

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

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 :

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

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  $\leq 1$  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 :

$\Delta H_L$ : Perte de charge linéaire (unitaire) en m/ml.

D : Diamètre de la conduite en m.

V : Vitesse d'écoulement en m/s.

$\lambda$ : 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  $\lambda$  par la formule suivante :

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

$\varepsilon$  : 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 :

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

$\gamma$ : 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.

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

$\Delta H_S$  : Perte de charge singulières en m.

$\Delta H_L$  : 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).

$\Delta H_T$  : Perte de charge Totale.

$\Delta H_{asp}$  : 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 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),

$\eta$  : Rendement de la pompe On prend 75 %

**g** : Accélération de la pesanteur (m / s<sup>2</sup>).

**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 :

$F_{\text{exp}}$  : 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 m<sup>3</sup> / 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     | $\lambda$ | $\Delta H_L$ (m) | $\Delta H_S$ (m) | $\Delta H_T$ (m) | $\Delta H_{asp}$ (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<br>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 m<sup>3</sup> avec une hauteur manométrique H<sub>MT</sub>=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 :

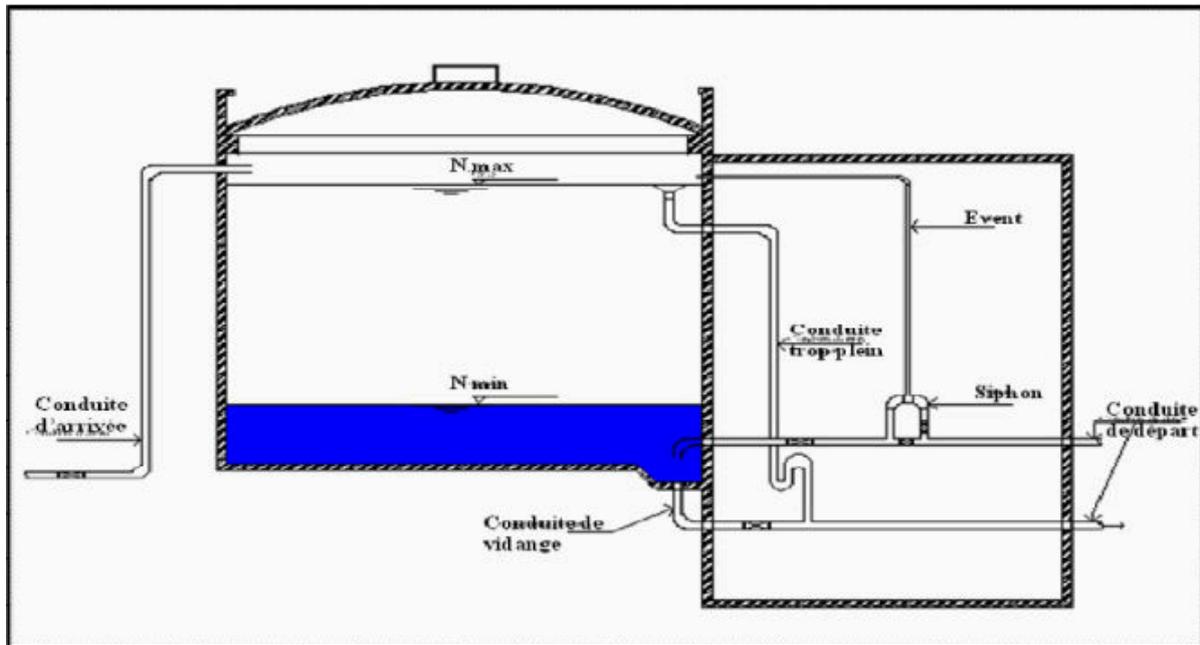


Figure IV.1 : Coupe transversale d'un réservoir de stockage de type semi-enterré

#### 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

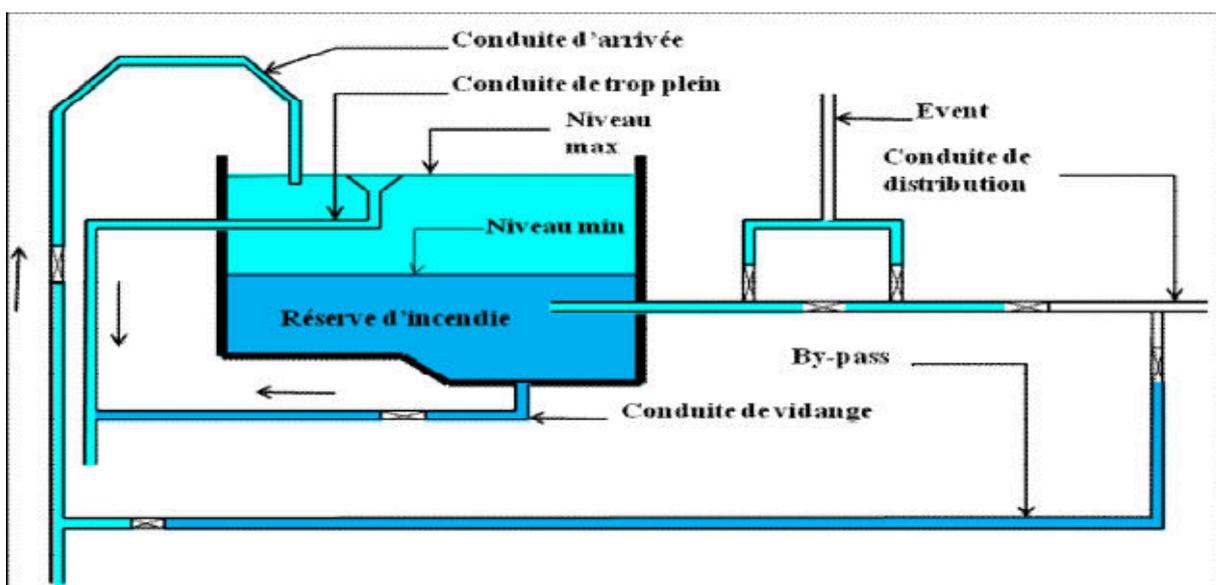


Figure IV.2 : Equipements d'un réservoir

**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.

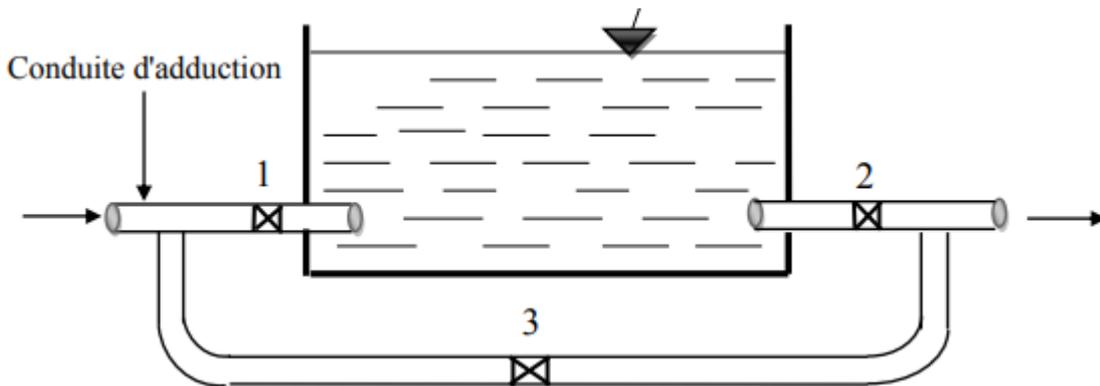


Figure IV.3 : conduite d'arrivée

**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.

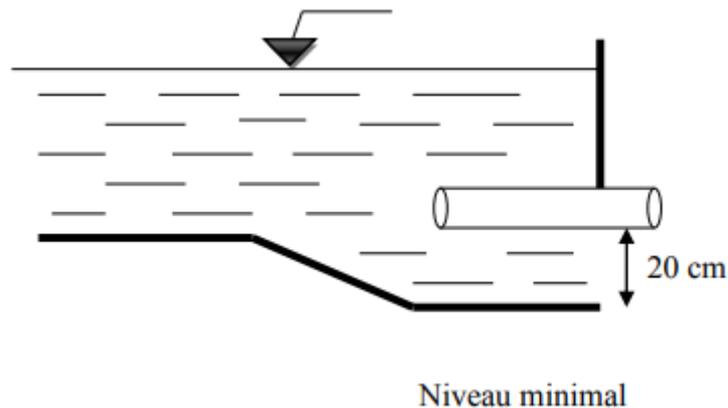


Figure IV.4 :Conduite de distribution

### 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].

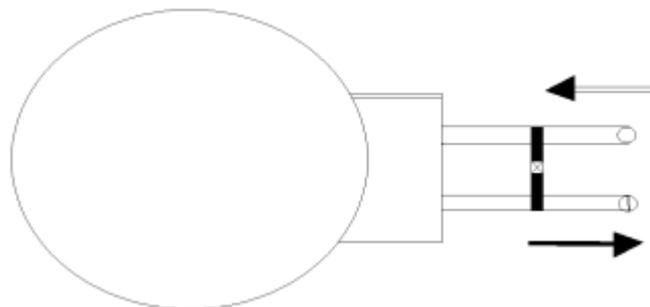


