

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMÉRI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION  
Département d'Hydraulique

*Filière : Hydraulique*

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Présenté pour Obtenir le Diplôme de Master

*Spécialité : Ouvrages Hydrauliques*

Thème

*Etude de l'alimentation en eau potable de la commune d'afir  
(wilaya de Boumerdes)*

Réalisé par :

*Mlle ABBADJA Sonia*

*Mlle BERHOUN Souad*

Encadré Par :

*Mr HAMANI Sofiane*

Soutenu le 30/06/2024



### Remerciements

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à notre promoteur de mémoire, monsieur HAMANIS. Nous le remercions de nous avoir encadrés, orienté, aidé et conseillé.

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à tous le personnel de la subdivision d'hydraulique de Boumerdes ainsi que l'ingénieur du bureau d'étude B.A.Y.A monsieur HADJOUTI FATEH de nous avoir proposé notre thème de mémoire de fin d'étude

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui, par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques, ont guidé nos réflexions et ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions durant nos recherches.

Nous remercions nos très chers parents, qui ont toujours été là pour nous. Nous remercions nos frères et sœurs, pour leurs encouragements.

Nous tenons aussi à remercier les membres de jury d'avoir accepté de juger ce modeste travail. Enfin, nous remercions nos amis qui ont toujours été là pour nous durant notre cursus, leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.

À tous ces intervenants, nous présentons nos remerciements, notre respect et notre gratitude.





## ***Dédicace***

Je dédie ce mémoire à mes parents, qui m'ont accompagné tout au long de mes études et ont été une source constante de motivation et d'encouragement. Votre amour, votre soutien inébranlable et vos sacrifices ont été essentiels à ma réussite.

J'adresse également mes remerciements à mes chères sœurs et frères que vous soyez présents avec nous ou à l'étranger Je suis reconnaissant d'avoir une famille aussi formidable et de pouvoir compter sur votre soutien indéfectible. Sans vous cette réussite n'aurait pas été possible.

Merci du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait pour moi.

J'adresse mes remerciements à mon chère ami Yacine c'était avec moi durant tout mon cursus universitaire.

A mes chers amis je tiens à vous exprimer ma reconnaissance pour votre soutien indéfectible, vos conseils avisés et les précieux moments de détente que nous avons partagés. Votre amitié a été un pilier essentiel de ma vie étudiante.

**BERHOUN Souad**





A chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pensée pour se rappeler de ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons et les mauvais moments de notre vie, Ces personnes qui ont cru en nous et qui nous ont aidés sans qu'on leur Demande, soutenus sans réserve, aimés sans compter.

Que le tout puissant nous garde ces personnes très chères à nos coeurs. Je dédie ce modeste mémoire qui est l'accomplissement de longues années d'études, en Premier lieu :

Je tiens à dédier ce mémoire à mes parents, qui m'ont soutenu tout au long de mes études et qui ont été une source inépuisable de motivation et d'encouragement. Votre amour, votre soutien inconditionnel et vos sacrifices ont été la clé de ma réussite.

J'adresse également mes remerciements à mes grands frères Rafik et Hamid pour leur soutien constant et leur présence précieuse. Vos encouragements m'ont permis de surmonter les moments difficiles et de persévérer dans mes études.

J'adresse également mes remerciements à mon petit frère Ghani qui est le bonheur de ma vie. J'adresse également mes remerciements à ma chère soeur Nawel et ses anges Adam, Meriem et Pika.

J'adresse également mes remerciements à ma chère amie Ghenima qui était plus qu'une sœur avec moi dans tout les moments difficiles de ma vie

.J' adresse mes remerciements à mes chères amis Samir et Smail qui ont étaient avec moi durant tout mon cursus universitaire , et à toute les personnes qui ont contribué de près ou de loin à ma réussite .

ABBADJA.s



## *Sommaire*

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

### *Chapitre I : Presentation de la zone d'étude.*

I.1	Introduction : .....	2
I.2	Présentation de la zone d'étude : .....	2
I.2.1	Situation topographique : .....	2
I.2.2	Situation géographique de la commune : .....	3
I.2.3	Situation urbanistique de la commune : .....	4
I.2.4	Situation hydraulique : .....	4
I.2.4.1	Ressources en eau disponibles : .....	4
I.2.4.2	Transfert SPET : .....	4
I.2.4.3	Transfert (SDEM) : .....	4
I.2.4.4	Système de forages : .....	5
I.3	Réseau de distribution existant : .....	5
I.3.1	Situation climatologique : .....	5
I.3.1.1	Précipitations : .....	5
I.3.1.2	Température : .....	6
I.3.1.3	Vent : .....	6
I.4	Réseau de distribution existant : .....	8
I.5	Infrastructures routières : .....	8
I.6	Conclusion : .....	8

### *Chapitre II : Estimation des besoins .*

II.1	Introduction : .....	8
II.2	Etude démographique : .....	8
II.2.1	Estimation de la population future : .....	8
II.2.2	Estimation des différents types de besoins : .....	12
II.2.2.1	Besoins domestiques : .....	12
II.2.2.2	Besoins d'équipements : .....	13
II.2.3	Estimation des besoins en tenant compte des pertes : .....	17
II.2.4	Consommation maximale journalière : .....	18
II.2.5	Consommation minimale journalière : .....	20
II.2.6	Etude des variations des débits horaires : .....	21
II.2.7	La consommation maximale horaire (débit de pointe) : .....	21

II.2.7.1 La consommation minimale horaire :.....	24
III. Bilan ressources-besoins : .....	26
IV. Conclusion :.....	27

*Chapitre III : Les Réservoirs.*

III.1 Introduction : .....	28
III.2 Définition des réservoirs : .....	28
III.3 Fonctionnement des réservoirs : .....	28
III.3.1.1 Fonctions techniques : .....	28
□ Régulation du débit entre l'adduction et la distribution, .....	28
III.3.2 Fonctions économiques :.....	28
III.4 Choix de type de réservoirs : .....	28
III.5 Les rôles des réservoirs d'eau :.....	28
III.6 Exigences techniques à satisfaire dans la construction d'un réservoir : .....	29
III.7 Classification des réservoirs : .....	29
III.7.1 Leur position par rapport au sol : .....	29
III.7.2 Leur forme :.....	30
III.7.3 Leur mode de fermeture :.....	30
III.7.4 Matériaux de construction : Ils peuvent être : .....	30
III.7.5 Selon l'usage : .....	30
III.7.6 Situation par rapport à la distribution : .....	30
III.8 L'emplacement des réservoirs :.....	30
III.9 Les critères d'implantation d'un réservoir de stockage :.....	31
III.9.1 Recherche de la zone surélevée : .....	31
III.9.2 La proximité : .....	31
III.10 Entretien des réservoirs : .....	31
III.11 Hygiène et sécurité :.....	31
III.12 Les équipements d'un réservoir : .....	32
III.12.1 Conduite d'adduction : .....	32
III.12.2 Conduite de distribution :.....	32
III.12.3 Conduite de trop –plein : .....	32
III.12.4 By-pass : .....	33
III.13 Système de matérialisation de la réserve d'incendie : .....	34
III.14 Capacité des réservoirs :.....	34

<b>III.14.1</b>	<b>Méthode analytique :</b> .....	<b>35</b>
<b>III.14.1.1</b>	<b>Détermination de la valeur de Pmax :</b> .....	<b>35</b>
<b>III.14.1.2</b>	<b>Le volume total de réservoir :</b> .....	<b>36</b>
<b>III.14.1.3</b>	<b>Calcul du diamètre du réservoir :</b> .....	<b>36</b>
<b>III.15</b>	<b>Méthode graphique :</b> .....	<b>36</b>
<b>III.16</b>	<b>Détermination des capacités des réservoirs :</b> .....	<b>37</b>
<b>III.17</b>	<b>Tableau récapitulatif :</b> .....	<b>39</b>
<b>III.18</b>	<b>Dimensionnement de la bache à eau de la station de reprise (SR) :</b> .....	<b>39</b>
<b>III.19</b>	<b>Conclusion :</b> .....	<b>39</b>

*Chapitre VI : Adduction.*

<b>IV.1</b>	<b>Introduction :</b> .....	<b>41</b>
<b>IV.2</b>	<b>Type d'adduction :</b> .....	<b>41</b>
<b>a)</b>	<b>Adduction gravitaire :</b> .....	<b>41</b>
<b>b)</b>	<b>Adduction par refoulement :</b> .....	<b>41</b>
<b>c)</b>	<b>Adduction mixte :</b> .....	<b>42</b>
<b>IV.3</b>	<b>Choix du tracé des conduites d'adduction :</b> .....	<b>42</b>
<b>IV.4</b>	<b>Choix du type de matériaux des conduites d'adduction :</b> .....	<b>43</b>
<b>IV.5</b>	<b>Description du schéma d'adduction :</b> .....	<b>44</b>
<b>IV.6</b>	<b>Etude technico-économique des conduites :</b> .....	<b>45</b>
<b>IV.6.1</b>	<b>Calcul hydraulique des adductions :</b> .....	<b>45</b>
<b>a)</b>	<b>Choix des diamètres :</b> .....	<b>45</b>
<b>b)</b>	<b>Calcul de la vitesse :</b> .....	<b>46</b>
<b>IV.7</b>	<b>La puissance absorbée par la pompe :</b> .....	<b>48</b>
<b>IV.8</b>	<b>L'énergie consommée par la pompe :</b> .....	<b>49</b>
<b>IV.9</b>	<b>Les frais d'exploitation :</b> .....	<b>49</b>
<b>IV.10</b>	<b>Les frais d'amortissement :</b> .....	<b>49</b>
<b>IV.11</b>	<b>Le bilan des frais :</b> .....	<b>49</b>
<b>IV.12</b>	<b>Dimensionnement des conduites d'adduction :</b> .....	<b>50</b>
<b>IV.12.1</b>	<b>Adduction par refoulement :</b> .....	<b>50</b>
<b>a)</b>	<b>Conduite de Boumati vers la station de reprise :</b> .....	<b>50</b>
<b>b)</b>	<b>Conduite de Station de reprise vers réservoir Ioulichene :</b> .....	<b>51</b>
<b>c)</b>	<b>Conduite d'Abada haut vers Almominne :</b> .....	<b>53</b>
<b>IV.12.2</b>	<b>Adduction gravitaire :</b> .....	<b>54</b>

a) Conduite d'Azrou vers Boumati :	55
b) Conduite de Bhalil vers Ait Ouramdane :	57
c) Conduite de Boumati vers Tala Arous :	58
d) Conduite d'Ighil kidoune vers Tala Ayache :	61
e) Conduite d'Ighilkidoune vers Rebai :	62
f) Conduite Rebai vers Zaouia :	63
g) Conduite de Boumati vers Abada haut et Fedjdane (Réservoirs interconnectés) :	64
h) Conduite Abada Haut vers El Kenour :	66
i) Conduite El Kenour vers Tissira :	67
j) Conduite Tissira vers Toumdjadj :	68
k) Conduite Toumdjadj vers Tadount :	69
l) Conduite Tadount vers Ouled Oubalhizem :	70
IV.13 Tableau récapitulatif :	71
IV.14 Conclusion :	72

*Chapitre V: Etude de pompage.*

V.1 Introduction :	74
V.2 Classification des pompes :	74
FigureV -1 : Les pompes volumétriques.	74
V.2.1 Les turbopompes :	75
V.2.2 Les Pompe Centrifuges :	75
Suivant la direction du fluide dans la roue :	76
Pompes centrifuges axiales:	77
Suivant la direction du fluide dans la roue :	77
Suivant la position de son axe :	77
Suivant la position de la pompe par rapport au niveau d'aspiration :	77
Suivant la forme des aubages et de la vitesse spécifique :	77
V.3 Couplage des pompes :	77
V.3.1 Couplage en série :	77
V.3.2 Couplage en parallèle :	78
V.4 Choix des pompe :	79
V.5 Choix du nombre de pompes :	79
V.6 Caractéristiques hydrauliques des pompes centrifuges :	79
V.6.1 Débit refoulé :	79

V.6.2	Hauteur manométrique totale : .....	79
□	La hauteur géométrique de refoulement : .....	80
□	La hauteur géométrique d'aspiration : .....	80
V.6.3	Les pertes de charges : .....	80
V.6.4	Les puissances : .....	80
□	Puissance absorbée par la pompe : .....	80
□	Puissance hydraulique (utile) : .....	80
V.6.5	Le rendement : .....	80
V.6.6	La vitesse de rotation : .....	81
V.6.7	NPSH (Net Positive Section Head) : .....	81
V.7	Les courbes caractéristiques de la pompe : .....	81
V.8	Le point de fonctionnement de la pompe : .....	82
V.9	Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré : .....	83
V.9.1	1er variante : Diminution du temps de pompage : .....	83
V.9.2	2 <sup>ème</sup> variante: Régulation par étouffement (Le vannage) : .....	83
V.9.3	3 <sup>ème</sup> variante : Rognage de la roue : .....	84
V.9.4	4 <sup>ème</sup> variante : Variabilité de la vitesse de rotation : .....	84
V.10	Etude de cavitation : .....	84
□	Installation en aspiration (en dépression) : .....	86
V.11	Choix du type des pompes du projet : .....	87
V.11.1	Tronçon Abada Haut – Al moumnine : .....	87
□	Caractéristique de la conduite : .....	87
□	Caractéristique de la pompe : .....	87
V.11.2	Caractéristiques du tronçon Boummati- SR : .....	89
□	Caractéristique de la pompe ; .....	90
V.11.3	Caractéristiques du tronçon SR-Ioualichene : .....	92
□	Caractéristique de la pompe ; .....	92
V.12	Etude de cavitation : .....	94
V.13	Conclusion : .....	94
<i>Chapitre VI : Poses et protection des conduites .</i>		
VI.1	Introduction : .....	95
VI.2	Type de pose de conduite : .....	95
VI.2.1	Pose en terre (Tranchées) : .....	95

VI.2.2	La pose dans un terrain marécageux :	96
VI.2.3	La pose dans un terrain peu consistant :	96
VI.2.3.1	Traversée d'une route :	96
VI.2.4	Traversée d'une rivière :	97
VI.2.4.1	Les butées :	97
VI.2.4.2	Désinfection des conduites :	97
VI.3	Protection des conduites :	97
VI.3.1	Contre la corrosion :	97
VI.4	Le phénomène du coup de bélier :	98
VI.4.1.1	Définition et origine des coups de bélier :	98
VI.4.1.2	Les principales causes du phénomène du bélier :	98
VI.4.1.3	Conséquences du coup de bélier :	98
VI.4.1.4	Moyens de protection contre les coups de bélier :	98
<input type="checkbox"/>	Le volant d'inertie :	99
<input type="checkbox"/>	Les soupapes de décharge :	99
<input type="checkbox"/>	Clapet by-pass :	100
<input type="checkbox"/>	Les ventouses :	101
<input type="checkbox"/>	Cheminées d'équilibre :	101
<input type="checkbox"/>	Réservoir d'air :	102
VI.5	Etude du coup de bélier :	103
VI.5.1	La valeur du coup de bélier :	103
VI.5.1.1	Calcul de la célérité d'ondes :	103
VI.5.1.2	Valeur numérique du coup de bélier :	104
VI.6	Calcul des valeurs du coup de bélier pour les différents tronçons :	105
VI.6.1	Tronçons de refoulement :	105
VI.6.2	Tronçon gravitaire :	106
TableauVI-22 : Tableau récapitulatif.		111
VI.7	Méthodes de calcul du réservoir d'air :	112
VI.7.1	Tronçons par refoulement :	114
VI.7.1.1	Application de calcul pour le tronçon (Réservoir Boumati- SR) :	114
VI.7.1.2	Dimensionnement du réservoir d'air :	117
VI.7.1.3	Application de calcul pour le tronçon (SR- R Ioualichene) :	118
VI.8	Tronçons gravitaire :	123

<b>VI.9 Conclusion :</b> .....	<b>124</b>
<i>Conclusion générale</i> .....	<i>125</i>

## *Liste des figures*

<i>Figure I-1</i> : la délimitation de la zone d'étude .....	2
<i>Figure I-2</i> : image satellitaire de la commune d'Afir .....	3
<i>Figure I-3</i> : graphique des précipitations par mois.....	5
<i>Figure I-4</i> : graphe représentant la température en fonction du mois .....	6
<i>Figure I-5</i> : graphique des vitesses de vent par mois .....	7
<i>Figure I-6</i> : graphique de temps lourd en fonction du mois .....	8
<i>Figure II-1</i> ; Evaluation et répartition des habitants par villages.....	11
<i>Figure II-2</i> : adduction en chute libre.....	6
<i>Figure II-3</i> : Schéma de la conduite de trop-plein et de vidange .....	7
<i>Figure II-4</i> : Conduite de by-pass .....	7
<i>Figure III-1</i> : Adduction en chute libre .....	32
<i>Figure III-2</i> : Schéma de la conduite de trop-plein et de vidange .....	33
<i>Figure III-3</i> : Conduite de bay-pass.....	33
<i>Figure III-4</i> : Système à deux reprises .....	34
<i>Figure III-5</i> : dimensionnement d'un réservoir par la méthode graphique .....	37
<i>Figure IV -1</i> :Adduction gravitaires .....	41
<i>Figure IV -2</i> :Adduction par refoulement.....	42
<i>Figure IV-3</i> :Les conduites en PEHD.....	44
<i>Figure IV-4</i> :Les régimes d'écoulement en fonction du nombre de Reynolds .....	48
<i>Figure V-1</i> : Les pompes volumétriques .....	74
<i>Figure V-2</i> : La variation des $\Delta P_{\text{Pet}}$ $Q_v$ entre les pompes volumétriques et centrifuges.....	75
<i>Figure V-3</i> : Forme de l'aube (roue)des pompes centrifuges .....	76
<i>Figure V-3</i> : Forme de la roue des turbopompes .....	76
<i>FigureV-4</i> : Courbe caractéristique de pompes en série.....	77
<i>Figure V-5</i> : Installation de pompes en série .....	78
<i>Figure V-6</i> : Installation de pompage en parallèle .....	78

<i>Figure V-7: Courbe caractéristique d'une Installation en parallél</i> .....	78
<i>Figure V-8: Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge</i> .....	82
<i>Figure V-9: Point de fonctionnement d'une pompe</i> .....	82
<i>Figure V-10: Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré</i> .....	84
<i>Figure V-11: Le phénomène de la cavitation</i> .....	85
<i>Figure V-12 : Graphe des courbes NPSH</i> .....	86
<i>Figure V-13 : Installation en charge</i> .....	86
<i>Figure V-14 : Installation en aspiration</i> .....	87
<i>Figure V-15 : Courbe caractéristique de la pompe</i> .....	87
<i>Figure V-16 : Courbe caractéristique de la pompe B de la SP</i> .....	90
<i>Figure V-17 : Courbe caractéristique de la pompe SP de la B</i> .....	92
<i>Figure VI-1 : Pose de conduite en tranchée dans un terrain peu consistant</i> .....	96
<i>Figure VI- 2: Volant d'inertie</i> .....	99
<i>Figure VI-3 : soupape de décharge</i> .....	100
<i>Figure VI-4 : Principe de protection anti-bélier avec by-pass</i> .....	100
<i>Figure VI-5 : Ventouse</i> .....	101
<i>Figure VI-6 : Cheminée d'équilibre</i> .....	101
<i>Figure VI-7 : Réservoir d'air</i> .....	102
<i>Figure VI-8 : Les donnée insère sur malt pour le tronçon Boumati –SR</i> .....	116
<i>Figure VI-9: Epure de BERGERON pour le tronçon Réservoir Boumati- SR</i> .....	117
<i>Figure VI-10 : Variation de pression absolue pour le tronçon Réservoir Boumati- SR</i> ...	117
<i>Figure VI-11 : donnée insère sur malt pour le tronçon SR –Ioualichen</i> .....	119
<i>Figure VI- 12: Epure de BERGERON pour le tronçon SR- Réservoir Ioulichene</i> .....	121
<i>Figure VI-13: Variation de pression absolue pour le tronçon SP- Réservoir Ioualichene</i> .....	122

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau I-1:</b> représentent les précipitations en fonction du mois .....	5
<b>Tableau I-2 :</b> représentent température en fonction du mois .....	6
<b>Tableau I-3:</b> représentent le vent en fonction du mois .....	7
<b>Tableau I-4:</b> représentent temps lourd en fonction du mois .....	7
<b>Tableau II-1:</b> Evaluation de la population pour différents horizons.....	11
<b>Tableau II- 2:</b> Répartition des besoins domestique pour différent horizon (m <sup>3</sup> /j).....	13
<b>Tableau II- 3:</b> Evaluation de l'équipement pour différents horizons.....	15
<b>Tableau II-4 :</b> Débit moyen journalier total (domestique et équipement) (m <sup>3</sup> /j).....	16
<b>Tableau II-5:</b> Débit moyen journa.....	18
<b>Tableau II-6 :</b> Débit maximum journalier à différents horizons (m <sup>3</sup> /j) .....	19
<b>Tableau II-7 :</b> Débit minimale journalière différents horizons (m <sup>3</sup> /j) .....	21.
<b>Tableau II-8 :</b> valeur du coefficient $\beta_{max}$ en fonction du nombre d'habitant.....	22
<b>Tableau II-9 :</b> Valeurs de $K_{max.h}$ .....	22
<b>Tableau II-10 :</b> Débit maximale horaires à l'horizon (2054) .....	23
<b>Tableau II-11:</b> valeur du coefficient $\beta_{min}$ en fonction du nombre d'habitant. ....	24
<b>Tableau II-12 :</b> Valeurs de $K_{min} .h$ .....	25
<b>Tableau II-13 :</b> Débit minimale horaires à l'horizon (2054). ....	26
<b>Tableau II-14 :</b> Bilan ressources –besoins. ....	26
<b>Tableau III-1 :</b> Variation du résidu dans le réservoir R1 .....	38
<b>Tableau VI- 1:</b> Calcul de la HMT.....	50
<b>Tableau VI- 2:</b> Les frais d'exploitation.....	50
<b>Tableau VI- 3:</b> Les frais d'amortissement.....	51
<b>Tableau VI-4:</b> Calcul du bilan.....	51
<b>Tableau VI- 5 :</b> Calcul de la HMT.....	52

<i>Tableau VI-6:Les frais d'exploitation.....</i>	<i>52</i>
<i>Tableau VI-7:Les frais d'amortissement.....</i>	<i>53.</i>
<i>Tableau VI-8:Calcul du bilan.....</i>	<i>53.</i>
<i>Tableau VI-10:Calcul de la HMT.....</i>	<i>5 4</i>
<i>Tableau VI-11:Les frais d'exploitation.....</i>	<i>54</i>
<i>Tableau VI-12:Les frais d'amortissement.....</i>	<i>54</i>
<i>Tableau VI-13: Calcul du bilan.....</i>	<i>54</i>
<i>Tableau VI-14: Les caractéristiques de la conduite.....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau VI-15:Les pertes de charge totales dans la conduite .....</i>	<i>56</i>
<i>Tableau VI-16:Les pertes de charge totales dans la conduite .....</i>	<i>57</i>
<i>Tableau VI-17:Les pertes de charge totales dans la conduite .....</i>	<i>58</i>
<i>Tableau VI-18: Les caractéristiques de la conduite.....</i>	<i>59</i>
<i>Tableau VI-19:Les pertes de charge dans la conduite .....</i>	<i>60</i>
<i>Tableau VI-20:Les pertes de charge totales dans la conduite .....</i>	<i>61</i>
<i>Tableau VI-21:Les pertes de charge totales dans la conduite .....</i>	<i>62</i>
<i>Tableau VI-22: Les pertes de charges totales dans la conduite.....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau VI-23: Les pertes de charge totales dans la conduite .....</i>	<i>67</i>
<i>Tableau VI-24: Les pertes de charge totales dans la conduite .....</i>	<i>68</i>
<i>Tableau VI-25: Les pertes de charges totales dans la conduite.....</i>	<i>69</i>
<i>Tableau VI-26: Les pertes de charge totales dans la conduite .....</i>	<i>70</i>
<i>Tableau VI-27: Les pertes de charge totales dans la conduite.....</i>	<i>71</i>
<i>Tableau VI-2_ : Tableau récapitulatif des différents tronçons .....</i>	<i>72</i>
<i>Tableau V-1 : Tension de vapeur d'eau pompée en fonction de la température.....</i>	
<i>Tableau V-2 : étude de cavitation.....</i>	<i>94</i>
<i>Tableau VI-1 : Le tableau ci-dessous récapitule les dimensions et les matériaux utilisés dans une tranchée .....</i>	<i>96</i>

<b>Tableau VI-2: tableau récapitulatif des différents équipements anti-bélier, avantage et inconvénients des appareils anti-bélier .....</b>	<b>103</b>
<b>Tableau VI-3 : Valeurs du coefficient k.....</b>	<b>104</b>
<b>Tableau VI- 4: les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>106</b>
<b>Tableau VI-5 : les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>106</b>
<b>Tableau VI-6 : les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>106</b>
<b>Tableau VI-7: les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>107</b>
<b>Tableau VI-8: Les valeurs du coup de bélier. ....</b>	<b>107</b>
<b>Tableau VI-9 : les valeurs du coup de bélier .....</b>	<b>107</b>
<b>Tableau VI-10: les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>107</b>
<b>Tableau VI-11: les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>108</b>
<b>Tableau VI-12 : les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>108</b>
<b>Tableau VI-13 : les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>108</b>
<b>Tableau VI-14: les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>109</b>
<b>Tableau VI-15: les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>109</b>
<b>Tableau VI- 16: les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>109</b>
<b>Tableau VI-17 : les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>110</b>
<b>Tableau VI-18: les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>110</b>
<b>Tableau VI-19: les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>110</b>
<b>Tableau VI-20 : les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>110</b>
<b>Tableau VI-21 : les valeurs du coup de bélier.....</b>	<b>111</b>
<b>Tableau VI-22: Tableau récapitulatif.....</b>	<b>111</b>
<b>Tableau VI-23 : Calcul du réservoir d'air du tronçon Réservoir Boumati- SR.....</b>	<b>115</b>
<b>Tableau VI-24 : Calcul du réservoir d'air du tronçon Réservoir SR- Ioualichen .....</b>	<b>120</b>
<b>Tableau VI-25: tableau récapitulatif du coup de bélier .....</b>	<b>123</b>

---

### ***Liste des symboles :***

- a : La célérité de l'onde (m/s) ;
- A : L'amortissement annuel (Annuité) ;
- BL : Le bilan en (DA) ;
- B : La valeur du coup de bélier (m) ;
- C : Coefficient de perte de charge de la tuyère ;
- C' : coefficient de perte de charge dans un diaphragme ;
- D : Diamètre de la conduite (m) ;
- D<sub>ext</sub> : Diamètre extérieur ;
- D<sub>int</sub> : Diamètre intérieur ;
- D<sub>min</sub> : diamètre minimal de la conduite (m) ;
- D<sub>max</sub> : diamètre maximal de la conduite (m) ;
- d : Diamètre de la tuyère (m) ;
- d' : Diamètre de la veine contractée (m) ;
- E : Energie consommée par la pompe (KWh) ;
- e : Epaisseur de la conduite (mm) ;
- g : Accélération de la pesanteur en (m<sup>2</sup>/s) ;
- H<sub>s</sub> : La valeur maximale de la pression-surpression ;
- H<sub>d</sub> : La valeur maximale de la pression-dépression ;
- H<sub>a</sub> : Hauteur d'aspiration en (m) ;
- H<sub>g</sub> : Hauteur géométrique en (m) ;
- H<sub>0</sub> : Pression absolue de la conduite (m) ;
- i : Taux d'annuité (%) ;
- Ha : Perte de charge à l'aspiration en (m) ;
- ΔH<sub>v</sub> : Perte de charge créer par la vanne en (m) ;
- L : Longueur de la conduite en (m) ;
- m : Coefficient de rognage ;

---

$N_i$ : Nombre de consommateurs ;

$N$ : Vitesse de rotation de la pompe (tr/min) ;

$n$ : Nombre d'années sur lequel s'effectuera l'amortissement ( $n=30$  ans)

$P$ : Population de l'horizon considéré ;

$P_0$ : Population de l'horizon de référence ;

$P_a$ : Puissance absorbée par la pompe en (KW) ;

$P_r$ : le prix unitaire de la conduite (DA/ml) ;

$P_u$ : Prix unitaire du K.W.h. en (DA) ;

$P\%$ : Résidu maximal dans le réservoir (%) ;

$Q$ : débit dans la conduite en ( $m^3/s$ ) ;

$q$ : Dotation moyenne journalière des consommateurs en ( $l/j/cons$ ) ;

$Re$ : Nombre de Reynolds ;

$r$ : Le pourcentage de rognage ;

$S$ : Section de la conduite ( $m^2$ ) ;

$T_v$ : C'est la pression de vapeur maximale que l'air peut supporter à une température donnée ;

$T$ : Temps mis par une onde, pour faire un aller-retour dans la conduite ;

$T_p$ : Nombre d'heure de pompage (h) ;

$t$ : Taux d'accroissement ;

$U_0$ : Volume d'air initial ;

$V$ : Vitesse d'écoulement en ( $m/s$ ) ;

$V_1$ : Vitesse d'eau dans la tuyère en cas de la montée de l'eau ( $m/s$ ) ;

$V_2$ : Vitesse d'eau dans la tuyère en cas de la descente de l'eau ( $m/s$ ) ;

$V_f$ : Vitesse finale choisie ;

$V_{max}$ : Volume maximal de stockage ( $m^3$ ) ;

$V_m$ : Moyenne arithmétique de la vitesse choisie ;

$V_{sr}$ : Volume de la station de reprise ( $m^3$ ) ;

$V_t$ : Volume total du réservoir d'air ( $m^3$ ) ;

---

---

$Z$  : Pression dans le réservoir d'air (m);

$Z_0$  : Pression absolue (m) ;

$\alpha_{\max}$  : Coefficient qui dépend du niveau de vie et du confort ;

$\beta_{\max}$  : Coefficient qui dépend du nombre d'habitant ;

$\vartheta$  : Viscosité cinématique de l'eau (m<sup>2</sup>/s) ;

$\rho$  : Masse volumique de l'eau ;

$\eta$  : Rendement de la pompe en % ;

$\lambda$  : Coefficient de pertes de charge ;

$\theta$  : Temps mis par une onde, pour faire un aller-retour dans la conduite ;

$\delta_0$  : Perte de charge dans la conduite en régime de fonctionnement normal ;

$\phi$  : Diamètre de la veine contractée (m) ;

$\Delta H_S$  : Perte de charge singulière (m) ;

$\Delta H_L$  : Perte de charge linéaire (m) ;

$\Delta H_T$  : Perte de charge totale (m) ;

$\Delta h_1$  : perte de charge à la montée de l'eau ;

$\Delta h_2$  : perte de charge à la descente de l'eau ;

---

### *Liste des abréviations :*

AEP : Alimentation en eau potable ;

CTP : Côte Trop Plein en (m) ;

CTN : Côte Terrain Naturel en (m) ;

Hmt: La hauteur manométrique totale (m) ;

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

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

PEHD : Polyéthylène Haute Densité ;

PVC : Chlorure de polyvinyle ;

SDEM : Station de traitement l'eau de mer ;

APC : Assemblée populaire communale ;

SPET : système de production d'eau potable à partir du barrage de Taksebt .

# Introduction générale

---

## *Introduction générale*

L'eau, source indispensable à la vie et au progrès, compte parmi les richesses naturelles les plus précieuses ayant une importance considérable pour le développement social et économique de toute civilisation. L'Algérie comme tant d'autres pays souffre de l'insuffisance dans l'approvisionnement en eau potable qui est due principalement à l'expansion démographique et à l'élévation du niveau de vie de la population. Devant une telle situation, il est impératif de concevoir des systèmes ingénieux d'approvisionnement et de gestion des ressources hydriques pour satisfaire la demande qui ne cesse d'accroître.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le thème de notre mémoire intitulé « Etude de l'alimentation en eau potable de la commune d'Alger wilaya de Boumerdes », et qui consiste à l'élaboration d'une étude d'alimentation en eau potable permettant de répondre aux besoins de la population concernée jusqu'à l'horizon 2054.

La présente étude s'articule sur six principaux chapitres :

- ❖ Le premier chapitre sera réservé pour la présentation de la zone d'étude en décrivant les différentes situations : géographique, démographique, topographique, climatique, hydrogéologique et hydraulique.
- ❖ Le second chapitre sera consacré à l'évaluation des besoins en eau des différentes catégories consommatrices existantes et cela pour divers horizons, ce qui permettra d'estimer le déficit par rapport aux ressources actuelles.
- ❖ Dans le troisième chapitre, nous allons vérifier et dimensionner, respectivement, les réservoirs existants et projetés ainsi que la station de reprise qui sert à l'adduction.
- ❖ Par la suite, le quatrième chapitre sera consacré au dimensionnement du réseau d'adduction en utilisant une étude technico-économique.
- ❖ Le cinquième chapitre portera sur le choix des pompes adéquates aux installations en utilisant des catalogues de groupes électropompes disponibles sur le marché.
- ❖ Le sixième chapitre est consacré aux poses et protection des conduites. On s'intéressera en particulier à la vérification de l'apparition du phénomène du coup de bélier afin d'envisager les protections nécessaires pour les tronçons concernés.

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

### ***1.1 Introduction :***

La présente étude a pour objectif l'alimentation en eau potable de la commune d'Afir, composée de 29 villages. Afin de mener à bien ce projet, il est impératif d'aborder d'abord de la situation géographique, topographique, climatique, démographique et hydraulique du site de l'étude.

### ***1.2 Présentation de la zone d'étude :***



***Figure I-1 : la délimitation de la zone d'étude.***

#### ***1.2.1 Situation topographique :***

La situation topographique de la zone d'étude est déterminée à partir d'une carte d'état-major à l'échelle de 1/50000.

L'altitude varie entre 87 m et 596 m, avec une altitude moyenne de 306 m.

- La latitude : environ 36,7981°Nord.
- La longitude : environ 3, 8615°Est.

***Figure I-2 : image satellitaire de la commune d'Afir (Boumerdes) .***

#### ***1.2.2 Situation géographique de la commune :***

La commune d'Afir est située sur le littoral méditerranéen. Elle est traversée par deux axes routiers, les routes nationales RN24 et RN71. Afir est à l'est de la wilaya de Boumerdès, elle partage une frontière avec la wilaya de Tizi Ouzou.

La commune d'Afir occupe une superficie de 6200 ha et est limitée comme suit : [1]

- Au nord par la mer Méditerranée ;
- Au sud par les communes de Touarga, Sidi Naamane et Makoua (wilaya de Tizi-Ouzou) ;

- À l'est par la commune de Mizrana (wilaya de Tizi-Ouzou) ;
- À l'ouest par les communes de Dellys et Baghlia.

La commune d'Afir est principalement composée de son chef-lieu et d'une agglomération urbanisée considérée comme zone urbaine. Il s'agit de :

- L'agglomération chef-lieu ACL au sud.
- Une agglomération secondaire incluant Boumati, Zaouia, Ichabateene, Tadjnanet, Tala Ayache, Rebai, Abada, Fedjdane.
- Des zones éparses incluant les villages Bhalil, Tissira, El Kennour, Almaouamene, Ihemaden, Cheayna, Azib Elkoufa, Tinaghrit, Taechacht, Bourdja, Ighil n skif, Oued Oubay, Ben Dahdah, Ouled Oubelhizem, Tadount, Toundjadj, Tabayent, Iouelichen, Tilzazine, Ait Ouremdane.

