

*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 DE CYCLE**

**Présenté par : Midou Zakaria**

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

Option : **Hydraulique urbaine**

### **INTITULE :**

## **ETUDE D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE VILLAGE « M'LAOUA » DE LA COMMUNE DE BECHLOUL, WILAYA DE BOUIRA**

Soutenu le **27/09/2022** devant le jury composé de :

- Président : **M. KADJI**
- Promoteurs : **M. YAKOUBI**
- Examineur : **M. NASRI**

2021/2022

# *Remerciements*

*En préambule a ce mémoire, je tient tout d`abord a remercie le dieu de tout puissant et miséricordieux qui nous a donne la force et la puissance d`accomplir ce modeste travail.*

*En second lieu, mes vifs remerciements vont également à mon promoteur M<sup>r</sup> YAKOUBI Mohamed pour l`orientation, la confiance et la patience qui a constitue un apport considérable sans lequel ce travail n`aurait pas pu être menée a bon port. Qu`il trouve dans ce travail un hommage a sa haute personnalité.*

*Je remercie également les membres du jury qui auront la bienveillance d`évaluer et critiquer ce travail.*

*Je remercie l`ingénieur Maamer.*

*Mes sincères remerciements s`adressent a mes enseignants et au corps administratif du département hydraulique.*

*Enfin, je tient a remercie toutes les personnes qui ont participe de près ou de loin a la réalisation de ce travail.*

# *Dédicaces*

## *Je dédie ce modeste travail*

*Aux deux personnes très chères qui ont partagé mes joies et mes peines, qui ont été toujours à mes côtés, qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui, qui ont toujours été là pour moi et qui nous ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance, mon cher père*

***MOHAMED** et ma chère mère **KHEIRA**.*

*A mes chers frères **OUSSAMA** et **IMAD**.*

*A mes chères sœurs **NOUR EL HOUDA** et **KHAWLA**.*

*A toute la famille Midou sans exception.*

*A tous ceux qui ont contribué à m'aider à réaliser mes objectifs et qui ont toujours répondu dans le besoin*

# Sommaire

## CHAPITRE 1 Présentation de la zone d'étude

Introduction Générale : .....	1
<b>1.1 Introduction : .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Présentation du site .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Situation géographique : .....	2
1.2.2 Situation climatique : .....	3
1.2.2.1 Climat: .....	3
1.2.2.2 Pluviométrie : .....	3
1.2.2.3 Températures : .....	3
1.2.2.4 Les vents : .....	4
1.2.3 Situation topographique.....	4
1.2.4 Situation hydraulique et les ressources en eau .....	4
1.2.4.1 Localisation du barrage (Barrage de Tilesdi) .....	5
1.2.4.2 Caractéristiques générales du barrage.....	5
1.2.5 Etude démographique : .....	6
1.2.5.1 Population : .....	6
1.2.5.2 Evaluation de la population.....	6
1.2.5.3 Les équipements existants .....	7
<b>1.3 Conclusion : .....</b>	<b>7</b>

## CHAPITRE 02 : Estimation des besoins en eau

<b>2.1 Introduction.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Les différents types de besoins .....</b>	<b>8</b>
2.2.1 Estimation des besoins domestique .....	8
2.2.2 Estimation des besoins d'équipements publics .....	9
2.2.3 Estimation des besoins d'équipements pour l'horizon future 2052.....	9
2.2.4 Majoration de la consommation moyenne journalière $Q_{moy.j}$ : .....	10
2.2.5 Etudes des variations de la consommation .....	11
2.2.7 Consommation minimale journalière .....	12

2.2.8 Variation de la consommation horaire actuel et futur.....	12
<b>2.3. Conclusion .....</b>	<b>15</b>

### **Chapitre 03 : Les réservoirs**

<b>3.1 Introduction.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Définition .....</b>	<b>16</b>
<b>3.4 Utilité des réservoirs.....</b>	<b>17</b>
<b>3.5 Classification des réservoirs .....</b>	<b>17</b>
<b>3.6 Les exigences principales à satisfaire par les réservoirs.....</b>	<b>18</b>
3.6.1 La durabilité .....	18
3.6.2 Etanchéité.....	18
3.6.3 Résistance.....	18
3.6.4 Entretien de l'ouvrage .....	18
<b>3.7 Equipement du réservoir .....</b>	<b>18</b>
3.9.1 Dimensionnement des réservoirs de stockage .....	20
3.9.2 Diamètre du réservoir .....	20
<b>3.10 Capacité de la bache d'eau (station de pompage M'laoua). 21</b>	
<b>3.11 Capacité du réservoir R1 (M'laoua).....</b>	<b>21</b>
<b>3.12 Conclusion .....</b>	<b>23</b>

### **Chapitre 04 : Adduction**

<b>4.1 Introduction.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2 Choix du tracé.....</b>	<b>24</b>
<b>4.3 Equipements de l'adduction .....</b>	<b>25</b>
<b>4.4 Les Conduites .....</b>	<b>27</b>
<b>4.5 Choix du matériau de la conduite.....</b>	<b>27</b>

<b>4.6 Etude Technico-Economie des diamètres de refoulement ....</b>	<b>28</b>
4.6.1 Calcule de diamètre économique .....	29
4.6.2 Calcul de la vitesse .....	29
4.6.3 Calcul des pertes de charge.....	29
4.6.4 Calcul de la hauteur manométrique total (Hmt).....	31
4.6.5 Calcul de la puissance absorbée par la pompe (Pa) .....	31
4.6.6 Calcul de l'énergie consommée par la pompe.....	31
4.6.7 Calcul des frais d'exploitation .....	32
4.6.8 Calcul des frais d'amortissement.....	32
4.6.9 Calcul du bilan $B_L$ .....	32
<b>4.7 Dimensionnement de l'adduction .....</b>	<b>33</b>
4.7.1 Tronçon SP M'laoua R1 .....	33
4.7.2 Calcul de la hauteur manométrique total HMT.....	33
4.7.3 Calcul des frais d'exploitation et d'amortissement .....	34
4.7.4 Calcul du bilan.....	34
<b>4-8 Schéma de l'adduction étudiée.....</b>	<b>35</b>
<b>4.9 Conclusion .....</b>	<b>36</b>

## Chapitre 05 : les pompes

<b>5.1 Introduction.....</b>	<b>37</b>
<b>5.2 Les pompes .....</b>	<b>37</b>
<b>5.3 Emplacement de la station de pompage .....</b>	<b>37</b>
<b>5.4 Choix de la pompe .....</b>	<b>37</b>
<b>5.5 Classification des pompes centrifuges .....</b>	<b>38</b>
<b>5.6 Caractéristiques hydraulique d'une pompe centrifuge.....</b>	<b>38</b>
5.6.1 La courbe hauteur - débit « $H = f(Q)$ » .....	38
5.6.2 La courbe rendement - débit « $\eta = f(Q)$ ».....	38
5.6.3 La courbe des puissances absorbées - débit « $Pa = f(Q)$ » .....	38
5.6.4 Courbe caractéristique d'une conduite de refoulement.....	38

<b>5.7 Le point de fonctionnement d'une pompe .....</b>	<b>39</b>
5.7.1 Première variante : modification du temps de pompage.....	40
5.7.2 Deuxième variante : Régulation par étouffement .....	40
5.7.3 Troisième variante : Rognage de la roue.....	41
5.7.4 Quatrième variante : variation de la vitesse de rotation .....	41
<b>5.8 Le phénomène de la cavitation .....</b>	<b>41</b>
<b>5.9 Choix du type des pompes .....</b>	<b>44</b>
5.9.1. Refoulement : La pompe 1 ( Sp – R1).....	44
<b>5.10 Conclusion .....</b>	<b>45</b>

## Chapitre 06 : le coup de bélier

<b>6.1 Introduction.....</b>	<b>46</b>
<b>6.2 Définition du coup de bélier : .....</b>	<b>46</b>
<b>6.3 Les causes et conséquences du phénomène.....</b>	<b>46</b>
<b>6.4 Etude du coup de bélier .....</b>	<b>47</b>
6.4.1..Valeurs numériques du coup de bélier .....	47
<b>6.5 Moyens de protection des installations.....</b>	<b>48</b>
6.5.1 Récapitulatif des différents équipements anti-bélier .....	49
<b>6.6 Calcul les valeurs du coup de bélier pour notre tronçons de refoulement.....</b>	<b>49</b>
6.6.1 Tronçon (SP M'laoua - R1).....	49
<b>6.7 Conclusion .....</b>	<b>50</b>

## Chapitre 07 : Distribution

<b>7.1 Introduction.....</b>	<b>51</b>
<b>7.2 Classification des réseaux .....</b>	<b>51</b>

7.2.1 Réseau ramifié .....	51
7.2.2 Réseau maillé.....	52
7.2.3 Réseau mixte.....	52
<b>7.3 Equipement du réseau de distribution .....</b>	<b>53</b>
7.3.1 Appareils et accessoires du réseau .....	53
A- Les canalisations .....	53
B - Robinets vannes .....	53
C - Bouches ou poteau d'incendie.....	54
D - Clapets .....	54
E - Ventouses.....	54
F - Régulateurs de pression .....	54
G - Robinets de vidange (décharge) .....	54
H - Pièces spéciaux de raccordement.....	54
<b>7.4 Choix du type de matériaux .....</b>	<b>55</b>
<b>7.5 Choix du réseau à adopter .....</b>	<b>55</b>
<b>7.6 Présentation du logiciel EPANET.....</b>	<b>55</b>
<b>7.7 Etapes de l'utilisation du logiciel EPANET .....</b>	<b>55</b>
<b>7.8 Description du réseau de distribution .....</b>	<b>56</b>
<b>7.9 Calcul hydraulique du réseau de distribution [16] .....</b>	<b>57</b>
7.9.1 Débit de pointe .....	57
7.9.2 Débit spécifique .....	57
7.9.3 Débit de route.....	58
7.9.4 Le débit au nœud .....	58
<b>7.10 Le calcul des débits en route et les débits aux nœuds .....</b>	<b>58</b>
<b>7.11 Modélisation du réseau .....</b>	<b>61</b>
<b>7.12 Simulation du réseau avec EPANET .....</b>	<b>61</b>
<b>7.13 Conclusion .....</b>	<b>66</b>
<b>Conclusion Générale :.....</b>	<b>67</b>

# Liste des tableaux

## CHAPITRE 01 : Présentation de la zone d'étude

<b>Tableau (1.1):</b> Précipitations mensuelle de la wilaya de Bouira (Station météorologique de Bouira, 2016).....	3
<b>Tableau (1.2):</b> Température moyenne mensuelle de la wilaya de Bouira. (Station Météorologique de Bouira, 2016) .....	4
<b>Tableau (1.3) :</b> évolution de la population .....	6
<b>Tableau (1.4):</b> Croissance démographique du village M'LAOUA.....	6
<b>Tableau (1.5):</b> les équipements existant et leurs effectifs .....	7

## CHAPITRE 02 : Estimation des besoins en eau

<b>Tableau (2.1) :</b> Norme de la dotation domestique.....	5
<b>Tableau (2.2) :</b> Besoins domestique .....	5
<b>Tableau (2.3) :</b> besoin en eau des équipements.....	9
<b>Tableau (2.4) :</b> estimation des différents besoins pour l'horizon futur (2052) .....	10
<b>Tableau (2.5) :</b> la consommation moyenne journalière majorée.....	11
<b>Tableau (2.6) :</b> consommation maximale journalière .....	12
<b>Tableau (2.7) :</b> consommation minimale journalière .....	12
<b>Tableau (2.8) :</b> variation des valeurs de $\beta_{max}$ .....	13
<b>Tableau (2.9) :</b> Représentation des valeurs de $\beta_{max}$ , $\alpha_{max}$ , $k_{max. h}$ , $Q_{max. j/24}$ , $Q_{max. h}$ pour l'horizon actuel .....	14
<b>Tableau (2.10):</b> Représentation des valeurs de $\beta_{max}$ , $\alpha_{max}$ , $k_{max. h}$ , $Q_{max. j/24}$ , $Q_{max. h}$ pour l'horizon futur .....	14
<b>Tableau(2.11):</b> Répartitionde la consommation horaire.....	14

### **Chapitre 03 : Les réservoirs**

**Tableau (3.1) :** dimensionnement du réservoir... ..... 21

**Tableau (3.2) :** représentation des capacités des réservoirs, les diamètres, et Hinc ..... 23

### **Chapitre 04 : Adduction**

**Tableau (4.1) :** Calcul des pertes de charge totales du tronçon..... 33

**Tableau (4.2) :** Calcul des frais d'exploitation et d'amortissement ..... 34

**Tableau( 4.3) :** calcul du bilan ..... 34

**Tableau (4.4) :** les diamètres économiques ..... 36

### **Chapitre 05 : les pompes**

**Tableau (5.1) :** Tension de vapeur d'eau pompé en fonction de la température. ....44

**Tableau (5.2) :** Caractéristiques de la pompe de la station de pompage..... 44

### **Chapitre 06 : le coup de bélier**

**Tableau( 6.1) :** Avantage et inconvénients des appareils anti bélier.....49

**Tableau (6.2) :** calcul de la valeur maximal du coup de bélier ( SP M'laoua - R1) ..... 49

### **Chapitre 07 : Distribution**

**Tableau (7.1) :** Débits aux nœuds du village de M'laoua ..... 59

**Tableau (7.2):** Résultats de la simulation des conduites ..... 62

**Tableau( 7.3):** Les pressions et les charges au niveau des noeuds du réseau..... 63

# Listes des figures

## CHAPITRE 01 : Présentation de la zone d'étude

Figure 1. 1 : Localisation de la commune BECHLOUL dans la wilaya de Bouira .....	2
Figure (I.2) : Carte topographique de la zone d'étude.....	4

## CHAPITRE 03 : Réservoir

Figure 3. 1 : Schéma général d'un réservoir d'eau.....	19
--	----

## CHAPITRE 04 : Adduction

Figure (4.1): Robinet vanne à opercule [7].....	25
Figure 4. 2 .: Vanne papillon.....	25
Figure (4.3) : Clapet anti retour [8] .....	26
Figure( 4.4) : Ventouse.....	26
Figure( 4.5) : Tuyaux PEHD.....	28
Figure (4.6) : Schéma d'adduction.....	35

## Chapitre 06 : les pompes

Figure (5.1) : Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge .....	39
Figure (5.2): intersection entre la courbe caractéristique « $H = f(Q)$ » avec la courbe caractéristique de la conduite « $H_c = f(Q)$ » .....	39
Figure( 5.3) : Courbes des NPSH.....	42
Figure (5.4) : Principe de la cavitation.....	43
Figure (5.5) : Point de fonctionnement de la pompe au niveau de station de pompage.....	45

## Chapitre 07 : Distribution

Figure (7.1): Réseau ramifié .....	51
Figure( 7.2) : Réseau maillé.....	52
Figure (7.3): Réseau mixte.....	52
Figure (7.4): Schéma d'un réseau étagé [4] .....	53
Figure (7.5) : Environnement de travail sur EPANET.....	56
Figure (7.6) : Réseau de distribution de la zone d'étude.....	57
Figure (7.7) : Réseau de distribution après simulation (vitesses) .....	65
Figure (7.8) : Réseau de distribution après simulation (Pressions).....	66

# Liste des symboles

**A** : l'amortissement annuel

**a** : la célérité de l'onde (m/s).

**B** : valeur du coup de bélier (m).

**C1** : Coefficient de perte de charge dans la tuyère.

**D** : diamètre de la conduite en (m).

**d** : Diamètre de la tuyère (m).

**DBONNIN, DBRESS**: diamètre de la conduite (m).

**Dint** : diamètre intérieur de la conduite (mm).

**Dr** : diamètre du réservoir (m).

**Dt** : diamètre de la tubulure (mm)

**E** : énergie consommée par la pompe (KWh)

**e** : prix unitaire du KWh, d'après la SONALGAZ ce prix est de **4.67 DA**.

**Fam** : frais d'amortissement (DA)

**g** : accélération de la pesanteur (9.81 m/s<sup>2</sup>)

**H0** : la pression absolue de la conduite

**Ha** : hauteur d'aspiration en (m)

**Hinc** : hauteur d'incendie (m);

**Hr** : hauteur du réservoir (m);

**i** : taux d'annuité, **8%** en Algérie

**K** : rugosité absolue de la conduite.

**K1**: Coefficient du rapport de vitesse

**Kf** : coefficient de fuite (on le prend 1.2)

**Kmax,h** : coefficient de variation maximal horaire

**Kmax,j** : Coefficient d'irrégularité journalière maximum

**Kmin,j** : Coefficient d'irrégularité journalière minimal

**L** : longueur de la conduite en (m)

**Li** : longueur du tronçon

**m** : Coefficient de rognage.

**n** : nombres d'années séparant l'année 2020 à l'horizon considéré

**ni** : nombre d'année d'amortissement (**n = 30 ans**).

**P** : population future prise à l'horizon de l'étude 2052

**P%** : résidu maximal dans le réservoir en (%)

**P0** : Pression en mètre de colonne d'eau au point d'aspiration en (m)

**P0** : population de l'année de référence 2020

**PQ** : pourcentage du débit maximum journalier à l'heure de pointe.

**Pu** : prix du mètre linéaire de la conduite (DA/ml)

**Q** : débit véhiculé dans la conduite (m<sup>3</sup>/s).

**Qdom** : débit domestique (m<sup>3</sup>/j)

**Qdom** actuel : besoins domestiques en 2021 (m<sup>3</sup>/j)

**Qdom** futur : besoins domestiques en 2051 (m<sup>3</sup>/j)

**Qéqui** actuel : besoins d'équipements en 2021 (m<sup>3</sup>/j)

**Qéqui** futur : besoins d'équipements en 2051 (m<sup>3</sup>/j)

**Qequip** : débit d'équipement (m<sup>3</sup>/s)

**Qmaj,j** : débit moyen débit moyen journalier (m<sup>3</sup>/j) ;

**Qmax.h** : débit maximum horaire(m<sup>3</sup>/h)

**Qmax,j** : consommation maximale journalière (m<sup>3</sup>/j);

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

**Qn** : débit au noeud (l/s).

**Qp** : débit de pointe (l/s)

**Qs** : débit spécifique (l/s.m)

**r** : Le pourcentage de rognage

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

**tp** : temps de pompage par jour (**tp = 20 h**).

**Tv** : la pression de vapeur maximale que l'air peut supporter à une température donnée

**V** : vitesse de l'eau (m/s)

**V0** : vitesse de l'eau dans la conduite en régime permanent initial (m/s).

**V1**: Vitesse dans la tuyère (m/s).

**Vf** : Vitesse finale choisie (m/s).

**Vinc** : volume d'incendie 120 m<sup>3</sup>.

**Vmax** : volume maximal de stockage pour la consommation en (m<sup>3</sup>)

**VT** : volume total du réservoir en (m<sup>3</sup>)

**αmax** : Coefficient tenant compte du confort et des équipements de l'agglomération, compris entre 1.2 et 1.3

**βmax** : coefficient qui varie en fonction du nombre d'habitant

**η** : rendement de la station de pompage (%), un rendement de **82 %** est retenu.

**λ** : coefficient de frottement de DARCY (m).

$\nu$  : viscosité cinématique de l'eau,  $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  à une température de  $20^\circ\text{C}$ .