Figure IV.5: Conduite de By-pass.

### 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).

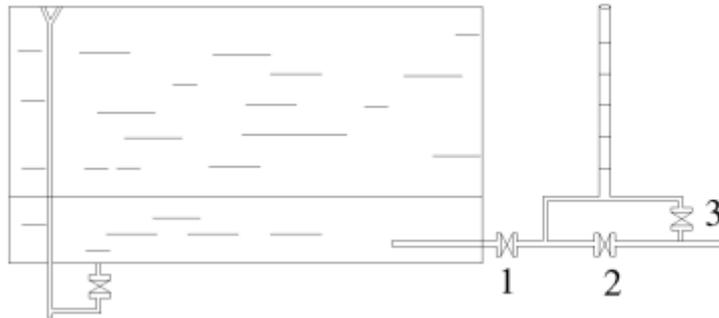


Figure IV.6 :Matérialisation de la réserve d'incendie.

#### 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 (m<sup>3</sup>) ;
- **Qmax,j:** consommation maximal journalière (m<sup>3</sup>/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<sup>+</sup>max :** Résidu maximum positif (%) ;

**R<sup>-</sup>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 200m<sup>3</sup>. Le volume total est donc :

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

Avec :

Vtotal: volume total du réservoir (m<sup>3</sup>) ;

Vincendie: volume de réserve d'incendie (Vincendie=200 m<sup>3</sup>).

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 m<sup>3</sup> pour les zones urbaines plus denses et de 125 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup>** → **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   | -       | <b>16.002</b> |
| 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   |
| <b>Totale</b> | <b>100</b> | <b>7936.6104</b> | <b>100</b> | <b>7936</b> | -     | -      | -      |