### ***1.2.3 Situation urbanistique de la commune : [1]***

La commune d'Afir se présente dans une zone connue par son profil agricole, malheureusement pas suffisamment exploitée. C'est une commune de type rural agricole. Ce stratéique peut être moyens adéquats sont mis en place.

Le développement accéléré de la zone d'étude du PDAU de la commune, une extension

Importante au futur est programmée, cela représente un impact major dans l'alimentation en eau potable et reste liée à un renforcement que doit proposer la présente étude.

S'agissant d'une agglomération limitrophe du bord de mer dont son littoral présente une vocation sur laquelle la commune d'Afir compte pour le développement du secteur économique, et celle touristique et dispose d'un projet d'une ZEST avec deux plages (plage des salines Est et plage Russe).

Le tissu urbain de chef-lieu de commune est urbanisée à partir de voies secondaires qui aboutissent toutes sur la route nationale RN27, cet axe offrent des pentes assez raides compte tenu de la topographie de la zone. Les extensions sont concentrées tout autour de chef-lieu.

Il ressort que le développement de chef-lieu est limitée par les contraintes topographiques et la nature juridique des terrains (terrains privées). Le développement ne peut se faire qu'au détriment des terres agricoles (cette hypothèse reste peut réalisable).

### ***1.2.4 Situation hydraulique : [1]***

#### ***1.2.4.1 Ressources en eau disponibles :***

Le principe d'alimentation en eau potable actuel de la commune s'articule essentiellement sur trois transferts importants soit :

- Le transfert (SPET) ;
- Nouveau transfert (SDEM) ;
- Système forage.

#### ***1.2.4.2 Transfert SPET :***

L'alimentation de la commune à partir du transfert SPET (système de production d'eau potable à partir du barrage de Taksebt) est fondée par un raccordement à partir de la prise se trouvant sur la RN25 en DN500mm fonte, le transfert se fait avec une conduite de DN250mm fonte vers deux stations de pompage SR01 Ben Hamza et SR02 Ouled Hmida, ce transfert est réalisé en 2012 dont le débit de 40l /s, ce débit sera refoule vers le réservoir de tête de Ouled Sabeur (2500 m).

#### ***1.2.4.3 Transfert (SDEM) :***

La commune d'afir est alimentée à partir du système de dessalement d'eau de mer de Cap Djenet (SDEM) à partir de la station de pompage de la nouvelle ville Dellys, le transfert est avec une conduite en DN300mm fonte et DN400mm PEHD.

#### ***1.2.4.4 Système de forages :***

La commune d'afir est alimentée à partir des deux forages F2 (Beni Thore) et F6 (afir) avec une conduite en DN250 Fonte et Acier vetuste vers les stations de pompage SR1 (Ben Hamza) et SR2 (Ouled Hmida), ce pompage est véhiculé vers le réservoir de tête de Ouled Sabeur R2500m.

### ***1.3 Réseau de distribution existant :***

Le réseau d'alimentation de la commune d'afir est récemment réalisé en sa totalité, il est en bon état et fonctionne sans grande contrainte, il est sous la gestion de l'ADE. Le problème majeur du réseau est l'indisponibilité de l'eau, d'où la fréquence d'alimentation qui est de 8 heures en deux jours pour la saison hivernale et une fréquence de 8 jours pour la saison estivale. Le réseau de distribution est de type ramifiée. Il a été réalisé en PEHD pour le total du réseau. Le départ du réseau se fait à partir des différents réservoirs présents dans la commune.

Actuellement, et au cours du développement rapide du chef-lieu, le réseau se nourrit plus convenablement le tissu urbain en matière de débit et de pressions, précisément l'agglomération à côté de l'APC (les logements sociaux). [1]

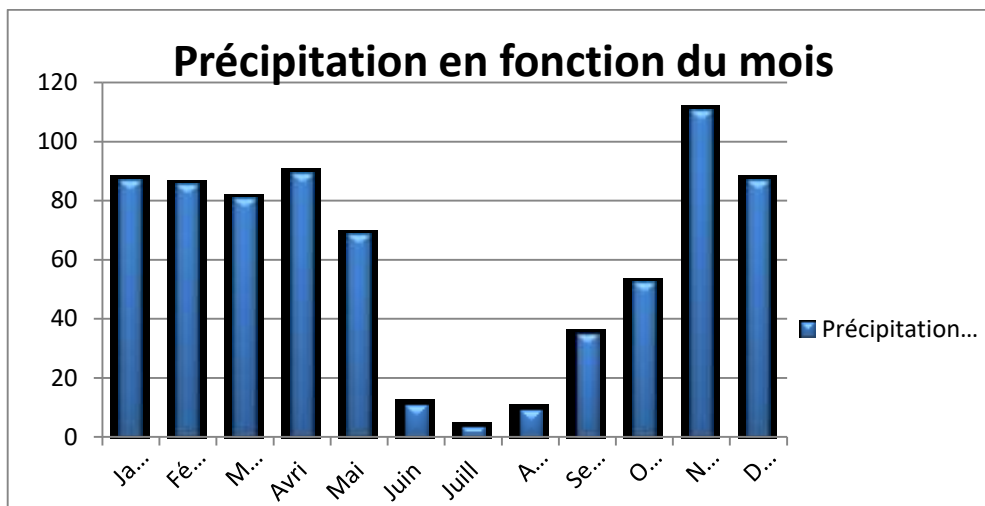
#### ***1.3.1 Situation climatologique : [15]***

##### ***1.3.1.1 Précipitations :***

Des précipitations moyennes de 3,6 mm font du mois de juillet le mois le plus sec. En novembre les précipitations sont les plus importantes de l'année avec une moyenne de 110,7mm.

*Tableau I-1 : représentent les précipitations en fonction du mois.*

mois	Janv	Févr	Mar	Avri	Mai	Juin	Juill	Aout	Septem	Octob	Novem	Décem
Précipitations	86,9	85,5	80,8	89,4	69	11,2	3,6	9,5	35	52,4	110,7	86,9



*Figure I-3 : graphique des précipitations par mois.*

**I.3.1.2 Température :**

Au mois d'Aout, la température moyenne est de 27.9°C. Aout est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Février est le mois le plus froid de l'année. La température moyenne est de 10.5°C à cette période.

Le record de chaleur est de 45°C enregistré le mercredi 22 juillet 2009 et le record froid de -3 °C enregistrée le 27 janvier 2005.

*Tableau I-2 : représentent température en fonction du mois.*

	Jan v	Fév r	Mar s	Avri l	Ma i	Juin	Juil l	Aou t	Sept e	Oct o	No v	Décem b
Température Moyenne (c°)	10,6	10,5	13,3	15	20	24,8	27,9	27,9	24	20,6	15	11,5
Température Minimale (c°)	7	6,8	8,6	11,2	14	18,4	21,4	21,8	19	15,7	11,4	8,2
Température maximale (c°)	15,7	15,9	19,2	21,6	26	31,8	35,1	36,5	31	27,3	20,3	15,7

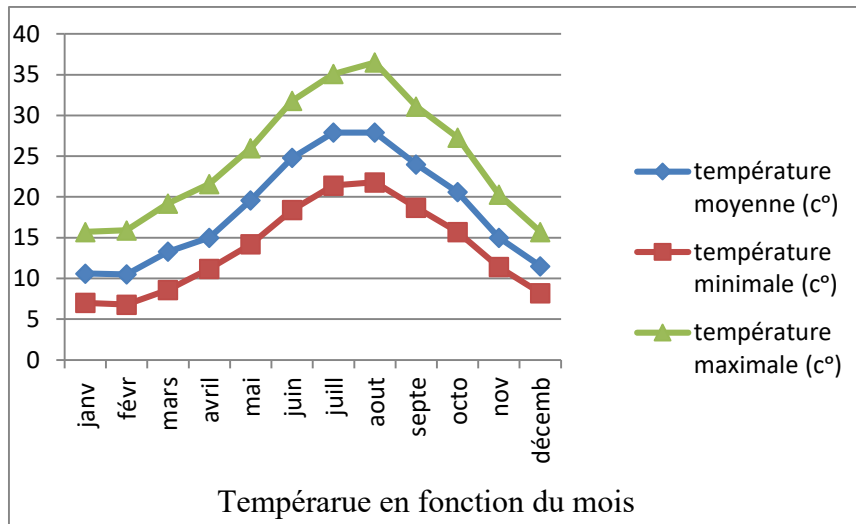


Figure I-4 : graphe représentant la température en fonction du mois .

**I.3.1.3 Vent :**

Le vent dans la région d’Afir à Boumerdes est généralement influencé par les conditions météorologiques locales et la géographie de la région. Il peut varier en intensité et en direction selon les raisons et les phénomènes météorologiques en cours.

TableauI-3 : représentent le vent en fonction du mois.

	jan	févr	mars	avril	mais	Juin	juillet	aoute	sept	oct	nov	déc
Le vent km/h	3	2,6	2,9	3,2	3,2	4,4	4,1	3,7	2,8	2	3,4	2,4

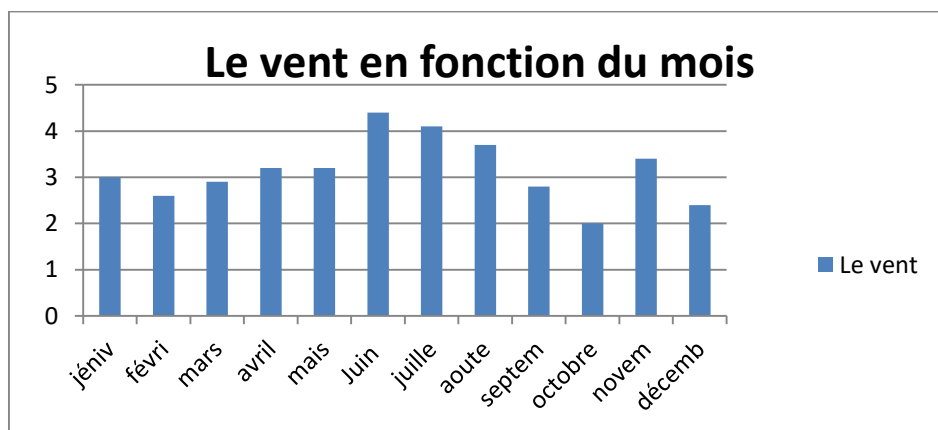


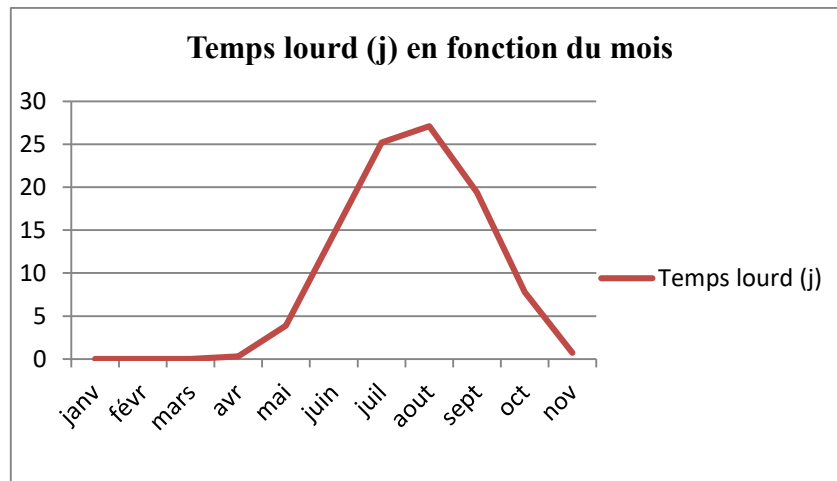
Figure I-5 :graphique des vitesses de vent par mois.

À Dellys, il y a des variations saisonnières extrêmes en matière d'humidité perçue, avec une période lourde de 4,7 mois, allant du 27 mai au 18 octobre, où la sensation d'oppression est présente au moins 22% du temps. Août est le mois le plus lourd, avec

plus de 27 jours lourds, tandis que janvier est le mois le moins lourd, sans aucun jour qualifié comme tel.

**Tableau I-4 : représentent temps lourd en fonction du mois.**

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	déc
Temps lourd (j)	0,0	0,0	0,0	0,3	3,9	14,6	25,2	27,1	19,4	7,8	0,7	0,0



**Figure I-6 : graphique de temps lourd en fonction du mois.**

#### **1.4 Réseau de distribution existant :**

Le réseau d'alimentation de la commune d' Afir est récemment réalisé en sa totalité, il est en bon état et fonctionne sans grande contrainte, il est sous la gestion de l'ADE. Le problème majeur du réseau est l'indisponibilité de l'eau, d'où la fréquence d'alimentation qui est de 8 heures en deux jours pour la saison hivernale et une fréquence de 8 jours pour la saison estivale.

Le réseau de distribution est de type ramifiée. Il a été réalisé en PEHD pour le total du réseau. Le départ du réseau se fait à partir des différents réservoirs présents dans la commune.

Actuellement, et au cours du développement rapide du chef-lieu, le réseau se nourrit plus convenablement le tissu urbain en matière de débit et de pressions, précisément l'agglomération à côté de l'APC (les logements sociaux).

#### **1.5 Infrastructures routières :**

La commune d' Afir est traversée par plusieurs routes nationales :

- ✓ Route nationale 24 : RN24 (route de Bejaïa : route relie Alger à Bejaia en traversant les willayas de Boumardes et Tizi ousou).
- ✓ Route nationale 71 : RN71 (route d'Algérie qui relie la région de Dellys à Ath-Yenni dans le Djurdjura en Kabyle).

***1.6 Conclusion :***

Ce chapitre a permis de rassembler les données générales sur la commune d'Afir ainsi que les données hydrauliques actuelles, facilitant ainsi l'élaboration du projet d'alimentation en eau potable de cette commune.

## *Chapitre II : Estimation des besoins*

## II.1 Introduction :

L'estimation des besoins en eau pour la commune d'Afir de Boumerdes en Algérie revêt une importance capitale dans le contexte de la gestion des ressources hydriques locales. Située dans une région sujette à des variations climatiques et à une pression démographique croissante, la commune d'Afir de Boumerdes fait face à des défis complexes en matière de sécurité hydrique.

Cette estimation nécessite une analyse approfondie des usages de l'eau dans la région, incluant l'agriculture, l'approvisionnement en eau potable, l'industrie et la préservation de l'écosystème local. En outre, elle doit prendre en considération les particularités géographiques, les tendances démographiques et les besoins socio-économiques de la population locale. Une estimation précise des besoins en eau permettra de développer des stratégies de gestion durable des ressources hydriques, en garantissant un approvisionnement adéquat en eau tout en préservant l'environnement et en répondant aux besoins essentiels de la communauté d'Afir de Boumerdes.

Ce chapitre fournit des informations relatives à la zone d'étude, notamment sur l'alimentation en eau potable actuelle et future, ainsi que sur les variations journalières et horaires du débit. Ces informations sont nécessaires pour le dimensionnement du système d'alimentation en eau potable.

## II.2 Etude démographique :

### II.2.1 Estimation de la population future :

Pour assurer le bon fonctionnement des ouvrages et la satisfaction des besoins dans les années prochaines, l'étude démographique est nécessaire.

Nous allons estimer la population à différents horizons en utilisant la formule des intérêts composés :

$$P = P_0 (1+T)^n \quad (\text{II-1})$$

Avec :

- P : population future à l'horizon considéré, (2053).
- $P_0$  : Population de l'année de référence, GRPH (2022).
- T : Taux d'accroissement considéré à 2,25% (Source : A.P .C de Afir)
- n : nombre d'année séparant l'horizon considéré de l'année de référence

Selon notre estimation nous prenons comme horizon :

- Actuelle : 2024 (n=2).
- moyen terme : 2034 (n=10), 2044 (n=20).

À long terme : 2054 (n= 30).

**Remarque:** P0(2022)est évalué par le service technique de l'APC.

La zone d'étude est subdivisée en 3 zones. Le nombre d'habitants pour différents horizons pour chaque village est illustré dans le tableau ci-dessous.

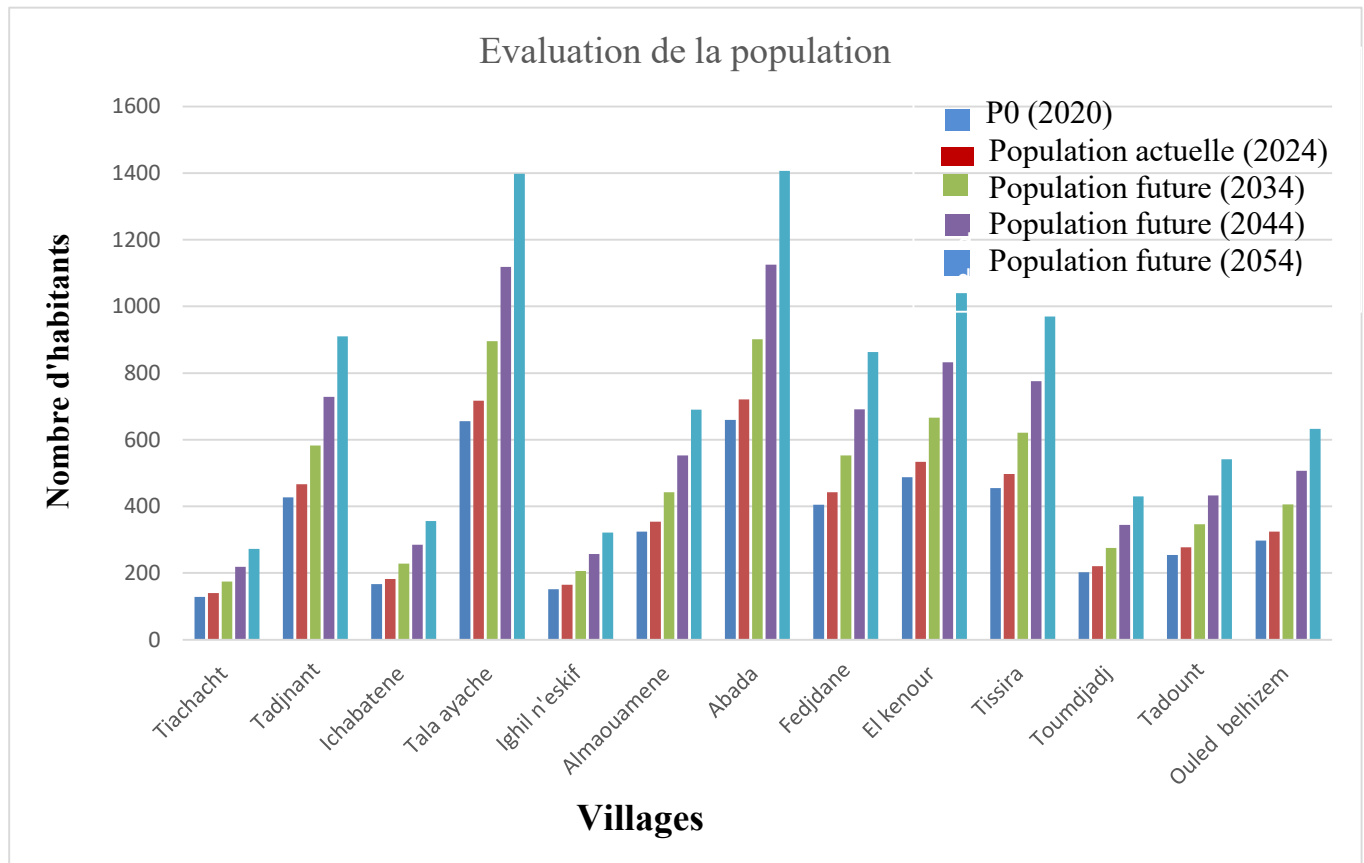
*Tableau II-1:Evaluation de la population pour différents horizons.*

		population par Horizon				
	villages	2022	2024	2034	2044	2054
I	Behalil	494	540	675	843	1053
	Mechachka	237	259	324	404	505
	Handira	28	31	38	48	60
	Ait ouramdane	17	19	23	29	36
	BOUMATI	1422	1554	1942	2426	3030
	Ioualachene	241	263	329	411	514
II	afir	4059	4437	5542	6924	8649
	Oued oubey	438	479	598	747	933
	Azib El Koufa	159	174	217	271	339
	Zaouia	1320	1443	1802	2252	2813
	Rebai	448	490	612	764	955
	Bordja(1+2)	74	81	101	126	158
	Mini site	72	79	98	123	153
	Tiachacht	128	140	175	218	273
	Tadjnant	427	467	583	728	910
	Ichabatene	167	183	228	285	356
	Tala ayache	656	717	896	1119	1398
	Ighil n'es kif	151	165	206	258	322
III	Almaouamene	324	354	442	553	690
	Abada	660	721	901	1126	1406
	Fedjane	405	443	553	691	863
	El kenour	488	533	666	832	1040
	Tissira	455	497	621	776	970
	Toumdjadj	202	221	276	345	430
	Tadount	254	278	347	433	541

	Ouledbelhizem	297	325	406	507	633
--	---------------	-----	-----	-----	-----	-----

Le tableau présente la variation du nombre d’habitants entre 2024 et 2054.

L’évaluation de la population et la répartition par villages est représenté dans l’histogramme suivant.



**Figure II-1: Evaluation et répartition des habitants par villages.**

L'histogramme ci-dessus illustre une évolution démographique significative entre 2024 et 2054, indiquant qu'à long terme, la population de la zone atteindra 29029 habitants. Il sera donc essentiel de répondre aux divers besoins, notamment en matière d'approvisionnement en eau potable (AEP).

**II.2.2 Estimation des différents types de besoins :**

Dans toute étude d’un système d’alimentation en potable, on rencontre plusieurs types de besoins tel que besoins domestiques et besoins d’équipements.

**II.2.2.1 Besoins domestiques :**

Elle est généralement exprimée par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy.j}} = \frac{N * \text{Dot}}{1000} \quad (\text{II-2})$$

Où :

- $Q_{\text{moy.j}}$  : consommation moyenne journalière ( $\text{m}^3/\text{j}$ ).
- N : nombre d'usagers pour chaque catégorie de consommation.
- Dot : dotation moyenne journalière de la consommation ( $\text{l/j/usager}$ ).

Les besoins domestique en eau sont la quantité d'eau nécessaire pour répondre aux besoins. Quotidiens d'une famille au d'une personne. Ces besoins peuvent varier selon plusieurs facteurs, tels que la taille de famille, le type d'habitation, les activités quotidiennes et les habitudes de consommation.

La consommation domestique moyenne est déterminée par rapport au nombre d'habitants, exprimée en litres par jour et par habitant ( $\text{l/jour/hab}$ ).

La zone d'étude est de type semi urbaine, par conséquent la norme de dotation unitaire  $150\text{l/jour/habit}$ , pour les différents horizons (court, moyenne, long terme).

- Les résultats des débits domestique sont regroupé dans le tableau ci-dessous.

**Tableau II-2 : Répartition des besoins domestique pour différent horizon ( $\text{m}^3/\text{j}$ )**

	villages	Années 2024	Années 2034	Années 2044	Années 2054
I	Behalil	81,00	101,18	126,40	157,90
	Mechachka	38,86	48,54	60,64	75,75
	Handira	4,59	5,74	7,16	8,95
	Ait ouramdane	2,79	3,48	4,35	5,43
	Boumati	233,15	291,26	363,84	454,51
	Ioualachene	39,51	49,36	61,66	77,03
II	afir	665,52	831,37	1038,56	1297,37
	Oued oubey	71,82	89,71	112,07	140,00
	Azib el kouf	26,07	32,57	40,68	50,82
	Zaouia	216,43	270,37	337,74	421,91
	Rebai	73,46	91,76	114,63	143,19
	Bordja(1+2)	12,13	15,16	18,93	23,65
	Mini site	11,81	14,75	18,42	23,01
	Tiachacht	20,99	26,22	32,75	40,91
	Tadjnant	70,01	87,46	109,25	136,48

	Ichabatene	27,38	34,21	42,73	53,38
	Tala ayache	107,56	134,36	167,85	209,68
	Ighil n'es kif	24,76	30,93	38,64	48,26
III	Almaouamene	53,12	66,36	82,90	103,56
	Abada	108,22	135,18	168,87	210,95
	Fedjdane	66,40	82,95	103,63	129,45
	El kenour	80,01	99,95	124,86	155,98
	Tissira	74,60	93,19	116,42	145,43
	Toumdjadj	33,12	41,37	51,68	64,56
	Tadount	41,65	52,02	64,99	81,19
	Ouledbelhizem	48,70	60,83	75,99	94,93

Le tableau ci-dessous montre la consommation domestique de la commune d'Afir, cette dernière s'élever à 4354,28m<sup>3</sup>/j pour l'horizon 2054.

#### II.2.2.2 Besoins d'équipements :

La zone d'étude comprend :

- Besoins scolaires.
- Besoins sanitaires.
- Besoins mosquées.
- Besoins du centre culturel.
- Besoins culturel.
- Besoins administratif .

Les résultants des débits nécessaires pour les équipements sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Tableau II--3: Evaluation de l'équipement pour différents horizons.

Tableau : Calcul des besoins d'équipements pour différents horizons									
Agglomération	Équipements		Dotation (l/j/u)	2024			2034	2044	2054
	Types	Unité		Q <sub>eq</sub> (l/j)	Q <sub>eq</sub> (m <sup>3</sup> /j)	Total (m <sup>3</sup> /j)	Total (m <sup>3</sup> /j)	Total (m <sup>3</sup> /j)	Total (m <sup>3</sup> /j)
ACL	Siège APC	30	30	900	0,9				
	Annexe centre de formation	100	20	2000	2				
	siège PTT	80	30	2400	2,4				
	CEM(2)	400	30	12000	12	60,8	75,95	94,88	118,52
	Lycée	500	30	15000	15				
	École primaire	200	30	6000	6				
	Dispensaire	200	30	6000	6				
	Bibliothèque communale	150	10	1500	1,5				
	Mosquée (3)	500	30	15000	15				
A.S Boumati	salle de soins	60	50	3000	3				
	Ecole primaire	300	30	9000	9	37,5	46,85	58,52	73,10
	Mosquée	850	30	25500	25,5				
A.S Tadjnante	Ecole primaire	320	30	9600	9,6	36,6	45,72	45,72	45,72
	Mosquée	900	30	27000	27				
Zone éparsé	Salle de soins	20	50	1000	1				
	Ecole primaire (4)	800	30	24000	24	49	61,21	76,46	95,52
	Mosquée (6)	800	30	24000	24				
A.S Zaouia	salle de soins	60	50	3000	3				
	école primaire	300	30	9000	9	37,5	46,85	58,52	73,10
	Mosquée	850	30	25500	25,5				

Nous regroupons dans le tableau ci-dessous les débits moyens totaux pour chaque zone.

*Tableau II- 4 : Débit moyen journalier total (domestique et équipement) (m3/j) .*

<b>Zone</b>	<b>village</b>	<b>Année 2024</b>	<b>Année 2034</b>	<b>Année 2044</b>	<b>Année 2054</b>
<b>I</b>	Behalil	81,00	101,18	126,40	157,90
	Mechachka	38,86	48,54	60,64	75,75
	Handira	4,59	5,74	7,16	8,95
	Ait ouramdane	233,15	3,48	4,35	5,43
	BOUMATI	77,01	338,10	422,36	527,61
	Ioualachene	39,51	49,36	61,66	77,03
<b>II</b>	afir	726,32	907,33	1133,43	1415,89
	Azib el koufa	71,82	89,71	112,07	140,00
	Zaouia	71,82	89,71	112,07	140,00
	Oued oubey	71,82	89,71	112,07	140,00
	Rebai	73,46	91,76	114,63	143,19
	Bordja(1+2)	12,13	15,16	18,93	23,65
	Mini site	11,81	14,75	18,42	23,01
	Tiachacht	20,99	26,22	32,75	40,91
	Tadjnant	106,61	133,18	154,98	182,20
	Ichabatene	27,38	34,21	42,73	53,38
	Tala ayache	107,56	134,36	167,85	209,68
	Ighil n'eskif	24,76	30,93	38,64	48,26
<b>III</b>	Almaouamene	53,12	66,36	82,90	103,56
	Fedjdane	108,22	135,18	168,87	210,95
	Abada	157,22	196,39	245,34	306,47
	El kenour	80,01	99,95	124,86	155,98
	Tissira	74,60	93,19	116,42	145,43
	Toumdjadj	33,12	41,37	51,68	64,56
	Tadount	41,65	52,02	64,99	81,19
	Ouledbelhizem	48,70	60,83	75,99	94,93

**II.2.3 Estimation des besoins en tenant compte des pertes :**

Les pertes d'eau dans le réseau d'alimentation en eau potable peuvent être estimées selon l'état et la nature du réseau, alors :

- Réseau de distribution bien entretenue, les pertes aboutissent au 15 % de la consommation moyenne journalière.
- Réseau de distribution moyennement entretenue, les pertes sont comprises entre 25 % à 35 de la consommation moyenne journalière.
- Réseau de distribution mal entretenue, les pertes aboutissent ou dépassent les 50 % de la consommation moyenne journalière.

Dans notre cas, les pertes sont de l'ordre de 15 %, elles sont dues :

- A la consommation illégale.
- Aux fuites dans le réseau d'adduction.
- Aux fuites dans le système de distribution qui sont en fonction du type de tuyau ; vieillissent du réseau, les différents équipements hydrauliques la nature du terrain et la qualité d'entretien.
- Aux fuites chez le consommateur (robinets).

Le tableau suivant présente les besoins en eau en tenant compte des pertes.

**Tableau II-5: Débit moyen journalier tenant compte des fuites (m<sup>3</sup>/j).**

<b>Zone</b>	<b>villages</b>	<b>Année 2024</b>	<b>Année 2034</b>	<b>Année 2044</b>	<b>Année 2054</b>
<b>I</b>	Behalil	93,15	116,36	145,36	181,58
	Mechachka	44,69	55,82	69,74	87,11
	Handira	5,28	6,60	8,24	10,29
	Ait ouramdane	268,13	4,00	5,00	6,25
	BOUMATI	88,57	388,82	485,71	606,75
	Ioualachene	45,44	56,77	70,91	88,58
<b>II</b>	afir	835,27	1043,43	1303,45	1628,27
	Azib el koufa	82,59	103,17	128,88	161,00
	Zaouia	82,59	103,17	128,88	161,00
	Oued oubey	82,59	103,17	128,88	161,00
	Rebai	84,47	105,52	131,82	164,67
	Bordja(1+2)	13,95	17,43	21,77	27,20
	Mini site	13,58	16,96	21,19	26,47

	Tiachacht	24,14	30,15	37,66	47,05
	Tadjnant	122,60	153,16	178,22	209,53
	Ichatene	31,49	39,34	49,14	61,38
	Tala ayache	123,69	154,52	193,02	241,13
	Ighil n'es kif	28,47	35,57	44,43	55,50
III	Almaouamene	61,09	76,32	95,34	119,09
	Fedjdane	124,45	155,46	194,20	242,60
	Abada	180,80	225,85	282,14	352,45
	El kenour	92,02	114,95	143,59	179,37
	Tissira	85,79	107,17	133,88	167,25
	Toumdjadj	38,09	47,58	59,44	74,25
	Tadount	47,89	59,83	74,74	93,36
	Ouledbelhizem	56,00	69,96	87,39	109,17

#### II.2.4 Consommation maximale journalière :

La consommation maximale journalière se réfère à la quantité maximale journalière qu'une localité peut consommer en une journée. La consommation maximale journalière correspond au débit le plus élevé enregistré au cours de la journée la plus chargée de l'année.

$$Q_{\max,j} = Q_{\text{moy},j} \times k_{\max,j} \quad (\text{II-3})$$

Avec :

- ✚  $Q_{\max,j}$  : Débit maximale journalier.
- ✚  $Q_{\text{moy},j}$  : Débit moyen journalière.
- ✚  $K_{\max,j}$  : coefficient d'irrégularité maximale journalier.

Le coefficient d'irrégularité journalière maximum, mesure la variation maximale de la production ou de la consommation sur une période de 24 heures. Il est défini comme le rapport de la consommation maximale journalière et de la consommation moyenne journalière.

$$K_{\max,j} = \frac{Q_{\max,j}}{Q_{\text{moy},j}} \quad (\text{II-4})$$

Avec

- $K_{\max,j}$  : coefficient d'irrégularité journalière maximale
- $Q_{\max,j}$  : coefficient maximale journalière en ( $\text{m}^3/\text{j}$ )
- $Q_{\text{moy},j}$  : coefficient moyenne journalière en ( $\text{m}^3/\text{j}$ )

$K_{\max,j} \in [1, 1,3]$  ; pour les petites villes, il est recommandé de prendre ( $k_{\max,j}=1,2$ )

Les débits maximums journaliers pour différents horizons et par zone sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

*Tableau II- 6: Débit maximum journalier à différents horizons (m<sup>3</sup>/j) .*

<b>Zone</b>	<b>villages</b>	<b>Année 2024</b>	<b>Année 2034</b>	<b>Année 2044</b>	<b>Année 2054</b>
<b>I</b>	Behalil	111,78	139,63	174,43	217,90
	Mechachka	53,63	66,99	83,68	104,54
	Handira	6,34	7,91	9,89	12,35
	Ait ouramdane	321,75	4,81	6,00	7,50
	BOUMATI	106,28	466,58	582,86	728,11
	Ioualachene	54,53	68,12	85,10	106,30
<b>II</b>	afir	1002,33	1252,11	1564,14	1953,93
	Azib el koufa	99,11	123,80	154,66	193,20
	Zaouia	99,11	123,80	154,66	193,20
	Oued oubey	99,11	123,80	154,66	193,20
	Rebai	101,37	126,63	158,19	197,61
	Bordja(1+2)	16,74	20,92	26,13	32,64
	Mini site	16,29	20,35	25,42	31,76
	Tiachacht	28,96	36,18	45,20	56,46
	Tadjnant	147,12	183,79	213,87	251,44
	Ichabatene	37,79	47,20	58,97	73,66
	Tala ayache	148,43	185,42	231,63	289,35
	Ighil n'es kif	34,17	42,68	53,32	66,60
<b>III</b>	Almaouamene	73,31	91,58	114,40	142,91
	Fedjdane	149,34	186,55	233,04	291,12
	Abada	216,96	271,02	338,56	422,93
	El kenour	110,42	137,94	172,31	215,25
	Tissira	102,95	128,61	160,66	200,69
	Toumdjadj	45,71	57,10	71,32	89,10
	Tadount	57,47	71,79	89,69	112,04
	Ouledbelhizem	67,20	83,95	104,87	131,00
<b>Total</b>		<b>3308,18</b>	<b>4069,27</b>	<b>5067,62</b>	<b>6314,77</b>

**II.2.5 Consommation minimale journalière :**

Le débit minimum journalier est défini comme étant le débit de la journée la moins chargée de l'année, ou la consommation est plus faible.

$$Q_{\min,j} = Q_{\text{moy},j} \times K_{\min,j} \quad (\text{II-5})$$

Avec :

- $Q_{\text{moy},j}$  : consommation moyenne journalière (m<sup>3</sup>/j).
- $K_{\min,j}$  : coefficient d'irrégularité journalière minimum.