$\tau$  : taux de croissance ( $T=1.48$ ) de la willaya de Bouira.

**(NPSH)<sub>d</sub>** : la charge nette disponible à l'aspiration

**(NPSH)<sub>r</sub>** : la charge nette requise à l'aspiration

**|R<sub>max</sub><sup>+</sup>|** : résidu maximum positif;

**|R<sub>max</sub><sup>-</sup>|** : résidu maximum négatif.

**$\Delta H_a$**  : perte de charge à l'aspiration en (m)

**$\Delta H_L$**  : pertes de charge linéaires (m).

**$\Delta H_S$**  : pertes de charge singulières (m)

**$\Sigma L_i$** : la somme des longueurs des tronçons du réseau (m).

**$\Sigma Q_c$**  : somme des débits localisés au noeud considérés (l/s).

**$\Sigma Q_r$**  : somme des débits de route autour du noeud considéré (l/s).

# **Introduction Générale**

## Introduction Générale

L'eau est un élément essentiel à toute forme de vie; c'est la source indispensable à toutes les activités humaines. Chaque développement d'une région dans tous les domaines dépend essentiellement du développement du secteur hydraulique, puisque celui-ci est lié à toutes les branches de l'économie.

Le travail que nous allons présenter concerne l'étude du réseau d'alimentation en eau potable de la région de Ml'aoua à partir du barrage de Tilesdit (Wilaya de Bouira). Cette étude a pour but de déceler l'ensemble des problèmes dont souffre le fonctionnement général du système, afin d'apporter une solution rationnelle et globale. Son contenu comporte les points suivants :

Nous débuterons le travail par une présentation globale du site en se basant sur la situation actuelle de l'alimentation en eau de la région d'étude ceci est l'objet du premier chapitre.

Le second chapitre, nous effectuerons une estimation des besoins en eau potable de la zone d'étude pour satisfaire la population à l'horizon d'étude projeté.

Le troisième chapitre sera consacré au dimensionnement des ouvrages de stockage servant à la distribution, puis on fera une comparaison de capacité avec celle de réservoir existants et de projeter si nécessaire d'autres réservoirs pour une meilleure satisfaction.

Par la suite, le quatrième chapitre qui est consacré à l'analyse d'adduction, où on étudiera le choix du tracé, le type de conduite et l'étude technico-économique qui comportera le dimensionnement de conduite.

Ensuite, une partie importante sera développée dans le cinquième chapitre. Il s'agit du choix de pompe adéquate au refoulement à partir de station de pompage qui doit répondre aux exigences du projet, à l'aide du catalogue numérique du choix des pompes CAPRARI.

Le sixième chapitre se portera sur la protection de la chaîne d'adduction contre le phénomène du coup de bélier.

Le dernier chapitre consistera essentiellement à l'étude du réseau de distribution de Ml'aoua. Une modélisation du réseau sous EPANET sera effectuée afin de vérifier les conditions hydrauliques d'écoulement.

Finalement on terminera l'étude par une conclusion générale.

## **CHAPITE 1**

### **PRESENTATION DU LA ZONE D'ETUDE**

## 1.1 Introduction :

La présentation du site est nécessaire avant toute étude technique, l'objectif de cette étude Entre dans le cadre d'alimentation en eau potable de la commune M'Laoua à partir du barrage Tiseldit (wilaya de Bouira), afin de satisfaire ses besoins en eau à long terme (horizon 2052) Par la connaissance des caractéristiques et les facteurs qui influencent sur le site d'étude. Nous citerons la démographie, les ressources en eau, la topographie ... etc.

## 1.2 Présentation du site

### 1.2.1 Situation géographique :

M'LAOUA est située dans la daïra de BECHLOUL, a l'est de la wilaya de BOUIRA. Le village aura une délimitation plus ou moins régulière, une vision globale est requise pour un aménagement plus cohérent et une délimitation claire avec des frontières physiques (artificielles) plus visibles tels que les chemins de la national N°33 et la national N°5 le chemin de wilaya W°24 et le chemin d'autoroute N° A1.

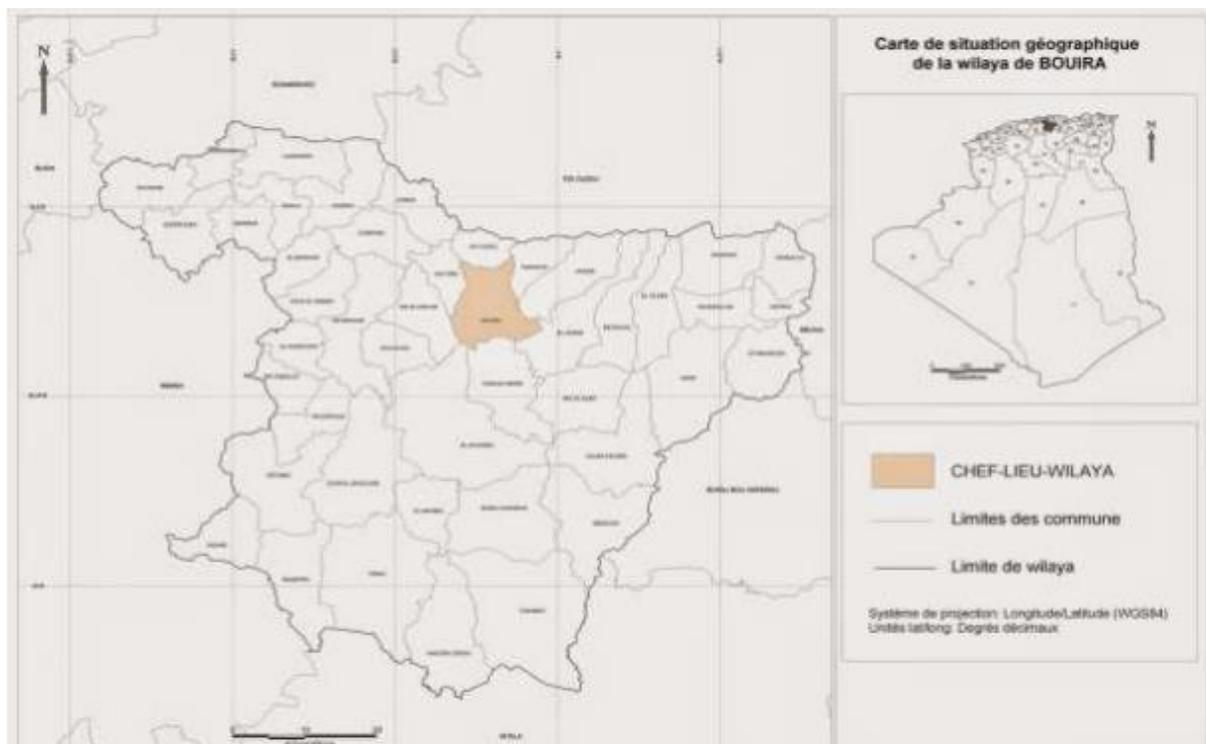


Figure 1. 1 : Localisation de la commune BECHLOUL dans la wilaya de Bouira

## 1.2.2 Situation climatique :

### 1.2.2.1 Climat:

Le climat de notre zone d'étude est (le village de **M'LAOUA**) est concerné par le climat de la daïra de BECHLOUL, c'est un climat typiquement méditerranéen avec un été chaud.

La zone d'étude appartient au climat méditerranéen subhumide Chaud, caractérisé par une période humide et fraîche qui s'étale, du mois d'Octobre au mois d'Avril et une saison sèche et chaude le reste de l'année.

### 1.2.2.2 Pluviométrie :

La pluviométrie est un paramètre climatique important qui a une grande influence sur les êtres vivants et son environnement. Les précipitations peuvent avoir plusieurs formes selon, la température de l'atmosphère, l'altitude de la région... etc. On définit la pluviosité comme étant la quantité d'eau reçue par le sol sous sa forme liquide par unité de surface. On la mesure à l'aide d'un pluviomètre et elle s'exprime en millimètre (MOURIDA, 2014).

**Tableau (1.1):** Précipitations mensuelle de la wilaya de Bouira (Station météorologique de Bouira, 2016)

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
Précipitations (mm)	67.1	102	36	45.9	18	16	0	0,8	39	50	35	30	439.8

D'après le tableau, nous constatons que le taux de précipitation le plus élevé a été noté durant le mois de février avec 102 mm, tandis que le taux le moins faible a été enregistré durant le mois de Juillet avec 0 mm.

### 1.2.2.3 Températures :

La température est un facteur principal dans les phénomènes de concentration et d'évaporation de l'eau et constitue un critère essentiel dans la définition du déficit d'écoulement.

Les températures moyennes mensuelles de la région d'étude sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau (1.2):** Température moyenne mensuelle de la wilaya de Bouira. (Station Météorologique de Bouira, 2016)

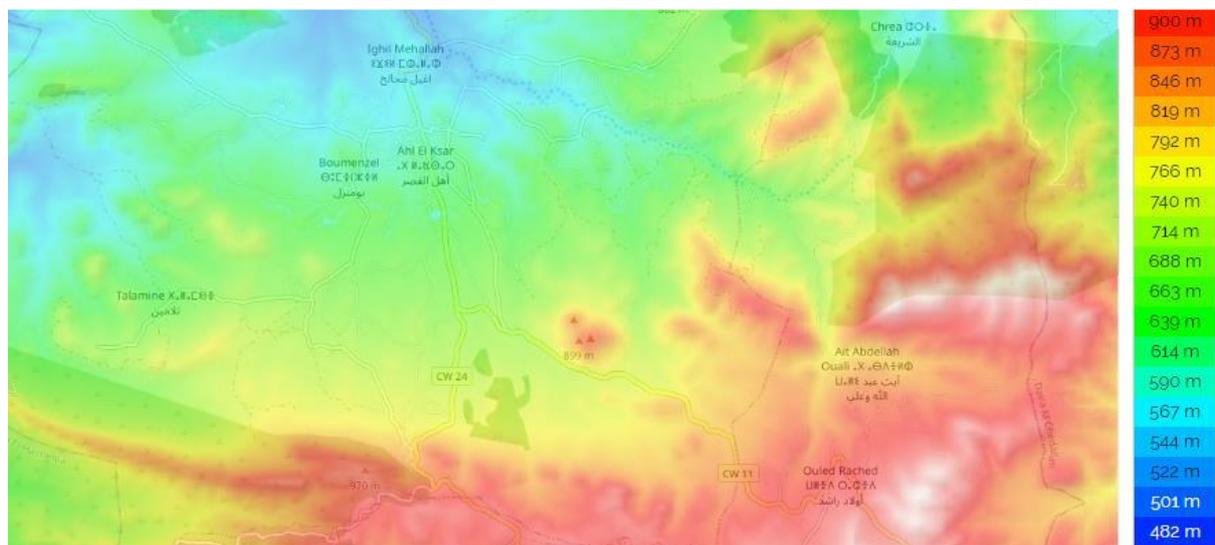
Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
T° moy (°C)	2,25	1,45	4,5	7,8	11	17	25	21,7	16	11	4,8	6,65	10,76

D'après le tableau, nous constatons que la température moyenne la plus faible a été notée durant le mois de Février (1,45°C), tandis que la température moyenne la plus élevée a été enregistrée durant le mois de Juillet (25°C).

### 1.2.3 Situation topographique:

Dans la conception d'un projet d'alimentation en eau potable, la topographie a un rôle très important.

Notre zone d'étude est une zone montagneuse avec des altitudes qui varient entre 500m à 600m.



**Figure (I.2) :** Carte topographique de la zone d'étude

### 1.2.4 Situation hydraulique et les ressources en eau

Notre zone d'étude (M'laoua) est alimentée à partir du barrage de Tilesdit de Bechloul (wilaya de Bouira)

#### 1.2.4.1 Localisation du barrage (Barrage de Tilesdi)

Le barrage de Tilesdit est un barrage du type remblai situé dans la commune de Bechloul dans la wilaya de Bouira dans la région de Kabylie en Algérie.

Mis en service en 2009, le barrage de Tilesdit est implanté sur Oued Eddous et il est destiné à :

- L'alimentation en eau potable de la ville de Bouira, des Communes limitrophes (Bechloul, El-Asnam, El Adjiba Oued El Berdi, Ahl El Ksar), et des communes Sud-est (Tagdit, Oukhris, Mesdours, Ouled-Rached, Hadjr Zerga) (69.853 m<sup>3</sup>/j)
- L'alimentation de la zone industrielle de Sidi Khaled.
- L'irrigation des périmètres Plateau d'El Asnam, et la vallée du Sahel (16 millions m<sup>3</sup>)

[1]



**Photo (I.1) :** Photo du barrage Tilesdit

#### 1.2.4.2 Caractéristiques générales du barrage

La digue est constituée d'un massif en remblai compacté d'une hauteur de 65m.

Avec une capacité de 150 millions de m<sup>3</sup> pour un volume de 165 millions de m<sup>3</sup>.

## 1.2.5 Etude démographique :

### 1.2.5.1 Population :

Le facteur population est déterminant et statistique lors de l'étude de la planification et d'élaboration d'un projet d'AEP. L'exploitation ultérieure, pour les besoin en eau de l'agglomération varie avec l'évolution démographique, le niveau de vie de la population et la diversité des activités locales et les extensions (les commerce, les établissements étatique les entreprise privé, les centres de loisirs...etc.)

- la zone concernée par notre projet d'étude est peuplée de 1500 habitants.

### 1.2.5.2 Evaluation de la population

L'évaluation de la population consiste à prendre en compte l'évolution de la population à long terme. Sur une période de 30 ans à partir de la formule de la progression géométrique. Pour un taux de croissance défini :

$$P = P_0 (1 + \tau)^n \quad (1.1)$$

**P** : population future prise à l'horizon de l'étude

**P<sub>0</sub>** : population de l'année de référence 2020

**τ** : taux d'accroissement annuel de la population moyenne en (%)

**n** : nombre d'années séparant P et P<sub>0</sub>

Les résultats de calcul de la population sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau (1.3) : évolution de la population**

Années Village	2018	2022 actuel	2052 futur
M'LAOUA	1500	1580	2330

Le tableau suivant résume la croissance démographique du village M'LAOUA :

**Tableau (1.4): Croissance démographique du village M'LAOUA.**

<b>P = P<sub>0</sub> (1 + τ)<sup>n</sup></b>	
T= %	1.48
P <sub>0</sub> = hab.	1500
P= hab.	2330
Croissance de 827 habitants	

Avec :

- **P**: Population à l'horizon considéré (hab) ;
- **P0**: Population actuelle (hab) ;
- $\tau$  : Taux d'accroissement de la population en % égal à 1.48 % ;
- **n** : Nombre d'années séparant les deux horizons considéré.

### 1.2.5.3 Les équipements existants

**Tableau (1.5)** : les équipements existant et leurs effectifs [1]

Villages	Equipements	Effectifs
<b>M'LAOUA</b>	Ecole primaire	120
	CEM	180
	Mosquée	250
	Siege APC	40
	Poste	3

## 1.4 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons essayés de présenter les informations de la région concernée par l'étude du point de vue géographique, topographique, climatologique et hydraulique .Ces différentes informations représentent les premières données de base pour l'élaboration de notre travail qui est la conception et le dimensionnement d'un réseau d'alimentation en eau potable, afin de résoudre tous les problèmes de l'eau de l'agglomération.



## **CHAPITRE 2**

### **ESTIMATION DES BESOINS EN EAU**

## 2.1 Introduction

Pour la réalisation d'un projet d'alimentation en eau potable, une estimation des différents besoins en eau à long terme est nécessaire.

Nous déterminerons les besoins en eau de village (M'laoua) des différents consommateurs aux horizon d'étude et cela suivant les étapes ci-dessous :

- Estimation des besoins domestique et des équipements ;
- Calcul des débits moyen journaliers ;
- Calcul des débits maximum journaliers ;
- Calcul des débits maximum horaires.

## 2.2 Les différents types de besoins

Les principaux équipements existant et nombre d'habitants au niveau de ce village ont été recueillis auprès le service de l'APC et subdivision hydraulique.

### 2.2.1 Estimation des besoins domestique

On peut estimer les besoins en eau de village par la relation suivante :

$$\text{Besoins en eau (l/j)} = \text{Nombre d'habitant} \times \text{la dotation (l/j/hab)} \quad (2.1)$$

#### - La dotation

La dotation journalière est définie comme étant la quantité d'eau moyenne consommée par habitant et par jour, exprimée en (l/j/hab). Cette dotation est adoptée en fonction de l'importance de la population, de son mode de vie et du climat.

**Tableau (2.1) :** Norme de la dotation domestique

Années	2018	2022	2052
<b>Dotation (l/j/hab.)</b>	150	150	180

Les besoins domestique sont représentés dans la table suivante :

**Tableau (2.2) :** Besoins domestique

Années Villages	Nombre d'habitant		Besoins (m <sup>3</sup> /j)		Besoins (l/s)	
	2022	2052	2022	2052	2022	2052
<b>M'LAOUA</b>	1580	2330	225	418.86	2.6	4.85

### 2.2.2 Estimation des besoins d'équipements publics

Pour estimer avec précision les besoins en eau potable d'une agglomération quelconque, un recensement complet de l'ensemble des équipements (administratif, socioculturel...) et leurs dotations sont primordiales.

Pour notre cas la consommation moyenne journalière des différents équipements des deux villages est calculée par la formule (2.2) suivante :

$$Q_{\text{moy.j}} = \sum \frac{(N_i \times D_i)}{1000} \quad \text{En (m}^3/\text{j)} \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{moy.j}} = \sum \frac{(N_i \times D_i)}{86400} \quad \text{En (l/s)} \quad (2.3)$$

Avec :

- $Q_{\text{moy.j}}$  : Consommation moyenne journalière des habitants ;
- $D_i$  : Dotation moyenne journalière (l/j/hab.) ;
- $N_i$  : Nombre d'habitants.

**Tableau (2.3) : besoin en eau des équipements**

Villages	Equipements	effectifs	dotation	Besoin (m <sup>3</sup> /j)	Besoin (l/s)
M'LAOUA	Ecole primaire	120	15	1.8	0.021
	CEM	180	15	2.7	0.031
	mosquée	250	20	5	0.058
	Siege APC	40	10	0.4	0.00463
	Poste	3	10	0.03	0.000347
	<b>TOTAL</b>	<b>593</b>		<b>9.93</b>	<b>0.115</b>

### 2.2.3 Estimation des besoins d'équipements pour l'horizon future 2052

En considérant les besoins actuels domestiques et ceux des équipements existants de village, on peut estimer les besoins d'équipements futurs suivant la relation ci-après :

$$(Q_{\text{équi}} \text{ Actuelle} / Q_{\text{dom}} \text{ actuelle}) = (Q_{\text{équi}} \text{ future} / Q_{\text{dom}} \text{ future}) \quad (2.4)$$

Avec :

- $Q_{\text{équi}}$  actuel : besoins d'équipements en 2022 (m<sup>3</sup>/j) ;
- $Q_{\text{équi}}$  futur : besoins d'équipements en 2052 (m<sup>3</sup>/j) ;
- $Q_{\text{dom}}$  actuel : besoins domestiques en 2022 (m<sup>3</sup>/j) ;

-  $Q_{\text{dom}}$  futur : besoins domestiques en 2052 ( $\text{m}^3/\text{j}$ ).