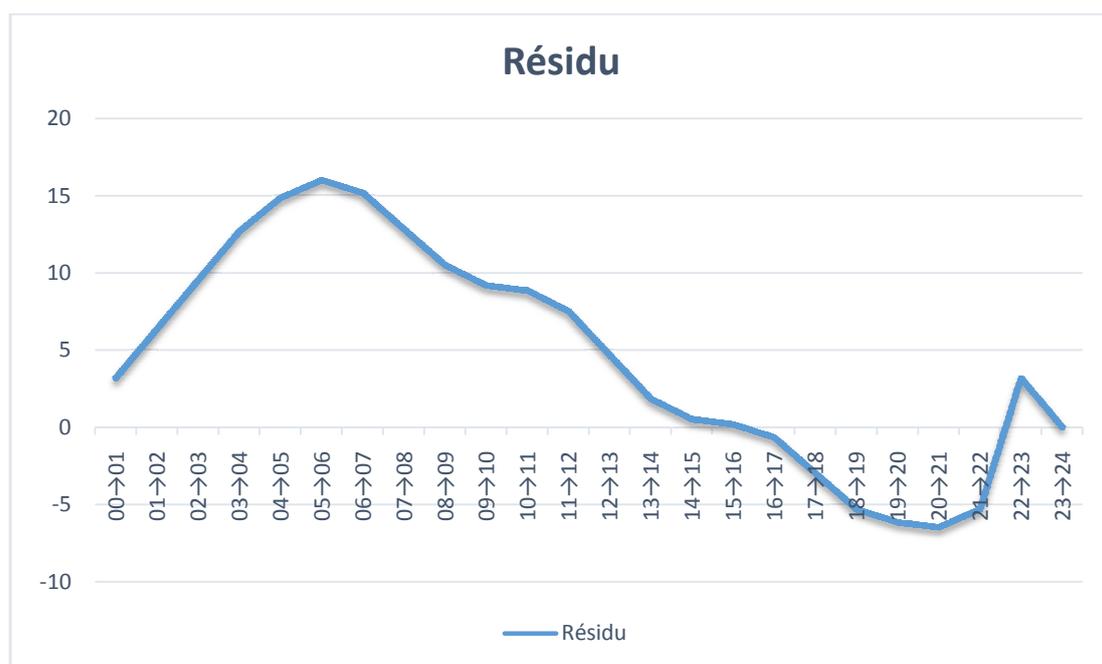


Figure IV.7: Répartition graphique des débits de distribution du réseau principal.

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

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

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

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 m<sup>3</sup>.**

#### 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 :

- $\eta$  : 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<sup>2</sup>) 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

|              |      |       |       |      |      |      |      |      |     |     |      |
|--------------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| <b>T°(C)</b> | 0    | 4     | 10    | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70  | 80  | 100  |
| <b>Tv(m)</b> | 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 permettent 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 présente 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.

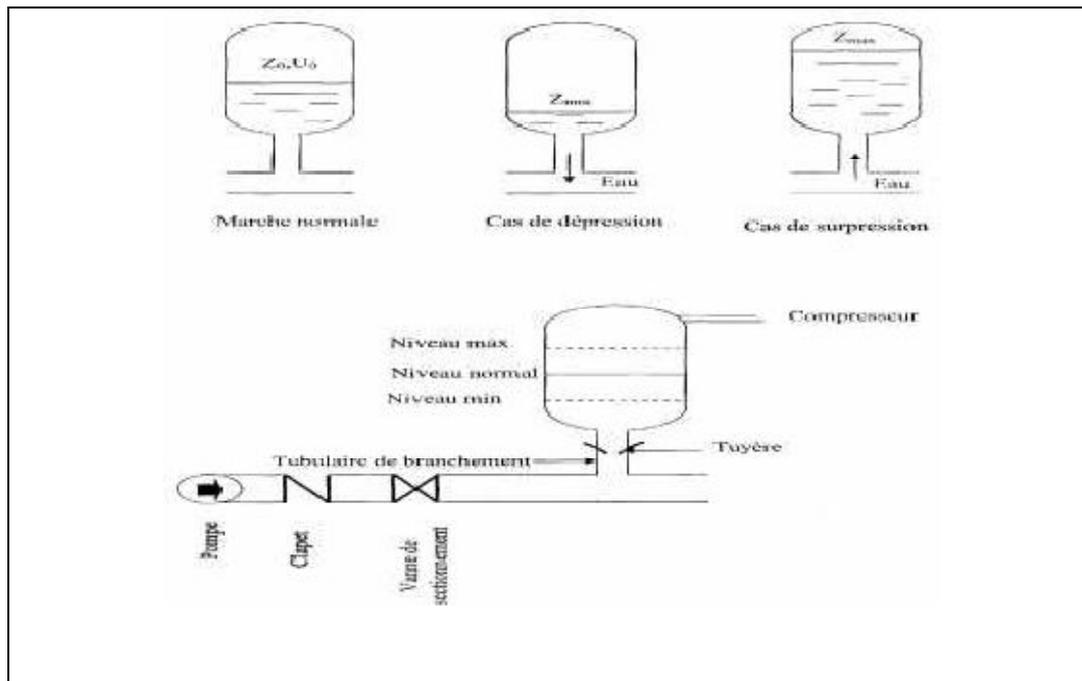


Figure VI.1: Principe de fonctionnement d'un réservoir d'air.