$K_{\min,j} \in [0,7 - 0,9]$  ; pour les petites villes, il est recommandé de prendre  $k_{\min,j} = (0,8)$

La consommation minimale journalière pour différents horizons et par zone est regroupée dans tableau ci-dessous.

**Tableau III-7: Débit minimale journalière différents horizons (m<sup>3</sup>/j) .**

Zone	villages	Année 2024	Année 2034	Année 2044	Année 2054
I	Behalil	74,52	93,09	116,29	145,26
	Mechachka	35,75	44,66	55,79	69,69
	Handira	4,22	5,28	6,59	8,23
	Ait ouramdane	214,50	3,20	4,00	5,00
	BOUMATI	70,85	311,05	388,57	485,40
	Ioualachene	36,35	45,41	56,73	70,87
II	afir	668,22	834,74	1042,76	1302,62
	Azib el koufa	66,07	82,54	103,10	128,80
	Zaouia	66,07	82,54	103,10	128,80
	Oued oubey	66,07	82,54	103,10	128,80
	Rebai	67,58	84,42	105,46	131,74
	Bordja(1+2)	11,16	13,94	17,42	21,76
	Mini site	10,86	13,57	16,95	21,17
	Tiachacht	19,31	24,12	30,13	37,64
	Tadjnant	98,08	122,53	142,58	167,63
	Ichabatene	25,19	31,47	39,31	49,11
	Tala ayache	98,95	123,61	154,42	192,90
	Ighil n'es kif	22,78	28,45	35,54	44,40
III	Almaouamene	48,87	61,05	76,27	95,27

	Fedjdane	99,56	124,37	155,36	194,08
	Abada	144,64	180,68	225,71	281,96
	El kenour	73,61	91,96	114,87	143,50
	Tissira	68,63	85,74	107,11	133,80
	Toumdjadj	30,47	38,06	47,55	59,40
	Tadount	38,31	47,86	59,79	74,69
	Ouledbelhizem	44,80	55,97	69,91	87,33

### II.2.6 Etude des variations des débits horaires :

La consommation horaire d'eau se réfère à la quantité d'eau utilisée au cours d'une seule heure pendant la journée la plus chargée de l'année. Cette quantité peut varier en fonction de la population. Il existe des heures de pointe où la consommation est élevée et des heures creuses où elle est faible. On identifie le débit horaire maximum et le débit horaire minimum, qui sont caractérisés respectivement par les coefficients d'irrégularité  $K_{\max,h}$  et  $K_{\min,h}$ .

### II.2.7 La consommation maximale horaire (débit de pointe) :

Le débit maximal horaire représente le débit de consommation pendant l'heure la plus chargée de la journée. Il est crucial pour le dimensionnement des ouvrages de distribution tels que les réseaux de distribution. Ce débit est déterminé par la relation suivante :

$$Q_{\max,h} = K_{\max,h} * Q_{\text{moy},h} \quad (\text{II-6})$$

▪ Avec :

$$Q_{\text{moy},h} = \frac{Q_{\max,j}}{24} \quad (\text{II-7})$$

$$K_{\max,h} = \alpha_{\max} * \beta_{\max} \quad (\text{II-8})$$

Avec :

- ❖  $Q_{\min,h}$  : la consommation minimum horaire ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- ❖  $Q_{\text{moy},h}$  : la consommation moyenne horaire ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- ❖  $Q_{\max,j}$  : la consommation maximale journalière ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- ❖  $Q_{\max,h}$  : la consommation maximale horaire ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- ❖  $\beta$  : Coefficient qui varie en fonction du nombre d'habitant et qui est représenté dans le tableau ci-dessous.

$$\beta_{\max} = \frac{(\beta_{\max1} - \beta_{\max2}) * (P - P_1)}{(P_2 - P_1)} + \beta_{\max} \quad (\text{II-9})$$

- ❖  $\alpha$  : coefficient qui dépend du niveau de vie et du confort,  $\alpha_{\max}$  [1,2- 1,4] on prend en considération dans notre étude  $\alpha_{\max}=1,3$

**Tableau II- 8: valeur du coefficient  $\beta_{\max}$  en fonction du nombre d'habitant.**

Habitant	<1000	1500	2500	4000	6000	1000	2000	3000	100000
$\beta_{\max}$	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1

Le tableau suivant montre la valeur de  $K_{\max.h}$  de chaque zone.

**Tableau II-9 : Valeurs de  $K_{\max.h}$**

Zone	village	$Q_{\max.j}(m^3/j)$	$Q_{\max.j}$ par zone	$K_{\max.h}$	$Q_{\max.h}$
I	Behalil	217,90	1176,69	2,314	2722,86
	Mechachka	104,54			
	Handira	12,35			
	Ait ouramdane	7,50			
	BOUMATI	728,11			
	Ioualachene	106,30			
II	afir	1953,93	3533,04	2,34	8267,3
	Oued oubey	193,20			
	Azib El Koufa	193,20			
	Zaouia	193,20			
	Rebai	197,61			
	Bordja(1+2)	32,64			
	Mini site	31,76			
	Tiachacht	56,46			
	Tadjnant	251,44			
	Ichabatene	73,66			
	Tala ayache	289,35			
	Ighil n'es kif	66,60			
III	Almaouamene	142,91	1605,04	2,353	3776,67
	Fedjdane	291,12			
	Abada	422,93			

	El kenour	215,25			
	Tissira	200,69			
	Toumdjadj	89,10			
	Tadount	112,04			
	Ouledbelhizem	131,00			

Le tableau suivant montre le débit maximal horaire à l'horizon 2054 de chaque zone.

*Tableau II-10 : Débit maximale horaires à l'horizon (2054)*

<b>Zone</b>	<b>villages</b>	<b>Qmax.j(m3/j)</b>	<b>Qmax.j par zone</b>	<b>Kmin.h</b>	<b>Qmin.h</b>
<b>I</b>	Behalil	217,90	1176,69	0,05	58,83
	Mechachka	104,54			
	Handira	12,35			
	Ait ouramdane	7,50			
	BOUMATI	728,11			
	Ioualachene	106,30			
<b>II</b>	afir	1953,93	3533,04	0,07	247,31
	Oued oubey	193,20			
	Azib El Koufa	193,20			
	Zaouia	193,20			
	Rebai	197,61			
	Bordja(1+2)	32,64			
	Mini site	31,76			
	Tiachacht	56,46			
	Tadjnant	251,44			
	Ichabatene	73,66			
	Tala ayache	289,35			
	Ighil n'es kif	66,60			
<b>III</b>	Almaouamene	142,91	1605,04	0,05	80,25
	Fedjdane	291,12			
	Abada	422,93			

	El kenour	215,25			
	Tissira	200,69			
	Toumdjadj	89,10			
	Tadount	112,04			
	Ouledbelhizem	131,00			

### II.2.7.1 La consommation minimale horaire :

La consommation minimale horaire de la journée la plus faible de l'année.

$$Q_{min} = Q_{moy.h} \times K_{min.h} \quad (II-10)$$

Avec :

$$K_{min} = \alpha_{min} \times \beta_{min}$$

- ❖  $\alpha_{min}$  : coefficient qui tient compte du confort des équipements de l'agglomération et du régime de travail, varie de 0,4 à 0,6. Pour notre cas on prend  $\alpha_{min} = 0,5$
- ❖  $\beta_{min}$  :: Coefficient qui varie en fonction du nombre d'habitant et qui est représenté dans le tableau ci-dessous .

$$\beta_{min} = \frac{(\beta_{min1} - \beta_{min2}) \times (P - P1)}{(P2 - P1)} + \beta_{min} \quad (II-11)$$

**Tableau II-11 : valeur du coefficient  $\beta_{min}$  en fonction du nombre d'habitant.**

Habitant	<1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	30000	100000
$\beta_{min}$	0.1	0.1	0.1	0.2	0.25	0.4	0.5	0.6	0.7

**Tableau II-12: Valeurs de  $K_{min} .h$**

Zone	villages	Population future	Population par zone	$\alpha_{min}$	$\beta_{min}$	$k_{min.h}$
I	Behalil	181,58	980,5745548	0,5	0,1	0,05
	Mechachka	87,11				
	Handira	10,29				
	Ait ouramdane	6,25				
	BOUMATI	606,75				
	Ioualachene	88,58				
II	afir	1628,27	2944,20	0,5	0,14	0,07

	Oued oubey	161,00				
	Azib El Koufa	161,00				
	Zaouia	161,00				
	Rebai	164,67				
	Bordja(1+2)	27,20				
	Mini site	26,47				
	Tiachacht	47,05				
	Tadjnant	209,53				
	Ichabatene	61,38				
	Tala ayache	241,13				
	Ighil n'es kif	55,50				
III	Almoumnine	119,09	1337,54	0,5	0,1	0,05
	Fedjdane	242,60				
	Abada	352,45				
	El kenour	179,37				
	Tissira	167,25				
	Toumdjadj	74,25				
	Tadount	93,36				
	Ouledbelhizem	109,17				

*Tableau II-13 : Débit minimale horaires à l'horizon (2054).*

Zone	villages	Qmax.j(m3/j)	Qmax.j par zone	Kmax.h	Qmax.h
I	Behalil	217,90	1176,69	2,314	2722,8594
	Mechachka	104,54			
	Handira	12,35			
	Ait ouramdane	7,50			
	BOUMATI	728,11			
	Ioualachene	106,30			
II	afir	1953,93	3533,04	2,34	8267,3045
	Oued oubey	193,20			
	Azib El Koufa	193,20			

	Zaouia	193,20			
	Rebai	197,61			
	Bordja(1+2)	32,64			
	Mini site	31,76			
	Tiachacht	56,46			
	Tadjnant	251,44			
	Ichatene	73,66			
	Tala ayache	289,35			
	Ighil n'eskif	66,60			
III	Almaouamene	142,91	1605,04	2,353	3776,6701
	Fedjdane	291,12			
	Abada	422,93			
	El kenour	215,25			
	Tissira	200,69			
	Toumdjadj	89,10			
	Tadount	112,04			
	Ouledbelhizem	131,00			

### III. Bilan ressources-besoins :

Ce bilan détermine la situation hydraulique de la commune d'Afir en comparant les ressources mobilisées et les besoins de la commune.

Le bilan correspond à la différence entre les ressources disponibles et le débit maximal journalier calculé. Un bilan positif indique un excédent d'eau, tandis qu'un bilan négatif signifie que l'on se trouve en situation de déficit.

**Tableau II-14: Bilan ressources –besoins .**

	Année 2024	Année 2034	Année 2044	Année 2054
Ressources (m3/j)	5024	5024	5024	5024
Besoins(m3/j)	3308,18	4069,27	5067,62	6314,77
Bilan	1715,82	954,73	-43,62	-1290,77

D'après les résultats du tableau ci-dessus, le déficit pour toute la zone d'étude commence à partir de l'année 2044.

#### ***IV. Conclusion :***

En 2054, la commune d'afir a un besoin maximal quotidien en eau potable de 6953 m<sup>3</sup>, équivalent à un débit de 80,45 litres par seconde. Ce débit est crucial pour le dimensionnement de la conduite d'adduction et pour déterminer la capacité des réservoirs de stockage.

L'alimentation en eau potable de la zone d'étude repose principalement sur un nouveau transfert (SDEM), ainsi que sur deux forages. Cependant, la dégradation de ces sources a causé des pénuries d'eau dans tous les villages. Cela nécessite un réaménagement du réseau d'adduction et de distribution pour garantir les débits maximaux journaliers actuels (en 2024) à court et à long terme pour toutes les agglomérations.

Nous avons évalué les besoins en eau potable de la zone d'étude, en tenant compte des débits maximaux journaliers des unités d'agglomération actuelles, à court terme et à long terme. Ces débits nous permettront ensuite de dimensionner adéquatement les réservoirs, les bâches à eau et de planifier le réseau d'adduction nécessaire pour répondre aux besoins en eau potable de manière durable et fiable.

## *Chapitre III : Les réservoirs*

### ***III.1 Introduction :***

Les réservoirs jouent un rôle crucial dans la gestion de l’approvisionnement en eau, permettant d’assurer une réserve d’eau suffisante pour faire face à la demande quotidienne et aux fluctuations saisonnières. Cette évaluation permettra de déterminer la taille et le nombre des réservoirs de stockage requis.

### ***III.2 Définition des réservoirs : [2]***

Le réservoir est un ouvrage très important dans un réseau d’alimentation en eau potable, servant tout d’abord de réserve d’eau soit potable destinée à la consommation publique, soit de l’eau à usage industriel, leur rôle principal fut ensuite de parer à un incident survenu dans l’adduction.

Un réservoir d’eau est un contenant conçu pour stocker l’eau. Il peut être utilisé pour diverses raisons, telles que l’approvisionnement en eau potable, la lutte contre les incendies, ou encore la réserve d’eau pour les systèmes de refroidissement industriels.

### ***III.3 Fonctionnement des réservoirs :***

Les fonctions générales assurées par les réservoirs d’eau potable sont multiples et de nature à la fois technique et économique :

#### ***III.3.1.1 Fonctions techniques :***

- *Régulation du débit entre l’adduction et la distribution,*
- Sécurité d’approvisionnement ;
- Régulation de la pression ;
- Simplification de l’exploitation ;

#### ***III.3.2 Fonctions économiques :***

- Réduction des investissements sur les ouvrages de protection.
- Réduction des investissements sur les réseaux de distribution.
- Réduction des dépenses d’énergie.

### ***III.4 Choix de type de réservoirs :***

Nous savons qu’il existe des réservoirs enterrés, semi-enterrés, ou surélevé dit châteaux d’eau qui sont classés selon :

- Le matériau de construction, ces réservoirs sont de nature métallique, maçonnerie, et en béton armé.
- L’usage, on trouve des réservoirs principaux d’accumulation et de stockage, d’équilibre et de traitement.
- La forme géométrique, dans la pratique on trouve deux formes cylindriques et rectangulaires.

### ***III.5 Les rôles des réservoirs d’eau :***

Le réservoir est un ouvrage à préconiser dans la majeure partie des cas car il offre les avantages suivants [8] :

- ✚ Régularité dans le fonctionnement du pompage ;
- ✚ Simplification de l'exploitation ;
- ✚ Sollicitation régulière des points d'eau ;
- ✚ Régularité de la pression dans le réseau de distribution ;
- ✚ Réduction des dépenses d'énergie (stockage la nuit et distribution gravitaire pendant les heures de pointes) ;
- ✚ Emmagasinement de l'eau pendant toute la durée de fonctionnement de la station de pompage ;
- ✚ Assurer une réserve d'incendie ;
- ✚ Traiter l'eau à l'aide du chlore.
  - D'emmagasiner l'eau lorsque la consommation est inférieure à la production.
  - Restituer l'eau lorsque la consommation en devienne supérieure à la production.
  - Réguler la pression et le débit de l'eau entre la phase de production et de consommation.
  - Il permet aussi la séparation du réseau de distribution vis-à-vis du réseau de refoulement.
  - Assurer la distribution d'eau dans les agglomérations.
  - Assurer l'entretien et la maintenance dans les stations de pompage.

### ***III.6 Exigences techniques à satisfaire dans la construction d'un réservoir : [2]***

Durant la construction d'un réservoir, les matériaux utilisés doivent être choisis pour assurer :

- **Résistance** : Le réservoir doit équilibrer en toutes ses parties les efforts auxquels il est soumis.
- **Étanchéité** : Les parois doivent être étanches pour éviter les fuites.
- **Durabilité** : le réservoir doit durer dans le temps, c'est -à-dire que le matériau dont il est constitué doit conserver ses propriétés initiales après un contact prolongé avec le liquide qu'il est destiné à contenir.

### ***III.7 Classification des réservoirs :***

Les réservoirs peuvent être classés de différentes façons selon le critère retenu :

#### ***III.7.1 Leur position par rapport au sol :***

- Réservoirs posés sur le sol : Ce genre de réservoirs alimente gravitairement le réseau de distribution.
- Réservoirs enterrés.
- Réservoirs légèrement enterrés (semi enterrés).
- Réservoirs surélevés (château d'eau) : la cuve du réservoir étant disposée sur une tour.
- Réservoir avec station de surpression associée : l'alimentation du réseau de distribution nécessitant une surpression.
- Réservoir sous pression : Ou un dispositif de compresseur d'air maintient au-dessus du plan d'eau une pression supérieure à la pression atmosphérique.

#### ***III.7.2 Leur forme :***

- Les réservoirs circulaires : le plus économique.
- Les réservoirs carrés, rectangulaires.

- Les réservoirs quelconques.

### ***III.7.3 Leur mode de fermeture :***

- Les réservoirs couverts ;
- Les réservoirs non couverts.

### ***III.7.4 Matériaux de construction : Ils peuvent être :***

- Métalliques ;
- En maçonnerie ;
- En béton armé ;
- Béton précontraint ;
- Plastiques.

### ***III.7.5 Selon l'usage :***

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

### ***III.7.6 Situation par rapport à la distribution :***

- Réservoir en charge sur le réseau.
- Réservoir nécessitant une surpression.

### ***III.8 L'emplacement des réservoirs : [10]***

L'emplacement du réservoir pose souvent un problème délicat à résoudre ; pour cela nous sommes appelés à prendre en considération ce problème et trouver des solutions techniques et économiques pour le résoudre.

- Il est préférable que l'emplacement puisse permettre une Distribution gravitaire ; la cote du radier doit être supérieure à la cote. Piézométrie maximal dans le réseau.
- Pour des raisons économiques ; il est préférable que remplissage se fait gravitaire, ce qui implique qu'on puisse le placer à un point bas par rapport à la prise d'eau.
- L'implantation doit se faire aussi de préférence ; à l'extrémité de la ville ou à proximité du centre important de consommation.
- La présence des reliefs dans la région peut faciliter l'implantation d'un réservoir, qui sera toujours plus économique (réservoir semi enterré mieux qu'un château d'eau).
- La nature du sol joue un rôle important dans le choix de l'emplacement d'un réservoir. Il est indispensable, en effet, d'établir un réservoir sur un sol parfaitement résistant.
- Il est avantageux qu'un réservoir soit établi le plus près possible de l'agglomération.

### ***III.9 Les critères d'implantation d'un réservoir de stockage :***

Le site d'implantation d'un réservoir de stockage tient compte de deux paramètres essentiels à savoir : [10]

- L'altitude du TN.
- Proximité de l'ouvrage par rapport à l'agglomération à limiter.).

### ***III.9.1 Recherche de la zone surélevée :***

Les zones surélevées constituent des sites privilégiés d'implantation d'un ouvrage de stockage d'eau. Le relief élevé du terrain naturel permet d'économiser en termes de construction (hauteur de l'ouvrage réduite dont un gain de matériaux) tout en augmentant la charge de l'eau dans les conduites du réseau de distribution dont un gain en énergie de pompage.

### ***III.9.2 La proximité :***

La proximité du réservoir d'eau dans les agglomérations représente un critère non négligeable dans la détermination du site d'implantation.

En effet, elle permet (proximité) le coût d'investissement du réseau de liquidité.

Le choix définitif du site résultera alors d'une analyse économique des deux critères précédents. D'autres critères inclus également sur ce choix du site à savoir la nature du sol de fondation et de l'accessibilité du site.

### ***III.10 Entretien des réservoirs :***

L'entretien des réservoirs d'eau est crucial pour assurer la qualité de l'eau potable. Cela implique le nettoyage régulier, la désinfection, et l'inspection pour détecter toute fuite ou contamination potentielle.

L'humidité qui règne dans les réservoirs augmente le phénomène de corrosion des parties métalliques, donc une surveillance régulière est nécessaire pour empêcher à la fois l'apparition de ce phénomène, ainsi que d'éventuelles fissures.

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

- L'isolement et vidange de la cuve ;
- Élimination des dépôts sur les parois ;
- Examen des parois et réparations éventuelles ;
- Désinfection des parois à l'aide des produits chlores ;
- Remise en service.

### ***III.11 Hygiène et sécurité :***

Certaines normes d'hygiène et de sécurité sont exigées dans les réservoirs afin de protéger l'eau qu'ils contiennent de toute pollution d'origine extérieure. Par conséquent, les réservoirs doivent :

- Comporter une couverture qui protège l'eau contre les variations de température et l'introduction des corps étrangers ;
- Avoir un périmètre de protection afin d'éviter tout rapprochement d'animaux ou d'individus étrangers (sauf le personnel) ;
- Être éclairés en laissant quelques ouvertures munies d'épais plaques de verre ;
- Avoir les robinets de puisage, et cela pour faciliter l'exécution des prélèvements pour le contrôle de l'eau ;
- De procéder à un nettoyage au moins annuel du réservoir ;
- Avoir les robinets de puisard pour faciliter le contrôle de l'eau ;

- Etre aérés par les orifices de grillage.

### **III.12 Les équipements d'un réservoir :**

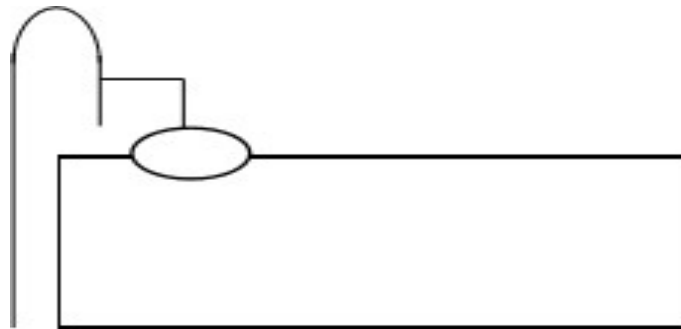
Les réservoirs sont équipés d'une [8] :

#### **III.12.1 Conduite d'adduction :**

Arrivée de l'adduction :

On retrouve quatre configurations possibles pour le placement de l'arrivée de l'adduction dans un réservoir ;

- Arrivée par-dessus (Surverse) ; en effet, la surverse facilite la libération du gaz carbonique dissous ce qui peut contribuer à l'entartrage du réservoir et des conduite aval.
- Arrivée par surverse noyé.
- Arrivée par le fond.
- Arrivée par le bas.



*Figure III-1 : adduction en chute libre.*

#### **III.12.2 Conduite de distribution :**

Le départ s'effectue à 0,15 ou 0,20 m au-dessus du radier pour éviter l'introduction de boue, il y a lieu de réserver aussi un minimum de 0,5 m au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite en cas d'abaissement max du plan d'eau. Le bout peut être coudé pour éviter le phénomène du vortex.

#### **III.12.3 Conduite de trop-plein :**

Le trop-plein est conçu pour évacuer le débit excédentaire du réservoir en prévenant tout déversement potentiel en cas de non-arrêt de la pompe d'alimentation. Le dimensionnement doit tenir compte du débit, des pertes de charge et de la vitesse maximale dans la conduite, généralement limitée à 3 à 4 m/s.

Pour faciliter l'inspection, le nettoyage et les réparations du réservoir, il est nécessaire de pouvoir le vidanger. Une conduite de vidange souvent connectée à la conduite de trop-plein. Intégrer un siphon dans cette conduite de vidange peut être bénéfique, car il agirait comme une barrière d'eau empêchant les émanations désagréables provenant de l'égout de remonter.

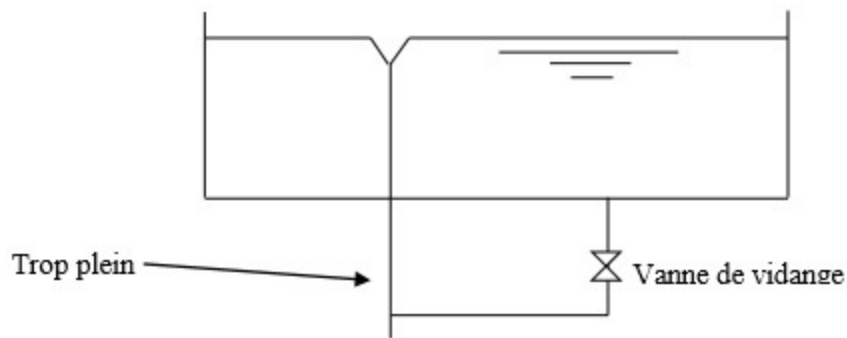


Figure III-2 : Schéma de la conduite de trop-plein et de vidange.

#### III.12.4 By-pass :

Pour garantir la distribution d'eau pendant la vidange d'un réservoir non compartimenté, il est possible de mettre en place un by-pass qui relie la conduite d'amenée à la conduite de départ. Cela permet de maintenir un flux constant d'eau vers la distribution tout en effectuant la vidange nécessaire.

La communication entre ces deux conduites en marche normale :

- Les vannes 1 et 2 sont ouverte et la vannes 3 est fermée.
- En by-pass, on ferme les vannes 1 et 2 et on ouvre la 3éme

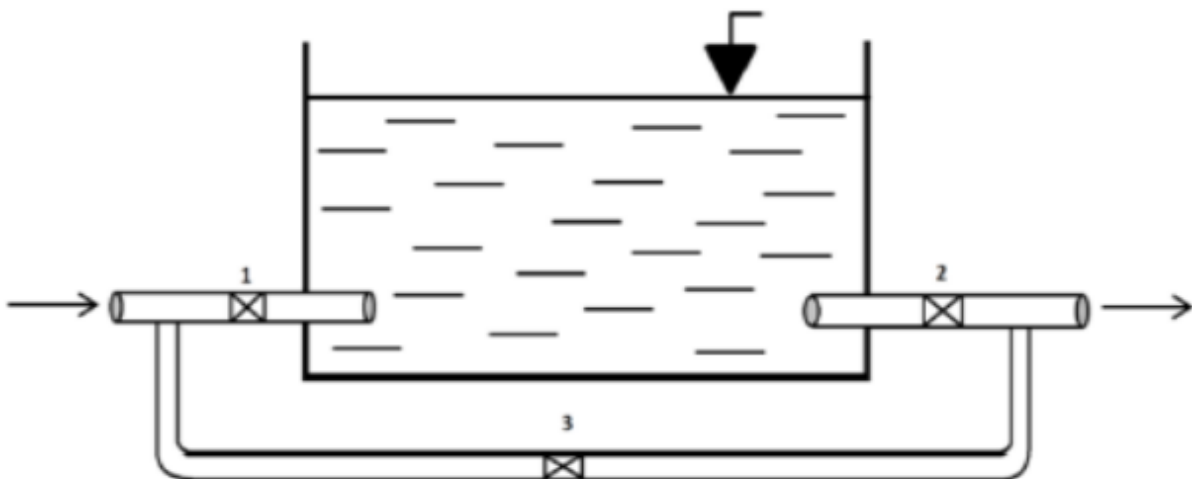


Figure III-3 : Conduite de by-pass.

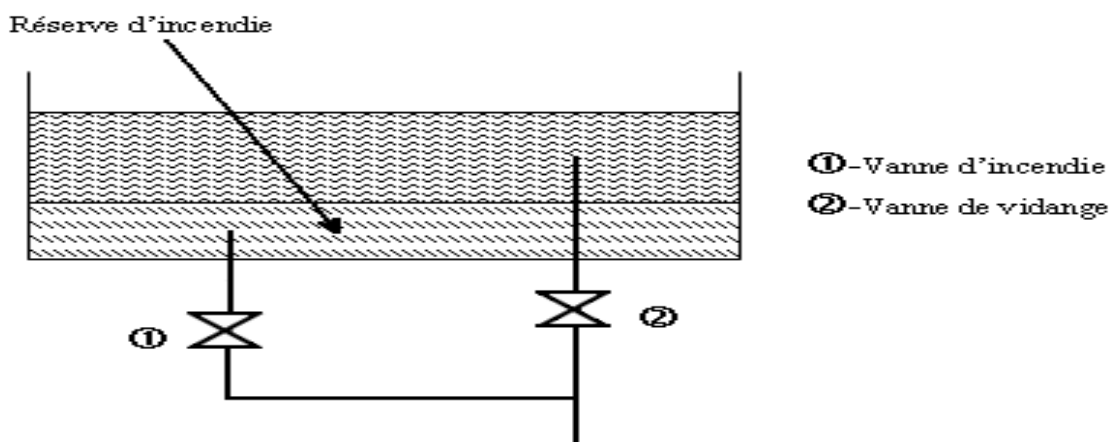
#### III.13 Système de matérialisation de la réserve d'incendie :

Pour conserver sûrement une réserve permettant de lutter contre un incendie, il faut en interdire matériellement son utilisation en service normal, et la rendre accessible par la manœuvre d'une vanne spéciale en cas de nécessité, à cet effet on utilise deux solutions, en l'occurrence.

✓ *Le système à deux prises :*

Il consiste à distribuer l'eau en régime normal à partir d'une prise située au-dessus du volume réservé et commandée par la vanne 2. La prise située au voisinage du fond est condamnée par la vanne 1 (vanne d'incendie), qui peut avantageusement être télécommandée en cas de sinistre. L'inconvénient de cette solution est que, sauf en cas d'alimentation du réservoir par le fond, il subsiste entre les prises 1 et 2 une zone mal renouvelée, ou risque de développement de micro-organismes qui peuvent contaminer toute l'eau du réservoir et risquant de surcroît de lui donner un goût désagréable.

- ✓ En temps normal, 1 est fermée et 2 est ouverte.
- ✓ En cas d'incendie, 1 est ouverte



FigureIII-4 : Système à deux reprises .

### III.14 Capacité des réservoirs :

Pour satisfaire au rôle qu'il doit jouer, le réservoir doit avoir une capacité de stockage suffisante. Elle est définie comme étant la capacité correspondante à une journée de consommation, augmentée de la réserve d'incendie. Elle doit être estimée en tenant compte des variations des débits à l'entrée et à la sortie, c'est-à-dire, du régime d'approvisionnement et de distribution, le calcul de la capacité se fait par deux méthodes :

- Méthode analytique.
- Méthode graphique.

#### III.14.1 Méthode analytique :

Cette méthode repose sur le suivi de la consommation tout au long de la journée et le temps de fonctionnement d'une pompe. Pour chaque heure un calcul de résidu est effectué.

Le volume maximal de stockage de réservoir est estimé par la formule suivante :

$$V_{max} = \frac{p_{max}(\%) * Q_{max.j}}{100} \quad (III-1)$$

Où :

- +  $V_{max}$  : Volume maximal que peut contenir le réservoir (m<sup>3</sup>).
- +  $Q_{max.j}$  : Débit maximal journalier (m<sup>3</sup>/j).
- +  $P_{max}$  : Résidu maximum dans le réservoir.

#### III.14.1.1 Détermination de la valeur de P<sub>max</sub> :

La valeur de P<sub>max</sub> se détermine comme suit :

- Nous avons déterminé précédemment les valeurs du coefficient de variation horaire K<sub>max.h</sub> pour la zone d'étude à desservir. La répartition de la consommation maximale journalière sur les 24 heures se détermine à l'aide du tableau de distribution de débit journalier.
- On répartit ensuite le débit de pompage le long de la journée (20 heures pour notre cas) ;
- La différence entre l'apport et la distribution pour chaque heure de la journée, sera reportée dans la colonne des surplus ou des déficits selon son signe ;
- On détermine ensuite le résidu dans le réservoir pour chaque heure, la valeur maximale trouvée (P<sub>max</sub>) fera le pourcentage du volume de stockage, tel que :

$$P_{max}(\%) = |R_{+}| + |R_{-}| \quad (III-2)$$

Où :

- |R<sub>+</sub>| : Valeur maximale du résidu dans le réservoir (%).
- |R<sub>-</sub>| : Valeur minimale du résidu dans le réservoir (%).

#### III.14.1.2 Le volume total de réservoir [5] :

Le volume total du réservoir sera calculé en tenant compte de la réserve d'incendie (La motopompe de base de lutte contre le feu est de 60 m<sup>3</sup>/h, dont la durée approximative d'extinction d'un sinistre moyen peut être évaluée à 2 h. Par conséquent, la réserve à prévoir est de 120 m<sup>3</sup>. Le volume total est donc :

$$V_T = V_{max} + V_{inc} \quad (III-3)$$

Avec :

- $V_T$  : volume total du réservoir (m<sup>3</sup>) ;
- $V_{inc}$  : volume de réserve d'incendie ( $V_{inc}=120$  m<sup>3</sup>).

#### III.14.1.3 Calcul du diamètre du réservoir :

La hauteur des réservoirs varie généralement entre 3 et 6 m. on prend  $H = 4$  m pour les réservoirs dont le volume est inférieur à 500 m<sup>3</sup> et  $H=5$  m pour les réservoirs supérieurs à 500 m<sup>3</sup>.

$$V = S \times H = \frac{\pi \times d^2}{4} \times H \Leftrightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times H}} \quad (III-4)$$

Où :

- + V : Capacité normalisée du réservoir (m<sup>3</sup>) ;
- + S : Section du réservoir en (m<sup>2</sup>) ;
- + H : Hauteur utile d'eau.

#### III.15 Méthode graphique : [2]

Pour évaluer le volume de la réserve d'équilibre à l'aide de cette méthode, il faut :

- Évaluer la consommation de la journée de consommation maximale à partir des données habituellement conservées à la station de purification ;
- Mettre ces données sous forme de tableau ;
- Tracer la courbe de la consommation cumulative de cette journée (Voir Figure)
- Sur ce même graphique, tracer la droite qui relie le point représentant la consommation à 0 heure à celui représentant la consommation à 24 heures ; la pente de cette droite représente le taux de consommation moyen pour la journée en question ;
- Tracer deux droites parallèles à la droite tracée précédemment : une droite tangente à la partie supérieure de cette même courbe ;
- Mesurer la distance verticale qui sépare ces deux droites parallèles ; cette distance représente, à l'échelle du graphique, le volume de la réserve d'équilibre pour la journée en question. Ce volume d'eau est réparti entre les différents réservoirs de la municipalité.