Les résultats sont répartis dans la table suivante :

**Tableau (2.4) :** estimation des différents besoins pour l'horizon futur (2052)

	Besoins domestique $Q_{\text{dom}}$ ( $\text{m}^3/\text{j}$ )		Besoin équipements $Q_{\text{équi}}$ ( $\text{m}^3/\text{j}$ )		$Q_{\text{dom}} + Q_{\text{équi}}$ ( $\text{m}^3/\text{j}$ )	
	2022	2052	2022	2052	2022	2052
<b>Années</b>						
<b>Villages</b>						
<b>M'LAOUA</b>	225	418.86	9.93	18.48	234.93	437.34

#### 2.2.4 Majoration de la consommation moyenne journalière $Q_{\text{moj},j}$ :

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 plusieurs facteurs tels que :

- type des conduites ;
- nature de terrain ;
- la qualité de réalisation ;
- l'entretien, etc.

Pour cela il y a lieu de majorer la consommation moyenne journalière.

$$Q_{\text{moj},j} = K_f \times (Q_{\text{dom}} + Q_{\text{équi}}) \quad (2.5)$$

Avec :

$Q_{\text{moj},j}$  : Débit moyen débit moyen journalier majoré ( $\text{m}^3/\text{j}$ ) ;

$K_f$  : Coefficient de fuite (on le prend 1.2) ;

$Q_{\text{dom}}$  : Débit domestique ( $\text{m}^3/\text{j}$ ) ;

$Q_{\text{équi}}$  : Débit d'équipement ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

La table suivante regroupe les résultats du calcul :

**Tableau (2.5) :** la consommation moyenne journalière majorée

	$Q_{\text{dom}}+Q_{\text{équi}}$ (m <sup>3</sup> /l)		$Q_{\text{moj,j}}$ (m <sup>3</sup> /j)	
	2022	2052	2022	2052
<b>Villages</b>				
<b>M'LAOUA</b>	234.93	437.34	281.1916	524.808

### 2.2.5 Etudes des variations de la consommation

Avant de procéder à tout projet d'alimentation en eau potable, il est nécessaire de comprendre le mode de consommation de l'agglomération, ce qui est utile pour le mode de fonctionnement et l'échelle des différents éléments du système. Le moyen le plus efficace pour déterminer le mode de consommation et de mener des recherches en analysant le fonctionnement du système de distribution existant de la ville. Par analogie avec cette méthode, nous avons adopté un plan de consommation d'eau prenant en compte l'agglomération considérer. [2]

### 2.2.6 Consommation maximale journalière

C'est le débit du jour de plus grande consommation dans une année. Nous le calculons pour le dimensionnement du réseau de distribution, l'adduction et le réservoir.

Nous pouvons mettre en évidence un rapport nous indiquant de combien de fois la consommation maximale dépassera la moyenne de consommation, Ce rapport est désigné sous le terme de coefficient d'irrégularité journalière maximum et noté  $Q_{\text{max,j}}$ . Ainsi nous pouvons écrire: [2]

$$Q_{\text{max,j}} = K_{\text{max,j}} \times Q_{\text{moj,j}} \text{ [m}^3\text{/j]} \quad (2.5)$$

$k_{\text{max,j}}$  : Consommation maximale journalière (m<sup>3</sup>/j) ;

$k_{\text{max,j}}$  : Coefficient d'irrégularité journalière maximum  $k_{\text{max,j}} = (1.1-1.3)$ .

On prend:  $k_{\text{max,j}} = 1.2$

$Q_{\text{maj,j}}$  : Consommation moyenne journalière majoré (m<sup>3</sup>/j)

**Tableau (2.6) : consommation maximale journalière**

	$Q_{moj,j}$ (m <sup>3</sup> /j)		$Q_{max,j}$ (m <sup>3</sup> /j)	
	2022	2052	2022	2052
<b>villages</b> <b>M'LAOUA</b>	281.1916	524.808	337.43	629.77

**2.2.7 Consommation minimale journalière**

C'est le débit du jour de faible consommation en eau dans une année. Il permet de voir le comportement du réseau en cas de la surpression.

Nous pouvons aussi mettre en évidence un rapport nous indiquant de combien de fois la consommation minimale est inférieure à la moyenne de consommation. Ce rapport est désigné sous le terme de coefficient d'irrégularité journalière minimum et noté  $k_{min,j}$ . Ainsi nous pouvons écrire: [2]

$$Q_{min,j} = Q_{moj,j} * k_{min,j} \quad (2.6)$$

$k_{min,j}$  : Coefficient d'irrégularité journalière minimale  $k_{min,j} = (0.7-0.9)$

On prend :  $k_{min,j} = 0.8$

**Tableau (2.7) : consommation minimale journalière**

	$Q_{moj,j}$ (m <sup>3</sup> /j)		$Q_{min,j}$ (m <sup>3</sup> /j)	
	2022	2052	2022	2052
<b>Villages</b> <b>M'LAOUA</b>	281.1916	524.808	224.95	419.846

**2.2.8 Variation de la consommation horaire actuel et futur**

Le volume d'eau affluant du réservoir vers les consommateurs est variable d'une heure à une autre. Néanmoins, la somme de ces volumes d'eau horaires nous informe de la consommation maximale journalière on la caractérise par le coefficient d'irrégularité  $k_{max,h}$ , tel que :

$$Q_{max,h} = k_{max,h} \times (Q_{max,j}/24) \quad (2.7)$$

Avec :

$Q_{max,h}$  : Débit maximum horaire (m<sup>3</sup>/h)

$Q_{\max,j}$  : Débit maximum journalier ( $m^3/j$ )

$k_{\max,h}$  : Coefficient de variation maximal horaire

D'où : 
$$k_{\max,h} = \alpha_{\max} \times \beta_{\max} \quad (2.8)$$

$\alpha_{\max}$  : Coefficient tenant compte du confort et des équipements de l'agglomération, compris entre **1.2** et **1.3**

On prend  $\alpha_{\max} = 1.3$ .

$\beta_{\max}$  : Coefficient qui varie en fonction du nombre d'habitant représenté dans la table ci-après

**Tableau (2.8) : variation des valeurs de  $\beta_{\max}$**

V Nombre d'habitants $\times (10^3)$	< 1	1.5	2.5	4	6	10	20	30	100	300	>10 <sup>3</sup>
Valeurs de $\beta_{\max}$	2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.15	1.1	1.03	1

D'après cette table (2.7), on trouve la valeur de  $\beta_{\max}$  comme suit : **[3]**

Dans notre cas le nombre d'habitant est égal à 2330 habitants pour le village M'LAOUA compris entre 1500 et 2500, On procède alors à une interpolation comme suit :

$$2500-1500 \rightarrow 1.6-1.8$$

$$2330-1500 \rightarrow \beta_{\max}-2$$

$$1000 \rightarrow -0.2$$

$$830 \rightarrow -2$$

$$\beta_{\max} - 2 = (830 * (-0.2)) / 1000$$

$$\beta_{\max} = 2 - 0.1654$$

$$\beta_{\max} = 1.8346$$

$$k_{\max,h} = \alpha_{\max} * \beta_{\max}$$

$$k_{\max,h} = 1.3 * 1.8346 = 2.385$$

On prend  $k_{\max,h} = 2.385$

**Tableau (2.9) :** Représentation des valeurs de  $\beta_{max}$ ,  $\alpha_{max}$ ,  $k_{max,h}$ ,  $Q_{max,j}/24$ ,  $Q_{max,h}$  pour l'horizon actuel

Villages	Nombre d'habitant 2022	$\beta_{max}$	$\alpha_{max}$	$k_{max,h}$	$Q_{max,j}/24$ (m <sup>3</sup> /h)	$Q_{max,h}$ (m <sup>3</sup> /h)
M'LAOUA	1580	1.8	1.3	2.34	14.06	32.90

**Tableau (2.10):** Représentation des valeurs de  $\beta_{max}$ ,  $\alpha_{max}$ ,  $k_{max,h}$ ,  $Q_{max,j}/24$ ,  $Q_{max,h}$  pour l'horizon futur.

Villages	Nombre d'habitant 2052	$\beta_{max}$	$\alpha_{max}$	$k_{max,h}$	$Q_{max,j}/24$ (m <sup>3</sup> /h)	$Q_{max,h}$ (m <sup>3</sup> /h)
M'LAOUA	2327	1.8346	1.3	2.385	17.493	41.72

**Tableau (2.11):** Répartition de la consommation horaire.

La zone		M'LAOUA
Consommation (m <sup>3</sup> /j)		$Q_{max,j} = 629.77$
Les heures	Coef de Consommation (%)	Consommation (m <sup>3</sup> /h)
0-1	1	6.2977
1-2	1	6.2977
2-3	1	6.2977
3-4	1	6.2977
4-5	2	12.5954
5-6	3	18.8931
6-7	5	31.4885
7-8	6.5	40.9350
8-9	6.5	40.9350
9-10	5.5	34.3735

<b>10-11</b>	<b>4.5</b>	<b>28.3396</b>
<b>11-12</b>	<b>5.5</b>	<b>34.3735</b>
<b>12-13</b>	<b>7</b>	<b>44.0839</b>
<b>13-14</b>	<b>7</b>	<b>44.0839</b>
<b>14-15</b>	<b>5.5</b>	<b>34.3735</b>
<b>15-16</b>	<b>4.5</b>	<b>28.3396</b>
<b>16-17</b>	<b>5</b>	<b>31.4885</b>
<b>17-18</b>	<b>6.5</b>	<b>40.9350</b>
<b>18-19</b>	<b>6.5</b>	<b>40.9350</b>
<b>19-20</b>	<b>5</b>	<b>31.4885</b>
<b>20-21</b>	<b>4.5</b>	<b>28.3396</b>
<b>21-22</b>	<b>3</b>	<b>18.8931</b>
<b>22-23</b>	<b>2</b>	<b>12.5954</b>
<b>23-24</b>	<b>1</b>	<b>6.2977</b>
<b>total</b>	<b>100</b>	<b>629.77</b>

### **2.3. Conclusion**

Après avoir estimé les besoins en eau des différentes agglomérations de la zone d'étude aux divers horizons, il nous paraît nécessaire de vérifier si le système d'alimentation en eau potable actuel peut satisfaire les besoins de la population qui sont de 629.77 m<sup>3</sup>/j avec un nombre de population de 2327 habitants.

**CHAPITRE 3**  
**RESERVOIRS**

### 3.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons vérifier la capacité de réservoir existant à l'horizon 2052. La connaissance de cette capacité de stockage nous informe sur l'implantation d'autre réservoir de stockage ou non.

### 3.2 Définition

Le réservoir est un ouvrage destiné à entreposer l'eau, et joue un rôle tampon entre le débit demandé par les abonnés et celui fourni par l'adduction. Il permet également de faire face aux demandes exceptionnelles en cas d'incendie. Il est placé en général sur un sommet géographique pour permettre la distribution sous pression. Il constitue un organe régulateur de pression et de débit entre le régime de production et celui de la consommation.

Le réservoir permet également de :

- assurer une pression suffisante et régulière dans le réseau,
- maintenir l'eau à l'abri de la pollution et des variations de la température,
- profiter de la réduction de consommation d'électricité pendant la nuit,
- ne pas interrompre la distribution suite aux incendies, arrêt de pompage ou incendie sur la conduite de refoulement.

### 3.3 Rôle des réservoirs :

Les réservoirs d'eau potable présentent plusieurs avantages tels que [4] :

Rôle de 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 est indispensable pour assurer la régulation entre le débit refoulé et celui consommé, il permet aussi d'emmagasiner l'eau pendant toute la durée de fonctionnement de la station de pompage et assurer la continuité de la distribution pendant l'arrêt de la pompe.

Augmentation des pressions : il s'agit dans ce cas d'un réservoir d'équilibre, le

- réservoir est placé à un point et une altitude de telle sorte qu'il puisse assurer la pression nécessaire dans des points très éloignés.
- Gain d'énergie au niveau de la station de pompage : le réservoir permet de réduire les dépenses d'énergie.

Utilité pour briser la charge : si le terrain présente un relief très accidenté en certain

- points du réseau, on peut avoir des pressions non admissibles.

Stockage de la réserve d'incendie : on peut avoir deux cas :

Un réservoir à part qui emmagasine la réserve d'incendie ; ceci est rare dans la

- pratique du fait du coût de la réalisation de cette variante.

La réserve d'incendie est accumulée dans le réservoir d'accumulation.

Milieu où on peut désinfecter le réseau à l'aide du chlore.

### 3.4 Utilité des réservoirs

Les réservoirs présentent des avantages (technique et économique) par les multiples fonctions qu'ils remplissent :

- Ils constituent une réserve pour les imprévus (rupture, panne des pompes, réparations, extension du réseau...).
- La régulation du débit pour tous les ouvrages qui se situent en amont et en aval de lui.
- Offre la possibilité de pomper la nuit, lorsque les tarifs d'électricité sont les plus bas.
- Simplification de l'exploitation.
- La régularité des pressions dans le réseau.
- Réserve incendie garantie.
- La réduction des coûts de l'énergie.
- La réduction des investissements sur tous les autres ouvrages du réseau d'A.E.P [4].

### 3.5 Classification des réservoirs

Les réservoirs sont classés selon différents critères, tels que [4] :

#### a. Le matériel utilisé:

- Réservoir métallique.
- Réservoir en maçonnerie.
- Réservoir en béton.

#### b. La disposition:

- Réservoir au sol.
- Réservoir surélevé (châteaux d'eau).
- Réservoir semi enterré.
- Réservoir enterré.

#### c. L'usage:

- Réservoir d'accumulation.
- Réservoir d'équilibre.

- Réservoir de traitement.

**d. La forme:**

- Réservoir cylindrique.
- Réservoir rectangulaire.
- Réservoir sphérique.

### **3.6 Les exigences principales à satisfaire par les réservoirs**

#### **3.6.1 La durabilité**

Ils doivent être construits en matériaux adéquats, les surfaces en contact avec l'eau ne doivent pas se désagréger ou communiquer des saveurs et odeurs désagréables.

#### **3.6.2 Etanchéité**

Paramètre essentielle d'un réservoir, afin d'éviter les fuites et fissurations, garder l'eau à l'abri des infiltrations de pluie, poussière, ou autres contaminations extérieures.

#### **3.6.3 Résistance**

Le réservoir doit être dimensionné de manière à résister aux efforts internes et externes qu'il subit.

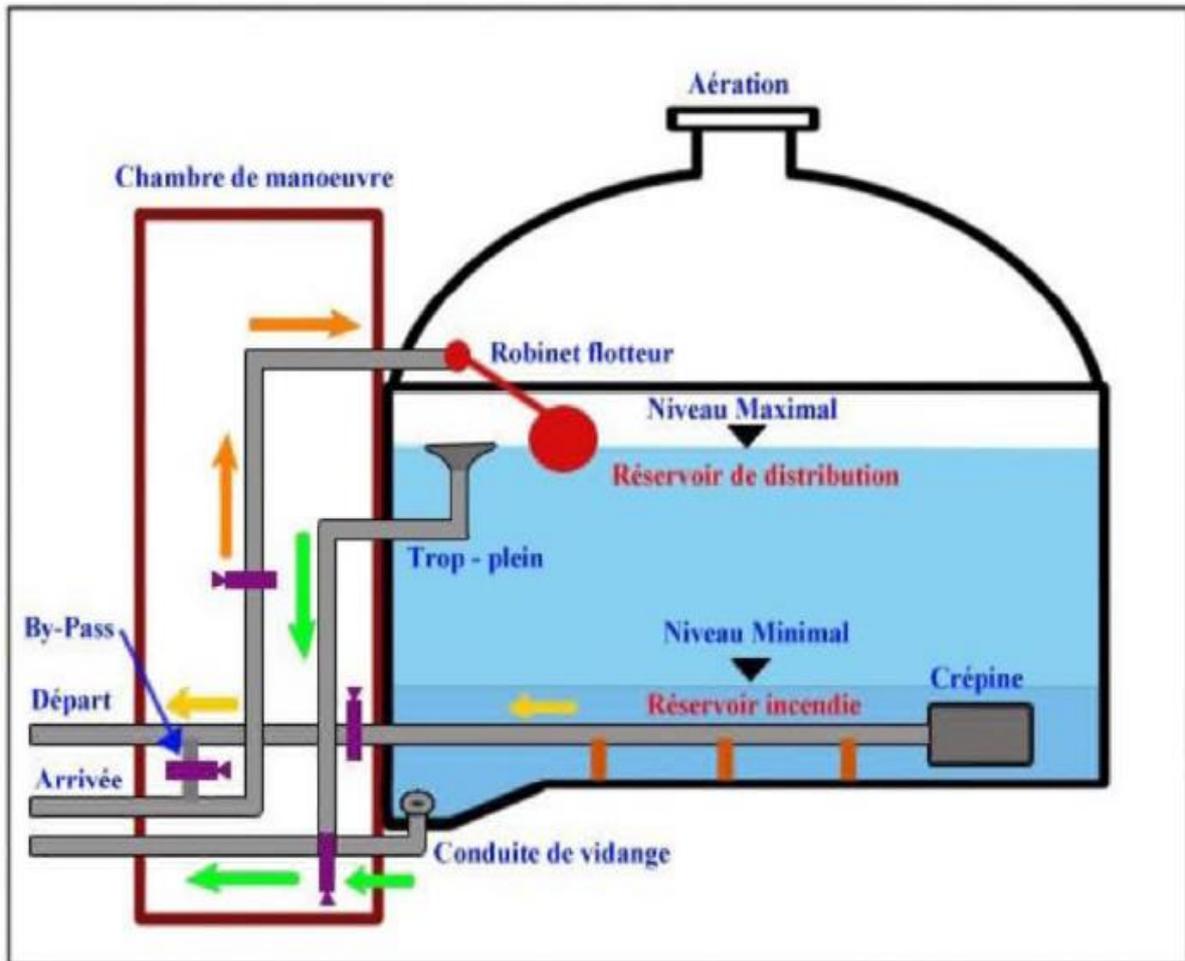
#### **3.6.4 Entretien de l'ouvrage**

Les réservoirs doivent être visitables afin de prévoir d'éventuels nettoyages et travaux de maintenance. [5]

### **3.7 Equipement du réservoir**

Les réservoirs doivent être équipés de compartiments pour accomplir leurs fonctions convenablement, ces équipements sont : [5]

- Conduite d'arrivée ou d'adduction ;
- Conduite de départ ou de distribution. ;
- Conduite de vidange ;
- Conduite du trop-plein ;
- Conduit by-pass ;
- Système de matérialisation de la réserve d'incendie.