#### 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.

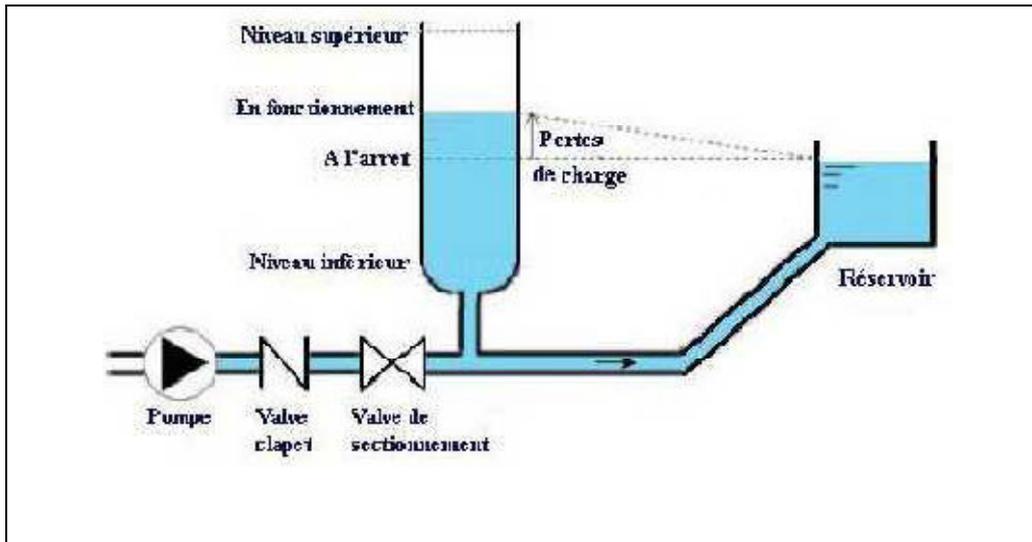


Figure VI.2: Cheminée d'équilibre.

**VI.5. Etude du coup de bélièr**

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 bélièr**

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 bélièr 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),
- V<sub>0</sub> : Vitesse d'écoulement en régime permanent initiale (m/s),
- g : Accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>).

➤ **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 :

-H<sub>0</sub>: 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<sub>g</sub> : Hauteur géométrique de refoulement,
- 10 : Pression atmosphérique,
- H<sub>0</sub> : Pression absolue de la conduite.

➤ **2<sup>eme</sup> 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 / s<sup>2</sup> ).
- $B$  : 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].