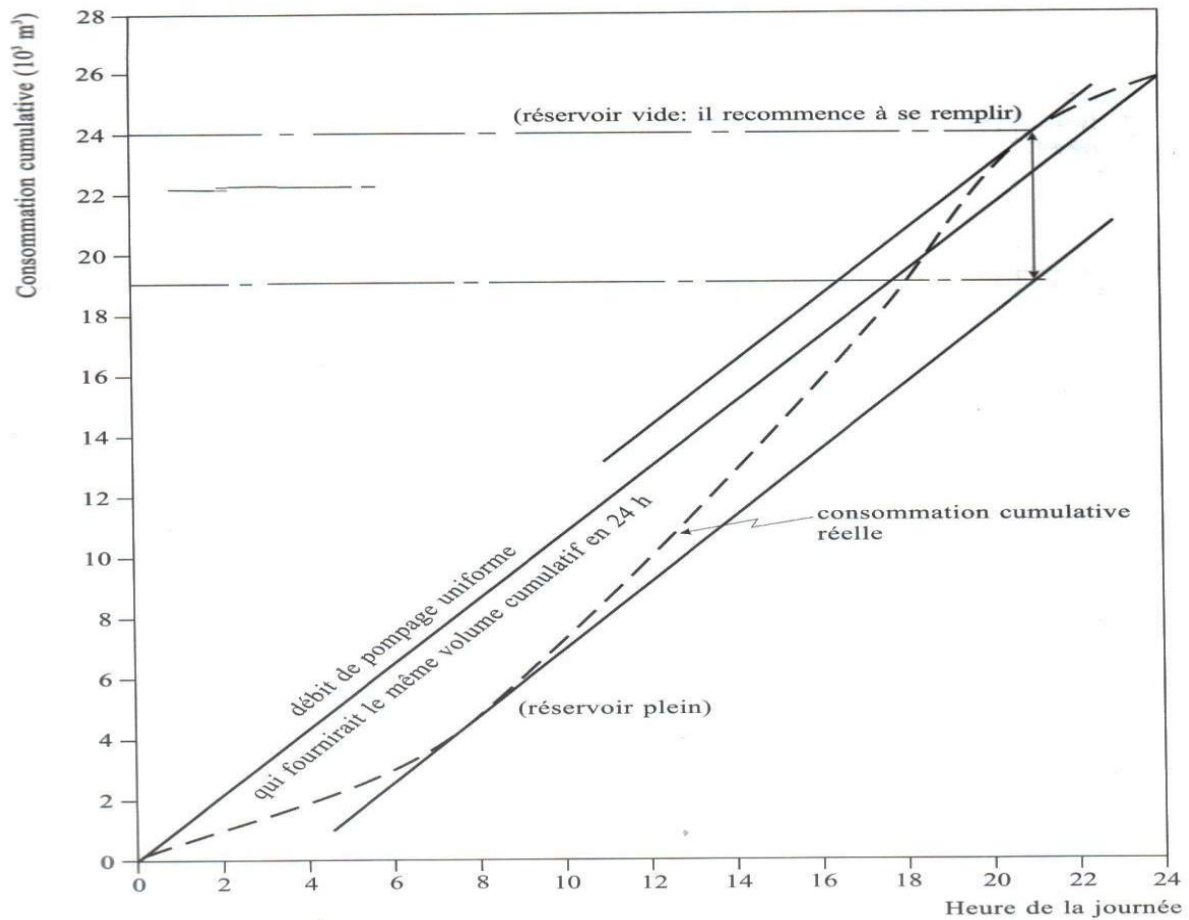


Figure III-5 : dimensionnement d'un réservoir par la méthode graphique.

### III.16 Détermination des capacités des réservoirs :

#### - Dimensionnement du réservoir tampon de Ouled Sabeur (AZROU) :

Le réservoir que nous voulons dimensionner est celui qui assure la distribution de la zone 1 dont le débit max journalier est de 6314,77 m<sup>3</sup>/j et le coefficient K<sub>max</sub> horaire est de l'ordre de 2,3. Les variations des débits à l'entrée et à la sortie du réservoir ainsi que les résidus sont exprimés en termes de pourcentage dans le tableau suivant :

Tableau III-I : : Variation du résidu dans le réservoir R1.

Heures	apport %	Distribution %	Résidu	Résidus cumulés
0-1	4,17	0,66	3,51	3,51
1-2	4,17	0,66	3,51	7,01
2-3	4,17	1,12	3,05	10,06
3-4	4,17	1,6	2,57	12,63
4-5	4,17	3,3	0,87	<b>13,49</b>
5-6	4,17	4,3	-0,13	13,36
6-7	4,17	4,9	-0,73	12,63
7-8	4,17	8,32	-4,15	8,47

8-9	4,17	6,68	-2,51	5,96
9-10	4,17	5,3	-1,13	4,83
10-11	4,17	4,86	-0,69	4,13
11-12	4,17	5,86	-1,69	2,44
12-13	4,17	5,5	-1,33	1,11
13-14	4,17	4,5	-0,33	0,77
14-15	4,17	4,82	-0,65	0,12
15-16	4,17	5,72	-1,55	-1,43
16-17	4,17	7,64	-3,47	-4,91
17-18	4,17	7,04	-2,87	-7,78
18-19	4,17	6,78	-2,61	<b>-10,39</b>
19-20	4,17	3,36	0,81	-9,59
20-21	4,17	3,36	0,81	-8,78
21-22	4,17	1,8	2,37	-6,41
22-23	4,17	1,16	3,01	-3,41
23-24	4,17	0,76	3,41	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-</b>

- La valeur de P (%) :

$$P_{\max} = |R_{+\max}| + |R_{-\max}| = |13,49| + |-10,39| = 23,89$$

- Le volume total du réservoir est :

$$V_r = (P_{\max} * Q_{\max,j}) / 100 = (23,89 * 6314,77) / 100 = 1508,39 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total}} = V_r + V_{\text{inc}}$$

$$V_{\text{total}} = 1508,39 + 120 = 1628,39 \text{ m}^3.$$

- *Dimensions du réservoir :*

La hauteur d'eau utile h est située entre 3 et 6 m. Cette hauteur peut atteindre 7 à 8 m dans le cas de grands réservoirs.

- **Calcul du diamètre de réservoir :**

On fixe la hauteur du réservoir à H=4 m alors :

$$S = \frac{V_t}{h} \quad \longrightarrow \quad \frac{\pi D^2}{4} = \frac{V_t}{h} \quad \longrightarrow \quad D = \sqrt{\frac{4 * V_t}{\pi * h}} = \sqrt{\frac{4 * 6513,56}{3,14 * 4}} = 518,59$$

Avec :

-V<sub>t</sub> : capacité totale du réservoir (m<sup>3</sup>) ;

-S : section du réservoir (m<sup>2</sup>) ;

-D : diamètre de la cuve (m) ;

-h : hauteur utile d'eau (m),

Pour h = 5 m. → D=518,59 m

➤ *La hauteur totale du réservoir :*

En plus de la hauteur utile optimale d'eau dans la cuve, il faut prévoir un espace appelé revanche ou matelas d'air d'une épaisseur variant de 0,25 à 1m, au-dessus du plan d'eau.

$$H = h + R = 4 + 0,25 = 4,25 \text{ m.}$$

Avec :

-H : hauteur totale du réservoir (m) ;

-R : revanche (m),

### **III.17 Tableau récapitulatif : ( annexe III )**

#### **III.18 Dimensionnement de la bêche à eau de la station de reprise (SR) :**

Une station de pompage est une station servant à pomper l'eau ou plus généralement un fluide, tel que le pétrole par exemple. Elle peut être utilisée pour plusieurs applications telles que l'approvisionnement en eau des canaux, le drainage des terres basses, et l'élimination des eaux usées vers le site de transformation.

$$V_{SR} = \frac{Q_{max j} \cdot t}{T} \quad (III-5)$$

Avec :

- $V_{S.R.}$ : volume de la station de reprise.
- $Q_{max j}$  : débit entrant à la station.
- T : temps de pompage (20h).
- t : temps de fermeture des vanne (1/4 h).

$$Q_{max j} = 106,30 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$V_{S.R.} = (106,30 / 24) \cdot (1/4) = 1,12 \text{ m}^3.$$

$$V_{S.R.} = 1,12 \text{ m}^3$$

On prend une bêche de capacité standard de 20 m<sup>3</sup>.

#### **III.19 Conclusion :**

Au cours de ce travail, nous avons constaté que les réservoirs jouent un rôle vital dans la garantie d'un approvisionnement constant et fiable en eau potable. C'est pourquoi leur conception, leur entretien et leur surveillance mérite beaucoup d'attention.

Lors de cette vérification nous avons constaté que les capacités de tous les réservoirs sont insuffisantes. Par contre la capacité de réservoir Azrou est suffisante. Ainsi, on a projeté plusieurs réservoirs de capacités différentes. Dans le prochain chapitre nous allons traiter le dimensionnement des conduites transportant l'eau entre les réservoirs.

## *Chapitre IV : Adduction*

### ***IV.1 Introduction :***

L'adduction d'eau est la prise d'eau d'une source (barrage forage,) puis son transport vers le consommateur après traitement. L'adduction d'eau potable exploite des canalisations.

L'objectif de ce chapitre est de calculer les dimensions des canalisations nécessaires et de détermination du type de matériaux propices qui servent le consommateur.

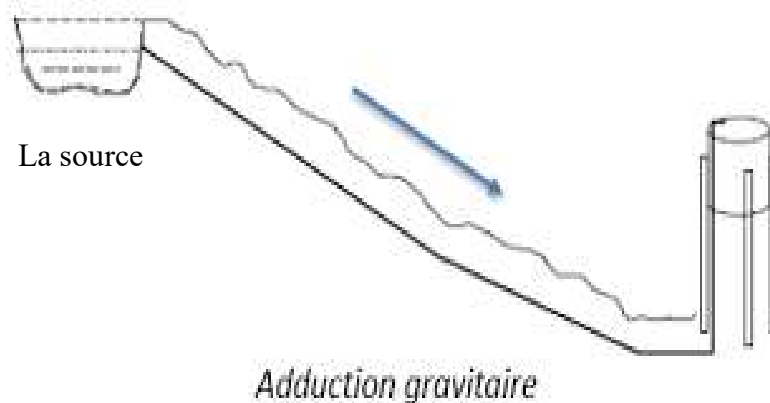
Ce dimensionnement est réalisé en fonction du débit bien répartis selon le besoin. Tout en tenant compte du bon fonctionnement hydraulique.

### ***IV.2 Type d'adduction :***

Il existe différents type d'adduction de l'eau potable, le réseau qui transporte l'eau depuis la source de captage au réservoir de stockage. Les principaux types d'adduction sont :

#### **a) *Adduction gravitaire :***

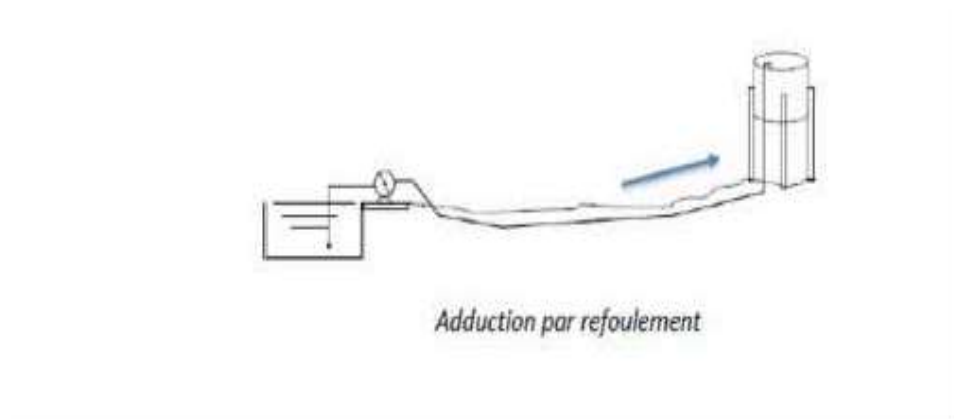
Pour ce type d'adduction, le point de captage se situe à une altitude supérieure à celle du réservoir alimentant l'agglomération. L'écoulement se fait alors par gravité.



***Figure IV-1 : Adduction gravitaires***

#### **b) *Adduction par refoulement :***

Pour ce type d'adduction, le point de captage se situe à une altitude inférieure à celle du réservoir de stockage. L'écoulement se fait alors grâce au pompage.



**Figure IV-2 : Adduction par refoulement.**

**c) Adduction mixte :**

L'adduction mixte est un système d'approvisionnement en eau potable qui combine deux méthodes d'acheminement de l'eau. Cette approche combine généralement l'adduction gravitaire, qui utilise la force de gravité pour transporter l'eau, et l'adduction sous pression, qui utilise la pression générée par des pompes.

**IV.3 Choix du tracé des conduites d'adduction : [3]**

Le choix du tracé des conduites d'adduction est une étape cruciale dans la conception des réseaux hydrauliques. Les points à prendre en considération lors du choix du tracé d'adduction sont :

- Le profil doit être le plus régulier et le plus court possible (sur profondeur et sous profondeur sont parfois inévitables) afin de réduire les frais d'investissement.
- Le profil sera étudié pour que l'air puisse être évacué facilement, car cantonnement d'air engendre la rupture de la veine liquide.
- Pour les conduites de longueurs importantes (plusieurs kilomètres), il sera bon de prévoir quelques robinets de sectionnements en vue de faciliter les réparations éventuelles [3].
- Eviter les changements brusques de direction afin d'éviter l'installation des butées importantes.

La parcours emprunté par la conduite d'adduction ne suit pas dans certains cas les accotements de la route .Il est souvent préférable de la concevoir le long des routes et des pistes pour faciliter la pose des conduites, ainsi que leur exploitation. Cela permet notamment :

- ✓ De faciliter l'accès pour l'entretien et les réparations des conduites.
- ✓ De faciliter la détection des fuites et des vannes défectueuses pour une maintenance efficace du réseau.

#### IV.4 Choix du type de matériaux des conduites d'adduction :

Le choix du matériau des conduites d'adduction dépend de plusieurs facteurs, notamment la nature du fluide transporté, le marché du matériel hydraulique a évolué en parallèle avec les avancées technologiques récentes spécialisées dans ce domaine. Ainsi, une conduite est désormais composée de tuyaux assemblés entre eux. Le choix de ces tuyaux doit prendre en compte divers critères hydrotechniques et économiques :

- Le diamètre et la pression de service.
- Facilité de la mise en œuvre de l'exploitation et son entretien.
- La durée de vie.
- Disponibilité sur le marché.

En fonction des matériaux de base, les tuyaux sont classés comme suite :

- Métallique : fonte, acier.
- A bas de ciment : béton armé, amiante de ciment.
- Thermoplastique : chlorure de polyvinyle (PVC), polyéthylène (PEHD)

Dans notre projet, on a utilisé le PEHD.

##### IV.4.1 Conduite en PEHD :

Le tube en PEHD (Polyéthylène Haute Densité), destinés à l'adduction de l'eau potable de couleur noire avec un repérage spécifique par bandes bleues. Notre choix est porté sur ce type de conduite pour des raisons suivantes :

- **Durabilité** : Les conduites en PEHD sont extrêmement durables et ont une durée de vie de 50 à 100 ans ce qui signifie qu'elles nécessitent peu d'entretien et offrent une performance à long terme.
- **Résistance à la pression** : Le PEHD est conçu pour résister à des pressions élevées ce qui en fait un matériau adapté au transport de l'eau potable sur de longues distances et à des hauteurs importantes.
- **Résistance chimique** : Le PEHD est résistant à la corrosion et aux produits chimiques ce qui présentée fait un matériau idéal pour le transport de l'eau potable sans altération de sa qualité.
- **Flexibilité** : Les conduites en PEHD sont flexibles ce qui facilite leur installation notamment dans des terrains accidentés ou en présence d'obstacles.
- **Bonne résistance aux chocs** : Le PEHD résiste aux chocs et aux vibrations ce qui réduit les risques de dommages physiques et de fuites d'eau potable.
- **Légèreté** : Le PEHD est un matériau léger ce qui facilite son transport et son installation réduisant ainsi les coûts et les efforts logistiques [3].



Figure IV-3: Les conduites en PEHD.

#### *IV.5 Description du schéma d'adduction :*

Le tracé des conduites d'adduction suivra dans la majorité des cas les pistes et routes existantes.

Le départ de la chaîne d'adduction est la conduite d'adduction principale venant du réservoir d'Azrou, celui-ci est situé à une cote radier de 470m, qui alimente les réservoirs suivant : Mechachka situé à une cote de 380m ; Bhalil à une cote radier de 364m qui alimente le réservoir d'Ait ouramdane qui est situé à une cote de 316m ; Boumati à une cote de 445m gravitairement.

La première adduction d'une longueur de 2552,32m relie par refoulement le réservoir Boumati à la saltation de reprise de cote 515,19m, Cette dernière refoule vers le réservoir d'Ioualichene de 604 m d'altitude avec une conduite de longueur 872,75 m.

La deuxième conduite d'adduction du réservoir de Boumati alimente gravitairement le réservoir de Tala Arous située à 418m d'altitude avec une longueur de 1986m. Ce dernier réservoir alimente le réservoir de Azib Koufa situé à une altitude de 335m avec une longueur de 3112m qui alimente aussi Ighil Kidoune située à une cote de 360m avec une longueur de 2066m. Le réservoir IghilKidoune alimente le réservoir de Tala Ayache à une altitude de 304m avec une longueur de 3416m.

La troisième conduite d'adduction alimente le réservoir d'Abad Haut d'une altitude de 406m, et ce gravitairement avec une conduite de longueur 5450m à partir du réservoir Boumati. Pour l'alimentation du réservoir Fedjdane on a effectué un piquage à une altitude de 323 m et une longueur égale 1186 m. Le réservoir d'Abada Haut refoule l'eau par l'intermédiaire d'une station de pompage (SR1) implanté juste à côté vers le réservoir d'Almomnine se trouvant à la cote de 444 m avec une longueur de 4482m.

Le réservoir d'Abada Haut alimente le réservoir d'El Kenour gravitairement qui se situe à une altitude de 390m avec une longueur de 2856m. Ce dernier alimente le réservoir de Tissira à une cote radiée de 315m avec une conduite d'adduction de 3634m de longueur.

Le réservoir de Tissira quant à lui alimente le réservoir de Toundjadj qui se situe à 234m d'altitude avec une conduite longueur de 3740m. Ce dernier alimente le réservoir de Tadount à une cote de 170m avec une conduite de 1046m de longueur.

La dernière conduite d'adduction de ce tronçon est faite du réservoir Tadount vers le réservoir d'Ouled OuBelhizem situé à une cote de 111 m avec une longueur égale à 2808 m.

#### ***IV.6 Etude technico-économique des conduites :***

Une étude technico-économique des conduites implique l'analyse des aspects techniques et économiques liés à la conception, à la construction et à l'exploitation des réseaux de conduites, Cela inclut l'évaluation des frais d'amortissement (en relation avec le cout de la conduite) et les frais d'exploitation s'il ya lieu (en relation avec le cout d'énergie consommée par les groupes électropompes).

##### ***IV.6.1 Calcul hydraulique des adductions :***

###### ***IV.6.1.1 Choix des diamètres : [2]***

Pour le cas de refoulement les relations suivantes sont généralement utilisées :

➤ Relation de BONNIN :

$$D = \sqrt{Q} \quad (\text{IV-1})$$

➤ Relation de BRESSE :

$$D = 1,5\sqrt{Q} \quad (\text{IV-2})$$

➤ Relation de VIBERT :

$$D = K\left(\frac{e}{f}\right)^{1,54} \times Q^{0,46} \quad (\text{IV-3})$$

Avec :

- D : diamètre économique de la conduite(m).
- Q : le débit de la conduite (m<sup>3</sup>/s).
- K : Coefficient dépendant du nombre d'heures de marche du groupe, de la durée d'amortissement et du taux d'intérêt de l'investissement. ;
- f : prix de la conduite posée par kilogramme ;
- e : prix du kilowattheure.

➤ Pour choix du diamètre de la conduite, on est contraint de choisir un diamètre qui assure que vitesse d'écoulement comprise entre  $V_{\min}=0,5\text{m/s}$  et  $V_{\max}=2\text{m/s}$ .

Alors :

La vitesse d'écoulement  $\vartheta$  dans une conduite circulaire est donnée par la relation.

$$\vartheta = \frac{Q}{A} \quad (\text{IV-4})$$

◆ A : est la section transversale de la conduite  $A = \pi \frac{D^2}{4}$

- ◆ Q : est le débit de la conduite
  - ◆  $v$  : la vitesse d'écoulement
- Par mais les relations qui on à pour calculs le diamètre on utilisant la

#### IV.6.1.2 Calcul de la vitesse :

La formule pour calcul la vitesse :

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (\text{IV-5})$$

Avec :

- $v$  : la vitesse d'écoulement ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).
- Q : le débit de la conduite ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).
- D : diamètre de la conduite (m).

#### IV.6.1.3 Estimation des pertes de charge :

La perte de charge ou perte d'énergie le long d'un courant liquide réel est due au frottement des particules liquides en raison de la viscosité et leur contact avec les parois. Elle se manifeste aussi bien dans un 2coulement rectiligne (partes linéaires) qu'en traversant des singularités (pertes singulières ou locales).

#### ✓ Pertes de charge linéaires :

L'expression de la perte de charge par mètre linéaire  $j$  est donnée par :

$$J = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{2g} \quad (\text{IV-6})$$

Avec :

- L : la longueur totale de la conduite (m).
- $\lambda$  : le coefficient de perte de charge.
- v : la vitesse d'écoulement ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).
- d : diamètre de la conduite (m).
- g : accélération de la pesanteur ( $g=9,81$  en  $\text{m}^3/\text{s}$ ).

Ce coefficient  $\lambda$  dépend du régime d'écoulement et la qualité des parois de la conduite.

#### Écoulement laminaire :

Pour un écoulement laminaire dans une conduite cylindrique horizontale, le coefficient de friction s'écrit :

$$\lambda = \frac{64}{R_e} \quad (\text{IV-7})$$

#### Écoulement turbulent rugueux

$\lambda$  sera calculé avec la formule de Cool Brook .

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log\left(\frac{\varepsilon}{3,7D}\right) \quad (\text{IV-8})$$

Avec :

- $\lambda$  : coefficient de frottement absolu des tuyaux.
- $\varepsilon$  : la rugosité absolue.
- $D$  : diamètre relative.
- $\frac{\varepsilon}{D}$  : rugosité relative.

***Ecoulement de transition :***

$\lambda$  se calculé avec la formule de Blasius :

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \quad (\text{IV-8})$$

➤ Le nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{v \times D}{\vartheta} \quad (\text{IV-9})$$

Avec :

- $V$  : la vitesse moyenne d'écoulement (m/s).
- $D$  : diamètre de la conduite (m).
- $\vartheta$  : la viscosité cinématique du liquide (m<sup>2</sup>/s).

Viscosité cinématique de l'eau usée ( $1,06 \times 10^{-6}$  m/s pour une température de 20°).

Viscosité cinématique de l'eau claire ( $1,3 \times 10^{-6}$  m/s pour une température de 20°).

La classification du nombre de Reynolds nous avons :

Si :

- ◆  $Re < 2100$  le régime est laminaire stable.
- ◆  $2100 < Re < 4000$  le régime est transitoire.
- ◆  $Re > 4000$  le régime est turbulent.

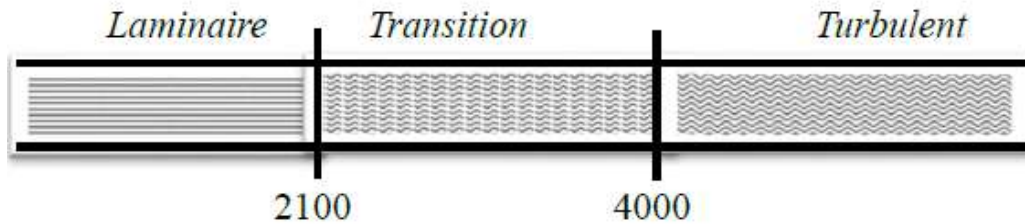


Figure IV-4: Les régimes d'écoulement en fonction du nombre de Reynolds.

✓ **Pertes de charge singulières  $\Delta H_s$  :**

Elles se produisent dans les singularités (tés, coudes, vannes, élargissement ou rétrécissement de tuyauterie.

$$\Delta H_s = \Delta H_l * 0,15 \quad (\text{IV-10})$$

**I. Les pertes de charges totales :**

Les pertes de charge sont des pertes d'énergie par frottement, changement de direction et variation de vitesse de la veine liquide à l'intérieur de la tuyauterie et des accessoires. Elles s'expriment en mètres de colonne d'eau et varient sensiblement comme le carré de la vitesse d'écoulement.

$$\Delta H_T = \Delta H_s * 1,15 \quad (\text{IV-11})$$

**II. La hauteur manométrique totale HMT :**

C'est l'énergie volumique totale que la pompe doit communiquer à l'eau pour la déplacer dans l'installation et la livrer au point d'utilisation sous la pression voulue. Elle s'évalue en mètres de Colonne d'Eau et est égale à la somme des hauteurs géométriques d'aspiration et de refoulement, des pertes de charge dans les conduites, et de la pression de refoulement convertie en mètres d'eau.

$$\text{HMT} = H_g + H_t \quad (\text{IV-12})$$

Avec :

$H_g$  : la hauteur géométrique.

$H_t$  : perte de charge totale.

**IV.7 La puissance absorbée par la pompe :**

$$\rho = \frac{g \times Q \times \text{HMT}}{\eta} \quad (\text{IV-13})$$

- ◆  $\rho$  : Puissance absorbée par la pompe en (kWh) ;
- ◆ Hmt : hauteur manométrique de la pompe en (m) ;

- ◆  $\eta$  : le rendement de la pompe en % (dans notre cas on prend 75 %)
- ◆  $g$ : accélération de la pesanteur ;
- ◆  $Q$  : débit refoulé par la pompe en (m<sup>3</sup>/s).

#### ***IV.8 L'énergie consommée par la pompe :***

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

$$\mathbf{E=P*T*365} \quad \text{(IV-14)}$$

- ◆  $E$ : énergie consommée par la pompe en (KWh /an) ;
- ◆  $P$  : Puissance absorbée par la pompe (KWh) ;
- ◆  $T$  : nombre d'heure de pompage.

#### ***IV.9 Les frais d'exploitation :***

$$\mathbf{F_{ex}=E*e} \quad \text{(IV-15)}$$

Les frais d'exploitation sont estimés par l'expression suivante :

- ◆  $F_{ex}$ : frais d'exploitation en DA.
- ◆  $E$  : énergie consommée par la pompe en (KWh) .
- ◆  $e$ : Prix unitaire du kWh, fixé par la SONELGAZ (4,179 DA).

#### ***IV.10 Les frais d'amortissement :***

Les frais d'amortissement sont calculés à partir de la formule suivante :

$$\mathbf{F_{am} : Pr*A} \quad \text{(IV-16)}$$

- ◆  $Pr$  : Prix par mètre linéaire de la conduite, compte tenu de la pause, fourniture et pose (DA) : coefficient d'annuité est calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{A \frac{i}{(1+i)^n - 1}} \quad \text{(IV-17)}$$

- ◆  $i$  : taux d'annuité (8%) .
- ◆  $n$  ; nombre d'annuité d'amortissement (30ans).
- ◆  $A=0,089$ .

#### ***IV.11 Le bilan des frais :***

$$\mathbf{Bl=F_{ex}+F_{am}} \quad \text{(IV-18)}$$

Le bilan des frais présente la somme des frais d'amortissement et les frais d'exploitation, soit :

- ◆  $F_{ex}$  : Les frais d'exploitation.
- ◆  $F_{am}$  : les frais d'amortissement.

**IV.12 Dimensionnement des conduites d'adduction :****IV.12.1 Adduction par refoulement :****IV.12.1.1 Conduite de Boumati vers la station de reprise :**

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 106,30.
- Longueur de la conduite : 2552,32 m.
- Cote départ Boumati : 445m.
- Cote d'arrivé station de reprise/515,19m.
- La hauteur géométrique (Hg) 70,19 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN10.

Calcul du diamètre économique :

$$D_{\min} = 0,0279 \text{ m.}$$

$$D_{\max} = 0,0559 \text{ m.}$$

Les diamètres nominaux choisis sont : 32 mm ; 40mm ; 50mm ; 63mm.

- **Calcul de la hauteur manométrique total (HMT) :**

Les données relatives aux valeurs de la HMT pour chaque diamètre nominal (DN) sont données dans le tableau.

**Tableau IV-1 : Calcul de la HMT.**

Q(m <sup>3</sup> /s)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta h_L$	$\Delta h_s$	$\Delta h_t$ (m)	HMT
0,00123034	0,028	1,998	55947,088	2552,32	0,00002	0,005	92,125	13,819	105,944	176,134
<b>0,00123034</b>	<b>0,0352</b>	<b>1,264</b>	<b>44503,365</b>	<b>2552,32</b>	<b>0,00002</b>	<b>0,0051</b>	<b>30,401</b>	<b>4,5602</b>	<b>34,9615</b>	<b>105,151</b>
0,00123034	0,044	0,809	35602,692	2552,32	0,00002	0,0054	10,387	1,5581	11,9455	82,135
<b>0,00123034</b>	<b>0,0554</b>	<b>0,51</b>	<b>28276,506</b>	<b>2552,32</b>	<b>0,00002</b>	<b>0,0056</b>	<b>3,448</b>	<b>0,5171</b>	<b>3,96466</b>	<b>74,155</b>

- **Calcul des frais d'exploitation :**

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau IV-2: Les frais d'exploitation.**

D (m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	HMT (m)	P(kw)	E (kWh)	Fexp (Da/KWh)
0,028	0,001230344	176,134	2,835	20691,911	92492,84
<b>0,0352</b>	<b>0,001230344</b>	<b>105,151</b>	<b>1,692</b>	<b>12352,999</b>	<b>55217,91</b>
0,044	0,001230344	82,1355	1,322	9649,119	43131,56
0,0554	0,001230344	74,1547	1,193	8711,550	38940,63

- **Calcul des frais d'amortissement :**

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau: IV-3: Les frais d'amortissement.**

<b>D (m)</b>	<b>Prix (Da)</b>	<b>L (m)</b>	<b>A</b>	<b>Dep (Da)</b>	<b>Fam (Da/KWh)</b>
0,028	67,83	2552,32	0,089	173123,866	15408,02
<b>0,0352</b>	<b>101,75</b>	<b>2552,32</b>	<b>0,089</b>	<b>259698,56</b>	<b>23113,17</b>
0,044	169,58	2552,32	0,089	432822,426	38521,2
0,0554	244,19	2552,32	0,089	623251,021	55469,34

• **Calcul du bilan :**

Le tableau suivant présente le calcul du bilan.

**Tableau IV-4 : Calcul du bilan.**

<b>D (m)</b>	<b>Fexp (Da/KWh)</b>	<b>Fam (Da/KWh)</b>	<b>Bilan (Da)</b>
0,028	92492,84174	15408,02404	107900,8658
<b>0,0352</b>	<b>55217,90509</b>	<b>23113,17184</b>	<b>78331,07693</b>
0,044	43131,56354	38521,19588	81652,75942
0,0554	38940,63046	55469,34085	94409,97131

La sélection d'une conduite de DN32 est motivée par son caractère économique. Techniquement ce choix est également acceptable, car elle offre une vitesse d'écoulement admissible de 1,264m/s.

**IV.12.1.2 Conduite de Station de reprise vers réservoir Ioulichene :**

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 106,30.
- Longueur de la conduite : 872,32 m.
- Cote départ Station de reprise : 515,19m.
- Cote d'arrivée Ioualichene : 604m.
- La hauteur géométrique (Hg) 70,19.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN10.

Calcul du diamètre économique :

$$D_{\min} = 0,0279 \text{ m}$$

$$D_{\max} = 0,0559 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont : 32 mm ; 40mm ; 50mm ; 63mm.

- **Calcul de la hauteur manométrique total (HMT) :**

Les données relatives aux valeurs de la HMT pour chaque diamètre nominal (DN) sont données dans le tableau.

**TableauIV-5:Calcul de la HMT.**

Q(m <sup>3</sup> /s)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta h_L$	$\Delta h_S$	$\Delta h_t$ (m)	HMT
<b>0,00123034</b>	<b>0,028</b>	<b>1,998</b>	<b>55947,088</b>	<b>872,75</b>	<b>0,00002</b>	<b>0,005</b>	<b>31,502</b>	<b>4,725</b>	<b>36,227</b>	<b>125,037</b>
0,00123034	0,0352	1,264	44503,365	872,75	0,00002	0,005	10,396	1,559	11,955	100,765
0,00123034	0,044	0,809	35602,692	872,75	0,00002	0,005	3,552	0,533	4,085	92,895
0,00123034	0,0554	0,51	28276,506	872,75	0,00002	0,006	1,179	0,177	1,356	90,166

- **Calcul des frais d'exploitation :**

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau suivant.

**TableauIV-6:Les frais d'exploitation.**

D (m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	HMT (m)	P(kw)	E (kWh)	F <sub>exp</sub> (Da/KWh)
<b>0,028</b>	<b>0,001</b>	<b>125,037</b>	<b>2,012</b>	<b>14689,106</b>	<b>65660,306</b>
0,0352	0,001	100,765	1,622	11837,667	52914,372
0,044	0,001	92,895	1,495	10913,092	48781,523
0,0554	0,001	90,166	1,451	10592,496	47348,459

- **Calcul des frais d'amortissement :**

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau suivant.

**TableauIV-7:Les frais d'amortissement.**

D (m)	Prix (Da)	L (m)	A	Dep (Da)	F <sub>am</sub> (Da/KWh)
<b>0,028</b>	<b>67,83</b>	<b>2552,32</b>	<b>0,089</b>	<b>173123,9</b>	<b>15408,02</b>
0,0352	101,75	2552,32	0,089	259698,6	23113,17
0,044	169,58	2552,32	0,089	432822,4	38521,2
0,0554	244,19	2552,32	0,089	623251	55469,34

- **Calcul du bilan :**

Le tableau suivant présente le calcul du bilan.

**TableauIV-8:Calcul du bilan.**

<b>D (m)</b>	<b>Fexp (Da/KWh)</b>	<b>Fam (Da/KWh)</b>	<b>Bilan (Da)</b>
<b>0,028</b>	<b>65660,306</b>	<b>15408,02</b>	<b>81068,33</b>
0,028	52914,3725	23113,17	76027,54
0,044	48781,5229	38521,2	87302,72
0,0554	47348,4593	55469,34	102817,8

La sélection d'une conduite de DN32 est motivée par son caractère économique. Techniquement ce choix est également acceptable, car elle offre une vitesse d'écoulement admissible de 1,998m/s.

#### IV.12.1.3 Conduite d'Abada haut vers Almominne :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 142,91 m<sup>3</sup>/j.
- Longueur de la conduite : 4482 m.
- Cote départ Abada haut : 406m.
- Cote d'arrivé Almoumene:444m.
- La hauteur géométrique (Hg) 38.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN6.

Calcul du diamètre économique :

$$D_{\min}=0,03245\text{m}$$

$$D_{\max}=0,0649\text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 40mm ; 50mm ; 63mm.

- **Calcul de la hauteur manométrique total (HMT) :**

Les données relatives aux valeurs de la HMT pour chaque diamètre nominal (DN) sont données dans le tableau suivant.

**TableauIV-9:Calcul de la HMT.**

<b>Q(m3/s)</b>	<b>D(m)</b>	<b>V(m/s)</b>	<b>Re</b>	<b>L(m)</b>	<b>K</b>	<b><math>\lambda</math></b>	<b><math>\Delta h_L</math></b>	<b><math>\Delta h_S</math></b>	<b><math>\Delta h_t</math> (m)</b>	<b>HMT</b>
<b>0,0016541</b>	<b>0,036</b>	<b>1,625</b>	<b>58500,69</b>	<b>4482</b>	<b>2E-05</b>	<b>0,003</b>	<b>53,399</b>	<b>8,01</b>	<b>61,409</b>	<b>99,4093</b>
0,0016541	0,046	0,995	45783,15	4482	2E-05	0,003	15,68	2,352	18,032	56,0323
0,0016541	0,058	0,626	36310,77	4482	2E-05	0,003	4,922	0,738	5,661	43,6608

- **Calcul des frais d'exploitation :**

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau suivant.

**TableauIV-10:Les frais d'exploitation.**

<b>D (m)</b>	<b>Q(m3/s)</b>	<b>HMT (m)</b>	<b>P(kw)</b>	<b>E (kWh)</b>	<b>Fexp (Da/KWh)</b>
<b>0,036</b>	<b>0,00165407</b>	<b>99,4093052</b>	<b>2,15075</b>	<b>15700,4472</b>	<b>70181,99</b>
0,046	0,00165407	56,0322535	1,21227	8849,588441	39557,66
0,058	0,00165407	43,660752	0,94461	6895,665659	30823,63

- **Calcul des frais d'amortissement :**

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau.