**Figure 3. 1 :** Schéma général d'un réservoir d'eau.

L'emplacement des réservoirs dépend essentiellement des données topographiques, (il est préférable que la cote du réservoir doit être supérieure à la cote piézométrique) et de la nature du terrain

L'emplacement choisi, doit assurer aux abonnés une pression suffisante aux heures de pointe sans mettre à l'écart le facteur économique (il est préférable que le remplissage du réservoir se fasse gravitairement).

L'implantation doit se faire aussi de préférence, à l'extrémité de la ville ou à proximité du centre important de consommation.

### 3.9 Détermination de la capacité des réservoirs

Elle est définie comme étant la capacité correspondante à une journée de consommation, augmentée de la réserve d'incendie.

### 3.9.1 Dimensionnement des réservoirs de stockage

Le volume total du réservoir est calculé en tenant compte de la réserve d'incendie en utilisant la formule suivante :

$$V_t = v_{max} + V_{inc} \quad (3.1)$$

D'ou :

-  $V_t$  : volume total du réservoir en ( $m^3$ ) ;

-  $V_{inc}$  : volume d'incendie =  $120 m^3$  ;

-  $v_{max}$  : volume maximal de stockage pour la consommation en ( $m^3$ ), il est déterminé par la formule ci-après :

$$v_{max} = \frac{Q_{max.j}}{100} \times P\% \quad (3.2)$$

Avec :

-  $Q_{max.j}$  : consommation maximale journalière ( $m^3/j$ );

-  $P\%$  : résidu maximal dans le réservoir en (%), déterminé par la relation ci-après :

- **Détermination de la valeur de  $P_{max}$**

- le débit de pompage qui se fait sur 20 heures tout au long de la journée.

- La différence entre l'apport et la distribution pour chaque heure de la journée, nous donne soit un surplus soit un déficit

- On détermine ensuite le résidu dans le réservoir pour chaque heure, la valeur maximale trouvée  $P_{max}$  fera le pourcentage du volume stocké Tel que

$$P_{max} = |R_{+max}| + |R_{-max}| \quad (3.3)$$

Avec :

$|R_{+max}|$  : résidu maximum positif;

$-|R_{-max}|$  : résidu maximum négatif.

### 3.9.2 Diamètre du réservoir

Généralement la hauteur du réservoir est comprise entre 4 m et 5 m, on prend  $H = 4 m$ .

$$V_t = S_r \times H_r \Rightarrow D_r = \sqrt{[4 * V_t / H * \pi]} \quad (3.4)$$

Avec :

-  $V_t$  : volume total du réservoir ( $m^3$ );

- **Sr** : surface du réservoir (m<sup>2</sup>) ;
- **Hr** : hauteur du réservoir (m) ;
- **Dr** : diamètre du réservoir (m).

### 3.9.3 Hauteur d'incendie

$$H_{inc} = \sqrt{[4 \times V_{inc} / D_r^2 \times \pi]} \quad (3.5)$$

Avec:

- **Hinc** : hauteur d'incendie (m) ;
- **V<sub>inc</sub>** : volume d'incendie 120 m<sup>3</sup>.

### 3.10 Capacité de la bache d'eau (station de pompage M'laoua).

La bache d'eau est alimentée à partir du barrage Tiseldit, avec un débit de 7.29 l/s (629.77 m<sup>3</sup>/j). Cette bache d'eau assure un refoulement vers le réservoir du stockage pendant 20h. Le dimensionnement de la bache d'eau sera déterminé selon le temps de réserve qui est t=1/4heure

$$VSP = Q_{max} \cdot h \times t \quad (3.6)$$

Avec :

**VSP** : Volume de la bache d'eau de la station de pompage (m<sup>3</sup>) ;

**Q** : Débit arrivant à la station de pompage (m<sup>3</sup> /j) ;

**t** : Temps nécessaire pour maintenir la crépine en charge (t=0.25h).

$$VSP = \frac{629.77 \times 0.25}{20} = 7.9 \text{ m}^3$$

La capacité normalisée de la bache à eau est 7.9 m<sup>3</sup>. Vu que la bache existante est de capacité de 50 m<sup>3</sup>, donc on garde la bache existante.

### 3.11 Capacité du réservoir R1 (M'laoua)

Ce réservoir assure un débit de 10 l/s de station de pompage et aussi une distribution vers l'agglomération M'laoua qui comptera 2327 habitants à l'horizon 2052, avec une consommation de 629.77 m<sup>3</sup>/j.

**Tableau (3.1) : dimensionnement du réservoir...**

heure	Apports		distribution		surplus	déficit	Résidu
	%	m <sup>3</sup> /h	%	m <sup>3</sup> /h	%	%	%
0-1	5	43.2	1	26.25	4		4
1-2	5	43.2	1	26.25	4		8
2-3	5	43.2	1	26.25	4		12
3-4	5	43.2	1	26.25	4		16
4-5	5	43.2	2	26.25	3		19
5-6	5	43.2	3	26.25	2		21
6-7	5	43.2	5	26.25			<b>21</b>
7-8	5	43.2	6.5	26.25		-1.5	19.5
8-9	5	43.2	6.5	26.25		-1.5	18
9-10	5	43.2	5.5	26.25		-0.5	17.5
10-11	5	43.2	4.5	26.25	0.5		18
11-12	5	43.2	5.5	26.25		-0.5	17.5
12-13	5	43.2	7	26.25		-2	15.5
13-14	5	43.2	7	26.25		-2	13.5
14-15	5	43.2	5.5	26.25		-0.5	13
15-16	5	43.2	4.5	26.25	0.5		13.5
16-17	5	43.2	5	26.25			13.5
17-18	5	43.2	6.5	26.25		-1.5	12
18-19	0	43.2	6.5	26.25		-6.5	5.5
19-20	0	43.2	5	26.25		-5	0.5
20-21	0	43.2	4.5	26.25		-4.5	-4
21-22	0	43.2	3	26.25		-3	<b>-7</b>
22-23	5	43.2	2	26.25	3		-4
23-24	5	43.2	1	26.25	4		0
<b>Total</b>	100	864					

D'après la table (2.1) ci-dessus :

- Résidu maximal:

$$P_{\max} = |R_{+\max}| + |R_{-\max}| = |-21| + |-7| \quad \mathbf{P_{\max} = 28\%}$$

- Volume total :

$$\mathbf{VT = VU + V_{inc} = ((629.77 \times 28) / 100) + 120 \quad VT = 296.33 \text{ m}^3}$$

D'après les calculs on arrivé que la capacité du réservoir existant ( $300\text{m}^3$ ) est suffisante comparant avec le volume total :  $300\text{m}^3 > 296.33 \text{ m}^3$

- **Le diamètre du réservoir** :

$$\mathbf{Dr = \sqrt{[4 \times 300 / 4 \times \pi]} \Rightarrow Dr = 9.77\text{m}}$$

Donc pour un diamètre normalisé on prend : **Dr : 10 m**

- **La hauteur d'incendie**

$$\mathbf{H_{inc} = \sqrt{[4 \times 120 / 9.77^2 \times 3.14]} \Rightarrow H_{inc} = 1.26\text{m}}$$

### 3.12 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons effectué le calcul de vérification de capacité de stockage de réservoir existant au M'laoua , on a déduire que leurs capacité sera suffisante pour l'horizon d'étude 2052 ce qui ne nécessitera pas l'implantation d'autres réservoir, et nous avons déterminé le volume de réservoir ainsi que leurs dimensions (hauteur d'incendie et diamètre du réservoir). Les résultats sont représentés dans la table (2.4) suivante :

**Tableau (3.2) :** représentation des capacités des réservoirs, les diamètres, et Hinc

Réservoir dimensionnés	Volume (m <sup>3</sup> )	Diamètre (m)	Hinc (m)
Réservoir M'laoua R1	300	10	1.26

**CHAPITRE 4**  
**ADDUCTION**

## 4.1 Introduction

L'adduction d'eau regroupe les techniques permettant d'amener l'eau depuis sa source à travers un réseau de conduites jusqu'au réservoir. En fonction du relief de la zone, on distingue trois types d'adduction, à savoir [4] :

- **Adduction par refoulement** : Le système d'adduction par refoulement emploie un système de pompage pour créer une pression dans le réseau. Le captage se situe à un niveau inférieur à celui du réservoir d'accumulation.
- **Adduction gravitaire** : Le système d'adduction gravitaire ne fait intervenir qu'un seul travail qui est la pesanteur. En effet, l'écoulement des eaux dans les conduites dépend de la pente. Le lieu de captage se situe donc à une altitude supérieure à celle du réservoir de desserte.
- **Adduction mixte** : Lorsqu'un réservoir d'accumulation intermédiaire reçoit en premier temps une eau par refoulement et que dans un deuxième temps, cette eau est évacuée par gravité jusqu'à un réservoir situé plus bas, on parle ici d'adduction mixte.

Le but de ce chapitre est de dimensionner le réseau transportant l'eau vers les zones concernées par l'étude tout en satisfaisant la condition économique.

## 4.2 Choix du tracé

Le tracé de la conduite est choisi selon certains facteurs d'ordre technique, économique et topographique, il faut prendre en compte les conditions suivantes [3] :

- Le profil doit être le plus régulier et le plus court possible afin de réduire les frais d'investissement ;
- Pour les conduites de longueurs importantes (plusieurs kilomètres), il sera bon de prévoir quelques vannes de sectionnements en vue de faciliter les réparations éventuelles ;
- Eviter au maximum les obstacles ;
- Prendre en compte la nature du sol traversé.

On préfère souvent de le concevoir le long des routes et des pistes pour faciliter la pose des conduites et son exploitation pour faciliter l'accès pour l'entretien et les réparations et la détection des fuites.

### 4.3 Equipements de l'adduction

Les accessoires hydrauliques constituant une adduction sont [4] :

#### - Robinets-vannes

Permettent le contrôle et/ou l'arrêt de l'écoulement en cas de travaux ou réparation.

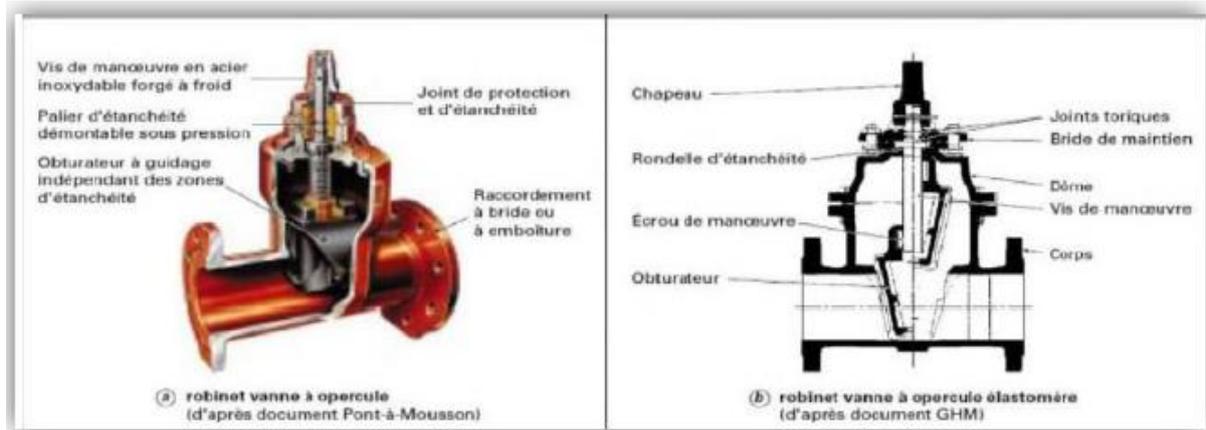


Figure (4.1): Robinet vanne à opercule [7]



Figure 4.2.: Vanne papillon

#### - Clapets

Ils sont destinés à empêcher le passage d'un fluide dans certaines conditions. Ils sont surtout utilisés dans les stations de pompage au point bas des canalisations d'aspiration, ou sur la conduite de refoulement.



**Figure (4.3) :** Clapet anti retour [8]

- **Vidange**

Placé dans les points bas des adductions, son intérêt est la vidange de l'adduction en entraînant ainsi l'ensemble de dépôts qui obstrue les tuyaux.

- **Ventouses**

Une accumulation d'air peut se faire aux points hauts d'une conduite. La poche d'air provoque des perturbations et son évacuation se fait par l'intermédiaire d'une ventouse qui peut être manuelle ou automatique placée à ces points hauts.



**Figure (4.4) :** Ventouse

- **Crépines**

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

#### **4.4 Les Conduites**

Elles servent à transporter l'eau sous pression (section pleine) on les utilise généralement lorsque la topographie ne permet pas de faire des canaux et que les hauteurs de chutes sont élevées. Construites en amiante ciment, béton, en acier, en fonte ou en polyéthylène. Elles sont soit enterrées ou posées sur le sol.

Parmi les matériaux utilisés dans le domaine de l'alimentation en eau potable on peut distinguer :

- L'acier ;
- La fonte ;
- Béton ;
- Béton armé ;
- Béton précontraint ;
- Le PVC ;
- Le PEHD ;
- Le PEBD.

#### **4.5 Choix du matériau de la conduite**

Le choix du type des conduites repose sur certains critères qu'on doit autant que possible respecter, à savoir : **[1]**

- Le diamètre économique ;
- La pression de l'eau ;
- Les pertes de charges ;
- La disponibilité sur le marché ;
- Résistance aux attaques chimiques ;
- La nature du terrain ;
- Facilité d'entretien et de mise en service .

Dans ce chapitre nous avons choisi des conduites en **PEHD** qui sont économiques que celle en fonte déjà utiliser et vu les avantages qu'elles présentent :

- Résistance à la température de l'eau limitée (supérieure à 20°C et 40°C) ;
- longue durée de vie (durée de vie théorique : 50 ans) ;
- Résistance aux rayons de soleil ;
- Haut coefficient de dilatation ;
- Résistants au phénomène de corrosion ;
- Ductilité et flexibilité (résister aux vibrations et contraintes liées aux mouvements de terrain, il s'adapte parfaitement à des conditions de pose nécessitant des changements de direction) ;
- Du point de vue environnemental, il est recyclable ;
- Elle facilite et économise la phase d'exécution de l'ouvrage ;
- Résistance au coup de bélier ;
- Résistance à une pression de 25 bar.



**Figure (4.5) : Tuyaux PEHD**

#### **4.6 Etude Technico-Economie des diamètres de refoulement**

Le transport de l'eau constitue un investissement considérable généralement.

On doit alors examiner toutes les options possibles sur les plans technique et financier.

Le lien économique entre les stations de pompages et les conduites de refoulement nous impose de choisir notre diamètre toute en faisant un compromis entre les tendances suivantes :

- Les frais d'amortissement croissent avec le diamètre.
- Les frais d'exploitation de la station de pompage diminuent quand le diamètre augmente par suite de la diminution des pertes de charges.

#### 4.6.1 Calcul de diamètre économique

On dispose de deux corrélations établies par BRESS et BONNIN, qui permettent l'approximation de ce diamètre économique :

$$D = \sqrt{Q} \text{ (Relation de BONNIN)} \quad (4.1)$$

$$D = 1.5 \times \sqrt{Q} \text{ (Relation de BRESS)} \quad (4.2)$$

Avec :

-  $Q$  : débit véhiculé dans la conduite (m<sup>3</sup>/s).

On prendra tous les diamètres compris entre **DBRESS** et **BONNIN**, mais le choix finale se portera sur le diamètre pour lequel le coût sera minimal et la vitesse d'écoulement sera comprise entre **0.5 m/s** et **2 m/s**.

#### 4.6.2 Calcul de la vitesse

La vitesse d'écoulement se détermine par la relation ci-après :

$$V = (4 \times Q) / (D^2 \times \pi) \quad (4.3)$$

Avec :

-  $D$  : diamètre de la conduite en (m).

#### 4.6.3 Calcul des pertes de charge

Il faut d'abord déterminer les pertes de charges ( $\Delta H$ ) engendrée dans les canalisations, on distingue :

- les pertes de charge linéaires ;
- les pertes de charge singulières.

- **Les pertes de charge linéaires ( $\Delta H_L$ )**

En appliquant la formule de DARCY-WEISBACH :

$$\Delta H_L = \frac{\lambda \times L \times v^2}{2 \times g \times D} \quad (4.4)$$

Avec :

- **g** : accélération de la pesanteur (9.81 m/s<sup>2</sup>)
- **L** : longueur de la conduite en (m)
- **$\lambda$**  : coefficient de frottement de DARCY (m).

**Le coefficient de DARCY** caractérise l'écoulement et la nature de la rugosité des canalisations, il se détermine par les formules suivantes :

• **Régime turbulent rugueux**

Formule de NIKURADAZI :

$$\lambda = [1.14 - 0.86 \times \ln(K/D)]^{-2} \quad (4.5)$$

• **Régime transitoire**

Formule de COLEBROOK :

$$1/\lambda - 2 \log\left(\frac{K}{3.71 \times D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}}\right)^2 \quad (4.6)$$

D'ou :

- **K** : rugosité absolue de la conduite.

Pour les conduites en PEHD :

- **K = 0.01mm** si  $D \leq 200\text{mm}$
- **K = 0.02mm** si  $D > 200\text{ mm}$
- **Re** : nombre de REYNOLDS donné par la formule ci-après :

$$Re = \frac{v \times D}{\nu} \quad (4.7)$$

Avec :

- **V** : vitesse de l'eau (m/s)
- **$\nu$**  : viscosité cinématique de l'eau,  $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  à une température de **20°C**.

### - Les pertes de charge singulières

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à **10 %** des pertes de charge linéaires.

$$\Delta H_S = 0.1 \times \Delta H_L \quad (4.8)$$

Avec :

- $\Delta H_S$  : pertes de charge singulières (m)
- $\Delta H_L$  : pertes de charge linéaires (m).

Donc :

$$\sum \Delta H = 1.10 \times \Delta H_L \quad (4.9)$$

#### 4.6.4 Calcul de la hauteur manométrique total (Hmt)

La hauteur manométrique totale sera calculée par la relation suivante :

$$H_{mt} = H_g + \sum \Delta H \quad (4.10)$$

Avec :

- $H_g$  : hauteur géométrique (m).

#### 4.6.5 Calcul de la puissance absorbée par la pompe (Pa)

$$P_a = \frac{g \times Q \times H_{mt}}{\eta} \quad (4.11)$$

Avec :

- $\eta$  : rendement de la station de pompage (%), un rendement de **82 %** est retenu.

#### 4.6.6 Calcul de l'énergie consommée par la pompe

L'énergie consommée par la station de pompage tout au long d'une année produit de la puissance de pompage par le nombre de pompage par jour par le nombre du jour d'une année.

$$E = P_a \times t_p \times 365 \quad (4.12)$$

Avec :

- $E$  : énergie consommée par la pompe (KWh) ;
- $t_p$  : temps de pompage par jour ( $t_p = 20$  h).