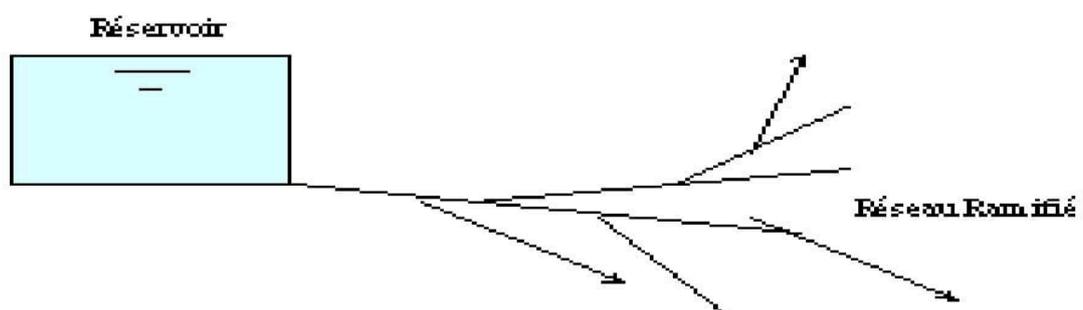


Figure VII.1. Réseau ramifié

### 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).

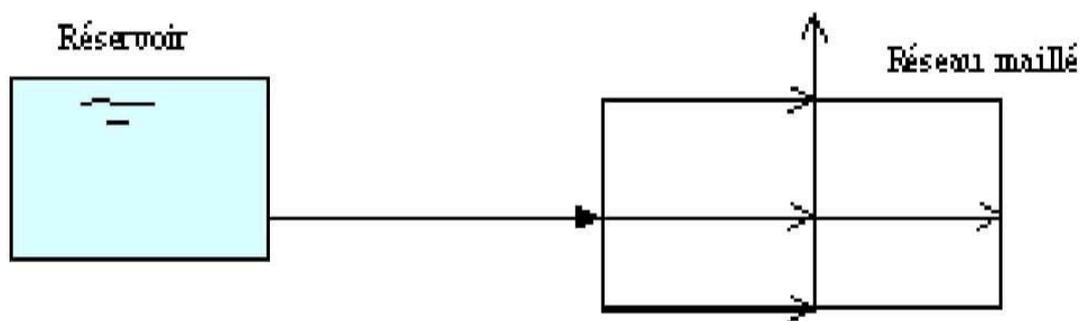


Figure VII.2. Réseau maillé

### 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

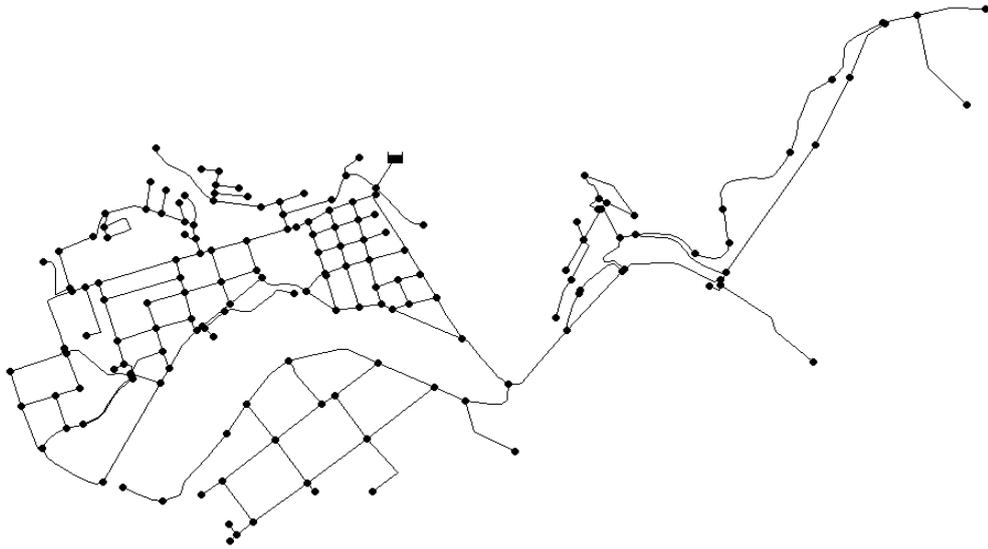


Figure VII.3 : Schéma du notre réseau de distribution.

## 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/m<sup>2</sup>. 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

| <b>conduite</b> | <b>Longueur (m)</b> | <b>Qp (L/s)</b> | <b>Qr (L/s)</b> |
|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| 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       |
|---------------|---------------|---------|----------|
| <b>Nœud 2</b> | Conduite 1    | 0,78176 | 1,272985 |
|               | Conduite P108 | 1,1396  |          |
|               | Conduite P159 | 0,62461 |          |
| <b>Nœud 3</b> | conduite P108 | 1,1396  | 0,5698   |
| <b>Nœud4</b>  | conduite P83  | 0,12026 | 1,421805 |
|               | conduite P82  | 0,44345 |          |
|               | conduite P70  | 2,2799  |          |
| <b>Nœud5</b>  | conduite P82  | 0,44345 | 0,628425 |
|               | conduite P81  | 0,43827 |          |
|               | conduite 5    | 0,37513 |          |
| <b>Nœud6</b>  | conduite P81  | 0,43827 | 0,599935 |
|               | conduite P80  | 0,42819 |          |
|               | conduite 2    | 0,33341 |          |
| <b>Nœud7</b>  | conduite P80  | 0,42819 | 0,46221  |
|               | conduite P79  | 0,24619 |          |
|               | conduite P60  | 0,25004 |          |
| <b>Nœud8</b>  | conduite P60  | 0,25004 | 0,515095 |
|               | conduite P51  | 0,42028 |          |
|               | conduite P59  | 0,35987 |          |
| <b>Nœud9</b>  | conduite P51  | 0,42028 | 0,778435 |
|               | conduite 2    | 0,33341 |          |
|               | conduite 8    | 0,37135 |          |
|               | conduite 4    | 0,43183 |          |