**TableauIV-11:Les frais d'amortissement.**

<b>D (m)</b>	<b>Prix (Da)</b>	<b>L (m)</b>	<b>A</b>	<b>Dep (Da)</b>	<b>Fam (Da/KWh)</b>
0,036	3378,11	4482	0,089	15140689,02	1347521,323
0,046	5226,5	4482	0,089	23425173	2084840,397
0,058	8026,99	4482	0,089	35976969,18	3201950,257

- **Calcul du bilan :**

Le tableau suivant présente le calcul du bilan.

**TableauIV-12:Calcul du bilan.**

<b>D (m)</b>	<b>Fexp (Da/KWh)</b>	<b>Fam (Da/KWh)</b>	<b>Bilan (Da)</b>
<b>0,036</b>	<b>70181</b>	<b>1347521,323</b>	<b>1417702</b>
0,046	39557,7	2084840,397	2124398
0,058	30823,6	3201950,257	3232774

La sélection d'une conduite de DN63 est motivée par son caractère économique.

Techniquement ce choix est également acceptable, car elle offre une vitesse d'écoulement admissible de 0,817 m/s.

#### **IV.12.2 Adduction gravitaire :**

##### **IV.12.2.1 Conduite d'Azrou vers Boumati :**

Dans le cas de l'adduction gravitaire, le choix du diamètre de la conduite se fait tout d'abord par le choix des diamètres qui assurent des vitesses entre [0,5 et 2m/s]. Parmi ces diamètres, on choisit celui qui donne une perte de charge immédiatement inférieure à la hauteur géométrique.

**TableauIV-13::Les caractéristiques de la conduite.**

<b>Tronçon</b>	<b>AZ-ME</b>	<b>ME-BN</b>	<b>BH-BO</b>
<b>Débit transitant (m<sup>3</sup>/j)</b>	0,07308762	0,0718777	0,06912601
<b>Longueur de la conduite (m)</b>	4366	4338	4648
<b>Cote départ (m)</b>	470	380	364
<b>Cote d'arrivé (m)</b>	380	364	445
<b>La hauteur géométrique (m)</b>	90	16	81
<b>Le matériau de la conduite (m)</b>	PEHD PN 16	PEHD PN 16	PEHD PN 16
<b>Diamètre choisi (mm)</b>	0,2578	0,2578	0,2578

Le diamètre nominal choisi est : 315mm.

TableauIV-14:Les pertes de charge totales dans la conduite.

Tronçon	Q(m3/s)	D th (m)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta h_L$	$\Delta h_s$	$\Delta h_t$ (m)	p
AZ-ME	0,07308762	0,3051	0,2578	1,4	360969,079	4366	0,00002	0,0032	5,407	0,811	6,218	83,782
ME-BH	0,0718777	0,3025	0,2578	1,377	354993,446	4338	0,00002	0,0032	5,211	0,782	5,993	93,789
BH-BO	0,06912601	0,2967	0,2578	1,324	341403,294	4648	0,00002	0,00323	5,2	0,78	5,98	6,809

Pour la conduite d'adduction du tronçon d'Azrou vers Boumati, et pour les tronçons :Azrou-Mechachka ; Bhalil –Boumati on utilise la méthode du diamètre théorique. De la formule de la vitesse d'écoulement  $V = (4 \times Q / \pi \times D^2)$  en donnant la valeur de 1 à la vitesse puis on déduit la valeur du diamètre théorique.

#### IV.12.2.2 Conduite de Bhalil vers Ait Ouramdane :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 19,85m<sup>3</sup>/j.
- Longueur de la conduite : 688 m.
- Cote départ Bhalil: 364 m.
- Cote d'arrivé Ait Ouramdane: 316 m .
- La hauteur géométrique (Hg) :48m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN6.

Calcul du diamètre économique :

$$D_{\min}=0,01209\text{m}$$

$$D_{\max}=0,02419\text{m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 25 mm ; 32 mm.

- *Calcul des pertes de charge totale :*

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau suivant.

**TableauIV-15:Les pertes de charge totales dans la conduite.**

Q(m <sup>3</sup> /s)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta h_L$	$\Delta h_s$	$\Delta h_t$ (m)
0,0002297	0,016	1,143	18281,47	688	0,00002	0,006	17,868	2,68	20,548
0,0002297	0,021	0,663	13928,74	688	0,00002	0,007	4,96	0,744	5,703

Pour permettre à l'eau de Bhalil jusqu'au Ait Ouramdane, la condition suivante doit être vérifiée ;  $\Delta h_t \leq H_g$  ce qui équivaut à  $(20,54 \leq 48 \text{ m})$ . Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN25 mm avec une vitesse de 1,1426 m/s.

- **Calcul des pertes de charge dans la vanne :**

$$\xi = \Delta H v \times 2 \times (g/V^2)$$

- **Calcul de coefficient d'ouverture de la vanne :**

$$\xi = \Delta H v \times 2 \times (g/V^2)$$

$$\xi = 412,56$$

- **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe, La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 65°.

## IV.12.2.3 Conduite de Boumati vers Tala Arous :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 3533,04m<sup>3</sup>/j .
- Longueur de la conduite :1986 m.
- Cote départ Boumati: 445 m.
- Cote d'arrivé Tala Arous: 418 m.
- La hauteur géométrique (Hg) :27m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN6.

Calcul du diamètre économique :

$$D_{\min}=0,1613\text{m.}$$

$$D_{\max}=0,3226\text{m.}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 200 mm ; 250 mm ; 315mm.

- **Calcul des pertes de charge totale :**  
Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau suivant.

**Tableau IV-16: Les pertes de charge totales dans la conduite.**

Q(m3/s)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta h_L$	$\Delta h_S$	$\Delta h_t$ (m)
0,0408916	0,184	1,531	282316	1986	0,00002	0,0034	4,338	0,651	4,989
0,0408916	0,231	0,977	225583,7	1986	0,00002	0,0035	1,463	0,22	1,683
0,0408916	0,291	0,616	179039,6	1986	0,00002	0,0036	0,48	0,072	0,552

Pour permettre à l'eau de Boumati jusqu'au Tala Arous, la condition suivante doit être vérifiée ;  $\Delta h_t \leq H_g$  ce qui équivaut à ( $4,989 \leq 27$  m). Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN200 mm avec une vitesse de 0,18442 m/s .

- **Calcul des pertes de charge dans la vanne :**

$$\Delta H_v = H_g - \Delta H_t$$

$$\Delta H_v = 27 - 4,989$$

$$\Delta H_v = 22,01$$

- **Calcul de coefficient d'ouverture de la vanne :**

$$\xi = \Delta H_v \times 2 \times (g / V^2)$$

$$\xi = 184,281$$

- **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe, La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 61,5°.

- *Conduite de Tala Arous vers Azib El koufa:*

*TableauIV-17: Les caractéristiques de la conduite.*

<b>Tronçon</b>	<b>Azib El koufa</b>	<b>IghilKidoune</b>
<b>Débit transitant (m<sup>3</sup>/j)</b>	0,01762324	0,0182767
<b>Cote départ (m)</b>	418	418
<b>Cote d'arrive(m)</b>	335	360
<b>La hauteur géométrique (m)</b>	83	58
<b>Le matériau de la conduite (m)</b>	PEHD; PN 10	PEHD; PN10
<b>diamètre économique (mm)</b>	0,1102	0,1102
<b>La pression</b>	61,82	43,65

Le diamètre nominal choisi est : 250 mm.

*Tableau IV-18: Les pertes de charge dans la conduite.*

Tronçon	Q(m <sup>3</sup> /s)	D th (m)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta h_L$	$\Delta h_S$	$\Delta h_t$ (m)
TA-AZ	0,0182767	0,15254692	<b>0,1102</b>	1,916	211166,619	3112	0,00002	0,00348	18,41	2,762	21,173
AZ-IK	0,01762324	0,14979503	<b>0,1102</b>	1,848	203616,621	2066	0,00002	0,00351	11,46	1,718	13,175

Pour la conduite d'adduction du tronçon d'Azrou vers Boumati, et pour les tronçons : Tala Ayache –Azib koufa ; Azib koufa –Ighil Kidoune on utilise la méthode du diamètre théorique. De la formule de la vitesse d'écoulement  $V = (4 \times Q / \pi \times D^2)$  en donnant la valeur de 1 à la vitesse puis on déduit la valeur du diamètre théorique.

## IV.12.2.4 Conduite d'Ighil kidoune vers Tala Ayache :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 289,35m<sup>3</sup>/j.
- Longueur de la conduite : 3416 m.
- Cote départ Ighil Kidoune: 360 m.
- Cote d'arrivé Tala Arous: 304 m .
- La hauteur géométrique (Hg) :56m
- Le matériau de la conduite : PEHD PN10.

Calcul du diamètre économique :

$$D_{\min}=0,04617\text{m}$$

$$D_{\max}=0,09234\text{m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 63mm ; 75 mm ; 90mm.

- **Calcul des pertes de charge totale :**

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau suivant.

**Tableau IV-19: Les pertes de charge totales dans la conduite.**

Q(m <sup>3</sup> /s)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta h_L$	$\Delta h_S$	$\Delta h_t$ (m)
0,00334899	0,0554	1,3893	76968,416	3416	0,00002	0,00451	27,3471	4,1021	31,4492
0,00334899	0,066	0,9789	64606,822	3416	0,00002	0,00465	11,7445	1,7617	13,5062
0,00334899	0,0792	0,6798	53839,018	3416	0,00002	0,00481	4,8883	0,7332	5,6215

Pour permettre à l'eau de Ighil Kidoune jusqu'au Tala Ayache, la condition suivante doit être vérifiée ;  $\Delta h_t \leq H_g$  ce qui équivaut à ( $31,4492 \leq 56$  m). Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN63 mm avec une vitesse de 1,3893 m/s

- **Calcul des pertes de charge dans la vanne :**

$$\Delta H_v = H_g - \Delta H_t$$

$$\Delta H_v = 56 - 31,4492$$

$$\Delta H_v = 24,551$$

- **Calcul de coefficient d'ouverture de la vanne :**

$$\xi = \Delta H_v \times 2 \times (g/V^2)$$

$$\xi = 249,551$$

- Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  :

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe, La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est  $62^\circ$ .

#### IV.12.2.5 Conduite d'Ighil kidoune vers Rebai :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant :  $390,80 \text{ m}^3/\text{j}$  .
- Longueur de la conduite : 2060 m.
- Cote départ Ighil Kidoune: 360 m.
- Cote d'arrivé Rebai: 260 m .
- La hauteur géométrique (Hg) :94 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN10.

Calcul du diamètre économique :

$$D_{\min}=0,5366 \text{ m}$$

$$D_{\max}=0,10732 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 63mm ; 75 mm ; 90 mm ; 110 mm. .

- Calcul des pertes de charge totale :

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau.

**Tableau IV-20: Les pertes de charge totales dans la conduite.**

Q(m <sup>3</sup> /s)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta_{hL}$	$\Delta h_s$	$\Delta h_t$ (m)
<b>0,0045232</b>	<b>0,055</b>	<b>1,876</b>	<b>103954,3</b>	<b>2060</b>	<b>0,00002</b>	<b>0,004</b>	<b>28,376</b>	<b>4,256</b>	<b>32,632</b>
0,0045232	0,066	1,322	87258,6	2060	0,00002	0,004	12,141	1,821	13,962
0,0045232	0,079	0,918	72715,5	2060	0,00002	0,005	5,036	0,755	5,792
0,0045232	0,097	0,615	59494,5	2060	0,00002	0,005	1,92	0,288	2,208

Pour permettre à l'eau de Ighil Kidoune jusqu'au Rebai la condition suivante doit être vérifiée ;  $\Delta h_t \leq H_g$  ce qui équivaut à  $(32,632 \leq 94 \text{ m})$ . Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN63 mm avec une vitesse de 1,876 m/s

- Calcul des pertes de charge dans la vanne :

$$\Delta H_v = H_g - \Delta H_t$$

$$\Delta H_v = 94 - 32,632$$

$$\Delta H_v = 61,36$$

- Calcul de coefficient d'ouverture de la vanne :

$$\xi = \Delta H_v \times 2 \times (g/V^2)$$

$$\xi = 341,958$$

- *Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  :*

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe, La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 64°.

#### IV.12.2.6 Conduite Rebai vers Zaouia :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 193,20 m<sup>3</sup>/j .
- Longueur de la conduite : 3696m.
- Cote départ Ighil Kidoune: 266m.
- Cote d'arrivé Tala Arous: 75m .
- La hauteur géométrique (Hg) :191 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN 20.

Calcul du diamètre économique :

$$D_{\min}=0,0377m$$

$$D_{\max}=0,6754m$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 50mm ; 63 mm ; 75 mm 90 mm.

- **Calcul des pertes de charge totale :**

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau suivant.

**Tableau IV-21: Les pertes de charges totales dans la conduite.**

Q(m <sup>3</sup> /s)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta hL$	$\Delta hS$	$\Delta ht$ (m)
0,00223606	0,0388	1,891	73377,153	3696	0,00002	0,0046	80,34	12,051	92,391
0,00223606	0,0488	1,196	58340,851	3696	0,00002	0,0048	26,462	3,96937	30,432
0,00223606	0,0582	0,841	48918,102	3696	0,00002	0,005	11,329	1,69933	13,028
0,00223606	0,0698	0,584	40788,446	3696	0,00002	0,0051	4,738	0,71064	5,448

Pour permettre à l'eau de Rebai jusqu'au Zaouïa la condition suivante doit être vérifiée ;  $\Delta ht \leq Hg$  ce qui équivaut à ( $92,391 \leq 191$  m). Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN 50 mm avec une vitesse de 1,891 m/s

- **Calcul des pertes de charge dans la vanne :**

$$\Delta H_v = H_g - \Delta H_t$$

$$\Delta H_v = 191 - 92,391$$

$$\Delta H_v = 98,60$$

- **Calcul de coefficient d'ouverture de la vanne :**

$$\xi = \Delta H v \times 2 \times (g/V^2)$$

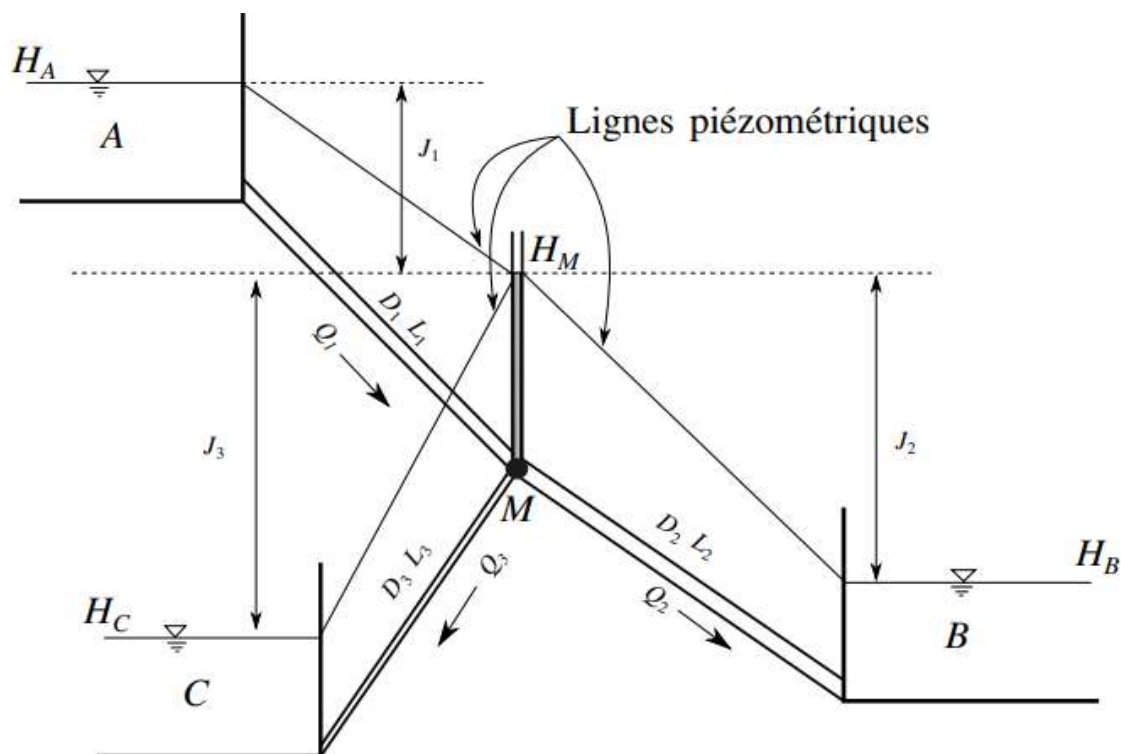
$$\xi = 540,95$$

- Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  :

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe, La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est  $68^\circ$ .

#### IV.12.2.7 Conduite de Boumati vers Abada haut et Fedjdane (Réservoirs interconnectés) : [15]

Les réservoirs interconnectés est l'un des problèmes pratique des reseaux de conduites en charge. C'est un exemple typique où l'on doit satisfaire simultanément l'équation de conservation la masse et l'équation d'énergie du système. Considérons trois réservoirs interconnectés au nœud M comme illustre dans la figure ci-dessous. Les altitudes des plans d'eau des réservoirs A, B et C sont connues et supposées fixes. Les caractéristiques des conduites assurant le lien de ces réservoirs sont aussi connues. Il est alors question de trouver les débits  $Q_1$ ,  $Q_2$  et  $Q_3$  respectivement des conduites AM, BM, et CM.



Pour résoudre ce problème, on fait une estimation arbitraire de la charge  $H_M$  au niveau du point M à partir de laquelle on calcule les débits dans chaque conduite. Si la continuité n'est pas satisfaite en M, c'est-à-dire  $\sum Q_i \neq 0$ , une correction systématique de la charge  $H_M$ . Pour une itération donnée ( $k + 1$ ), cette correction est estimée par :

$$\mathbf{H}_m^{(k+1)} = \mathbf{H}^{(k)} + \Delta\mathbf{H}^{(k)}$$

La correction  $\Delta H_k$  à apporter à chaque itération peut être obtenue en admettant un développement limite au premier ordre, ce qui aboutit :

$$\Delta\mathbf{H}^{(k)} = \frac{\sum \mathbf{Q}_i^{(k)}}{\sum \frac{\mathbf{Q}_i^{(k)}}{j_i^{(k)}}}$$

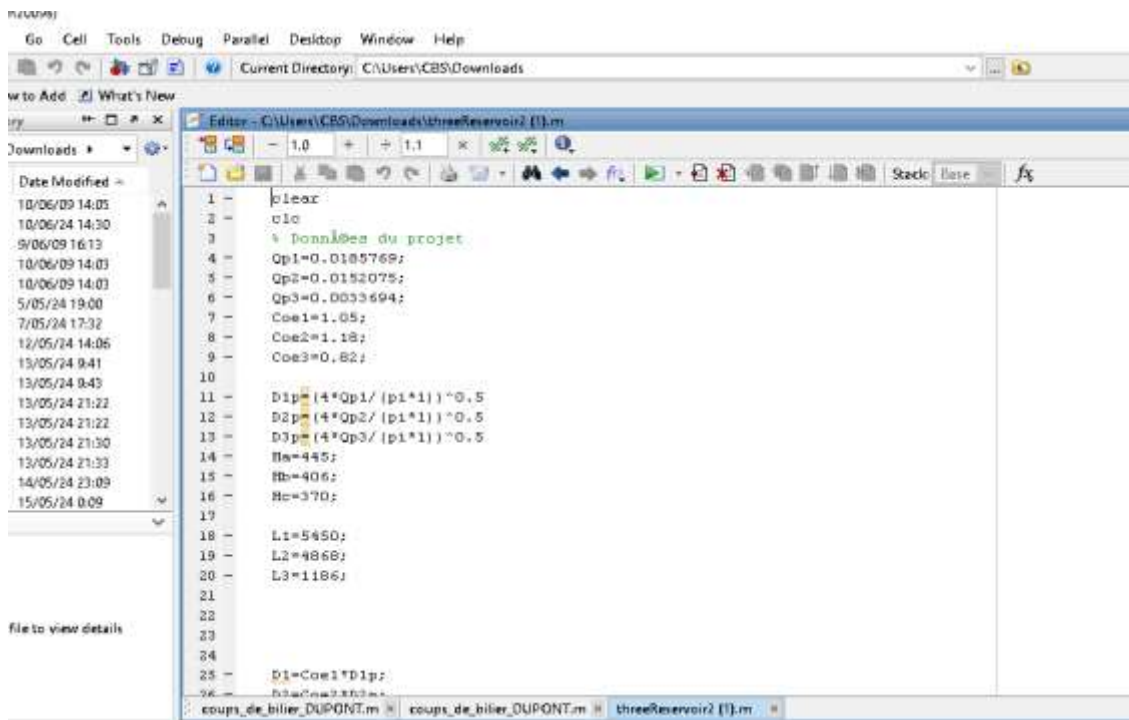
Le débit de chaque tronçon est calculé par :

$$Q = -\sqrt{\frac{8gD_i j_i}{L_i} \log\left(\frac{K_i}{3,7D_i} + \frac{2,5V}{D_i \sqrt{2gD_i \frac{j_i}{L_i}}}\right)} \frac{\pi D_i^2}{4}$$

La perte de charge dans chaque conduite est calculée par la différence de charge entre le réservoir et le point M, soit :

$$\begin{pmatrix} d1 \\ d2 \\ \vdots \\ dn \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Ha - Hm \\ Hb - Hm \\ \vdots \\ Hn - Hm \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Sg_1(HA - HM) \\ Sg_2(HB - HM)R_2Q^2 \\ \vdots \\ Sg_N(HB - HM)R_NQ_N^2 \end{pmatrix}$$

Le signe  $sg_i$  des éléments du second membre de cette équation donne le sens d'écoulement dans chaque conduite. Si ce signe est positif alors le débit est rentrant au nœud de jonction, sinon s'il est négatif alors le débit est sortant de ce nœud. Le calcul est répété avec d'autres estimations de HM jusqu'à convergence.



```

1 - p1=ac
2 - c1c
3 - % Données du projet
4 - Qp1=0.0185769;
5 - Qp2=0.0152075;
6 - Qp3=0.0033694;
7 - Coe1=1.05;
8 - Coe2=1.18;
9 - Coe3=0.82;
10
11 - D1p=(4*Qp1/(p1*1))^0.5
12 - D2p=(4*Qp2/(p1*1))^0.5
13 - D3p=(4*Qp3/(p1*1))^0.5
14 - H=445;
15 - Hb=406;
16 - Hc=370;
17
18 - L1=5450;
19 - L2=4868;
20 - L3=1186;
21
22
23
24
25 - D1=Coe1*D1p;
26 -

```

**Figure IV-7: Les données de conduite sur Matlab.**

Les diamètres nominaux choisis sont ; 200 mm, 630mm.

#### IV.12.2.8 Conduite Abada Haut vers El Kenour :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant :  $748,08\text{m}^3/\text{j}$  .
- Longueur de la conduite : 2856 m.
- Cote départ Abada Haut : 406 m.
- Cote d'arrivé El Kenour: 390 m.
- La hauteur géométrique (Hg) :16 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN6.

✓ Calcul du diamètre économique :

$$D_{\min}=0,0742\text{m}$$

$$D_{\max}=0,01484\text{m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 75mm ; 90 mm ; 110 mm 125 mm.

- Calcul des pertes de charge totale :

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau suivant.

Tableau IV-22: Les pertes de charge totales dans la conduite.

Q(m <sup>3</sup> /s)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta h_L$	$\Delta h_s$	$\Delta h_t$ (m)
0,0086584	0,083	1,6	132820,8	2856	0,00002	0,037	168,27	25,24	193,505
0,0086584	0,102	1,068	108505,2	2856	0,00002	0,037	61,223	9,184	70,407
0,0086584	0,115	0,828	95529,72	2856	0,00002	0,037	32,386	4,858	37,244
<b>0,0086584</b>	<b>0,148</b>	<b>0,506</b>	<b>74689,23</b>	<b>2856</b>	<b>0,00002</b>	<b>0,037</b>	<b>9,461</b>	<b>1,419</b>	<b>10,881</b>

Pour permettre à l'eau d'Abada haut jusqu'au El Kenour la condition suivante doit être vérifiée ;  $\Delta h_t \leq H_g$  ce qui équivaut à  $(10,881 \leq 16 \text{ m})$ . Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN200 mm avec une vitesse de 0,506 m/s

- Calcul des pertes de charge dans la vanne :

$$\Delta H_v = H_g - \Delta H_t$$

$$\Delta H_v = 16 - 10,881$$

$$\Delta H_v = 5,11$$

- Calcul de coefficient d'ouverture de la vanne :

$$\xi = \Delta H_v \times 2 \times (g / V^2)$$

$$\xi = 392,26$$

- Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  :

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe, La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est  $66^\circ$ .

#### IV.12.2.9 Conduite El Kenour vers Tissira :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 532,83 m<sup>3</sup>/j .
- Longueur de la conduite : 3634 m.
- Cote départ El Kenour: 390 m.
- Cote d'arrivé Tissira: 315 m.
- La hauteur géométrique (H<sub>g</sub>) :75 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN6.

- ✓ Calcul du diamètre économique :

$$D_{\min} = 0,06265 \text{ m}$$

$$D_{\max} = 0,1253 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 75mm ; 90 mm ; 110 mm 125mm.

- Calcul des pertes de charges totales :

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau suivant.

**Tableau IV-23 : Les pertes de charge totales dans la conduite.**

Q(m <sup>3</sup> /s)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta h_L$	$\Delta h_S$	$\Delta h_t$ (m)
<b>0,006167</b>	<b>0,066</b>	<b>1,803</b>	<b>118971,1</b>	<b>3634</b>	<b>0,00002</b>	<b>0,004</b>	<b>37,496</b>	<b>5,624</b>	<b>43,121</b>
0,006167	0,079	1,252	99142,58	3634	0,00002	0,004	15,495	2,324	17,819
0,006167	0,097	0,838	81116,66	3634	0,00002	0,004	5,885	0,883	6,768
0,006167	0,11	0,647	71253,11	3634	0,00002	0,004	3,156	0,473	3,629

Pour permettre à l'eau de El Kenour jusqu'au Tissira, la condition suivante doit être vérifiée ;  $\Delta h_t \leq H_g$  ce qui équivaut à ( $43,121 \leq 75$  m). Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN200 mm avec une vitesse de 1,8442 m/s

- **Calcul des pertes de charge dans la vanne :**

$$\Delta H_v = H_g - \Delta H_t$$

$$\Delta H_v = 75 - 43,121$$

$$\Delta H_v = 31,87$$

- **Calcul de coefficient d'ouverture de la vanne :**

$$\xi = \Delta H_v \times 2 \times (g/V^2)$$

$$\xi = 399,148$$

- **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe, La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 64,5°.

#### IV.12.2.10 Conduite Tissira vers Toumdjadj :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 332,14 m<sup>3</sup>/j.
- Longueur de la conduite : 3740 m.
- Cote départ Tissira: 314 m.
- Cote d'arrivé Toumdjadj: 234 m .
- La hauteur géométrique (H<sub>g</sub>) : 81 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN10.

- **Calcul du diamètre économique :**

$$D_{\min} = 0,0494 \text{ m}$$

$$D_{\max} = 0,0989 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 63mm ; 75 mm ; 90 mm 110mm.

- **Calcul des pertes de charge totale :**

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau.

*TableauIV-24: Les pertes de charges totales dans la conduite.*

Q(m <sup>3</sup> /s)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta h_L$	$\Delta h_S$	$\Delta h_t$ (m)
<b>0,0038442</b>	<b>0,055</b>	<b>1,595</b>	<b>88349,42</b>	<b>3740</b>	<b>0,00002</b>	<b>0,004</b>	<b>38,387</b>	<b>5,758</b>	<b>44,145</b>
0,0038442	0,066	1,124	74159,97	3740	0,00002	0,005	16,458	2,469	18,927
0,0038442	0,079	0,78	61799,97	3740	0,00002	0,005	6,84	1,026	7,866
0,0038442	0,097	0,522	50563,61	3740	0,00002	0,005	2,612	0,392	3,004

Pour permettre à l'eau de Tissira jusqu'au Toumadjadj la condition suivante doit être vérifiée ;  $\Delta h_t \leq H_g$  ce qui équivaut à ( $44,145 \leq 81$  m). Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN200 mm avec une vitesse de 1,595 m/s

- **Calcul des pertes de charge dans la vanne :**

$$\Delta H_v = H_g - \Delta H_t$$

$$\Delta H_v = 81 - 44,145$$

$$\Delta H_v = 36,85$$

- **Calcul de coefficient d'ouverture de la vanne :**

$$\xi = \Delta H_v \times 2 \times (g / V^2)$$

$$\xi = 284,32$$

- **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe, La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 61,5°.

#### IV.12.2.11 Conduite Toumdjadj vers Tadount :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 243,04 m<sup>3</sup>/j.
- Longueur de la conduite : 1046 m.
- Cote départ Toumdjadj : 234 m.
- Cote d'arrivé Tadount : 170 m .
- La hauteur géométrique (H<sub>g</sub>) : 64 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN10.

Calcul du diamètre économique :

$$D_{\min}=0,0423\text{m}$$

$$D_{\max}=0,0846\text{m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 75mm ; 63 mm ; 75mm 90mm.

- **Calcul des pertes de charge totale :**

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau suivant.

*TableauIV-25:Les pertes de charge totales dans la conduite.*

Q(m3/s)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta hL$	$\Delta hS$	$\Delta ht$ (m)
<b>0,0028129</b>	<b>0,044</b>	<b>1,85</b>	<b>81398,69</b>	<b>1046</b>	<b>0,00002</b>	<b>0,005</b>	<b>18,684</b>	<b>2,803</b>	<b>21,487</b>
0,0028129	0,055	1,167	64648,78	1046	0,00002	0,005	6,123	0,918	7,042
0,0028129	0,066	0,822	54265,79	1046	0,00002	0,005	2,635	0,395	3,03
0,0028129	0,079	0,571	45221,49	1046	0,00002	0,005	1,099	0,165	1,263

Pour permettre à l'eau de Toundjadj jusqu'au Tadount, la condition suivante doit être vérifiée ;  $\Delta ht \leq Hg$  ce qui équivaut à ( $21,487 \leq 64$  m). Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN200 mm avec une vitesse de 1,850 m/s.

- **Calcul des pertes de charge dans la vanne :**

$$\Delta Hv = Hg - \Delta Ht$$

$$\Delta Hv = 64 - 21,487$$

$$\Delta Hv = 42,51$$

- **Calcul de coefficient d'ouverture de la vanne :**

$$\xi = \Delta Hv \times 2 \times (g/V^2)$$

$$\xi = 243,72$$

- **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe, La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 62°.

#### IV.12.2.12 Conduite Tadount vers Ouled Oubalhizem :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 131 m<sup>3</sup>/j.
- Longueur de la conduite : 2808 m.
- Cote départ Tadount : 170 m.
- Cote d'arrivé Ouled Oubalhizem: 111 m .

- La hauteur géométrique (Hg) :59m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN10.

- **Calcul du diamètre économique :**

$$D_{\min}=0,0316\text{m}$$

$$D_{\max}=0,0621\text{m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 40mm ; 50 mm ; 75mm.

- **Calcul des pertes de charge totale :**

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau.

*TableauIV-26: Les pertes de charge totales dans la conduite.*

Q(m3/s)	D(m)	V(m/s)	Re	L(m)	K	$\lambda$	$\Delta h_L$	$\Delta h_S$	$\Delta h_t$ (m)
0,0015162	0,035	1,558	54844,4	2808	0,00002	0,005	48,622	7,293	55,915
0,0015162	0,044	0,997	43875,52	2808	0,00002	0,005	16,557	2,484	19,041
0,0015162	0,055	0,629	34846,98	2808	0,00002	0,005	5,479	0,822	6,301

Pour permettre à l'eau de Tadount jusqu'au Ouled Oubled belhizem, la condition suivante doit être vérifiée ;  $\Delta h_t \leq H_g$  ce qui équivaut à ( $55,915 \leq 59$  m). Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN200 mm avec une vitesse de 1,558 m/s.

- **Calcul des pertes de charge dans la vanne :**

$$\Delta H_v = H_g - \Delta H_t$$

$$\Delta H_v = 59 - 55,915$$

$$\Delta H_v = 3,08$$

- **Calcul de coefficient d'ouverture de la vanne :**

$$\xi = \Delta H_v \times 2 \times (g / V^2)$$

$$\xi = 24,93$$

- **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne  $\theta$  :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe, La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 10°.

#### *IV.13 Tableau récapitulatif :*

*TableauIV-27: Tableau récapitulatif des différents tronçons.*

Type	matériaux	vitesse(m/s)	Q	Longueur(m)	De (
------	-----------	--------------	---	-------------	------

d'adduction			véhiculé(m3/j)		mm)	tronçons
<b>Refoulement</b>	PEHD	1,264	106,30	2552,32	35,2	Réservoir Boumati- SR
	PEHD	1,998	106,30	872,75	28	SR- réservoir Ioualichene
	PEHD	1,625	142,91	4482	36	Réservoir Abada haut- Réservoir Al moumnine
<b>Gravitaire</b>	PEHD	1,400	6314,77	4366	257,8	R Azrou- R Mechachka
	PEHD	1,377	6210,23	4338	257,8	R Mechachka- R Bhalil
	PEHD	1,324	19,85	4648	257,8	R Bhalil - R Ait ouramdane
	PEHD	1,143	5972,49	4648	16	R Bhalil- R Boumati
	PEHD	1,531	3533,04	1986	184,42	R Boumati- R Tala ayache
	PEHD	1,916	1579,11	3112	110,2	R Tala ayache- R Azibkoufa
	PEHD	1,848	1522,65	2066	110,2	R Azib koufa- R Ighil kidoune
	PEHD	1,389	289,35	3416	55,4	R Ighil kidoune- Tala ayache
	PEHD	1,876	390,80	2060	55,4	R Ighil kidoune- Rebai
	PEHD	1,891	193,20	3696	38,8	R Rebai- R zaouia
	PEHD	0,506	748,08	2856	147,6	R Abada - R el kennour
	PEHD	1,803	532,83	3634	66	R el kounnour- R tissira
	PEHD	1,595	332,14	3740	55,4	R Tissira - R Toumdjadj
	PEHD	1,850	243,04	1046	44	R Toumdjadj- R Tadount
	PEHD	1,558	131,00	2808	35,2	R Tadount - R ouled belhizem

#### ***IV.14 Conclusion :***

Dans ce chapitre dédié à l'adduction, nous avons couvert les aspects essentiels de notre étude, incluant le calcul de divers paramètres tels que la vitesse, les pertes de charge, les coûts d'exploitation et d'amortissement pour chaque tronçon (trois « 3 » par refoulement et « 15 » gravitaires). Après avoir mené cette analyse technico-économique pour l'adduction, il est désormais impératif de sélectionner les pompes qui répondront aux conditions d'exploitation souhaitées

## *Chapitre V : Etude de pompage*

### V.1 Introduction :

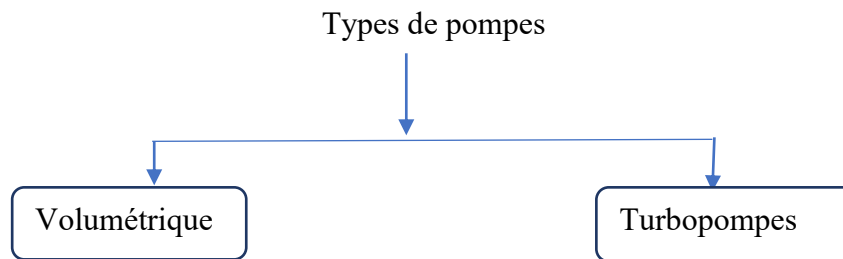
La pompe est une machine hydraulique, son fonctionnement consiste à transformer l'énergie mécanique de son moteur d'entraînement en énergie hydraulique ; c'est-à-dire qu'elle transmet au courant liquide qui la traverse une certaine puissance. L'énergie reçue par le liquide lui permet de s'élever de la zone à basse pression vers une autre à plus haute pression.