#### 4.6.7 Calcul des frais d'exploitation

Les frais d'exploitation se calculent comme suit :

$$\mathbf{F_{ex} = E \times e} \quad (4.13)$$

Avec :

- **e** : prix unitaire du KWh, d'après la SONALGAZ ce prix est de **4.67 DA**.

#### 4.6.8 Calcul des frais d'amortissement

Les frais d'amortissements sont en fonction de la durée d'amortissement de la conduite et du taux d'annuité. Il est déterminé par la relation suivante :

$$\mathbf{F_{am} = P_u \times L \times A} \quad (4.14)$$

Avec :

- **F<sub>am</sub>** : frais d'amortissement (DA) ;
- **P<sub>u</sub>** : prix du mètre linéaire de la conduite (DA/ml).
- **A** : l'amortissement annuel, il est donné par la formule suivante :

$$\mathbf{A = \frac{i}{(1+i)^{ni} - 1} + i} \quad (4.15)$$

Avec :

- **i** : taux d'annuité, **8%** en Algérie ;
- **ni** : nombre d'année d'amortissement (**n = 30 ans**).

D'ou :

$$\mathbf{A = 0.08 / ((1+0.08)^{30} - 1) + 0.08 = 0.0888 = 8.88\%}$$

#### 4.6.9 Calcul du bilan **B<sub>L</sub>**

Le bilan sera calculé par la formule ci-après :

$$\mathbf{B_L = F_{ex} + F_{am} \text{ (DA)}} \quad (4.16)$$

## 4.7 Dimensionnement de l'adduction

### 4.7.1 Tronçon SP M'laoua → R1

Caractéristiques du tronçon :

- $Q = 0.012 \text{ m}^3/\text{s}$
- $L = 1605 \text{ m}$
- $H_g = 568 - 472 = 96 \text{ m}$

En utilisant les formules (4.1) et (4.2), on aura :

- $DBONNIN = 0.1095 \text{ m}$
- $DBRESS = 0.1643 \text{ m}$

On choisit le **PEHD** comme matériau, les diamètres normalisés sont : 0.16, 0.2, 0.25 m avec une pression nominale de 16 Bar (**PN16**).

### 4.7.2 Calcul de la hauteur manométrique total HMT

Les résultats de calcul sont représentés dans la table (4.1) suivante :

**Tableau (4.1) :** Calcul des pertes de charge totales du tronçon

$D_{int}$ (m)	$D_{ext}$ (m)	$Q$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$V$ (m/s)	$Re$	$L$ (m)	$\lambda$	$\Delta H_L$ (m)	$\Delta H_{tot}$ (m)	<b>HMT</b> (m)
0.09	0.110	0.012	1.887	168830	1605	0.107	346,30	380.93	476.93
0.1022	0.125	0.012	1.463	149518.6	1605	0.100	171.32	188.45	284.45
0.1308	0.16	0.012	0.893	116804.4	1605	0.088	43.88	48.27	144.27
0.1636	0.2	0.012	0.571	93415.6	1605	0.078	12.71	13.98	109.98

### 4.7.3 Calcul des frais d'exploitation et d'amortissement

Les résultats du calcul sont représentés dans la table (3.3) suivante

**Tableau (4.2) :** Calcul des frais d'exploitation et d'amortissement

<b>Dext (m)</b>	<b>HMT (m)</b>	<b>Pa (KW)</b>	<b>E (KWh)</b>	<b>F<sub>exp</sub> (DA)</b>	<b>Prix (DA)</b>	<b>L (m)</b>	<b>F<sub>am</sub> (DA)</b>
0.110	476.93	68.46	499758	2333869.86	782.67	1605	111549.26
0.125	284.45	40.83	298059	1391935.53	1016.86	1605	144926.95
0.16	144.27	20.71	151183	706024.61	1657.95	1605	236297.66
0.2	109.98	15.78	115194	537955.98	2607.98	1605	371699.74

### 4.7.4 Calcul du bilan

Les résultats sont donnés dans la table (3.4) ci-dessous :

**Tableau (4.3) :** calcul du bilan

<b>Dext (m)</b>	<b>F<sub>exp</sub> (DA)</b>	<b>F<sub>am</sub> (DA)</b>	<b>BL (DA)</b>
0.110	2333869.86	111549.26	2345419.12
0.125	1391935.53	144926.95	1536862.48
0.16	706024.61	236297.66	7296722.27
<b>0.2</b>	<b>537955.98</b>	<b>371699.74</b>	<b>911455.72</b>

D'après les résultats du tableau (4.3), on trouve que le diamètre économique est celui de 200 mm avec un bilan minimal de **911455.72** DA et une vitesse de 0.571 m/s.

#### 4-8 Schéma de l'adduction étudiée

Le schéma général de l'adduction étudiée, avec ses caractéristiques, est donné dans la figure (4.7) ci-après

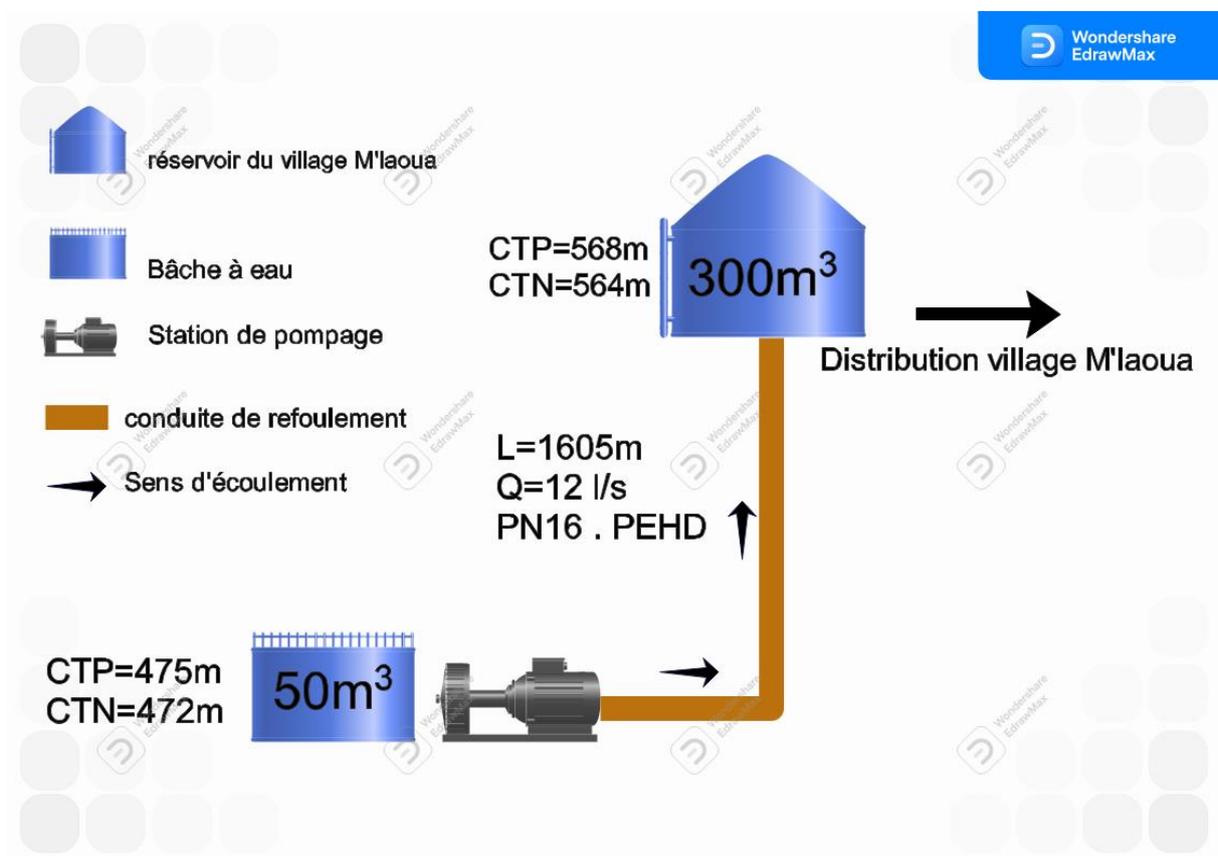


Figure (4.6) : Schéma d'adduction

## 4.9 Conclusion

Dans ce chapitre le dimensionnement de la conduite d'adduction par refoulement, ont été effectuée avec une étude technico-économique. Sur la base de cette dernière, le choix définitif de diamètre économique a été fait pour assurer la vitesse d'écoulement, les pertes de charge, l'énergie consommée, les frais d'exploitation et les frais d'amortissement, Les diamètres économiques retrouvés sont dans la table (4.4) suivante :

**Tableau (4.4) : les diamètres économiques**

<b>Tançons</b>	<b>Diamètre (mm)</b>	<b>Matériaux</b>
<b>SP M'laoua – R1</b>	200	PEHD

**CHAPITRE 5**  
**POMPES ET STATION DE POMPAGE**

## 5.1 Introduction

Après avoir réalisé la partie adduction, nous entamerons d'abord 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 afin d'aboutir à une sélection optimale adaptée à l'usage dans le présent projet.

## 5.2 Les pompes

La pompe est une machine hydraulique qui aspire un fluide d'une région à basse niveau pour le refouler à une région à plus haute niveau. Ainsi d'après cette définition, on peut dire que le rôle de la machine consiste à augmenter la pression du fluide qui se traduit par la transformation de l'énergie mécanique, fournie par un moteur, en énergie hydraulique. Une pompe permet ainsi de vaincre entre les deux extrémités d'un circuit :

- une différence de pression ;
- une différence d'altitude ;
- une perte de charge due à la longueur de la canalisation et à ses divers accidents (coudes, vannes, turbines, etc.).

## 5.3 Emplacement de la station de pompage

Pour le choix de l'emplacement de la station de pompage, il faut respecter les critères suivants :

- Le site de projet doit être géologiquement stable ;
- Rapprocher les ouvrages (la prise d'eau la station de pompage et ouvrage d'arrivée) ;
- Éviter les zones inondables ;
- Réduire les travaux de terrassement ;
- Éviter les contre pente ;
- Éviter les zones très accidentées ;
- L'emplacement de la prise d'eau doit être en amont de l'agglomération.

## 5.4 Choix de la pompe

Le choix du type de pompe à installer se fait de façon à [4] :

- Assurer le débit de refoulement et la hauteur manométrique totale ;
- Assurer un rendement maximum ;

- Avoir une vitesse de rotation importante ;
- Vérifier la condition de non cavitation.

Pour les stations de reprise de la zone d'étude, notre choix se portera sur des pompes centrifuges à axe horizontal multicellulaire. Pour cela, on utilisera le catalogue numérique CAPRARI. En plus de ses avantages techniques et mécaniques, ce type de pompe permet le refoulement d'un débit important à une hauteur considérable, avec une vitesse de rotation variable.

### 5.5 Classification des pompes centrifuges

Le principal fonctionnement de la pompe est le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge (énergie sous forme de vitesse) [9]

On les classe suivant les critères suivants :

- Le nombre de cellules (monocellulaire, multicellulaires) ;
- La disposition de l'axe de rotation (horizontale, verticale, incliné) ;
- L'importance de la pression produite ;
- La nature du fluide ;
- Le domaine d'utilisation.

### 5.6 Caractéristiques hydraulique d'une pompe centrifuge

Les performances d'une pompe sont représentées par des courbes comme suit [7] :

#### 5.6.1 La courbe hauteur - débit « $H = f(Q)$ »

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

#### 5.6.2 La courbe rendement - débit « $\eta = f(Q)$ »

Elle présente les valeurs du rendement en fonction du débit.

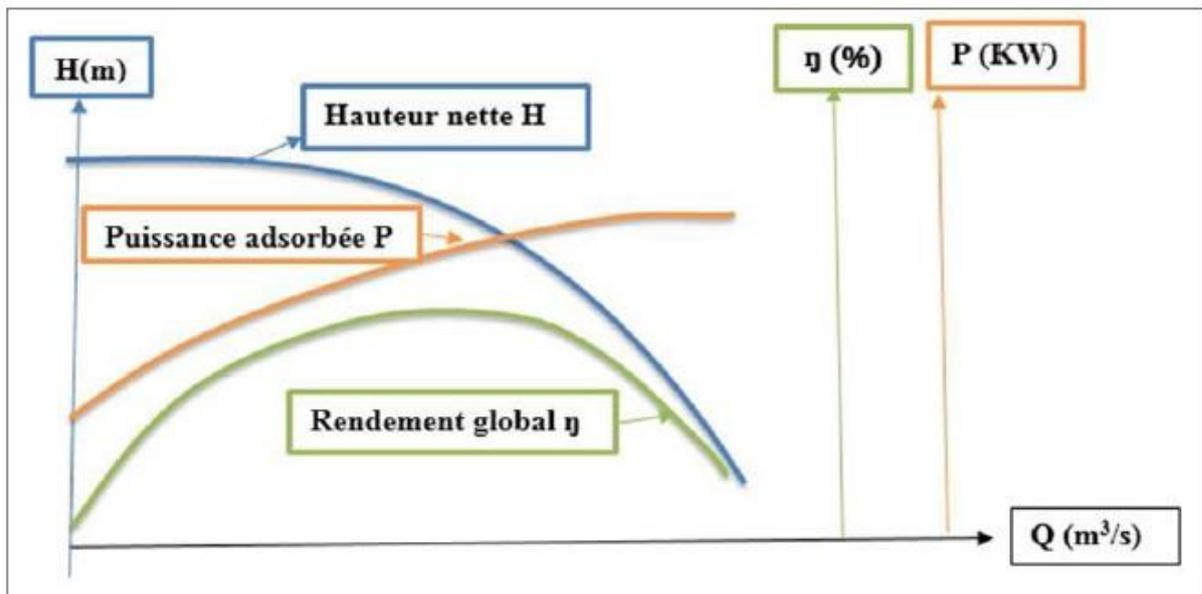
#### 5.6.3 La courbe des puissances absorbées - débit « $P_a = f(Q)$ »

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

#### 5.6.4 Courbe caractéristique d'une conduite de refoulement

La courbe caractéristique d'une conduite est la courbe qui représente pour une canalisation de diamètre  $D$  et de longueur  $L$ , les variations de la perte de charge total en fonction du débit.

Ces trois courbes sont illustres dans la figure (5.1) ci-dessous.

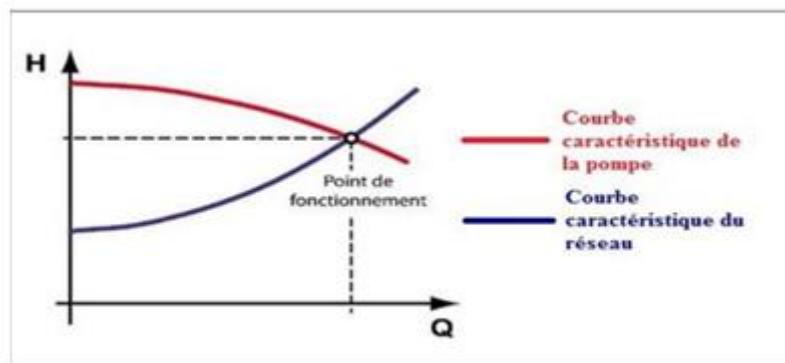


**Figure (5.1) :** Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge

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.

### 5.7 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 «  $H_c = f(Q)$  ». Qui sont représenté dans la figure (5.2) suivante



**Figure (5.1):** intersection entre la courbe caractéristique «  $H = f(Q)$  » avec la courbe caractéristique de la conduite «  $H_c = f(Q)$  »

Le point de fonctionnement peut être obtenu par la modification de l'un des paramètres de fonctionnement de la pompe, d'où l'intérêt pratique des lois de similitudes, à savoir :

### 5.7.1 Première variante : modification du temps de pompage

Il suffit de trouver un nouveau temps de pompage à partir de la formule suivante

$$V_e = t_p \times Q = t_{p1} \times Q1 \quad (5.1)$$

D'où :

$$t_{p1} = t_p \times \frac{Q}{Q1} \quad (5.2)$$

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

$$Pa = \frac{g \cdot Q1 \cdot H1}{\eta} \quad (5.3)$$

Avec :

- $V_e$  : Le volume d'eau entrant dans le réservoir (m<sup>3</sup>) ;
- $t_p$  : Temps de pompage (h) ;
- $t_{p1}$  : Nouveau temps de pompage (h) ;
- $Q$  : Débit désiré (m<sup>3</sup>/s) ;
- $Q1$  : Débit correspondant au point de fonctionnement (m<sup>3</sup>/s) ;
- $\eta$  : Rendement de la pompe.

### 5.7.2 Deuxième variante : Régulation par étouffement

La régulation par étouffement ou bien le vannage, consiste à vanner au refoulement pour créer une perte de charge afin d'obtenir le débit  $Q'$ . La valeur des pertes de charges s'exprime par la relation suivante :

$$h = H' - H1 \quad (4.4)$$

Avec :

- $h$  : perte de charge engendrée par le vannage (m)
- $H'$  : Distance séparant le point désiré et l'intersection de la verticale passant par le même point avec la caractéristique de la pompe (m).
- $H1$  : la hauteur manométrique du point désiré (m)

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

$$Pa = \frac{g \times Q \times H'}{\eta} \quad (4.5)$$

### 5.7.3 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 :

$$m = (Q1/ Q2)^{1/2} \times (H1/ H2)^{1/2} \quad (4.6)$$

Avec :

- **m** : Coefficient de rognage.
- **Le pourcentage de rognage (r) :**

$$r = 1 - m \text{ (\%)} \quad (4.7)$$

-La puissance absorbée par la pompe :

$$Pa = \frac{g \times Q1 \times H1}{\eta} \text{ (Kw)} \quad (4.8)$$

### 5.7.4 Quatrième variante : variation de la vitesse de rotation

La diminution de la vitesse de rotation entraîne la diminution du débit ainsi que la puissance absorbée. On trace la courbe iso-rendement ( $H = aQ^2$ ) qui passe par l'origine et par le point  $P_1(Q_1, H_1)$  et qui coupe la courbe caractéristique de la pompe au point  $P_3(Q_3, H_3)$ .

-La nouvelle vitesse de rotation est :

$$N' = N \times (Q1/ Q3) \quad (4.9)$$

## 5.8 Le phénomène de la cavitation

La cavitation décrit la naissance de cavités remplies de vapeurs ou gaz dans un liquide en mouvement. Quand le liquide coule dans le tuyau d'aspiration et qu'il entre dans l'œil de l'impulseur, sa vitesse augmente, ce qui amène à une réduction de pression. La pression du liquide est réduite à une valeur égale ou inférieure à sa pression de vapeur, là où les petites bulles ou poches de vapeur commencent à se former. Continuant son mouvement dans l'impulseur, le liquide arrive à une zone de pression plus élevée et les cavités de vapeur disparaissent. C'est cette disparition de poches de vapeur qui cause le bruit relié à la cavitation. Les effets de la cavitation peuvent être très néfastes pour la pompe à savoir [10] :

- vibration anormales;
- destruction des garnitures d'étanchéité suite aux vibrations;
- arrachement de matière dans les zones d'implosion;
- chute de débit pompé lorsqu'apparaît le phénomène de cavitation.