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

|                |               |         |       |
|----------------|---------------|---------|-------|
|                | Conduite 48   | 0,4836  |       |
|                | Conduite 52   | 0,33696 |       |
| <b>Nœud162</b> | Conduite 48   | 0,4836  | 1,428 |
|                | Conduite p222 | 1,495   |       |
|                | Conduite 50   | 0,87724 |       |
| <b>Nœud163</b> | Conduite p222 | 1,495   | 0,747 |
| <b>Nœud164</b> | Conduite 50   | 0,87724 | 0,438 |
| <b>Nœud165</b> | Conduite 52   | 0,33696 | 0,474 |
|                | Conduite 51   | 0,61136 |       |
| <b>Nœud166</b> | Conduite 51   | 0,61136 | 0,815 |
|                | Conduite 26   | 1,01936 |       |
| <b>Nœud167</b> | 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

| <b>ID Tuyau</b> | <b>Diamètre int<br/>mm</b> | <b>Débit l/s</b> | <b>Vitesse m/s</b> | <b>Pert de Charge<br/>Unitaire m/km</b> |
|-----------------|----------------------------|------------------|--------------------|---|
| 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 |

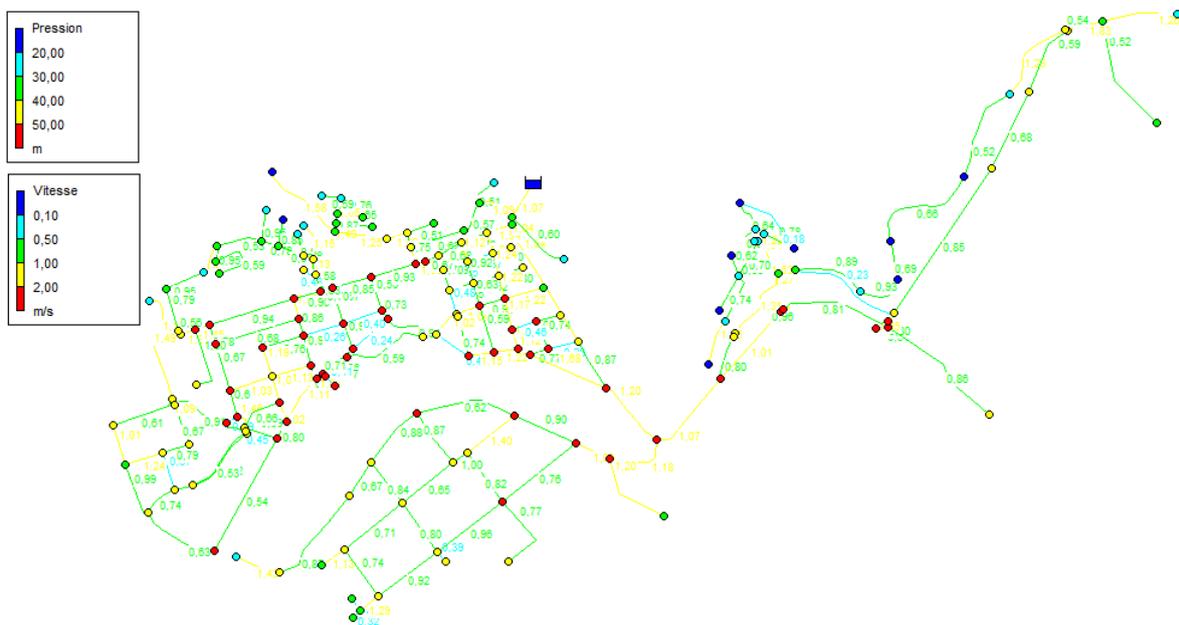


Figure VII.4 : Le schéma du réseau de distribution après simulation  
(Pression/vitesse)