Les pompes les plus utilisées sont les pompes centrifuges, vu qu'elles permettent le refoulement des débits importants à des hauteurs considérables, et qu'elles constituent des groupes légers peu coûteux et présentent un bon rendement.

Le choix des pompes à installer se portera sur ; le débit à refouler, la hauteur d'élévation d'eau, le temps mis par la pompe pour élever un certain volume d'eau et sur le rendement de la pompe qui doit être acceptable d'une façon à avoir un coup minimum d'un mètre cube d'eau à élever. Les pompes sont classées dans les catégories des actionneurs (convertisseur d'énergie).

### V.2 Classification des pompes : [3]

Les pompes peuvent être classées comme suit :



*Figure V -1 : Les pompes volumétriques.*

Une pompe volumétrique est une pompe dans laquelle une certaine quantité de fluide « emprisonnée » est forcée à se déplacer jusqu'à l'orifice de sortie.

Le débit d'une pompe volumétrique est proportionnel à la vitesse d'actionnement de ses éléments mobiles et dépend très peu de la pression de refoulement (par contre, l'énergie consommée par la pompe est proportionnelle à la différence de pression entre la sortie et l'entrée de la pompe, aussi appelée hauteur manométrique). Les pompes volumétriques sont d'une grande diversité. Dans les bases de données de brevets, elles portent le nom de « pompes à déplacement positif ».

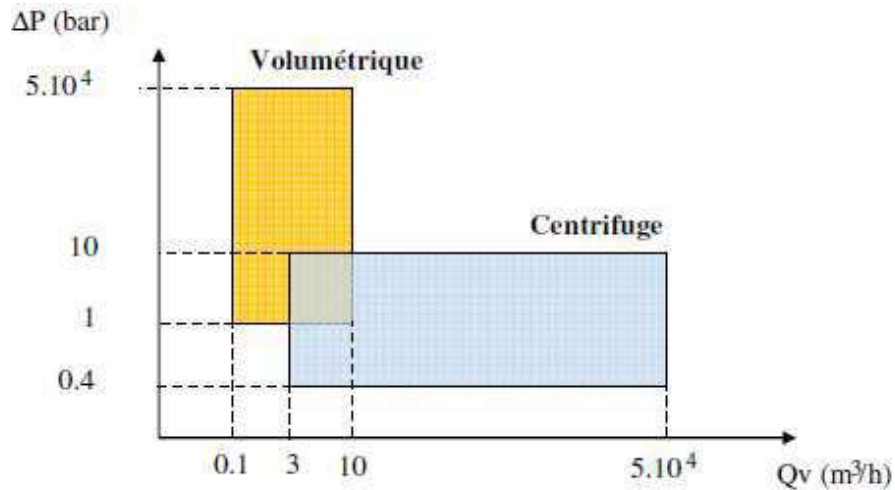
Les pompes volumétriques fonctionnent comme suit : une première action mécanique augmentation de volume et crée un vide à l'aspiration et une deuxième action mécanique qui permet de diminuer le volume et oblige le fluide à pénétrer dans le circuit, c'est la phase de refoulement. Les pompes volumétriques peuvent être :

- Pompes alternatives : sont à piston, à diaphragme, à cylindre, à vérin.
- Pompes rotatives : sont des pompes à vis, à engrenages, à palettes, à lobes.

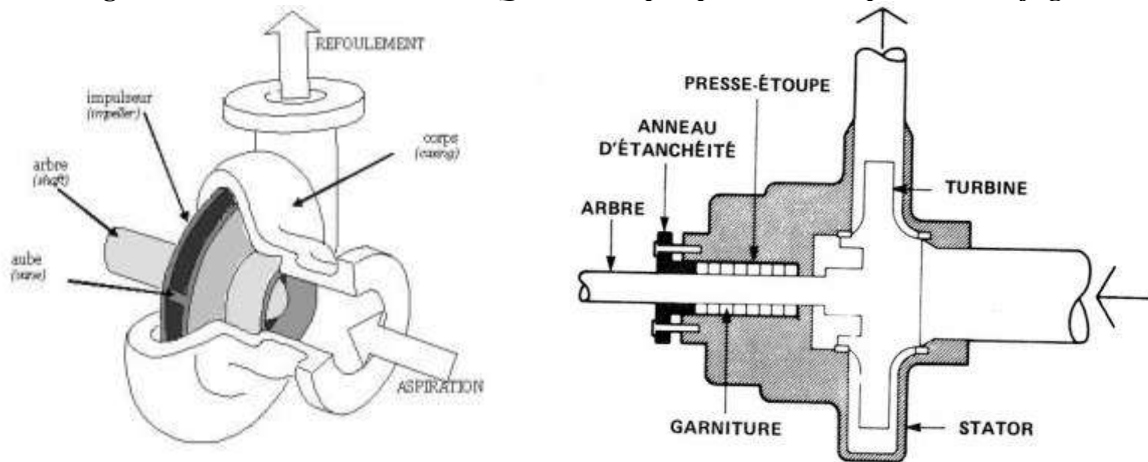
**V.2.1 Les turbopompes :**

Dans les turbopompes une roue, munie d'aubes ou d'ailettes, animée d'un mouvement de rotation, fournit au fluide de l'énergie cinétique dont une partie est transformée en pression, par réduction de vitesse dans un organe appelé récupérateur. Les turbopompes se subdivisent en :

- Pompe centrifuge ;
- Pompe à hélice ;
- Pompe hélico-centrifuge.



FigureV-2 : La variation des  $\Delta P$  et  $Q_v$  entre les pompes volumétriques et centrifuges.



**V.2.2 Les Pompe Centrifuges :**

**Le principe de fonctionnement des pompes centrifuges :**

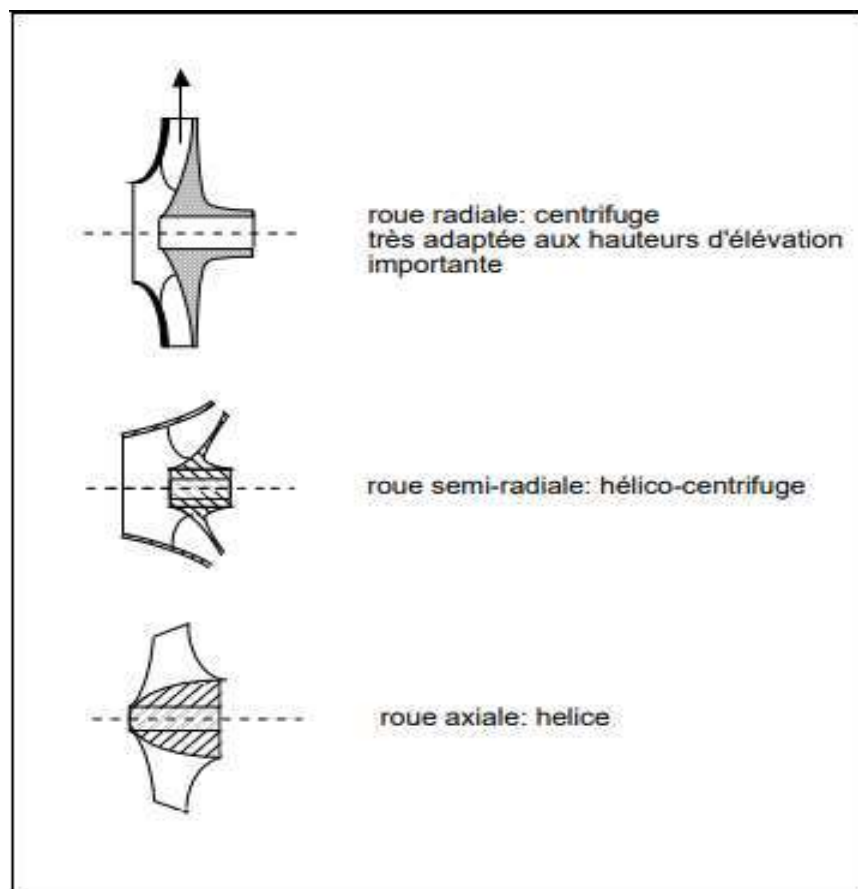
Les pompes centrifuges sont classées dans la catégorie des turbopompes. Les turbopompes, en général, sont constituées d'une roue (rotor) dotée d'aubes ou d'ailettes qui est mise en rotation par un arbre moteur. Cette rotation fournit de l'énergie cinétique au fluide, dont une partie est ensuite convertie en pression à travers un dispositif appelé récupérateur (stator), qui ralentit la vitesse du fluide.

Les turbopompes et les pompes centrifuges se distinguent par la forme de leur roue, comme illustré dans la figure(V-3). La force motrice qui actionne l'arbre moteur peut provenir de diverse

source, telle qu'un moteur thermique, un moteur électrique immergé ou émergé, ou même une autre source d'énergie, comme une turbine alimentée par un cours d'eau.



Figure V-3 : forme de l'aube (roue) des pompes centrifuges.



FigureV-4 : Forme de la roue des turbopompes.

On peut classer les pompes centrifuges selon plusieurs critères comme suit :

**Suivant la direction du fluide dans la roue :**

- ✚ Pompes centrifuges radiales
- ✚ Pompes centrifuges semi axiales.

**Pompes centrifuges axiales :**

- ✚ Pompe à volute ou colimaçon ;

- ✚ A diffuseur circulaire ou type burine.

**Suivant le nombre de roue :**

- ✚ Monocellulaire : utilisées pour des pressions moyennes de 15 à presque 100 m d'eau.
- ✚ Multicellulaire : utilisées pour des hautes pressions atteignant plusieurs centaines de mètres.

**Suivant la position de son axe :**

- ✚ Pompe à axe horizontal ;
- ✚ Pompe à axe vertical.

**Suivant la position de la pompe par rapport au niveau d'aspiration :**

- ✚ Pompe immergée,
- ✚ Pompe non immergée

**Suivant la forme des aubages et de la vitesse spécifique :**

- ✚ Pompes centrifuges pures ( $20 < N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^4} < 100$ ).
- ✚ Pompes hélico-centrifuges ( $100 < N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^4} < 150$ ).
- ✚ Pompes hélices ( $150 < N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^4} < 300$ ).

**V.3 Couplage des pompes :**

L'association des pompes peut être réalisée soit en série, soit en parallèle.

**V.3.1 Couplage en série :**

Lorsque deux pompes sont couplées en série sur un système hydraulique, les débits qui les traversent restent identiques. Dans ce scénario, il est essentiel de prendre en compte l'addition des énergies qu'elles fournissent à l'eau, comme illustré dans la figure (V.3). Une précaution cruciale à prendre, surtout lorsque les pompes sont de modèles différents, est de s'assurer que leurs plages de fonctionnement normales sont compatibles entre elles.

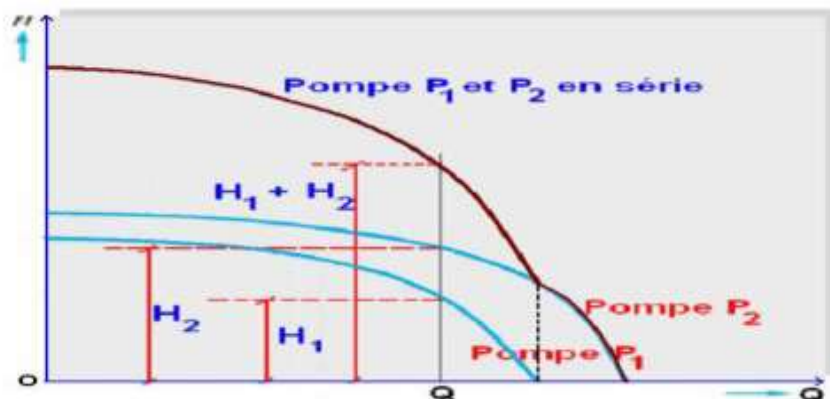


Figure V-5 : Courbe caractéristique de pompes en série.

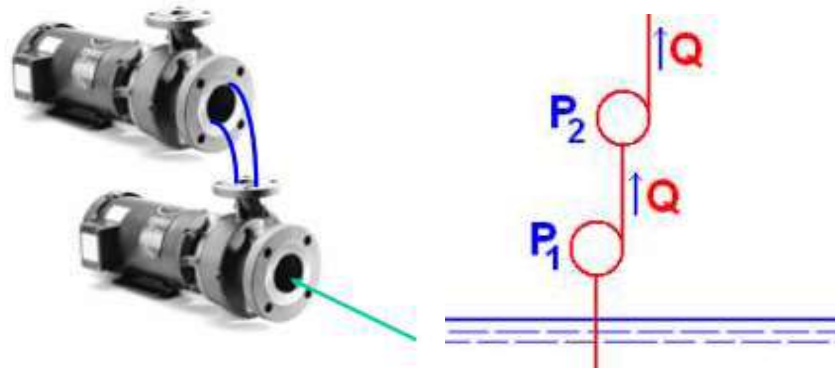


Figure V-6 : Installation de pompes en série.

**V.3.2 Couplage en parallèle :**

Au contraire, lorsque deux pompes sont hydrauliquement couplées en parallèle, il est impératif que les hauteurs qu'elles fournissent soient nécessairement égales, et les débits qui les traversent s'additionnent, comme indiqué dans la figure V-7 . Toutefois, si les caractéristiques des pompes présentent des différences significatives, des problèmes peuvent survenir à faibles débit. En pratique, il est généralement recommandé d'éviter de coupler des pompes de modèles différents pour éviter ces complications.

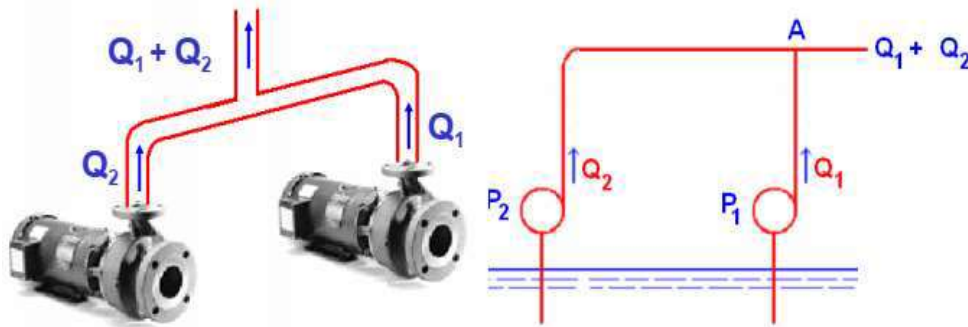


Figure V-7 : Installation de pompage en parallèle .

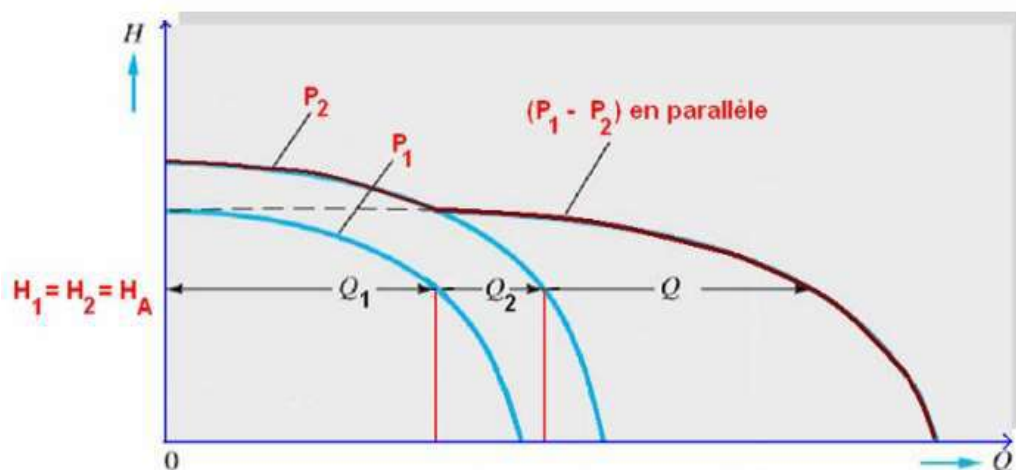


Figure V-8: Courbe caractéristique d'une Installation en parallèle.

#### V.4 Choix de pompe :

Le choix d'une pompe est basé sur plusieurs critères dont les suivants :

- Les caractéristiques hydrauliques du fluide :
  - ✓ La pression.
  - ✓ Le débit et sa régularité.
  - ✓ La viscosité et ses variations.
  - ✓ Les pertes de charges.
  - ✓ Hauteur manométrique de l'élévation.
- Les conditions d'utilisations :
  - Agressivité du fluide.
  - Le bruit.
  - La maintenance.
- Caractéristiques de la pompe :
  - ✓ Sa puissance.
  - ✓ Son rendement.
  - ✓ La cylindrée (débit par cycle).

#### V.5 Choix du nombre de pompes :

Le choix de nombre de pompe dépend essentiellement de :

- Nombre de pompes minimal.
- Meilleur rendement.
- Charge nette d'aspiration requise (NPSH) r minimale.
- Nombre d'étage minimal.
- Puissance absorbée minimale.

#### V.6 Caractéristiques hydrauliques des pompes centrifuges : [2]

Les caractéristiques hydrauliques sont essentielles pour comprendre leur fonctionnement et leur performance. Voici quelques caractéristiques hydrauliques importantes des pompes centrifuges :

- La hauteur manométrique totale (d'élévation) ;
- Le débit à refouler (Q) ;
- La puissance et le rendement ;
- La vitesse spécifique.
- NPSH (Net Positive Section Head) ;
- Les courbes caractéristiques de la pompe ;
- Le point de fonctionnement de la pompe.

##### V.6.1 Débit refoulé :

C'est la quantité de liquide que la pompe peut déplacer par unité de temps. Il est mesuré en unités telles que (l/s), (m<sup>3</sup>/h). La capacité de débit d'une pompe centrifuge dépend de sa conception, de la taille du rotor et de la vitesse de rotation.

##### V.6.2 Hauteur manométrique totale :

La HMT d'une pompe est la différence de pression en mètre colonne de liquide (mCL) entre les orifices d'aspiration et de refoulement, (hauteur géométrique d'élévation totale) y compris la

pression nécessaire pour vaincre les pertes de charge dans les conduites d'aspiration et de refoulement ( $J_{asp}$ ,  $J_{ref}$ ).

Elle est obtenue en sommant la hauteur géométrique et les pertes de charges à l'aspiration ainsi qu'au refoulement. Cette hauteur est donnée comme suite :

$$H_{mt} = H_g + J_{asp} + J_{ref} \quad (V-1)$$

Avec :

- $H_{mt}$  : hauteur manométrique totale en (m) ;
- $H_g$  : hauteur géométrique en (m) ;
- $-J_{asp}$  : perte de charge à l'aspiration en (m) ;
- $J_{ref}$  : perte de charge au refoulement en (m).

#### **La hauteur géométrique de refoulement :**

C'est la mesure de l'énergie totale disponible pour déplacer le liquide à travers le Système.

#### **La hauteur géométrique d'aspiration :**

Fait référence à la différence de hauteur entre le niveau du liquide à pomper et centre de la pompe. Elle est également appelée élévation d'aspiration.

#### **V.6.3 Les pertes de charges :**

Les pertes de charge se réfèrent à l'énergie perdue lorsque l'eau circule dans les tuyaux, que ce soit lors de l'aspiration ou du refoulement. Cette perte d'énergie est mesurée en mètre de hauteur d'eau.

#### **V.6.4 Les puissances :**

On distingue deux types de puissance :

#### **Puissance absorbée par la pompe :**





C'est la puissance utile du moteur d'entraînement qui est transmise à la pompe notée par ( $P_a$ ), unité de mesure (KW).

#### **Puissance hydraulique (utile) :**

C'est la quantité d'énergie nécessaire pour déplacer un fluide d'un point à un autre. Elle dépend du débit de fluide, de la hauteur de refoulement, de la densité du fluide et de l'efficacité mécanique de la pompe. Cette puissance se calcule avec la formule :

$$P_a = \frac{\rho \cdot g \cdot H_{MT} \cdot Q}{\eta} \quad (V-2)$$

Avec :

-   $P_a$  : Puissance totale consommée (Kw) ;
-   $Q$  : Débit refoulé par la pompe (m<sup>3</sup>/s) ;
-   $H_{mt}$  : Hauteur manométrique totale (m) ;
-   $\eta$  : Rendement totale de l'installation .

#### **V.6.5 Le rendement :**

Un rendement élevé indique une pompe plus efficace, ce qui signifie qu'elle Consomme moins d'énergie pour fournir le même débit et la même hauteur de refoulement. Il exprime le rapport de la puissance utile à la puissance absorbée :

$$N = \frac{g \cdot Q \cdot H}{P_a} \quad (V-3)$$

Avec :

- $P_a$  : Puissance absorbée en (KW).
- $P_u$  : Puissance utile.
- $\eta$  : Rendement de la pompe.
- $H$  : Hauteur d'élévation en (m).

#### V.6.6 La vitesse de rotation :

La vitesse de rotation d'une pompe dépend de plusieurs facteurs, notamment le type de pompe, la puissance requise et les conditions de fonctionnement. En général, la vitesse de rotation est exprimée en tours par minute (RPM). Elle peut varier de quelques centaines à plusieurs milliers de tours par minute, selon l'application spécifique de la pompe.

#### V.6.7 NPSH (Net Positive Section Head) :

NPSH est simplement une mesure permettant de quantifier la hauteur manométrique d'aspiration disponible pour éviter la vaporisation au niveau le plus bas de la pression dans la pompe.

Ces caractéristiques hydrauliques d'une pompe centrifuge sont essentielles pour comprendre son fonctionnement, choisir le bon modèle pour une application spécifique et optimiser son utilisation pour assurer des performances efficaces et fiables.

### V.7 Les courbes caractéristiques de la pompe :

La courbe caractéristique d'une pompe centrifuge représente la relation entre le débit et la hauteur de refoulement. Elle est généralement graphique et permet de visualiser la performance de la pompe dans différentes conditions de fonctionnement. La courbe caractéristique peut aider à sélectionner la pompe appropriée pour une application donnée. On distingue trois types de courbe :

Les performances d'une pompe sont exprimées par les trois types de courbes suivantes :

- ✚ La courbe débit – hauteur (Q-H) qui illustre les variations des différentes hauteurs de refoulement en fonction des débits ( $H = f(Q)$ ).
- ✚ La courbe débit-puissance (Q-P) qui montre les variations des puissances absorbées en fonction des débits ( $P = f(Q)$ ).
- ✚ La courbe rendement-débit (Q- $\eta$ ) qui expose les variations des rendements de la pompe en fonction des débits ( $\eta = f(Q)$ ).

#### Variation de la vitesse de rotation :

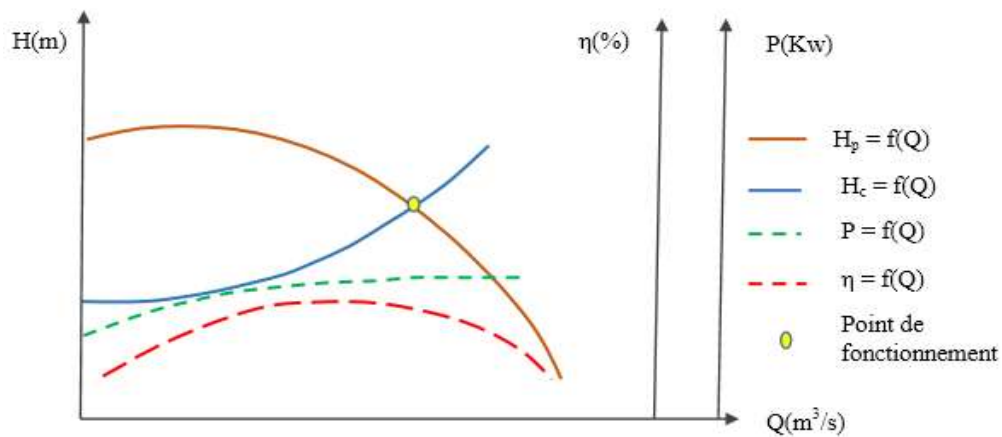


Figure V-9 : Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge.

### V.8 Le point de fonctionnement de la pompe :

Le point de fonctionnement d'une pompe est donné par l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe  $H = f(Q)$  et la caractéristique de la conduite  $H_c = f(Q)$ , ce point doit être positionné du point de rendement maximal de la pompe, également connu sous le nom de point nominal.

Dans le cas où le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré de coordonnées  $H$  et  $Q$  déterminés, on sera dans l'obligation d'apporter quelques modifications, afin d'adopter la pompe aux conditions de travail désirées. Pour cela, quatre cas peuvent se présenter ;

- ✚ Rognage sur la roue.
- ✚ Diminution du temps de pompage.
- ✚ Régulation par étouffement (Le vannage).
- ✚ Variabilité de la vitesse de rotation.

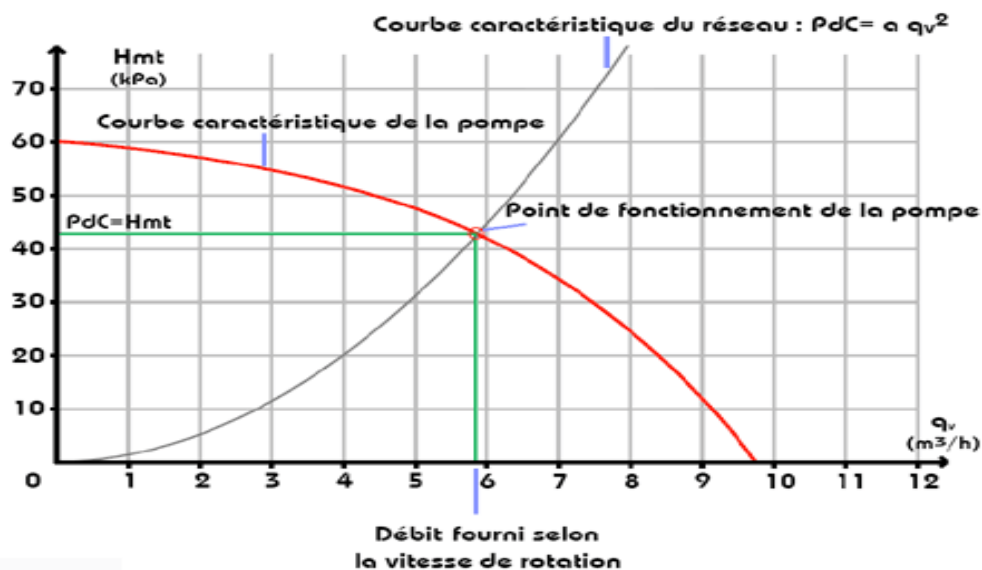


Figure V-10 : Point de fonctionnement d'une pompe.

### V.9 Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré :

Si le lieu où la pompe fonctionne ne correspond pas à l'emplacement souhaité défini par les valeurs H (hauteur de refoulement) et Q (débit), il sera nécessaire d'apporter des ajustements pour que la pompe puisse fonctionner conformément aux conditions souhaitées. Pour atteindre le point de fonctionnement souhaité, il est possible de modifier l'un des paramètres de fonctionnement de la pompe. C'est là que la loi de similitude devient utile. Pour y parvenir, il existe quatre cas possibles :

#### V.9.1 1<sup>er</sup> variante : Diminution du temps de pompage :

La méthode consiste à garder le point de fonctionnement obtenu tel qu'il est donnée le débit Q sera plus grand que le débit désiré ; pour cela, nous sommes tenus de faire diminuer le temps de pompage tout en conservant le volume d'eau constant. Par exemple le volume d'eau entrant dans le réservoir sur une période de temps T1 = 20 heures est donné par : V = 20Q1. Ce même volume sera obtenu par le refoulement d'un débit Q pendant une période de temps T. Par conséquent, nous pouvons écrire l'équation suivante :

$$Q \times T = 20 \times Q1 \quad (V-4)$$

D'où :

$$T = 20 \times \frac{Q1}{Q} \quad (V-5)$$

Avec :

- ✚ P<sub>α</sub> : Puissance absorbée en (KW).
- ✚ Q : Débit à refouler en (m<sup>3</sup>/s).
- ✚ H<sub>mt</sub> : Hauteur manométrique total (m).
- ✚ H : Rendement de la pompe

#### V.9.2 2<sup>ème</sup> variante: Régulation par étouffement (Le vannage) :

Elle implique l'utilisation d'une vanne au niveau du refoulement pour induire une perte de charge permettant d'atteindre le débit Q1. Cela aura un impact sur la puissance absorbée, qui sera :

$$P_{\alpha} = \frac{g \cdot Q1 \cdot H'}{\eta} \quad (V-6)$$

Avec :

- ✚ P<sub>α</sub> : Puissance absorbée en (KW).
- ✚ Q : Débit à refouler en (m<sup>3</sup>/s).
- ✚ H<sub>mt</sub> : Hauteur manométrique total (m).
- ✚ H : Rendement de la pompe

$$H' = H1 + h_v \quad (V-7)$$

- ✚ H' : Hauteur créée par la pompe pour le débit désiré Q1 (m).
- ✚ h<sub>v</sub> : Perte de charge engendrée par vannage (m).

✚  $\eta$  : Rendement (%).

**V.9.3 3<sup>ème</sup> variante : Rognage de la roue :**

Le rognage se réalise en maintenant la même vitesse de rotation N. Cela consiste à tracer une droite partant de l'origine et passant par le point P1. Cette droite intersecte la courbe caractéristique de la pompe au point P2 (Q2, H2) avant le rognage, qui correspond au point homologue du point souhaité.

Avec :

✚ m : Coefficient de rognage.

Le pourcentage de rognage (r) sera :

$$r = 1 - m \quad (\text{V-8})$$

**V.9.4 4<sup>ème</sup> variante : Variabilité de la vitesse de rotation :**

Dans ce cas, la vitesse de rotation est modulée, et une réduction de celle-ci entrainera une diminution du débit, ainsi que de la puissance absorbée.

Pour déterminer la nouvelle vitesse de rotation, notée N', nous utilisons une approche graphique. Nous traçons une parabole d'équation  $H = a \times Q^2$ , connue sous le nom de courbe d'iso-rendement, qui passe par le point homologue correspondant à P. Cette parabole intersecte également la courbe caractéristique de la pompe au point P3 (Q3, H3). Ainsi, nous pouvons déduire la valeur de la nouvelle vitesse de rotation N' en fonction des données fournies :

$$N' = N * \frac{Q1}{Q3} \quad (\text{V-9})$$

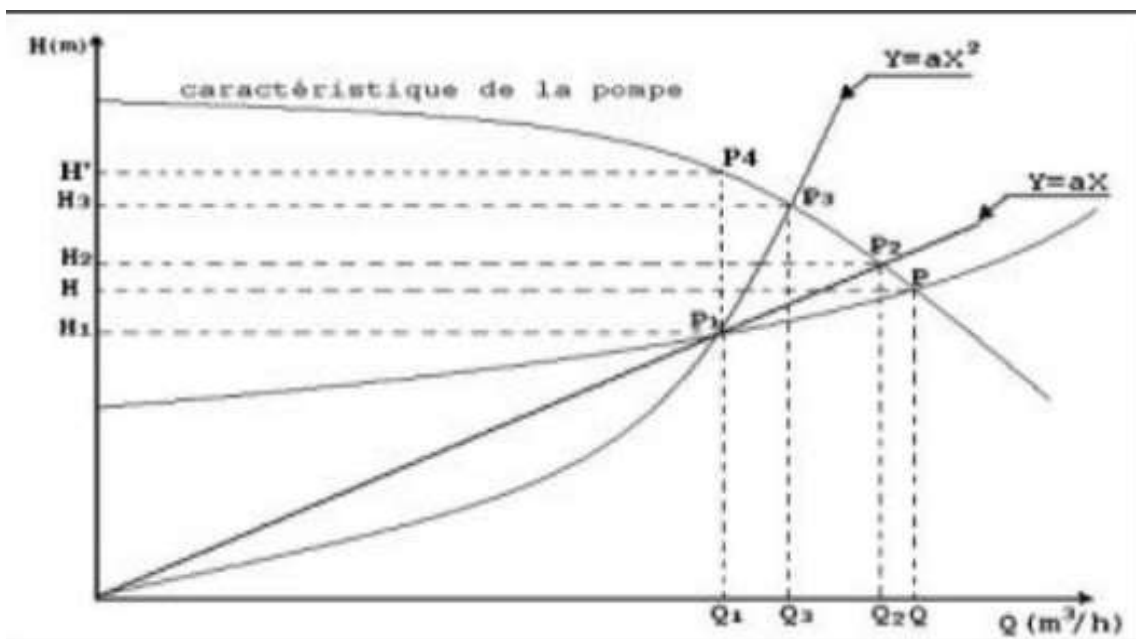


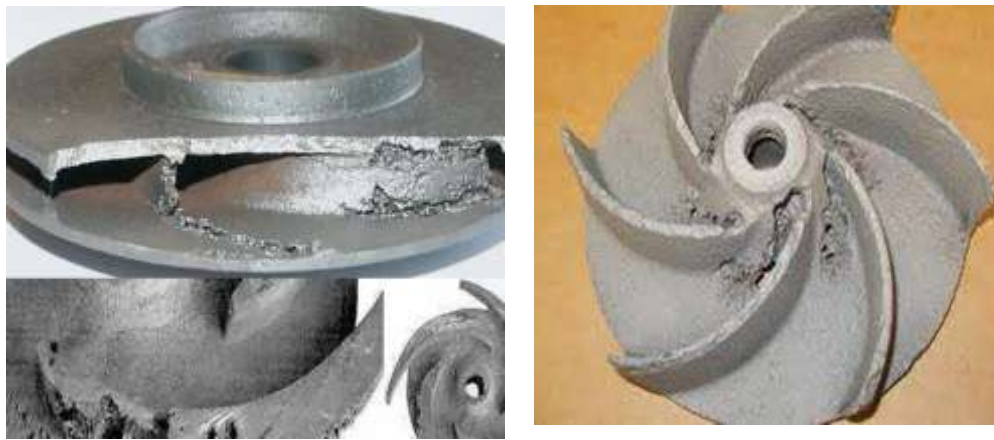
Figure V-11: Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré.

### V.10 Etude de cavitation :

La cavitation est un phénomène physique très complexe, Ce phénomène se produit dans les parties internes de la pompe où la pression absolue à l'entrée de la pompe descend en dessous de la tension vapeur du liquide pompé.

Il se forme de cavités remplies de vapeur de d'air, qui, dans les zones de pression les plus élevées, provoquent d'importantes perturbation, bruit dans l'écoulement et des vibrations, ce qui entraîne la détérioration des caractéristiques hydraulique et l'érosion des matériaux au niveau de la pompe.