Toute pompe possède une capacité pratique d'aspiration en dessous de laquelle il y a lieu de tenir, on doit assurer à l'aspirateur une certaine pression dite (NPSH)<sub>d</sub> (charge nette minimale disponible à l'aspiration), qui est la valeur de la pression absolue diminuée de la tension de vapeur pour la température de l'eau (donnée par le constructeur). (**Figure (5.3)**). Elle sera supérieure à la charge minimale requise à l'aspiration (NPSH)<sub>r</sub> (donnée par le constructeur)  $(NPSH) d > (NPSH) r$ .

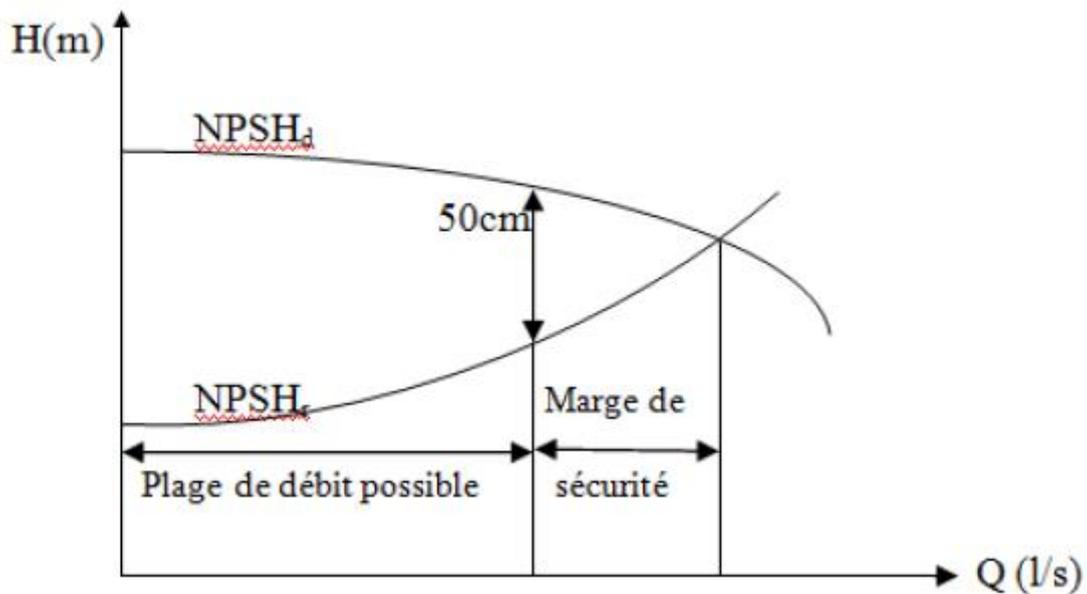


Figure (5.2) : Courbes des NPSH



Figure (5.3) : Principe de la cavitation

-Pour une alimentation en charge :

$$(NPSH)d = \frac{P_0}{g \times \rho} + Ha - (\Delta Ha + Tv) \quad (4.11)$$

-Pour une alimentation en dépression :

$$(NPSH)d = \frac{P_0}{g \times \rho} - Ha - (\Delta Ha + Tv) \quad (4.12)$$

$$\frac{P_0}{g \times \rho} = Patm - 0.0012 \times \delta$$

Avec :

- **Ha** : hauteur d'aspiration en (m) ;
- **ΔHa** : perte de charge à l'aspiration en (m) ;
- $\frac{P_0}{g \times \rho}$  : Pression en mètre de colonne d'eau au point d'aspiration en (m) ;
- **δ** : Altitude du plan d'aspiration ;
- **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 (5.1), dans notre étude on prend T= 20°C.

**Tableau (5.1) :** Tension de vapeur d'eau pompé en fonction de la température.

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

## 5.9 Choix du type des pompes

### 5.9.1. Refoulement : La pompe 1 (Sp – R1)

#### -Caractéristique de la conduite

- **L** = 1605 m
- **Q** = 12/s
- **Hg** = 96 m
- **HMT** = 109.98 m

#### -Caractéristiques de la pompe

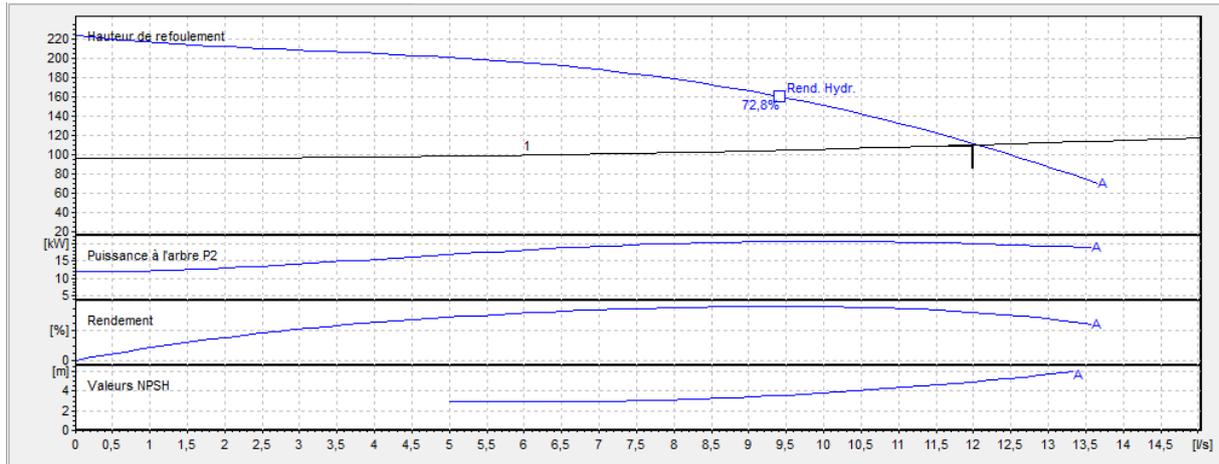
À partir du catalogue numérique CAPRARI, on opte pour une pompe centrifuge multicellulaire à axe horizontal de type **(P66/3/24/16A)**

**Tableau (5.2) :** Caractéristiques de la pompe de la station de pompage.

<b>N (tr/min)</b>	<b><math>\eta</math>(% )</b>	<b>P<sub>A</sub> (KW)</b>	<b>NPSH<sub>r</sub> (m)</b>
2900	64.9	20.1	2.6

- Point de fonctionnement P2 (12 l/s, 110 m).
- Point désiré P1 (12 l/s, 109.98 m).

Le point de fonctionnement et désiré sont représentés dans la figure (5.5) suivante :



**Figure (5.4) :** Point de fonctionnement de la pompe au niveau de station de pompage

Dans notre cas, il nous faut une seule pompe et une en secours.

D'après la figure (5.5), on remarque que le point de fonctionnement correspond avec le point désiré. Donc cette pompe ne nécessite aucune modification.

#### - Etude de la cavitation

On fixe  $H_a = 1$  m ;  $\Delta H_a = 0$  m ;  $NPSH_r = 2.6$  m

$H_a > 0$ , d'où la pompe est montée en charge,

$$\frac{P_0}{g \times \rho} = 10 - 0.0012(475) = 9.43$$

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

$$(NPSH)_d = 9.43 + 1 - (0 + 0.24) = 10.19 \text{ m}$$

On a alors  $NPSH_d > NPSH_r$ , d'où la pompe ne cavité pas.

### 5.10 Conclusion

Au cour de ce chapitre, et à l'aide du catalogue numérique CAPRARI, nous avons pu déterminer les caractéristiques de la pompe qui conviennent au projet, nous avons choisi une pompe multicellulaire à axe horizontal pour un rendement maximal de type (P66/3/24/16A).



**CHAPITRE**  
**PROTECTION DES CONDUITE**

## 6.1 Introduction

Dans ce présent chapitre nous allons prévoir le comportement du réseau d'adduction dans le cas du régime transitoire, conséquence d'un arrêt brusque des groupes électropompes, afin de vérifier sa résistance à la variation de la pression causée par le phénomène du coup de bélier et d'envisager une protection si celle-ci est apparue nécessaire.

## 6.2 Définition du coup de bélier :

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. 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 [11].

## 6.3 Les causes et conséquences du phénomène

### Actions externes

- Ouverture et fermeture des vannes ;
- Démarrage et arrêt des pompes.

### Actions internes

- Réservoir en fin de remplissage ;
- Fermeture de clapet anti-retour.
- Entrée et purge d'air.

### Sans actions

- Cavitation dynamique ;
- Turbulence de l'écoulement.

Le phénomène du coup de bélier est caractérisé principalement par l'apparition de surpression et/ou de dépression qui peut atteindre des grandeurs assez considérables, ce qui aura pour conséquences la rupture des conduites soit par éclatement ou aplatissement [12].

## 6.4 Etude du coup de bélier

L'étude de ce phénomène consiste à calculer la surpression (Hs) et la dépression (Hd) ainsi que la valeur du coup de bélier (B) dans les différents tronçons, et vérifier que ces valeurs ne dépassent pas la valeur de la pression de service (PNS).

### 6.4.1. Valeurs numériques du coup de bélier

La célérité de l'onde (a) est donnée par la formule d'ALLIEVI suivante :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \frac{K \times D_{int}}{e}}} \quad (6.1)$$

Avec :

- a : la célérité de l'onde (m/s).
- $D_{int}$ : diamètre intérieur de la conduite (mm) ;
- K : coefficient dépendant de la nature de la conduite (**83 pour le PEHD**) ;
- e : épaisseur de la conduite (mm).

Pour la valeur maximale du coup de bélier, on distingue deux cas :

- **Cas d'une fermeture brusque**
- **Cas d'une fermeture lente**

#### Remarque

La valeur maximale du coup de bélier lors d'une fermeture lente est moins importante que celle de fermeture brusque. Donc dans notre étude on considèrera le cas le plus défavorable c'est-à-dire la fermeture brusque.

Une fermeture brusque est caractérisée par un temps de fermeture (Tf), tel que :

$$Tf < \frac{2 \times L}{a} \quad (6.2)$$

La valeur maximale du coup de bélier est donnée par :

$$B = \frac{a \times V_0}{g} \quad (6.3)$$

Avec :

- B : valeur du coup de bélier (m) ;
- $V_0$  : vitesse de l'eau dans la conduite en régime permanent initial (m/s).
- g : accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>).

- La valeur maximale de la pression – surpression

$$H_S = H_0 + B \quad (6.4)$$

- La valeur minimale de la pression - dépression

$$H_D = H_0 - B \quad (6.5)$$

Avec :

$$H_0 = H_g + 10 \quad (6.6)$$

D’où :

- **H<sub>0</sub>** : la pression absolue de la conduite ;
- **H<sub>g</sub>** : la hauteur géométrique de refoulement ;
- **10** : la pression atmosphérique.

## 6.5 Moyens de protection des installations

Il n’est pas possible de supprimer totalement les effets du coup de bélier mais il convient de rechercher leur limitation à une valeur compatible avec la résistance des installations [2].

Les appareils anti-bélier devront donc avoir pour effet :

- De limiter la dépression ;
- De limiter la surpression.

Les conduites de refoulement doivent toujours être examinées du point de vue protection contre les coups de bélier. Il en sera de même pour les conduites d’adduction gravitaire dont le débit se trouve réglé à l’aval par un robinet dont les caractéristiques de fermeture sont connues.

Les appareils les plus utilisés sont les suivants :

- Le volant d’inertie ;
- Les soupapes de décharge ;
- Les cheminées d’équilibre ;
- Les ventouses (Les reniflards) ;
- Les réservoirs d’air.

### 6.5.1 Récapitulatif des différents équipements anti-bélier

Le tableau suivant présente les avantages et les inconvénients des différents appareils anti-bélier :

**Tableau (6.1) : Avantage et inconvénients des appareils anti-bélier.**

Appareils	Avantages	Inconvénients	Observation
Volant d'inertie	-Dispositif économique. -Intéressant sur les installations qui ne s'arrêtent par trop souvent.	- Inapproprié dans les stations à fortes fréquence de démarrage.	- Utilisé comme protection contre la dépression.
Soupapes de décharge	-Entretien et réglage facile. -Indépendant d'une installation électrique. -Cout limité.	-Pertes considérables d'eau pendant le fonctionnement. -Nécessite un entretien et un contrôle attentif.	-Utilisé comme protection contre la surpression.
Cheminées d'équilibre	-Importante durée de vie - Pas de perte d'eau.	-Possibilités d'installations limitées. -Ouvrage couteux (la hauteur généralement très développée).	-Utilisé comme protection contre la dépression et la surpression
Réservoir d'air	-Bonne fonctionnement. -Bonne sécurité. -Pas de perte de l'eau.	-Entretien très compliqué. -Cout élevé.	-Utilisé comme protection contre la dépression et la surpression.

## 6.6 Calcul les valeurs du coup de bélier pour notre tronçons de refoulement

### 6.6.1 Tronçon (SP M'laoua - R1)

**Tableau (6.2) : calcul de la valeur maximal du coup de bélier (SP M'laoua - R1)**

$D_{int}(m)$	$e(m)$	$V(m/s)$	$H_g(m)$	$H_0(m)$	$a(m/s)$	$B(m)$	$H_s(m)$	$H_D(m)$	$PNS(bar)$
0.1636	18.2	0.571	96	106	351.25	20.45	126.45	85.55	16

D'après les résultats qui nous avons obtenues on n'as pas besoin de déterminer l'anti bélier parce que :

**$B < PN$ ,  $H_s < PN$ ,  $H_d < PN$ .**

### **6.7 Conclusion**

D'après les résultats obtenus, l'étude du phénomène du coup de bélier a montré que les valeurs des dépressions et des surpressions pour les conduites de refoulement et gravitaire sont très acceptables et ne dépassent pas la pression nominale.

**CHAPITRE**  
**DISTRIBUTION**

## 7.1 Introduction

Le réseau de distribution représente la phase finale du projet d'alimentation en eau potable, il est constitué par une série de conduites desservant les différents consommateurs, le but de la mise en place de ce dernier est de parvenir à satisfaire la demande des consommateurs en débit et en pression.

Dans ce chapitre, on va dimensionner le réseau de distribution en eau potable de Ml'aoua en exploitant le logiciel EPANET.

## 7.2 Classification des réseaux

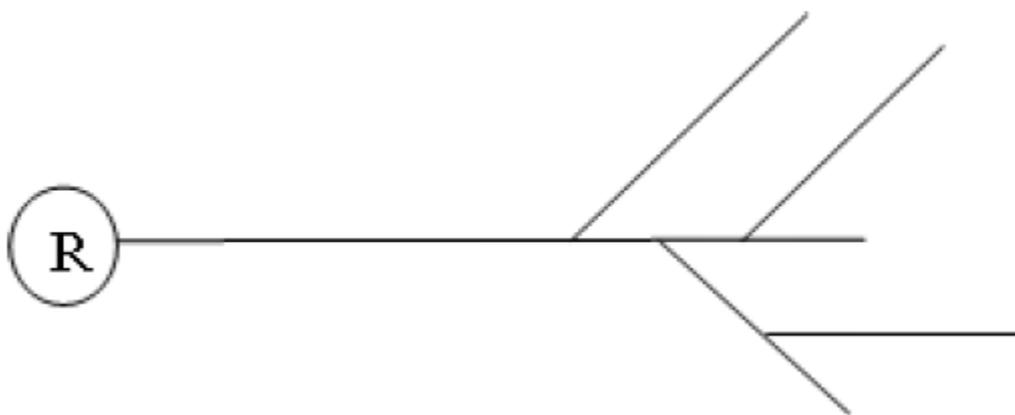
On distingue quatre types de réseaux [13]

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

### 7.2.1 Réseau ramifié

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 [13].



**Figure (7.1) : Réseau ramifié**

### 7.2.2 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. 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 nombre de mailles en conservant certaines ramifications). [14]

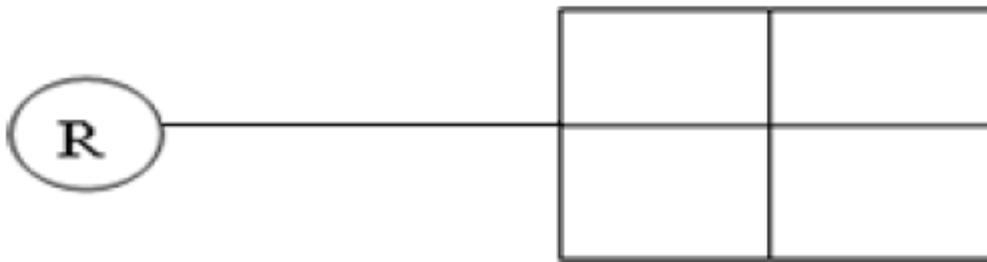


Figure (7.1) : Réseau maillé

### 7.2.3 Réseau mixte

Ce réseau est constitué d'une partie ramifiée et une autre maillée.

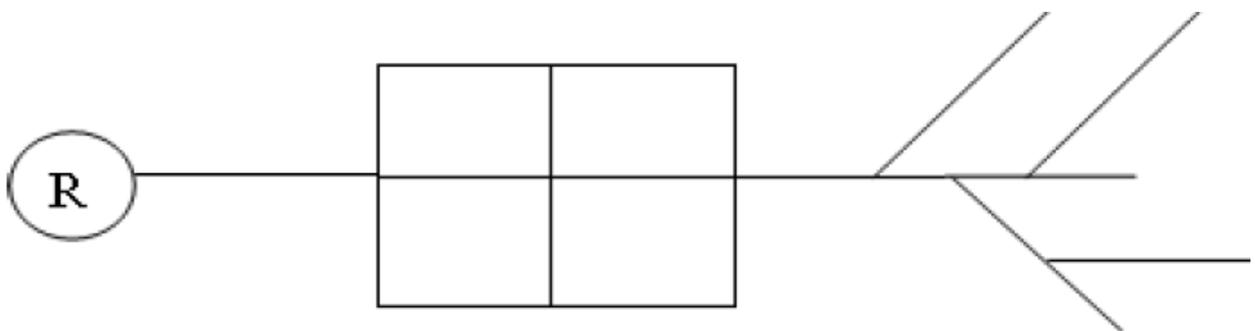


Figure (7.2): Réseau mixte

### 7.2.4 Réseau étagé

Il est constitué de réseaux indépendants, permet d'éviter les hautes pressions en cas de reliefs accidentés et dénivelés importantes.