**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 2000m<sup>3</sup>. 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<sub>max</sub>)

| Heures  | Coefficient de variation maximale horaire de la consommation (k <sub>max</sub> 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 :**

| <b>D (EXT)</b><br><b>(mm)</b> | <b>Ep</b><br><b>(mm)</b> | <b>D<sub>int</sub></b><br><b>(mm)</b> | <b>A</b><br><b>(mm<sup>2</sup>)</b> | <b>SDR</b><br><b>ADM</b> | <b>PN</b><br><b>Bar</b> |
|-------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 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 :**

| <b>D (EXT)</b><br><b>(mm)</b> | <b>Ep</b><br><b>(mm)</b> | <b>D<sub>int</sub></b><br><b>(mm)</b> | <b>A</b><br><b>(mm<sup>2</sup>)</b> | <b>SDR</b><br><b>ADM</b> | <b>PN</b><br><b>Bar</b> |
|-------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 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

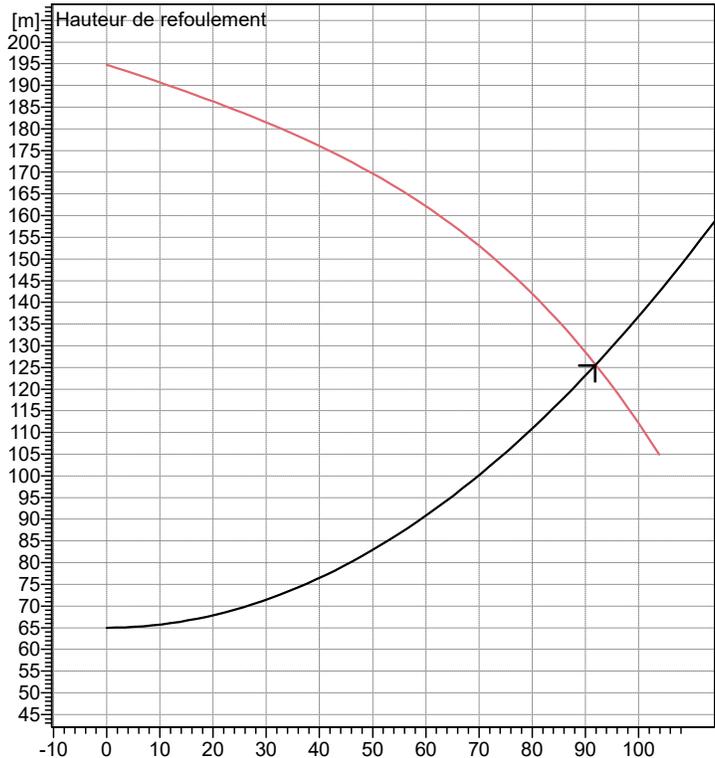
|                                    |                       |
|------------------------------------|-----------------------|
| Démarrages / h max.                | 5                     |
| Température maxi. du liquide pompé | 363 K                 |
| Teneur maximum en matières solides | 40 g/m <sup>3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



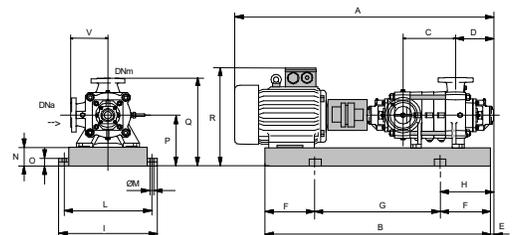
### Caractéristiques de fonctionnement

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 m<sup>3</sup>/ 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 m<sup>3</sup>/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.