Pour éviter ce phénomène, on doit assurer à l'aspiration une certaine pression dite : charge nette minimale disponible à l'aspiration (NPSH)<sub>d</sub> (donnée par l'utilisateur), qui sera supérieur à la charge nette minimale requise à l'aspiration (NPSH)<sub>r</sub> (donnée par le constructeur). (NPSH)<sub>d</sub> > (NPSH)<sub>r</sub>.



*Figure V-12: Le phénomène de la cavitation.*

Concrètement, la cavitation entraîne une série de dommages en cascade :

- Érosion des composants mécaniques en contact direct avec le fluide.
- Baisse du rendement, dû aux tourbillons qui se forment en raison de l'irrégularité de la surface.
- Vibrations excessives causées par le déséquilibre du poids et par la haute vitesse de rotation de la turbine.

La NPSH requis (NPSH)<sub>r</sub> est la hauteur minimale du liquide, supposée à sa température d'ébullition, nécessaire au-dessus de l'aspiration, pour empêcher la Cavitation. Il dépend de :

- ✓ Type de la pompe.
- ✓ Point de fonctionnement.

Il est donné par le fabricant sous la forme d'une courbe donnant le NPSH requis (en mètre de liquide) en fonction du débit.

Le NPSH disponible (NPSH)<sub>d</sub> est simplement une mesure permettant de quantifier la hauteur manométrique d'aspiration disponible pour éviter la vaporisation au niveau le plus bas de la pression dans la pompe.

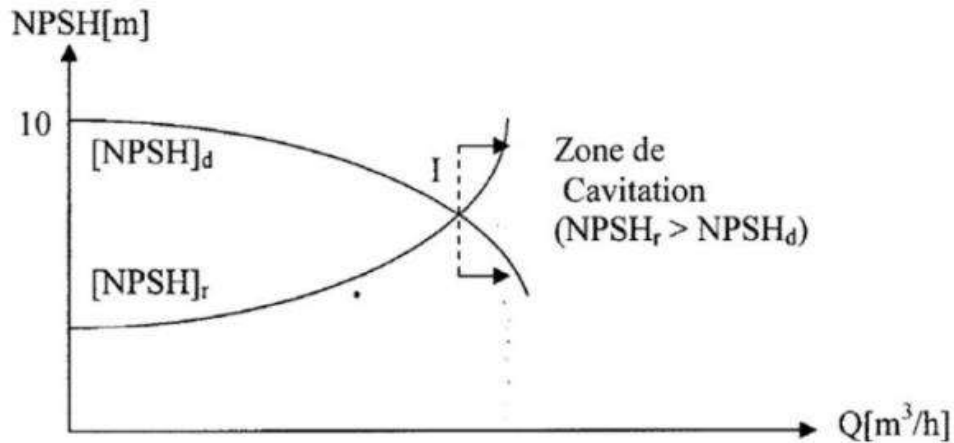


Figure V-13: Graphe des courbes NPSH.

**Calcul du NPSH<sub>d</sub> :**

- ✓ **Installation en charge :**

$$(\text{NPSH})_d = \frac{P_0}{g \cdot \rho} - H_a - (J_a + T_v) \quad (\text{V-10})$$

Pour ce type d'installation, la pompe est installée de sorte que la cote de son axe soit au-dessous du plan d'eau d'aspiration, d'une hauteur  $h_a$ , et de  $h_r$  au-dessous de celui du refoulement. La figure est montrée en un schéma simplifié ce type d'installation.

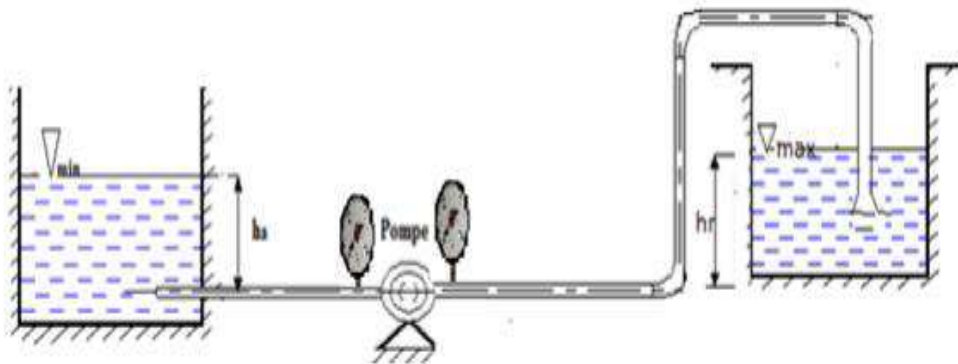


Figure V-14 : Installation en charge.

Avec :

- ✓  $H_a$  : Hauteur d'aspiration en (m).
- ✓  $J_a$  : Perte de charge à l'aspiration en (m).
- ✓  $P_0 / (g \times \rho)$  : Pression en mètre colonne d'eau au point d'aspiration en (m).
- ✓  $T_v$  : La pression de vapeur maximale que l'air peut supporter à une température donnée.

- ✓ **Installation en aspiration (en dépression) :**

Dans ce type d'installation, la pompe est installée de sorte que la cote de son axe soit au-dessus du plan d'eau d'aspiration, d'une hauteur  $H_a$ , et de  $H_r$  au-dessous de celui du refoulement.

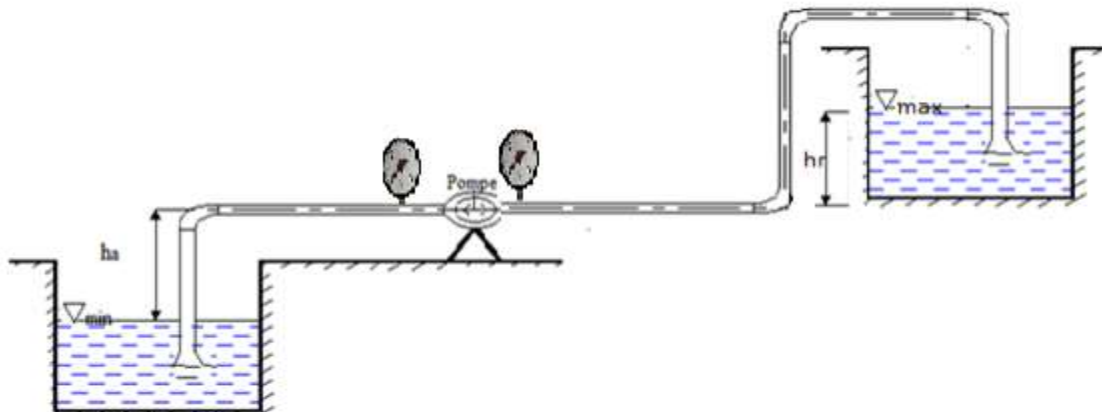


Figure V-15 : Installation en aspiration.

Avec :

- ✓  $H_a$  : Hauteur d'aspiration en (m).
- ✓  $J_a$  : Perte de charge à l'aspiration en (m).
- ✓  $P_0 / (g \times \rho)$  : Pression en mètre colonne d'eau au point d'aspiration en (m).
- ✓  $T_v$  : La pression de vapeur maximale que l'air peut supporter à une température donnée.

Dans notre étude  $T=20^\circ\text{C}$ .

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

$T^\circ(\text{c})$	0	4	10	20	30	40	50	60	70	80	100
$T_v(\text{m})$	0,06	0,083	0,0125	0,24	0,43	0,75	1,26	2,03	4,1	4,8	10,23

## V.11 Choix du type des pompes du projet :

### V.11.1 Tronçon Abada Haut – Al mounnine :

#### ❖ Caractéristique de la conduite :

- Le débit refoulé : 1,654l/s.
- La hauteur géométrique :  $H_g = 38 \text{ m}$ .
- La hauteur manométrique totale : 90,40Hmt.

#### ❖ Caractéristique de la pompe :

Après introduction des données dans le catalogue CAPRARI, il s'est avéré que les pompes à axe horizontal disponibles sont de très faibles rendements. Alors on a fait recours aux pompes immergées multicellulaires. Ces pompes doivent être installées dans un puisard au niveau du réservoir. Les caractéristiques de la pompe pour le tronçon Abada Haut – Al mounnine sont comme suit :

- N = 2850 tr/min
- $\eta = 66 \%$ .
- P = 2,54KW.
- NPSHr = 7m
- Le point de fonctionnent P:(1,7; 104 m)
- Le point désiré P1 :(1,654; 90,40m)

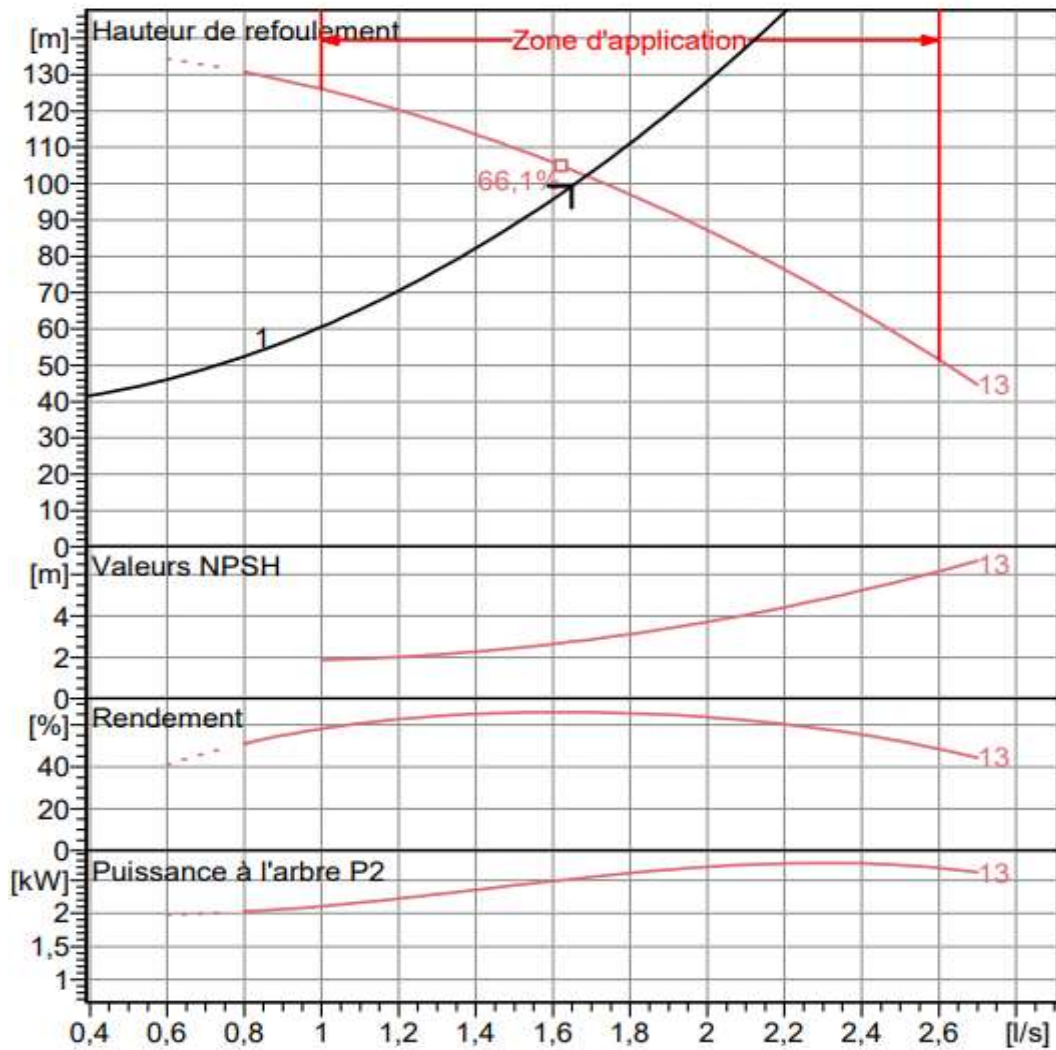


Figure V-16 : Courbe caractéristique de la pompe.

Après l’analyse de la courbe caractéristique de la pompe choisie, on constate que Le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point que l’on désire avoir, des modifications doivent être apportées.

✚ Réduction du temps de pompage :

$$Q1 \times T1 = Q2 \times T2$$

$$T2 = \frac{T1 \times Q1}{Q2} = \frac{20 \times 1,654}{1,7} = 19h45min$$

✚ La puissance absorbée :

$$Pa = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0017 \times 104}{0,66} = 2,62KW$$

Dans ce cas le volume du réservoir va changer selon le nouveau temps de pompage :

#### ✚ Le vannage :

Dans le cas du vannage, on va créer une perte de charge singulière estimée comme suit :

$$h = H' - h1 = 104 - 90,40 = 13,6m$$

La puissance absorbée :

$$\rho = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0164 \times 104}{0,66} = 25,351kw$$

Réalisation de point désiré :

La courbe caractéristique de la pompe :

On a :

$$HP = \alpha \times Q^2 + b$$

D'après la courbe caractéristique de la pompe on tire les deux points suivant :

- ✓ H=104m ; Q=1,7 l/s
- ✓ H=90,40m ; Q=1,654 l/s

Remplaçons ces coordonnées dans l'équation on obtient :

- ✓  $104 = \alpha \times (1,71)^2 + b$
- ✓  $90,40 = \alpha \times (1,654)^2 + b$

$$b = 90,40 - 2,735 \alpha$$

Remplaçant b dans l'équation (2) on obtient

$$\alpha = -0,906$$

Ce que donne :

$$HP = -0,906 \times Q^2 + (104 - 2,735(-0,906))$$

Donc, L'équation de la courbe caractéristique de la pompe sera :

$$HP = -0,906 \times Q^2 + 101,50$$

Avec ; Hp=H on trouve : Q=3,5l/s ; H=90,40m.

Alors ;  $N' = 2850 \times \frac{1,7}{3,5} = 1384,28tr : min.$

$$\rho = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 1,65 \times 102,07}{0,66} = 4,03KW$$

#### ✚ Rognage de la roue :

$$m = \left(\frac{Q1}{Q2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{H1}{H2}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,98 = 98\%$$

$$r = 1 - 0,98 = 0,02$$

### V.11.2 Caractéristiques du tronçon Boummati- SR :

#### ❖ Caractéristique de la conduite :

- Le débit refoulé : 1,23l/s
- La hauteur géométrique : Hg = 70,19

- La hauteur manométrique totale : 105,15

❖ *Caractéristique de la pompe ;*

Selon les informations du catalogue CAPRARI, le choix se porte sur une pompe Centrifuge Pompe immergée de type radial de type E4XED35/27 + MCR475-8. Les spécifications détaillées sont fournies dans l'annexe (V.2), et voici les caractéristiques associées ;

- N : 2850tr/min
- $\eta$  : 65%
- P : 2,34KW
- Le point de fonctionnement P (Q=1,23l/s;105m).
- Le point désiré P1 (Q=1,38l/s ;114m).

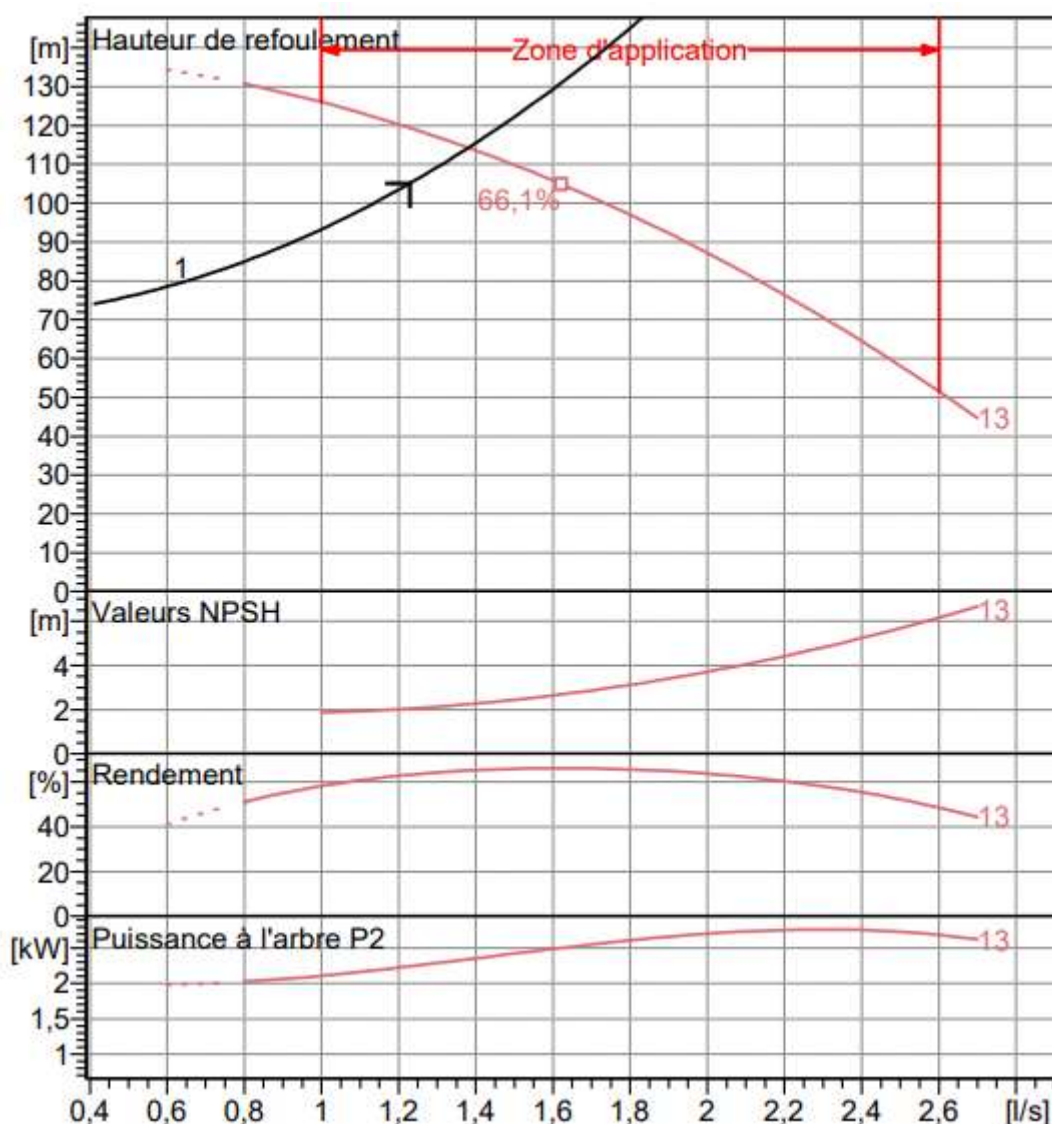


Figure V-17: Courbe caractéristique de la pompe B de la SP.

Après l'analyse de la courbe caractéristique de la pompe choisie, on constate que le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point que l'on désire avoir, des modifications doivent être apportées.

✚ Réduction du temps de pompage :

$$Q1 \times T1 = Q2 \times T2$$

$$T2 = \frac{T1 \times Q1}{Q2} = \frac{20 \times 1,38}{1,23} = 22\text{h}43\text{min}$$

✚ La puissance absorbée :

$$Pa = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0123 \times 105}{0,65} = 2,35\text{KW}$$

Dans ce cas le volume du réservoir va changer selon le nouveau temps de pompage :

✚ Le vannage :

$$h = H' - h1 = 114 - 105,15 = 8,83\text{m}$$

La puissance absorbée :

$$\rho = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0123 \times 114}{0,65} = 21,162\text{kw}$$

Réalisation de point désiré :

La courbe caractéristique de la pompe :

On a :

$$HP = \alpha \times Q^2 + b$$

D'après la courbe caractéristique de la pompe on tire les deux points suivant :

✓  $H=105,15\text{m}$  ;  $Q=1,23$  l/s

✓  $H=114\text{m}$  ;  $Q=1,38$ /s

Remplaçons ces coordonnées dans l'équation (10) on obtient :

✓  $105,15 = \alpha \times (1,23)^2 + b$  (1)

✓  $114 = \alpha \times (1,38)^2 + b$  (2)

$$b = 105,15 - 1,51 \alpha$$

Remplaçons b dans l'équation (2) on obtient

$$\alpha = -22$$

Ce que donne :

$$HP = -22 \times Q^2 + (115,15 - 1,51(-22))$$

Donc, L'équation de la courbe caractéristique de la pompe sera :

$$HP = -22 \times Q^2 + 149,56$$

Avec ;  $H_p=H$  on trouve :  $Q=1,40$ l/s ;  $H=106,44$ m.

Alors :  $N=2850 \times \frac{1,38}{1,23} = 3197,57\text{tr} : \text{min}$ .

$$\rho = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 105,15 \times 0,0014}{0,65} = 2,22\text{KW}$$

✚ Rognage de la roue :

$$m = \left(\frac{Q1}{Q2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{H1}{H2}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,99 = 99\%$$

$$r = 1 - 0,99 = 0,01$$

V.11.3 Caractéristiques du tronçon SR-Ioualichene :

❖ **Caractéristique de la conduite :**

- Le débit refoulé : 1,23l/s
- La hauteur géométrique :  $H_g = 88,81$
- La hauteur manométrique totale : 125,03

❖ **Caractéristique de la pompe ;**

Selon les informations du catalogue CAPRARI, le choix se porte sur une pompe Centrifuge Pompe immergée de type radial de type E4XED35/27 + MCR475-8. Les spécifications détaillées sont fournies dans l'annexe (V.2), et voici les caractéristiques associées ;

- N : 2850tr/min
- $\eta$  : 65,7%
- P : 2,75KW
- Le point de fonctionnent P ( $Q=1,38l/s$ ; 135m).
- Le point désiré P1 ( $Q=1,23l/s$ ; 125m).

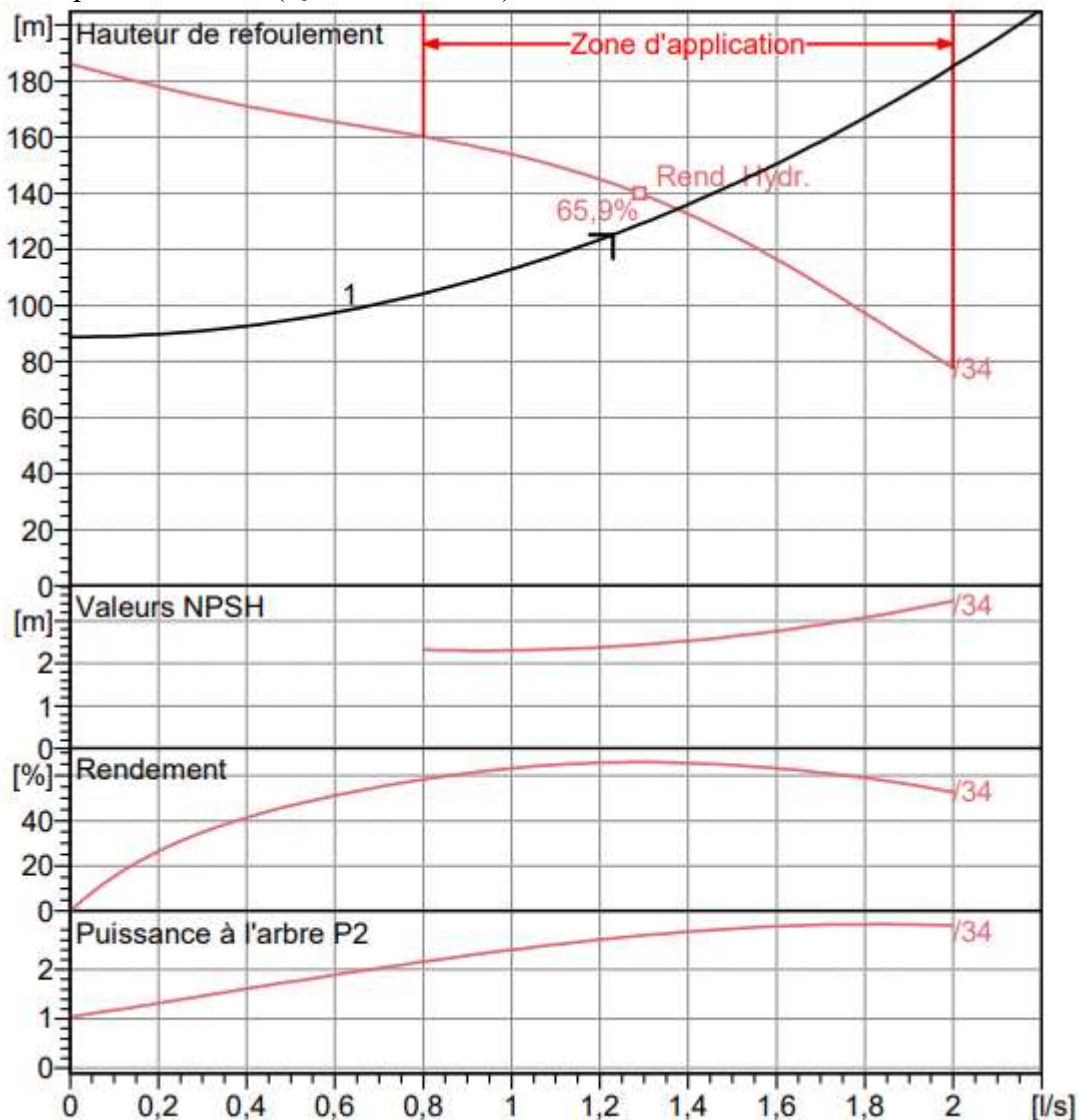


Figure V-18: Courbe caractéristique de la pompe SP de la B..

Après l'analyse de la courbe caractéristique de la pompe choisie, on constate que Le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point que l'on désire avoir, des modifications doivent être apportées.

✚ Réduction du temps de pompage :

$$Q1 \times T1 = Q2 \times T2$$

$$T2 = \frac{T1 \times Q1}{Q2} = \frac{20 \times 1,23}{1,38} = 22h43min$$

✓ Puissance absorbée :

$$Pa = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0128 \times 134}{0,657} = 2,76KW$$

Dans ce cas le volume du réservoir va changer selon le nouveau temps de pompage :

✚ Le vannage :

$$h = H' - h1 = 134 - 125 = 9m$$

La puissance absorbée :

$$\rho = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0123 \times 134}{0,657} = 2,76kw$$

Réalisation de point désiré :

✚ La courbe caractéristique de la pompe :

On a :

$$HP = \alpha \times Q^2 + b \quad (3)$$

D'après la courbe caractéristique de la pompe on tire les deux points suivant :

✓  $H=125m ; Q=1,23 \text{ l/s}$

✓  $H=134m ; Q=1,38/s$

Remplaçons ces coordonnées dans l'équation (3) on obtient :

✓  $125 = \alpha \times (1,23)^2 + b \quad (1)$

✓  $134 = \alpha \times (1,38)^2 + b \quad (2)$

$$b = 125 - 1,51 \alpha$$

Remplaçant b dans l'équation (2) on obtient

$$\alpha = -23$$

Ce que donne :

$$HP = -23 \times Q^2 + (125 - 1,51(-23))$$

Donc, L'équation de la courbe caractéristique de la pompe sera :

$$HP = -0,03 \times Q^2 + 101,27$$

Avec ;Hp=H on trouve : Q=1,01l/s ;H=78,04m.

Alors :  $N=2850 \times \frac{1,38}{1,23} = 3197,56tr: min.$

$$\rho = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,00101 \times 125}{0,657} = 1,885KW$$

✚ Rognage de la roue :

$$m = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,90 = 90\%$$

$$r = 1 - 0,94 = 0,10$$

### V.12 Etude de cavitation :

Tableau V-2 : tableau récapitulatif.

Tronçon	Tv	Ha	P0/w	NPSHd	NPSHr	Observation
AB-Almo	0,24	1	10,0900	11,3300	7,6	Non cavitation
BO-SR	0,24	1	10,0900	11,3300	7,6	Non cavitation
SR-Ioual	0,24	1	10,0900	11,3300	3,2	Non cavitation

Alors la condition de non cavitation est vérifiée, puisque « NPSHd > NPSHr »

### V.13 Conclusion :

Au cours de ce chapitre nous avons pu déterminer les caractéristiques des pompes qui conviennent à notre projet. Ce chapitre met en évidence l'importance cruciale des pompes au sein d'un système hydraulique efficace et fiable. De plus, grâce à l'utilisation du catalogue « CAPRARI PUMP TUTOR », nous avons pu sélectionner les pompes adéquates pour répondre aux exigences spécifiques de notre projet qui a deux stations de pompages.

*Chapitre VI : Pose et protection des conduites*

### ***VI.1 Introduction :***

Dans ce chapitre nous allons mentionner, dans la première partie, les différents types de pose des conduites et les obstacles qui peuvent être rencontrés. Dans les parties suivantes, on propose les méthodes de protection des conduites contre plusieurs phénomènes, tels que la corrosion et le coup de bélier.

Toute canalisation posée en terre nécessite une protection contre les différentes contraintes éventuelles, tels que l'agressivité des sols et la flexion longitudinale. En plus de ces contraintes, les conduites d'adduction sont soumises au phénomène du coup de bélier dont la brutalité est susceptible d'entraîner des ruptures de tuyaux. Il est donc de toute première importance d'étudier les moyens propres à limiter ses effets, puisqu'il en résultera une économie dans la construction des tuyaux, lesquels sont calculés, notamment, pour résister à une pression intérieure donnée.

En général, les conduites d'adduction qu'elles soient gravitaires ou par refoulement sont exposées aux dangers de destruction et de dégradation, causés par les phénomènes suscités. Dans le but de procurer une longévité aux conduites, il est nécessaire de les protéger.

### ***VI.2 Type de pose de conduite :***

La pose des conduites est une étape très importante et très délicate qui demande une attention particulière pour que ces dernières résistent aux différentes charges, au mouvement du sol et des conditions climatiques (gel, haute température...).

Les conduites peuvent être posées en terre, en galerie, en élévation au-dessus du sol, sur les ouvrages d'art, dans le lit d'une rivière ou dans un sous-sol marin.

Généralement, les conduites sont posées en tranchées afin d'être protégées et d'éviter des obstacles à la circulation [8].

La pose des conduites commence par une phase de planification approfondie. Cela comprend la conception du réseau, le tracé des itinéraires, la sélection des matériaux, la détermination des profondeurs d'enfouissement et l'évaluation des besoins en termes de capacité et de débit.

Selon le type de conduites, l'environnement, la topographie du terrain et sa nature, il existe plusieurs variantes de pose de conduites :

#### ***VI.2.1 Pose en terre (Tranchées) :***

C'est la méthode la plus courante pour la pose de conduites. Les conduites sont enterrées dans des tranchées creusées dans le sol.

- Une distance de 0,6 à 1,20 m doit être aménagée au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite. Pour éviter les dégâts qui pourraient être causés par le gel.
- Un lit de pose d'épaisseur 0,15 à 0,20 bien pilonné et nivelé, ce lit de pose est constitué ;
  - ✓ Par du gravier dans les terres ordinaires.
  - ✓ Par de la pierre cassée à l'anneau de 5 cm pour former un drain dans les terrains imperméables ou rocheux.

- ✓ Par un lit de béton maigre dans les parties rocheuses possédant des pentes.

**TableauVI-1 : Le tableau ci-dessous récapitule les dimensions et les matériaux utilisés dans une tranchée.**

Couche	Matériau	Hauteur de remblai
Lit de pose	Sable 0,1 à 5 mm	Couche d'au moins 10 cm
Assise	Sable 0,1 à 5 mm	Jusqu'à la hauteur axe du tube
Remblai de protection	Sable 0,1 à 5 mm	10 cm au-dessus de la conduite
Remblai supérieur	Réutilisation déblai	Jusqu'à la surface

**VI.2.2 La pose dans un terrain marécageux :**

Il est prévu dans la tranchée un moyen de drainage recouvert d'un lit de gravier puis d'un lit de pose en béton sur lequel repose la canalisation. [9] .

**VI.2.3 La pose dans un terrain peu consistant :**

La pose de conduites dans un terrain peu consistant présente des défis particuliers en matière de stabilité, pour cela il est nécessaire de la mettre sur une semelle en béton armé avec interposition d'un lit de sable.



**FigureVI-1 : Pose de conduite en tranchée dans un terrain peu consistant.**

**VI.2.3.1 Traversée d'une route :**

À cause des différentes charges à supporter qui peuvent provoquer des ruptures au niveau des conduites, et par conséquent des infiltrations nuisibles, la canalisation sera introduite à l'intérieur d'une buse de diamètre supérieur pour la préserver des vibrations et des surcharges [8].

Dans le cas où le tracé des conduites traverse la route, la pose des conduites doit se faire dans une gaine en matériaux suffisamment résistantes pour protéger la conduite aux vibrations. La profondeur d'enfouissement doit être au minimum de 1m sous la chaussée.

**VI.2.4 Traversée d'une rivière :**

Lorsque des canalisations doivent être installées à travers une rivière, divers travaux d'aménagement sont nécessaires en fonction de la condition de la traversée et la taille du réseau ; si un pont routier existe, il sera utilisé comme support pour les canalisations, soit celle-ci sera suspendue au tablier. [9]

**VI.2.4.1 Les butées :**

Afin de garantir la solidité et la résistance des canalisations face aux forces exercées par la pression de l'eau au niveau des coudes et des raccordements, on envisage de construire des massifs en béton (Butée) qui empêchent le déboitement et la rupture grâce à leur poids

**VI.2.4.2 Désinfection des conduites :**

Une fois que les travaux d'adduction, de distribution ou après toute réparation sur une canalisation sont achevés, il faut désinfecter le long du réseau selon les instructions du laboratoire avec du chlore ou de permanganate de potassium, ensuite on procédera au rinçage des conduites avec de l'eau claire avant de livrer l'eau à la consommation publique.

**VI.3 Protection des conduites [13]:**

En général, les conduites d'adduction qu'elles soient gravitaires ou par refoulement sont exposées aux dangers de destruction et de dégradation, causés par des phénomènes, tels que :

- L'accumulation d'air dans les conduites,
- L'apparition d'onde de pression ou dépression,
- L'action des contraintes externes,
- L'attaque par la corrosion,
- L'entourage des conduites,
- Etc...

Dans le but de procurer une longévité aux conduites, il est nécessaire de les protéger.

**VI.4 Contre la corrosion :**

La corrosion désigne l'impact destructeur que l'environnement exerce sur les conduites métalliques. Elle découle d'un processus impliquant l'échange d'ions et se manifeste sous deux formes distinctes :

**✓ Corrosion externe :**

Cette corrosion est caractérisée par une attaque du métal due à des phénomènes extérieurs en liaison, le plus souvent, soit avec la nature du sol, soit avec des installations électriques à courant continu situé au voisinage du réseau d'alimentation en eau potable.

Si ces phénomènes sont importants, il peut se produire une destruction rapide des canalisations par perforation ou attaque sous forme de couche de rouille.

**✓ Corrosion interne :**

La corrosion interne des conduites est liée à la nature de l'eau qu'elle véhicule et sa composition, elle dépend en particulier :

- Du PH ;
- De la teneur en carbonate et bicarbonate ;
- De la teneur en oxygène dissout dans l'eau ;
- De la vitesse de circulation de l'eau ;
- De la minéralisation de l'eau.

Pour remédier à cela ; il faut :

- Un revêtement intérieur fait à l'usine,
- Eviter les faibles vitesses de circulation dans les conduites,

- Evacuation de l'air par voie des ventouses.
- L'exécution des travaux devra ensuite être suivie attentivement.