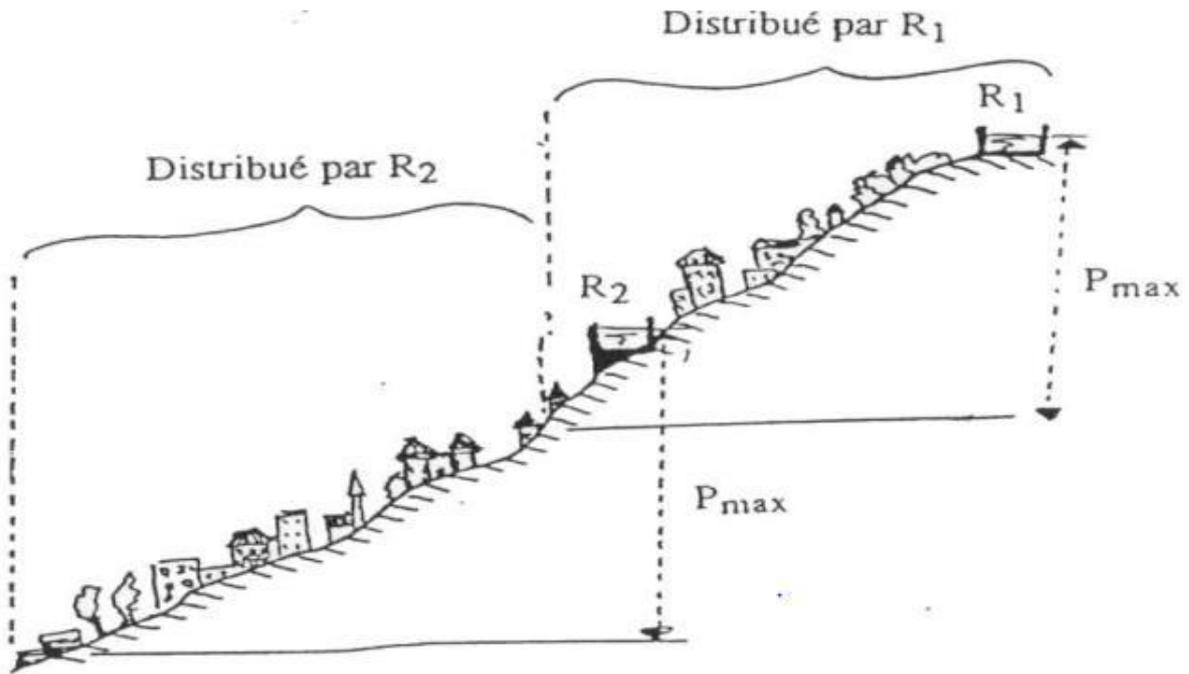


Figure (7.3): Schéma d'un réseau étagé

## 7.3 Equipement du réseau de distribution

### 7.3.1 Appareils et accessoires du réseau

Les accessoires qui devront être utilisés pour l'équipement du réseau de distribution sont résumés ci-après:

#### *A- Les canalisations*

- Conduites principales qui ont pour origine un réservoir ou une station de pompage. Elles assurent l'approvisionnement des conduites secondaires.
- Conduites secondaires assurent la liaison entre les conduites principales et les branchements.

#### *B - Robinets vannes*

Ils sont placés au niveau de chaque nœud, et permettent l'isolement des différents tronçons du réseau lors d'une réparation sur le réseau et ils permettent ainsi de régler le débit.

### ***C - 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 200 à 300 m et répartis suivant l'importance des risques imprévus.

### ***D - Clapets***

Les clapets ont un rôle d'empêcher l'eau en sens contraire de l'écoulement prévu. On peut utiliser comme soupape pour éviter le choc à la forte pression.

### ***E - 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. Les ventouses ont pour formation spéciale l'alimentation des poches d'air dans la canalisation des conduites en cas de vidange par pénétration d'air.

### ***F - Régulateurs de pression***

Ce sont des dispositifs permettant le réglage de la pression d'une façon à ne fournir au réseau de distribution que les pressions désirées.

### ***G - Robinets de vidange (décharge)***

Ce sont des robinets placés aux endroits des points les plus bas du réseau de distribution pour permettre la vidange qui sera posé à l'intérieur d'un regard en maçonnerie.

### ***H - Pièces spéciaux de raccordement***

- **Coudes** : Utilisés pour le changement de la direction ;
- **Tés** : Utilisés dans le raccordement de la canalisation secondaire sur la canalisation Principale ;
- **Cônes** : Joignent des conduites de diamètres différentes ;
- **Bouchons d'extrémités** : Ce sont des dispositifs placés aux extrémités des conduites de distribution servant comme obturateur final des tronçons.

## 7.4 Choix du type de matériaux

Dans notre étude nous avons opté pour les conduites en **PEHD** à cause des avantages déjà cités dans le chapitre d'adduction.

## 7.5 Choix du réseau à adopter

Avant d'établir le tracé définitif, il est important de penser aux points suivants :

- Minimiser le nombre de passages difficiles : traversées de route, de ravin, ...etc.
- Eviter les zones rocheuses : une tranchée devrait être creusée.
- Préférer les zones accessibles : le long des chemins existants par exemple.
- Penser aux problèmes de propriété de terrain et d'autorisation : problèmes fonciers.

## 7.6 Présentation du logiciel EPANET

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitative de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pressions. Un réseau est un ensemble de tuyaux, nœuds (jonction de tuyau), pompes, vannes, bâches et réservoirs. EPANET calcule le débit et la vitesse 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 la simulation. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau. [15]

## 7.7 Etapes de l'utilisation du logiciel EPANET

- Les étapes classiques de l'utilisation d'EPANET pour modéliser un système de distribution
- d'eau sont les suivantes :
- Dessiner un réseau représentant le système de distribution ou importer une description de base du réseau enregistré dans un fichier avec format texte métafichier ;
- Saisir les propriétés des éléments du réseau ;
- Décrire le fonctionnement du système ;
- Sélectionner un ensemble d'options de simulation ;
- Lancer une simulation hydraulique ou une analyse de la qualité ;
- Visualiser les résultats d'une simulation.

# 01. EPANET

Interface utilisateur

1. Barre de menus
2. Fenêtre de schéma de réseau
3. Barre d'outil
4. Barre d'état
5. Unités
6. Icône d'état de simulation
7. Éditeur de propriétés
8. Navigateur

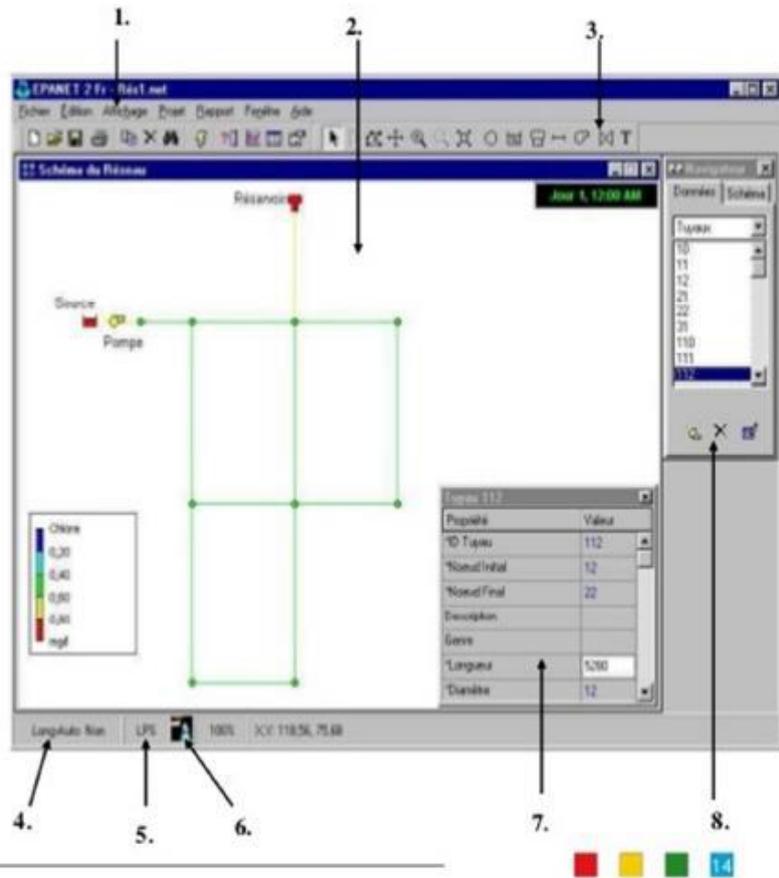


Figure (7.4) : Environnement de travail sur EPANET

## 7.8 Description du réseau de distribution

On choisit de faire la distribution gravitaire pour une zone rurale (M'laoua) avec un débit maximum journalier de 629.77 m<sup>3</sup>/j. Cette distribution se fait par le réservoir R1 dont la cote radié est 568 m avec une capacité de 300 m<sup>3</sup>. L'ossature du réseau sera ramifiée d'un linéaire de 4640 m.

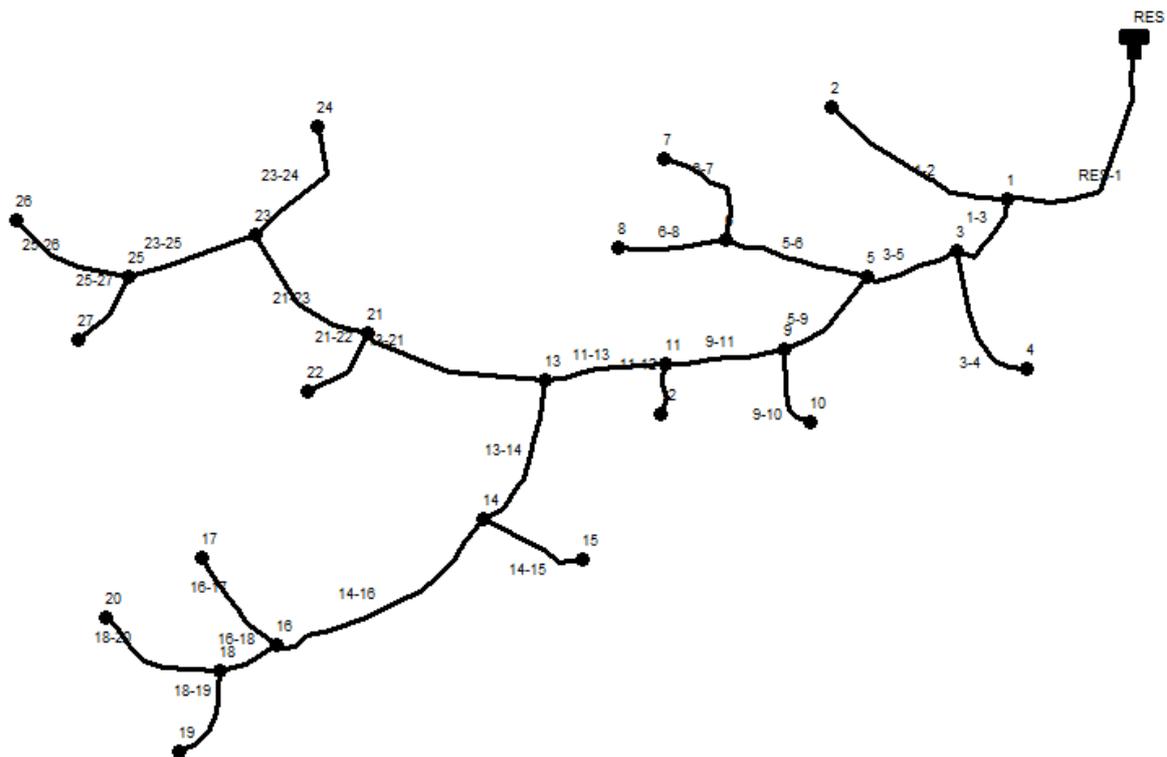


Figure (7.5) : Réseau de distribution de la zone d'étude

## 7.9 Calcul hydraulique du réseau de distribution [16]

### 7.9.1 Débit de pointe

C'est le débit qui représente la consommation maximale horaire, par lequel se fait le dimensionnement du réseau de distribution, (la consommation d'eau maximale de l'heure la plus chargée de la journée). (Voir **Tableau 2.11**)

$$Q_p = 44.0389 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_p = 12.245 \text{ l/s}$$

### 7.9.2 Débit spécifique

C'est la quantité d'eau consommée par un mètre linéaire des conduites pendant une seconde, il est donné par la relation suivante :

$$Q_s = \frac{Q_p}{\sum L_i} \quad (7.1)$$

Avec :

- $Q_s$  : débit spécifique (l/s.m) ;
- $Q_p$  : débit de pointe (l/s) ;
- $\sum L_i$  : la somme des longueurs des tronçons du réseau (m).

### 7.9.3 Débit de route

Le débit de route est le débit d'eau consommé le long des conduites, il est supposé être consommé d'une façon uniforme sur toute la longueur. Il est donné par la relation suivante :

$$Q_R = Q_s \cdot L_i \quad (7.2)$$

Avec :

$Q_s$  : débit spécifique ;

$L_i$  : longueur du tronçon.

### 7.9.4 Le débit au nœud

Le débit au nœud est celui qui est concentré à chaque point de jonction des conduites du réseau, il doit être déterminé à partir de la relation suivante :

$$Q_N = 0.5 \times \sum Q_r + \sum Q_{cb} \quad (7.3)$$

Avec :

-  $Q_N$  : débit au nœud (l/s) ;

-  $\sum Q_r$  : somme des débits de route autour du nœud considéré (l/s) ;

-  $\sum Q_c$  : somme des débits localisé au nœud considéré (l/s).

### 7.10 Le calcul des débits en route et les débits aux nœuds

Les différents résultats des débits sont récapitulés dans **la table (7.1)** suivantes :

**Tableau (7.1) : Débits aux nœuds du village de M'laoua**

Nœuds	Tronçons	L (m)	Q <sub>s</sub> (l/s)	Q <sub>r</sub> (l/s m)	Q <sub>n</sub> (l/s)
R1	T1	420	0.00265	1,113	0,5565
N1	T1	420	0.00265	1,113	0.9421
	T2	247	0.00265	0,65455	
	T3	44	0.00265	0,1166	
N2	T2	247	0.00265	0,65455	0,3274
N3	T3	44	0.00265	0,1166	0.6916
	T4	186	0.00265	0,4929	
	T5	292	0.00265	0,7738	
N4	T4	186	0.00265	0,4929	0,2464
N5	T5	292	0.00265	0,7738	0.7857
	T6	111	0.00265	0,29415	
	T9	190	0.00265	0,5035	
N6	T6	111	0.00265	0,29415	0.371
	T7	48	0.00265	0,1272	
	T8	121	0.00265	0,32065	
N7	T7	48	0.00265	0,2721	0,1360
N8	T8	121	0.00265	0,32065	0,1603
N9	T9	190	0.00265	0,5035	0.6996
	T10	165	0.00265	0,43725	
	T11	173	0.00265	0,45845	

**Tableau (7.1) : Débits aux nœuds du village de M'laoua (suite)**

N10	T10	165	0.00265	0,43725	0,2186
N11	T11	173	0.00265	0,45845	0.4041
	T12	70	0.00265	0,1855	
	T13	62	0.00265	0,1643	
N12	T12	70	0.00265	0,2855	0,1427
N13	T13	62	0.00265	0,1643	0.9036
	T14	306	0.00265	0,8109	
	T21	314	0.00265	0,8321	
N14	T14	306	0.00265	0,8109	0.8665
	T15	96	0.00265	0,2544	
	T16	252	0.00265	0,6678	
N15	T15	96	0.00265	0,2544	0,1272
N16	T16	252	0.00265	0,6678	0.9962
	T17	172	0.00265	0,4558	
	T18	324	0.00265	0,8586	
N17	T17	172	0.00265	0,4558	0,2279
N18	T18	324	0.00265	0,8586	1.08
	T19	172	0.00265	0,4558	
	T20	130	0.00265	0,3445	
N19	T19	172	0.00265	0,4558	0,2279

**Tableau (7.1) : Débits aux nœuds du village de M'laoua (suite et fin)**

N20	T20	130	0.00265	0,3445	0,1722
N21	T21	314	0.00265	0,8321	0.8788
	T22	115	0.00265	0,30475	
	T23	234	0.00265	0,6201	
N22	T22	115	0.00265	0,30475	0,1524
N23	T23	234	0.00265	0,6201	0.3962
	T24	65	0.00265	0,17225	
	T25	122	0.00265	0,3233	0,1616
N24	T24	65	0.00265	0,27225	0,1361
N25	T25	122	0.00265	0,3233	0.4332
	T26	87	0.00265	0,23055	
	T27	118	0.00265	0,3127	
N26	T26	87	0.00265	0,23055	0,1153
N27	T27	118	0.00265	0,3127	0,1563

### 7.11 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 et des réservoirs et bâches [17].

### 7.12 Simulation du réseau avec EPANET

Après avoir introduit les débits et les altitudes de chaque nœud ainsi que la longueur et les diamètres de chaque arc (conduite), nous pouvons effectuer une simulation du réseau sur EPANET, dans le but d'avoir des vitesses dans l'intervalle (0.5 m/s et 1.5 m/s) et des pressions aux nœuds compris entre (10 m et 60 m).

Les résultats de simulation des conduites sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau (7.2):** Résultats de la simulation des conduites

ID Tuyau	Longueurs (m)	Diamètres (mm)	Demandes (l/s)	Vitesses (m/s)
RES-1	420	141	11.99	0.77
1-2	247	27.2	0.33	0.56
1-3	44	141	10.72	0.69
3-5	292	110.2	9.78	1.03
5-6	111	27.2	0.66	1.14
6-7	48	16	0.13	0.65
6-8	121	16	0.16	0.80
3-4	186	21	0.25	0.71
5-9	190	110.2	8.33	0.87
9-10	165	21	0.22	0.63
9-11	173	96.8	7.42	1.01
11-12	70	16	0.14	0.71
11-13	62	96.8	6.87	0.93
13-14	306	79.2	3.70	0.75
14-15	96	16	0.13	0.63
14-16	252	66	2.70	0.79
16-17	172	16	0.23	1.13
16-18	324	44	1.48	0.97
18-20	130	16	0.17	0.86
18-19	176	16	0.23	1.13
13-21	314	66	2.27	0.66
21-22	115	16	0.15	0.76

**Tableau (7.2) : Résultats de la simulation des conduites (suite et fin)**

21-23	234	34	1.24	1.36
23-24	65	16	0.14	0.68
23-25	122	35.2	0.70	0.72
25-27	118	16	0.12	0.57
25-26	87	16	0.16	0.78

Les résultats de simulation des nœuds sont regroupés dans le tableau suivant :

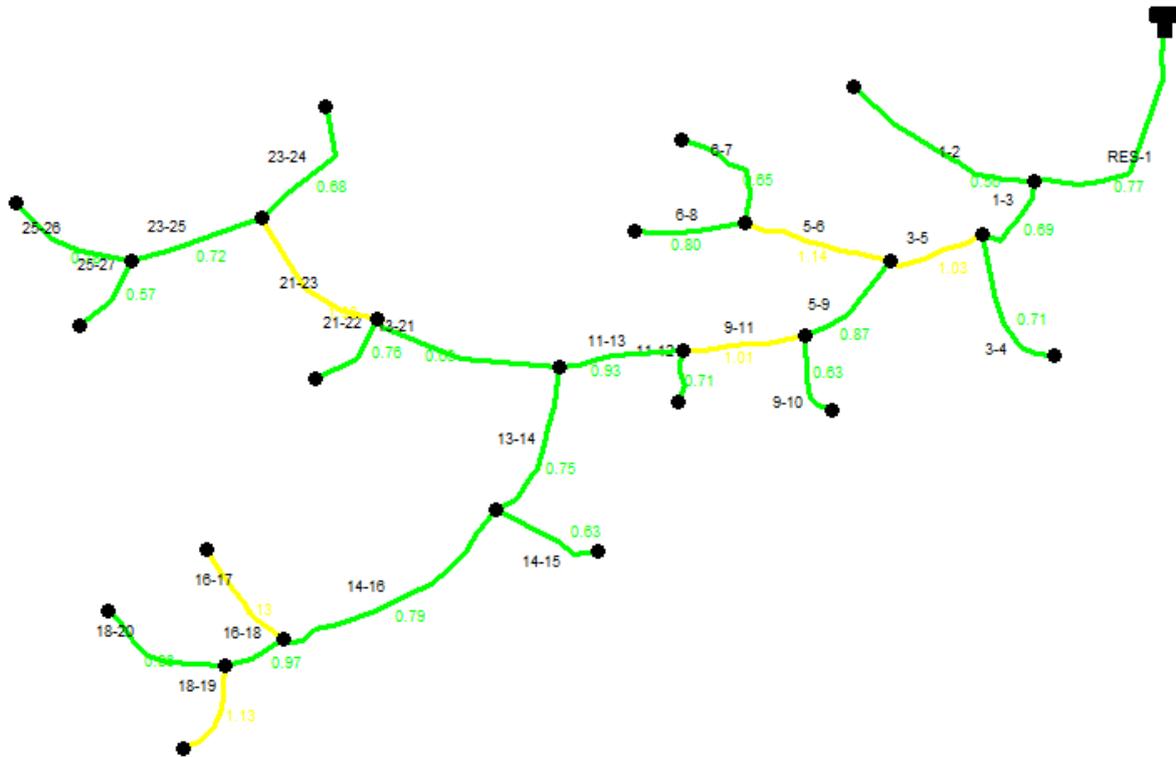
**Tableau (7.3): Les pressions et les charges au niveau des nœuds du réseau**

Nœuds	Altitude (m)	Demandes (l/s)	Pression (m)
RES	564	-11.99	10
1	522	0.94	48.58
2	504	0.33	58.86
3	519	0.69	51.29
4	504	0.25	54.18
5	507	0.79	57.88
6	500	0.37	52.06
7	495	0.13	53.38
8	478	0.16	60.69
9	503	0.70	59.26
10	497	0.22	56.65
11	499	0.40	59.65
12	492	0.14	60.42
13	500	0.90	57.53

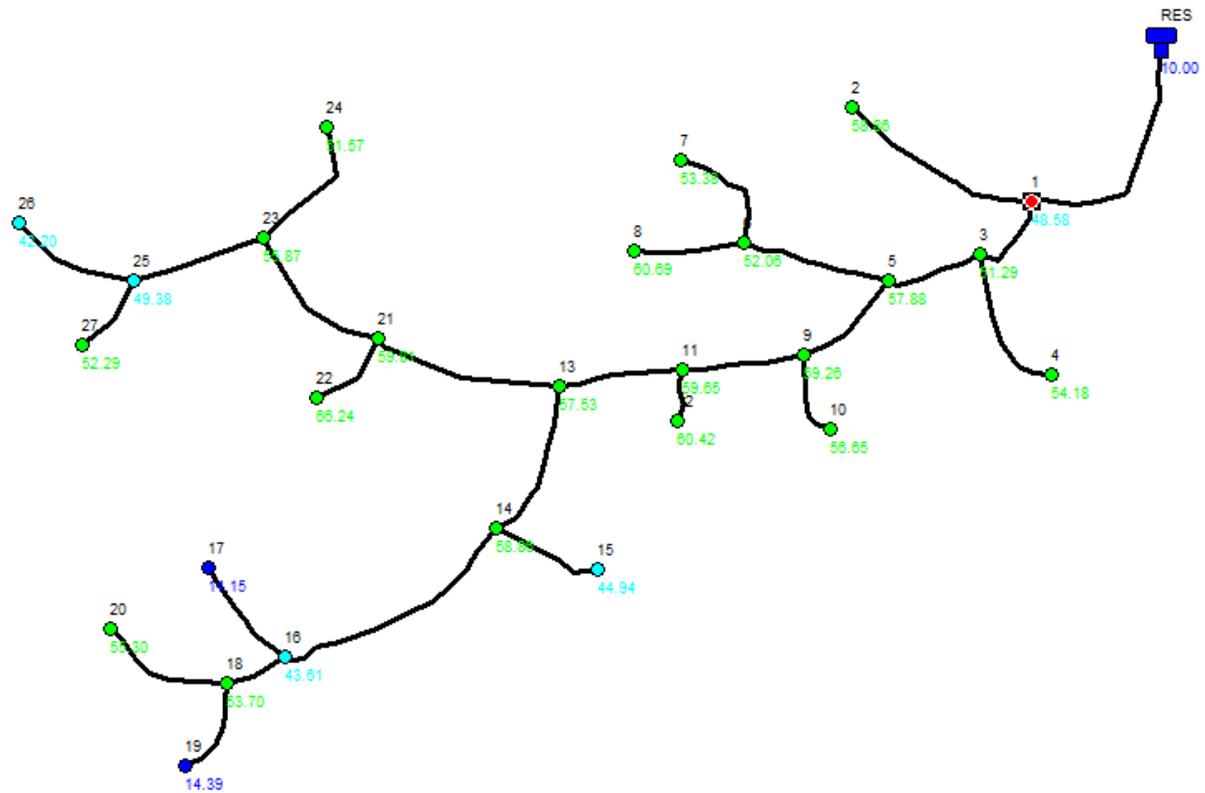
**Tableau (7.3) : Les pressions et les charges au niveau des nœuds du réseau (suite et fin)**

14	494	0.87	58.86
15	501	0.13	44.94
16	504	1.00	43.61
17	497	0.23	14.15
18	478	1.08	53.70
20	460	0.17	55.30
19	480	0.23	14.39
21	493	0.88	59.81
22	475	0.15	66.24
23	468	0.40	55.87
24	467	0.14	51.57
25	470	0.43	49.38
26	468	0.16	42.20
27	460	0.12	52.29

Le schéma du réseau après simulation est présenté dans les figures suivantes :



**Figure (7.6) :** Réseau de distribution après simulation (vitesses)



**Figure (7.7) :** Réseau de distribution après simulation (Pressions)

**Remarque :**

Après l'analyse des résultats de la simulation, on a observé que les vitesses de l'eau dans les conduites et les pressions sont dans les limites souhaitées.

### 7.13 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons déterminé les dimensions du réseau de distribution de M'laoua Qui est du type ramifié avec un linéaire de 4640 m. La détermination des paramètres hydrauliques tels que le débit, les pressions et les diamètres a été réalisée à l'aide du logiciel EPANET.

Après simulation, on a constaté une pression acceptable au niveau des nœuds. Le réseau est dimensionné avec des conduites en PEHD (PN10) avec des diamètres intérieurs compris entre 16 mm et 141 mm.

## Conclusion Générale

Dans ce mémoire de fin d'études, nous avons englobé la majorité des points structurant l'étude d'un projet d'alimentation en eau potable de villages « M'laoua » de la commune BECHLOUL, BOUIRA.

Nous signalons que durant cette étude, une priorité a été donnée surtout au côté technique et économique pour assurer une pression convenable et un débit suffisant aux abonnés.

On constate que, d'ici l'horizon de (2052) la population de la zone d'étude évoluera jusqu'à atteindre **2330** habitants, ce qui exigera une consommation en eau potable de **629.77 m<sup>3</sup>/j**.

Le dimensionnement de réservoir fait ressortir une capacité nécessaire qui est de **300 m<sup>3</sup>** pour le réservoir M'LAOUA R1 implanté à une côte de **464 m** qui assure la distribution vers le village.

Concernant le dimensionnement de la conduite d'adduction par refoulement, nous avons choisi une conduite en PEHD PN16. Pour un diamètre plus économique (**200 mm**), avec vitesse acceptables de **0.571 m/s**.

Dans le but de choisir les pompes adéquates, nous avons utilisé le catalogue numérique des pompes **CAPRARI**. Le choix est porté sur une pompe multicellulaire à axe horizontal de type (**P7L/3/20/11D**).

Dans le but de la protection de la conduite de refoulement du phénomène du coup de bélier, on a effectuée une vérification à ce propos. Les résultats de calcul ont montré que notre installation n'a pas besoin d'un anti-bélier.

Le réseau de distribution choisi est de type ramifié, il est dimensionné d'une façon assurant des pressions et des vitesses acceptables, avec la fourchette de diamètre variant entre (16 et 141) mm et à l'aide du logiciel EPANET, nous avons simulé le réseau de distribution.

Enfin, cette étude nous permet de mettre en pratique toutes les connaissances que nous avons acquises dans tous les domaines de l'hydraulique durant notre cycle de formation, et nous espérons que ce modeste travail servira pour les étudiants comme référence.

## Bibliographie

[1] **MAAMAR,B** : Bureau d'étude hydraulique norme de consommation .

[2] Mémoire de Fin d'Etude, Master, Université de Bejaia, 2015. « Conception et dimensionnement d'un réseau d'Alimentation en Eau Potable et d'un réseau d'Assainissement des Eaux Usées de la région d'Ali MESBAH Commune d'El Harrouch (W. SKIKDA) » de Mr. BENREDOUANE Nassim et Mr. BENZAID Yasser

[3] Dupont, A. : « Hydraulique Urbaine » Tome II Ouvrage de transport-Elévation et distribution des eaux, Et Adduction des eaux, Moyens de protection des installation P260 Edition Eyrolles, 1979.

[4] **Dupont, A. (1979)** : Hydraulique Urbaine, Tome II : Ouvrages de transport-Elévation et distribution des eaux. Edition Eyrolles, Paris, 484 pages.

[5] : **MANSOURI,J.et IMESSAOUDENE,F.**, Etude d'aep des villages (ikhelouyene-ifouzar-igunan amar), commune ait aissa mimoun, Wilaya de Tizi Ouzou,*Mémoire de Fin d'Etude, Master* ; Université A-Mira Béjaia.89 pages, 2015.

[6] Mémoire de Fin d'Etude, Master, Université de Bejaia, 2019 « ETUDE D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA COMMUNE DE KHERRATA À PARTIR DU BARRAGE D'IGHIL EMDA, WILYAYA DE BEJAIA » de Melle ABBAS Meriem et Melle BAKOUCHE Hayette.

[7] **AMEUR, A ; BERKANI, R** : Alimentation en eau potable des villes Souk El Khmis et Mokrani (W.Bouira). Mémoire de fin d'étude, Master en Hydraulique, 2019.

[8] **BOUCHEFRA, A ; BENSOUILAH, A** : Renforcement de l'alimentation en eau potable de la commune de Chahna Daira Taher Wilaya de Jijel, Mémoire de fin d'études, Master, Université A. Mira de Bejaia, 2021.

[9] Mémoire de Fin d'Etude, Master, Université de Bejaia, 2015 « conception et dimensionnement des réseaux d'eau potable et d'eau usée du village TAKRIETZ (w) BEJAIA » de Melle LOUNES Lamia et Melle MAOUCHE Naoual

[10] : **Pernès.P.**, hydraulique unidimensionnelle ;partie 2,coup de bélier et phénomène d'oscillation en masse, pompes centrifuge, *edition Cemagref*,Massy 2004.

[11] : **ZERARGA, A.**, «Etude de la chaine d'adduction de la commune de DRAA EL GAID, Wilaya de Bejaia», Mémoire de fin d'étude, Master, université de Bejaia, 2008-2009.

[12] Cours d'hydraulique 3 Année L3 de Mr.BERREKSI Ali sur le lien (elearning.univ bejaia.dz)

[13] **Polycopis cours d'AEP 4ème et 5ème année : ENSH, 1993.**

[14] **GOMELIA, C ; GUERREE, H** : La distribution d'eau des les agglomérations de petite et moyenne importance, Edition EYROLLES, Paris, 1977.

[15] **HAMCHAOUI, S** : Polycopié de cours LOGICIELS « EPANET » L3.

[16] **BONNIN, J** : «Hydraulique urbaine», Edition appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance, EYROLLES, 1986.

[17] **ALILECHE, D ; DERDAR, N** : Etude de dimensionnement du réseau D'alimentation en eau potable de la commune d'Ait Bouaddou, Mémoire de fon d'études, Master, Université A. Mira de Bejaia, 2016.

# **Annexes**

**Annexe (1) : Diamètres, épaisseurs et prix des conduites en PEHD PN16**

Diamètre (mm)	Epaisseur (mm)	Prix unitaire (DA)
20	2.0	40.74
25	2.3	59.87
32	3.0	99.14
40	3.7	153.50
50	4.6	238.07
63	5.8	376.64
75	6.8	529.43
90	8.2	691.61
110	10.0	1026.15
125	11.4	1316.19
160	14.6	2151.15
200	18.2	3378.11
250	22.7	5226.50
315	28.6	8026.99
400	36.3	12966.67
500	45.4	19569.51

**Annexe (2) : Diamètres, épaisseurs et prix des conduites en PEHD PN16**

Diamètre (mm)	Epaisseur (mm)	Prix unitaire (DA)
20	2.0	40.74
25	2.3	59.87
32	3.0	99.14
40	3.7	153.50
50	4.6	238.07
63	5.8	376.64
75	6.8	529.43
90	8.2	691.61
110	10.0	1026.15
125	11.4	1316.19
160	14.6	2151.15
200	18.2	3378.11
250	22.7	5226.50
315	28.6	8026.99
400	36.3	12966.67
500	45.4	19569.51
630	57.2	31072.20

## Annexe (3) - caractéristique de la pompe (M'LAOUA)

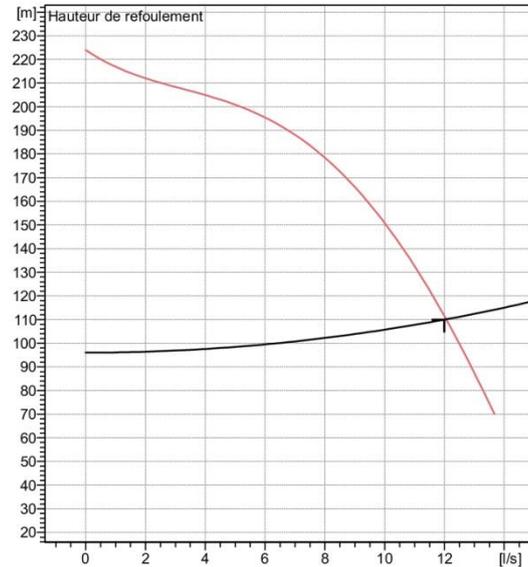
**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
— ISO 9001 —

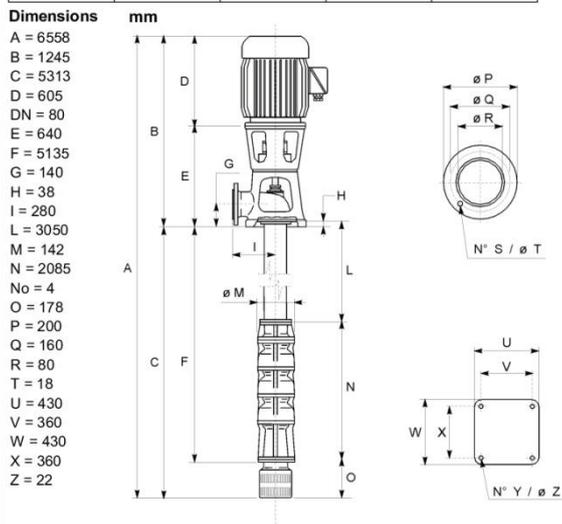
SELECTION INDICATIVE; contacter nos service commerciaux pour un projet complet.

<b>P6G/3/24/16A</b>	
<b>Caractéristiques requises</b>	
Débit	12 l/s
Hauteur de refoulement	110 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
<b>Caractéristiques de la pompe</b>	
Débit	12 l/s
Hauteur de refoulement	110 m
Puissance absorbée	20,1 kW
Rendement	64,9%
Hauteur manométrique H(Q=0)	224 m
Orif. de refoulement	80 mm
<b>Caractéristiques moteur</b>	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2900 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	30 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
<b>Limites opérationnelles</b>	
Démarrages / h max.	20
Température maxi. du liquide pompé	313 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
<b>Caractéristiques générales</b>	
Poids	368 kg



Caractéristiques de fonctionnement <span style="float: right;">UNI/ISO 2548/C</span>				
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

<b>Matériaux</b>	
<b>CONSTRUCTION POMPE</b>	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Arbre pompe	Acier
Palier	Caoutchouc
<b>LIGNE D'ARBRE</b>	
Tube colonne	Acier
Arbre	Acier
Douille arbre	Acier cromé
Manchons	Acier inox
Roulements	Caoutchouc
<b>GROUPE COMANDE</b>	
Bas	Fonte ou Acier
Lanterne de liaison	Fonte ou Acier
Crépine	Acier galvanisé



Notes:

Date <b>23.09.2022</b>	Page <b>1</b>	Offre n°	Pos.N°
---------------------------	------------------	----------	--------

## Résumé

Dans le présent projet nous avons effectué une étude sur le réseau d'alimentation en eau potable du village M'laoua commune de Becheloul, wilaya de Bouira. A partir de barrage de Talesdit.

L'étude a été menée sur six étapes principales : la présentation du site et l'estimation des besoins, le dimensionnement des réservoirs de stockage, l'adduction, le choix des pompes, protection des conduites contre le phénomène de coup de bélier et le dimensionnement du réseau de distribution.

**Les mots clés :** refoulement, coup de bélier, adduction, pompe, distribution.

## Abstract

In the present project we have carried out a study on the drinking water supply network of the village M'laoua commune of Becheloul, wilaya of Bouira. From Talesdit dam.

The study was conducted in six main stages: presentation of the site and estimation of needs, sizing of storage tanks, conveyance, choice of pumps, protection of pipes against the phenomenon of water hammer and sizing of the distribution network.

## ملخص

خلال مذكرة التخرج هذه قمنا بمعالجة نظام التزويد بالماء الشروب لقرية ملاوة التابعة لبلدية بشلول, ولاية البويرة و ذلك انطلاقا من سد تلسديت

هذه الدراسة مرت بست مراحل ستعرضنا خلالها : الموقع و تقدير الاحتياجات، حساب قدرة استيعاب صهاريج التخزين، الإمداد بالمياه، اختيار المضخات و احتمالية وجود ظاهرة المطرقة المائية و طرق الوقاية منها, و في الاخير تحديد ابعاد شبكة التوزيع.

**الكلمات المفتاحية :** الضخ، المطرقة المائية، تزويد, مضخة، التوزيع