### ***VI.5 Le phénomène du coup de bélier :***

#### ***VI.5.1.1 Définition et origine des coups de bélier :***

Le coup de bélier est phénomène oscillatoire spécifique au régime transitoire. Il se produit dans les conduites sous pression, que ce soit par gravité ou par refoulement. Il se caractérise par la formation d'une onde de pression, positive ou négative due à une variation de régime hydraulique. Sa propagation ou célérité, ne dépend généralement pas de l'amplitude de l'onde lorsqu'elle est faible. L'onde rebondit sur les obstacles, notamment sur les extrémités de la conduite, et change de signe en fonction des conduites physiques rencontrées.

Le coup de bélier, en hydraulique est un phénomène résultant d'un écoulement non permanent (transitoire) qui apparaît dans une conduite lorsqu'on provoque une variation importante du débit à l'extrémité aval de celle-ci (la conduite). Autrement dit, les coups de bélier sont des ondes de suppression 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.

#### ***VI.5.1.2 Les principales causes du phénomène du bélier :***

Particulièrement, les générateurs des coups de bélier sont les suivants :

- ✓ Fermeture instantanée d'un robinet vanne placé au bout d'une conduite d'adduction ;
- ✓ Arrêt brutal par disjonction inopinée d'un ou des groupes de pompes alimentant une conduite de refoulement débitant dans un réservoir ;
- ✓ Démarrage d'un groupe électropompe à vanne ouverte ;
- ✓ Démarrage ou arrêt d'une pompe dépitant dans une conduite déjà alimentée.
- ✓ Modification de la vitesse d'une pompe ;
- ✓ La mise en marche des pompes dans les conduites en charge par refoulement.
- ✓

#### ***VI.5.1.3 Conséquences du coup de bélier :***

Les conséquences de ce phénomène sont les suivantes :

- ✓ Déboîtement des conduites ;
- ✓ Détérioration des joints ;
- ✓ Erosion des joints, rendant la conduite non étanche ;
- ✓ Détérioration des revêtements intérieurs ;
- ✓ Rupture de la conduite, éclatement dû à la surpression et l'écrasement qui est dû à la dépression.

#### ***VI.5.1.4 Moyens de protection contre les coups de bélier :***

Les appareils anti-bélier devront avoir pour effet :

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

Les appareils les plus utilisés sont les suivants :

- ✓ Volant d'inertie ;
- ✓ Soupape de décharges ;
- ✓ Les ventouses ;
- ✓ Clapet by-pass,
- ✓ Cheminée d'équilibre ;
- ✓ Les réservoirs d'air ;

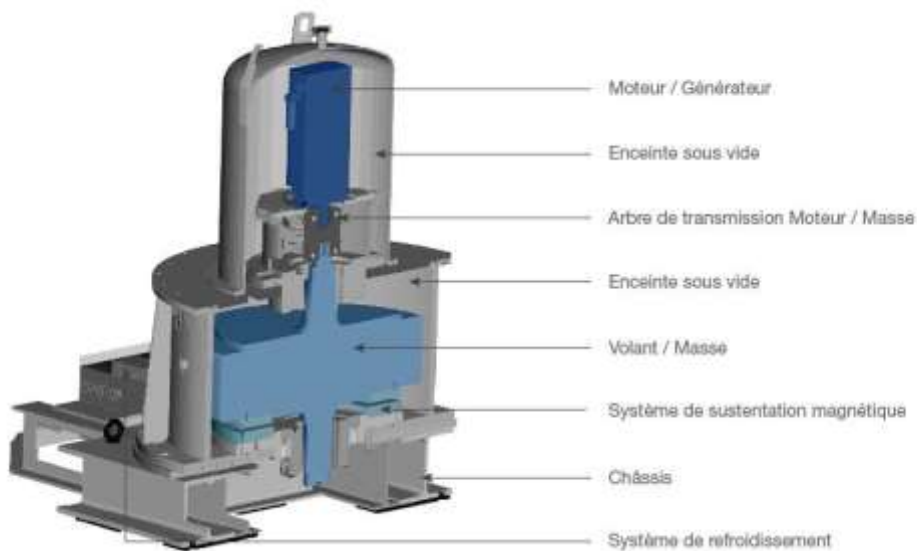
- ✓ Vanne de fermeture lente.

➤ **Le volant d'inertie :**

Le volant d'inertie représente un mécanisme conçu pour prévenir la dépression en transformant l'arrêt abrupt des pompes en un arrêt progressif grâce à la conversion de l'énergie cinétique emmagasinée. Fixé sur l'arbre du groupe, le volant d'inertie accumule de l'énergie lors de la disjonction, ce qui rallonge la durée d'arrêt du groupe et diminue l'ampleur de la dépression. [8]

Ce système est généralement peut ou non utilisable, car :

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



**FigureVI-2 : Volant d'inertie.**

➤ **Les soupapes de décharge :**

Les soupapes de décharge sont des équipements mécaniques qui s'ouvrent pour réduire la surpression. Ces appareils font intervenir un organe mécanique, un ressort à boudin ; ordinairement, qui par sa compression, obture en exploitation normale, un orifice placé sur la conduite, le cas échéant, le débit de retour de la conduite correspond à la valeur de la surpression admissible.

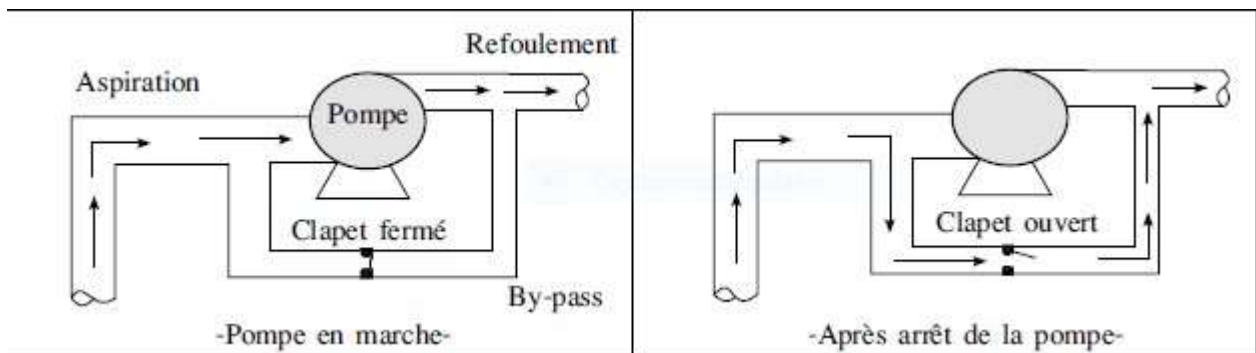
Cette soupape ne doit s'ouvrir que sous une pression déterminée, légèrement supérieure (5% environ) à la pression normale. L'ouverture doit se faire très rapidement pour que l'opération soit efficace.



FigureVI-3 : soupape de décharge.

➤ *Clapet by-pass :*

Situé entre la section d'aspiration et la section de refoulement de la pompe. Lorsqu'un arrêt soudain se produit, la dépression dans la conduite entraîne l'ouverture du clapet, ramenant ainsi la pression à un niveau équivalant à celui de la section d'aspiration.



FigureVI-4 : Principe de protection anti-bélier avec by-pass.

➤ *Les ventouses :*

Les ventouses, également connue sous le nom reniflards, ont pour fonction principale d'éliminer l'air emprisonné dans la conduite. De plus, elles facilitent l'admission d'air dans ces conduites lorsqu'il est nécessaire de les vider ou en cas d'apparition générale de cavitation à un point élevé.

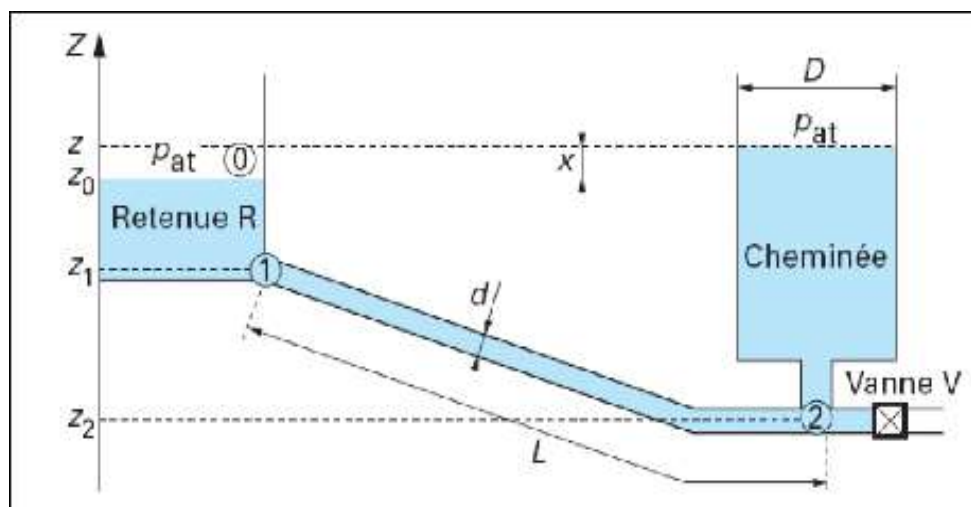


FigureVI-5 : Ventouse.

➤ *Cheminées d'équilibre :*

Une cheminée d'équilibre se compose d'un réservoir cylindrique ouvert à l'air, avec un axe vertical. Elle remplit la même fonction que les réservoirs d'air, mais elle est utilisée dans des ouvrages de taille significative, en particulier dans le cas de hauteurs de refoulement moyenne ou élevées.

Elle est également utilisée sur le trajet de refoulement lorsque des ponts élevés peuvent entraîner une cavitation en régime transitoire. Elle présente plusieurs avantages notamment ;



FigureVI-6 : Cheminée d'équilibre.

➤ *Réservoir d'air :*

Il s'agit d'un réservoir métallique situé dans la station de pompage, où l'eau est stockée sous pression et connecté en aval du clapet de refoulement. Quand il y a une interruption, une

dépression et connectée en aval du clapet de refoulement. Ce qui pousse une partie de l'eau hors de la cloche et dans la conduite. Après une diminution progressive, puis une annulation du débit dans la conduite l'eau revient on arrière en remonte dans la cloche. [8]



FigureVI-7 : Réservoir d'air.

TableauVI-2 : tableau récapitulatif des différents équipements anti-bélier, avantages et inconvénients des appareils anti-bélier :

	Avantages	Inconvénients	Observation
Soupape de décharge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cout limité.</li> <li>• Entretien et réglage Facile</li> <li>• Ne consomme pas d'énergie.</li> <li>• Indépendant d'une installation électrique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nécessite un entretien et un contrôle attentif (ressort).</li> <li>• Pertes considérables d'eau pendant le fonctionnement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisé come protection contre la surpression</li> </ul>
Cheminée d'équilibre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bon fonctionnement (ne comporte pas d'organes mécanique susceptible de fonctionnement défectueux).</li> <li>• Importante durée devie.</li> </ul>	Possibilités d'installation limitées. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ouvrage couteux (hauteur généralement très développée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisé comme protection contre la dépression et la surpression.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indépendante d'une installation électrique.</li> <li>• Pas de pertes d'eau.</li> </ul>		
Réservoir d'air	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bon fonctionnement.</li> <li>• Bonne sécurité.</li> <li>• Pas des pertes d'eau</li> </ul>	Entretien et réglage compliqués qui exige du personnel qualifié. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cout élevé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisé comme protection contre la dépression et la surpression</li> </ul>
Volent d'inertie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositif économique.</li> <li>• Intéressant sur les installations qui ne s'arrêtent par trop souvent .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consommation d'énergie protection limitée par la puissance du moteur et les caractéristiques de démarrage.</li> <li>• Inapproprié dans les stations à fortes fréquence de démarrage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisé comme protection contre la dépression.</li> </ul>

**VI.6 Etude du coup de bélier :**

Dans cette analyse, nous procédons au calcul des variations de pression, à savoir la surpression et la dépression. Cette évaluation sera réalisée pour chaque segment, en veillant à ce que la pression reste en dessous de la pression de fonctionnement tolérable. Si, pour un segment donné il s'avère que cette condition n'est respectée il est impératif d'installer un dispositif anti-coup de bélier.

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

**VI.6.1 La valeur du coup de bélier :**

**VI.6.1.1 Calcul de la célérité d'ondes :**

La célérité de l'onde est donnée par la formule d'ALLIEVI ci-dessous [8] :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 * K * \frac{D}{e}}} \tag{VI-1}$$

D'ou :

- a : Célérité de l'onde (m/s).
- D : Diamètre intérieur de la conduite (mm).
- e : Epaisseur de la conduite (mm).
- K : coefficient dépendant du matériau constituant la canalisation la canalisation. Le tableau ci-dessous regroupe la valeur de K pour quelque type de conduites.

**Tableau VI-3: Valeurs du coefficient k.**

Matériaux	k
-----------	---

Acier	0,5
Fonte grise	1
Fonte ductile	0,59
PEHD	83
PEBD	5000
Béton	5
Amiante de Cimon	4
pvc	33

### VI.6.1.2 Valeur numérique du coup de bélier [1]:

Le coup de bélier est étudié pour les deux cas :

➤ **Premier cas : Fermeture brusque :**

La fermeture brusque est caractérisée par un temps T tel que :

$$\mathbf{T < 2 \frac{L}{a}} \quad \text{(VI-2)}$$

Avec :

➤  $2 \times \frac{l}{a}$ : le temps d'aller et retour de l'onde .

La valeur maximale du coup de bélier est :

$$\mathbf{B = a \times \frac{V_0}{g}} \quad \text{(VI-3)}$$

Avec :

- ✓ B : La valeur du coup de bélier (m).
- ✓ a : la célérité de l'onde (m/s).
- ✓ V0 : la vitesse de l'écoulement en régime permanent initial (m/s).
- ✓ g : l'accélération de la pesanteur (m/s).
- La pression absolue maximale après déclenchement du coup de bélier s'élève à :

$$\mathbf{H_s = H_0 + B} \quad \text{(VI-4)}$$

- La pression absolue minimale après déclenchement du coup de bélier est ramenée à :

$$\mathbf{H_s = H_0 - B}$$

(VI-5)

✚ la pression absolue à l'état statique dans la conduite juste après la pompe, telle que :

$$H_0 = H_g + 10 \quad (\text{VI-6})$$

Avec :

- $H_g$  : Hauteur géométrique de refoulement.
  - 10 : Pression atmosphérique.
- *Second cas : Fermeture lente :*

On dit que la fermeture est lente, c'est lorsque le temps de cette fermeture est inférieur à un aller-et-retour de l'onde de coups de bélier, soit :

$$T < 2L/a \quad (\text{VI-7})$$

La valeur du coup de Bélier dans ce cas sera calculée par la formule de MICHAUD suivante :

$$B = 2 \times L \times \frac{V_0}{g \times T_0} \quad (\text{VI-8})$$

Avec :

$T_0$  : le temps initial de la fermeture de la vanne.

La valeur du coup de bélier lors d'une fermeture brusque étant plus importante que celle de la fermeture lente, on s'intéressera au cas de la fermeture brusque.

### ***VI.7 Calcul des valeurs du coup de bélier pour les différents tronçons :***

#### ***VI.7.1 Tronçons de refoulement :***

##### **❖ *Tronçon (Réservoir Boumati – SR) :***

Les données du tronçon (SP-Réservoir) sont :

- $Q = 106,30 \text{ m}^3/\text{j}$ .
- $D_{\text{int}} = 35,2 \text{ mm}$
- $L = 2552,32 \text{ m}$ .
- $e = 2,4 \text{ mm}$ .
- $H_g = 70,19 \text{ m}$ .

*Tableau VI4: les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
35,2	2,4	1,2643001	278,27952	35,864305	80,19	116,05431	44,325695

❖ *Tronçon (SR-Réservoir Ioulichene) :*

Les données du tronçon (SP-Réservoir Ioualichene) sont :

- Q = 106,30m<sup>3</sup>/j.
- Dint = 28mm
- L = 872,75m.
- e = 2 mm.
- Hg = 38 m.

*TableauVI5 : les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
28	2	1,9981103	284,56971	57,961434	48	105,96143	-9,961434

❖ *Tronçon (Réservoir Abada Haut – Réservoir Al moumnine) :*

Les données du tronçon (SP-Réservoir sont :

- Q = 142,91m<sup>3</sup>/j.
- Dint = 58mm.
- L = 4482m.
- e = 2 ,5mm.
- Hg = 38m.

*TableauVI-6 : les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
36	2	0,6260478	252,08718	16,087526	48	64,087526	31,912474

**VI.7.2 Tronçon gravitaire :**

❖ *Tronçon (Réservoir Azrou- Réservoir Mechachka) :*

Les données du tronçon (Réservoir Azrou- Réservoir Mechachka) sont :

- Q = 6314,77m<sup>3</sup>/j.
- Dint = 0,2578mm.
- L = 4366 m.
- e = 18 ,7 mm.
- Hg = 90m.

*TableauVI-7 : les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
----------	-------	---------	--------	------	-------	--------	-------

257,8	18,7	1,4001904	286,68015	40,918123	100	140,91812	59,081877
-------	------	-----------	-----------	-----------	-----	-----------	-----------

❖ **Tronçon (Réservoir Mechachka- Réservoir Bhalil) :**

Les données du tronçon (Réservoir Mechachka -Réservoir Bhalil) : sont :

- $Q = 6210,23 \text{ m}^3/\text{j.}$
- $D_{int} = 0,2578 \text{ mm.}$
- $L = 4338 \text{ m.}$
- $e = 18,7 \text{ mm.}$
- $H_g = 16 \text{ m.}$

*Tableau VI-8: Les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
257,8	18,7	1,377011	286,68015	40,240748	26	66,240748	-14,24075

❖ **Tronçon (Réservoir Bhalil- Réservoir Boumati) :**

Les données du tronçon (Réservoir Bhalil- Réservoir Boumati): sont :

- $Q = 5972,49 \text{ m}^3/\text{j.}$
- $D_{int} = 0,2578 \text{ mm.}$
- $L = 4648 \text{ m.}$
- $e = 2 \text{ mm.}$
- $H_g = 81 \text{ m}$

*Tableau VI-9 : les valeurs du coup de bélier .*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
257,8	12,1	1,3242952	232,27152	31,355357	91	122,35536	59,644643

❖ **Tronçon (Réservoir Bhalil- Réservoir Ait ouramdane) :**

Les données du tronçon (Réservoir Bhalil- Réservoir Ait ouramdane) sont :

- $Q = 19,85 \text{ m}^3/\text{j.}$
- $D_{int} = 0,016 \text{ mm.}$
- $L = 688 \text{ m.}$
- $e = 2 \text{ mm.}$
- $H_g = 48 \text{ m.}$

*Tableau VI-10: les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
16	2	1,1425916	370,94005	43,204177	-38	5,204177	-81,20418

❖ **Tronçon (Réservoir Boumati- Réservoir Tala Arous) :**

Les données du tronçon (Réservoir Boumati- Réservoir Tala Arous) : sont :

- $Q = 3533,04 \text{ m}^3/\text{j.}$
- $D_{int} = 0,18442 \text{ mm}$

- L = 1986 m.
- e = 2 mm
- Hg = 27 m

*TableauVI-11 : les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
184,42	7,79	1,5308315	220,64177	34,430722	37	71,430722	2,5692783

❖ *Tronçon (Réservoir Tala Arous- Réservoir Azib Koufa) :*

Les données du tronçon (Réservoir Boumati - Réservoir Tala Arous) : sont :

- Q = 1579,11 m<sup>3</sup>/j.
- Dint = 0,1102 mm
- L = 3112 m.
- e = 2 mm
- Hg = 83 m

*TableauVI-12 : les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
110,2	7,4	1,9162125	276,24688	53,960013	93	146,96001	39,039987

❖ *Tronçon (Réservoir Azib koufa- Réservoir Ighil kidoune) :*

Les données du tronçon (Réservoir Azib koufa- Réservoir Ighil kidoune) sont :

- Q = 1522,65 m<sup>3</sup>/j.
- Dint = 0,1102 mm
- L = 2066 m.
- e = 2 mm
- Hg = 5 m

*TableauVI-13 : les valeurs du coup de bélier .*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
110,2	4,8	1,8477007	223,97034	42,184522	15	57,184522	-27,18452

❖ *Tronçon (Réservoir Ighil kidoune- Réservoir Tala Ayache) :*

Les données du tronçon (Réservoir Ighil kidoune- Réservoir Tala Ayache) sont :

- Q = 289,35 m<sup>3</sup>/j.
- Dint = 0,0554 mm .
- L = 3416 m.
- e = 2 mm .
- Hg = 56 m

*TableauVI-14 : les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
55,4	3,8	1,3893216	279,08341	39,524628	66	105,52463	26,475372

❖ **Tronçon (Réservoir Ighil kidoune- Réservoir Rebai) :**

Les données du tronçon (Réservoir Ighil kidoune- Réservoir Rebai) sont :

- $Q = 390,80 \text{ m}^3/\text{j}$ .
- $D_{int} = 0,0554$ .
- $L = \text{m}$ .
- $e = 2 \text{ mm}$ .
- $H_g = 56 \text{ m}$

*Tableau VI-15: les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
55,4	3,8	1,8764313	279,08341	53,382348	104	157,38235	50,617652

❖ **Tronçon (Réservoir Rebai – Réservoir Zaouia) :**

Les données du tronçon (Réservoir Ighil kidoune- Réservoir Rebai) sont :

- $Q = 193,20 \text{ m}^3/\text{j}$ .
- $D_{int} = 0,0388 \text{ mm}$ .
- $L = 3696 \text{ m}$ .
- $e = 2 \text{ mm}$
- $H_g = 191 \text{ m}$

*Tableau VI-16 : les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
38,8	5,6	1,8911637	396,51694	76,44021	201	277,44021	124,55979

❖ **Tronçon (Réservoir Abada haut– Réservoir El kennour) :**

Les données du tronçon (Réservoir Abada haut– Réservoir El kennour) : ) sont :

- $Q = 748,08 \text{ m}^3/\text{j}$ .
- $D_{int} = 0,1476$ .
- $L = 2856 \text{ m}$ .
- $e = 2 \text{ mm}$ .
- $H_g = 16 \text{ m}$ .

*Tableau VI-17: les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
147,6	6,2	0,5060246	220,04154	11,350298	26	37,350298	14,649702

❖ **Tronçon (Réservoir El kennour- Réservoir Tissira) :**

Les données du tronçon (Réservoir Abada haut– Réservoir El kennour) : ) sont :

- $Q = 532,83 \text{ m}^3/\text{j}$ .
- $D_{int} = 0,066 \text{ mm}$ .
- $L = 3634 \text{ m}$ .

- $e = 2 \text{ mm}$ .
- $H_g = 75 \text{ m}$ .

*Tableau VI-18: les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
66	4,5	1,8025924	278,27952	51,134	85	136,134	33,866

❖ **Tronçon (Réservoir Tissira- Réservoir Toumdjadj) :**

Les données du tronçon (Réservoir Tissira- Réservoir Toumdjadj ) sont :

- $Q = 332,14 \text{ m}^3/\text{j}$ .
- $D_{int} = 0,0554 \text{ mm}$ .
- $L = 3740 \text{ m}$ .
- $e = 2 \text{ mm}$ .
- $H_g = 81 \text{ m}$ .

*Tableau VI-19 : les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
55,4	3,8	1,5947548	279,08341	45,368971	91	136,36897	45,631029

❖ **Tronçon (Réservoir Toumdjadj- Tadount) :**

Les données du tronçon (Réservoir Toumdjadj- Réservoir Tadount) sont :

- $Q = 243,04 \text{ m}^3/\text{j}$ .
- $D_{int} = 0,044 \text{ mm}$ .
- $L = 1046 \text{ m}$ .
- $e = 3 \text{ mm}$ .
- $H_g = 64 \text{ m}$ .

*Tableau VI-20 : les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
44	3	1,8499701	278,27952	52,477961	74	126,47796	21,522039

❖ **Tronçon (Réservoir Tadount- Réservoir ouled belhizem) :**

Les données du tronçon (Réservoir Toumdjadj- Réservoir Tadount) sont :

- $Q = 131,00 \text{ m}^3/\text{j}$ .
- $D_{int} = 0,0352 \text{ mm}$ .
- $L = 2808 \text{ m}$ .
- $e = 2,4 \text{ mm}$ .
- $H_g = 59 \text{ m}$ .

*Tableau VI-21: les valeurs du coup de bélier.*

Dint(mm)	e(mm)	V0(m/s)	a(m/s)	B(m)	H0(m)	Hsp(m)	Hd(m)
35,2	2,4	1,5580794	278,27952	44,19792	69	113,19792	24,80208

TableauVI-22 : Tableau récapitulatif.

	tronçons	DN(mm)	e (mm)	V0 (m/s)	Hsp (m)	Hd (m)	PN (m)
Refoulement	R Boumati- SR	35,2	2,4	1,264	116,054	44,326	100
	SR- R Ioualichene	28	2	1,998	105,961	-9,961	100
	R Abada haut- R Al moumnine	36	2	0,626	64,088	31,912	60
Gravitaire	R Azrou- R Mechachka	257,8	18,7	1,400	140,918	59,082	60
	R Mechachka- R Bhalil	257,8	18,7	1,377	66,241	-14,241	60
	R Bhalil - R Ait ouramdane	257,8	12,1	1,143	5,204	-81,204	60
	R Bhalil- R Boumati	16	12,1	1,324	122,355	59,645	60
	R Boumati- R Tala ayache	184,42	7,79	1,531	71,431	2,569	60
	R Tala ayache- R Azib koufa	110,2	7,4	1,916	146,960	39,040	100
	R Azib koufa- R Ighil kidoune	110,2	4,8	1,848	57,185	-27,185	100
	R Ighil kidoune- Tala ayache	55,4	3,8	1,389	105,525	26,475	100
	R Ighil kidoune- Rebai	55,4	3,8	1,876	157,382	50,618	100
	R Rebai- R zaouia	38,8	5,6	1,891	277,440	124,560	200
	R Abada - R el kennour	147,6	6,2	0,506	37,350	14,650	60
	R el kounnour- R tissira	66	4,5	1,803	136,134	33,866	100
	R Tissira - R Toumdjadj	55,4	3,8	1,595	136,369	45,631	100
	R Toumdjadj- R Tadount	44	3	1,850	126,478	21,522	100
	R Tadount - R ouled belhizem	35,2	2,4	1,558	113,198	24,802	100

➤ **Interprétation des résultats :**

Les résultats des calculs concernant les variations de pression montrent que les sections suivantes ( R Abada haut – R El kennour) restent en dessous de la pression maximale autorisée, et la valeur de dépression est positive, ce qui signifie qu’il n’est pas nécessaire de mettre en place un dispositif anti-coup de bélier.

Pour les tronçons (R Boumati- SR, SR- R Ioualichene, R Abada haut- R Al moumnine,R Azrou- R Mechachka, R Mechachka- R Bhalil, R Bhalil- R Boumati, R Boumati- R Tala ayache, R Tala ayache- R Azib koufa, R Ighil kidoune- Tala ayache, R Ighil kidoune- Rebai, R Rebai- R zaouia, R el kounnour- R tissira, R Tissira - R Toumdjadj, R Toumdjadj- R Tadount, R Tadount - R ouled belhizem)on enregistre une surpression excédant la pression de service de la conduite.

Pour les tronçons (SR- R Ioualichene,R Mechachka- R Bhalil,R Bhalil - R Ait ouramdane, Azib koufa- R Ighil kidoune) la valeur de dépression mesurée est négative, par conséquent, on

doit mettre en place une mesure de protection. Dans notre cas, nous avons choisi d'installer un réservoir d'air en raison des avantages qu'il présente.

**VI.8 Méthodes de calcul du réservoir d'air :**

La méthode de calcul du réservoir d'air implique de trouver les valeurs de surpression et de dépression maximales dans la conduite en utilisant une approche itérative selon la méthode graphique de Louis Bergeron.

❖ **Principes de calcul du réservoir d'air :**

Voici comment procéder pour déterminer les dimensions du réservoir d'air ;

- ✓ Le temps se suit selon les valeurs de Tf :

$$Tf = \frac{2 \times L}{a} \tag{VI-9}$$

- ✓ Variation du volume d'air :

$$\Delta U = S \times V_m \times \theta \tag{VI-10}$$

Avec :

- ✚ S : Section de la conduite (m<sup>2</sup>).
- ✚ Vm : Moyenne arithmétique de la vitesse finale de l'intervalle précédent et la nouvelle vitesse choisie.
- ✚ θ : Temps mis par une onde pour faire un aller-retour dans la conduite.

- ✓ Le volume d'air comprimé :

$$U_i = U_{i-1} \pm \Delta U_i \tag{VI-11}$$

- ✚ +ΔUi : variation du volume d'air lorsque le réservoir d'air se vide.
- ✚ -ΔUi : variation du volume d'air lorsque le réservoir d'air se remplit.

- ✓ La pression dans le réservoir est donnée par la loi de Poisson :

$$(Z_0 + S_0) \times U_0^{1,4} = Z \times U^{1,4} \tag{VI-12}$$

Avec :

- ✚ S<sub>0</sub> : Pertes de charges dans la conduite en régime de fonctionnement normal.
- ✚ Z<sub>0</sub> : Pression absolue.
- ✚ U : Volume d'aire initial.
- ✚ Z : Pression dans le réservoir d'air.

- ✓ La vitesse dans la tubulure :  
 ➤ Cas de la montée d'eau :

$$\frac{V_1}{V_f} = \frac{D^2}{d'^2} = k \quad (\text{VI-13})$$

Avec :

- ✚ V1 : Vitesse dans la tuyère.
- ✚ Vf : Vitesse finale choisie.
- ✚ D : Diamètre de la conduite.
- ✚ d' : Diamètre de la veine contracté :  $d' = 0.92 * d$  .

(d) sera choisi pour que K reste compris entre 15 et 20.

- Cas de la descente de l'eau :

$$\frac{V_2}{V_f} = 2 \times \frac{D^2}{d'^2} \quad (\text{VI-14})$$

Calcul des pertes de charges :

- ✓ Cas de montée de l'eau :

$$\Delta h = C \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad (\text{VI-15})$$

$$C = f(m') \quad (\text{VI-16})$$

Avec :

$$m' = (0.92d)^2 / D_{\text{tub}}^2 \quad (\text{VI-17})$$

✚ Dtub : diamètre de la tubulure .

La valeur de (C) ( voir l'annexe )

- Cas de descente :

$$\Delta h = C \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad (\text{VI-18})$$

$$C'=f(m'') \quad (VI-19)$$

$$m'' = \frac{1}{2} \times \frac{d^2}{\phi^2}$$

### VI.8.1 Tronçons par refoulement :

#### VI.8.1.1 Application de calcul pour le tronçon (Réservoir Boumati- SR) :

On dispose d'une tuyère de  $d=17,6$  mm de diamètre est intégré dans une conduite ayant un diamètre de 35,2 mm

#### ➤ Les caractéristiques de la tuyère :

✓ Montée de l'eau :

$$K = \frac{V1}{Vf} = \frac{D^2}{d'^2} \implies d' = \frac{D^2}{K}$$

Avec :  $K=17$  on obtient :  $d' = \frac{(35,2)^2}{17} = 0,0616$ .

✓ Descente de l'eau :

$$m' = \frac{1}{2} \times \frac{d^2}{\phi^2} = \frac{1}{2} \times \frac{0,0176}{0,0352} = 0,025$$

$$C' = 0,916.$$

$$K_2 = 28,77.$$

#### ➤ Résultats de calcul du réservoir d'air :

Le tableau présente les résultats du calcul du réservoir d'air pour la section réservoir Boumati – SR) selon la méthode de BERGERON. La figure illustre le profil de BERGERON.

TableauVI-22 : Calcul du réservoir d'air du tronçon Réservoir Boumati- SR :

Dt	Du	U	Z	V1/V2	H/H2	Pcapc	Dh	Pcspc	Vfc	Vm	Vr
0	0	0,05	110,57224	0	0	110,57224	30,382238	80,19	0	1,26395	1,26395
18,343571	0,0165943	0,0665943	74,02742	10,119441	4,7808078	69,246612	8,0252561	61,221356	0,5952612	0,9296056	1,26395
36,687141	-0,002109	0,0644851	77,439208	4,6873061	1,0747383	78,513947	0,8614467	77,6525	-0,16288	-0,118154	-0,073428
55,030712	-0,003413	0,0610725	83,564113	3,7413717	0,6847276	84,24884	0,5889049	83,659935	-0,13001	-0,191171	-0,252333
73,374283	0,0005287	0,0616012	82,561746	1,137686	0,0604273	82,501318	0,1948827	82,306436	0,0669227	0,0296181	-0,007687
91,717853	0,0020113	0,0636126	78,930345	1,4248734	0,0947853	78,83556	0,2827825	78,552778	0,0838161	0,112674	0,141532
110,06142	4,248E-05	0,063655	78,856613	0,6141382	0,0184497	78,875063	0,0308187	78,844244	-0,021341	0,0023797	0,0261002
128,40499	-0,001062	0,062593	80,736232	1,4450516	0,1021463	80,838378	0,1216778	80,7167	-0,050214	-0,059498	-0,068782
146,74857	-0,000251	0,0623423	81,19107	0,0605648	0,0001712	81,190899	0,0021082	81,188791	0,0035626	-0,014042	-0,031647
165,09214	0,0006285	0,0629708	80,058885	0,5379123	0,0135086	80,045377	0,0576449	79,987732	0,0316419	0,0352071	0,0387723
183,43571	0,0002539	0,0632247	79,609076	0,0669719	0,0002094	79,608867	0,0024297	79,606437	0,0039395	0,0142255	0,0245115
201,77928	-0,00031	0,0629147	80,158822	0,5209483	0,0132753	80,172098	0,0238013	80,148297	-0,018103	-0,017367	-0,016632
220,12285	-0,00023	0,0626843	80,5715	0,1794172	0,0015747	80,573075	0,0047143	80,568361	-0,006235	-0,012904	-0,019573
238,46642	0,0001555	0,0628398	80,292558	0,1753659	0,0014357	80,291122	0,0100029	80,281119	0,0103156	0,0087096	0,0071035
256,80999	0,0001744	0,0630142	79,981668	0,1021528	0,0004872	79,981181	0,0044661	79,976714	0,006009	0,0097684	0,0135278
275,15356	-5,98E-05	0,0629544	80,088076	0,1494028	0,0010919	80,089167	0,003609	80,085558	-0,005192	-0,003351	-0,00151
293,49713	-0,000122	0,0628319	80,306634	0,1393814	0,0009503	80,307584	0,0032644	80,30432	-0,004843	-0,006858	-0,008873
311,8407	1,393E-05	0,0628459	80,281709	0,0403655	7,607E-05	80,281633	0,001205	80,280428	0,0023744	0,0007805	-0,000813
330,18427	8,159E-05	0,0629275	80,136026	0,0608369	0,0001728	80,135853	0,0021215	80,133732	0,0035786	0,0045704	0,0055622
348,52784	7,307E-06	0,0629348	80,123	0,0223419	2,442E-05	80,123025	0,0002944	80,12273	-0,000776	0,0004093	0,0015951
366,87141	-4,97E-05	0,0628851	80,211653	0,0696325	0,0002372	80,21189	0,0012361	80,210654	-0,00242	-0,002784	-0,003148

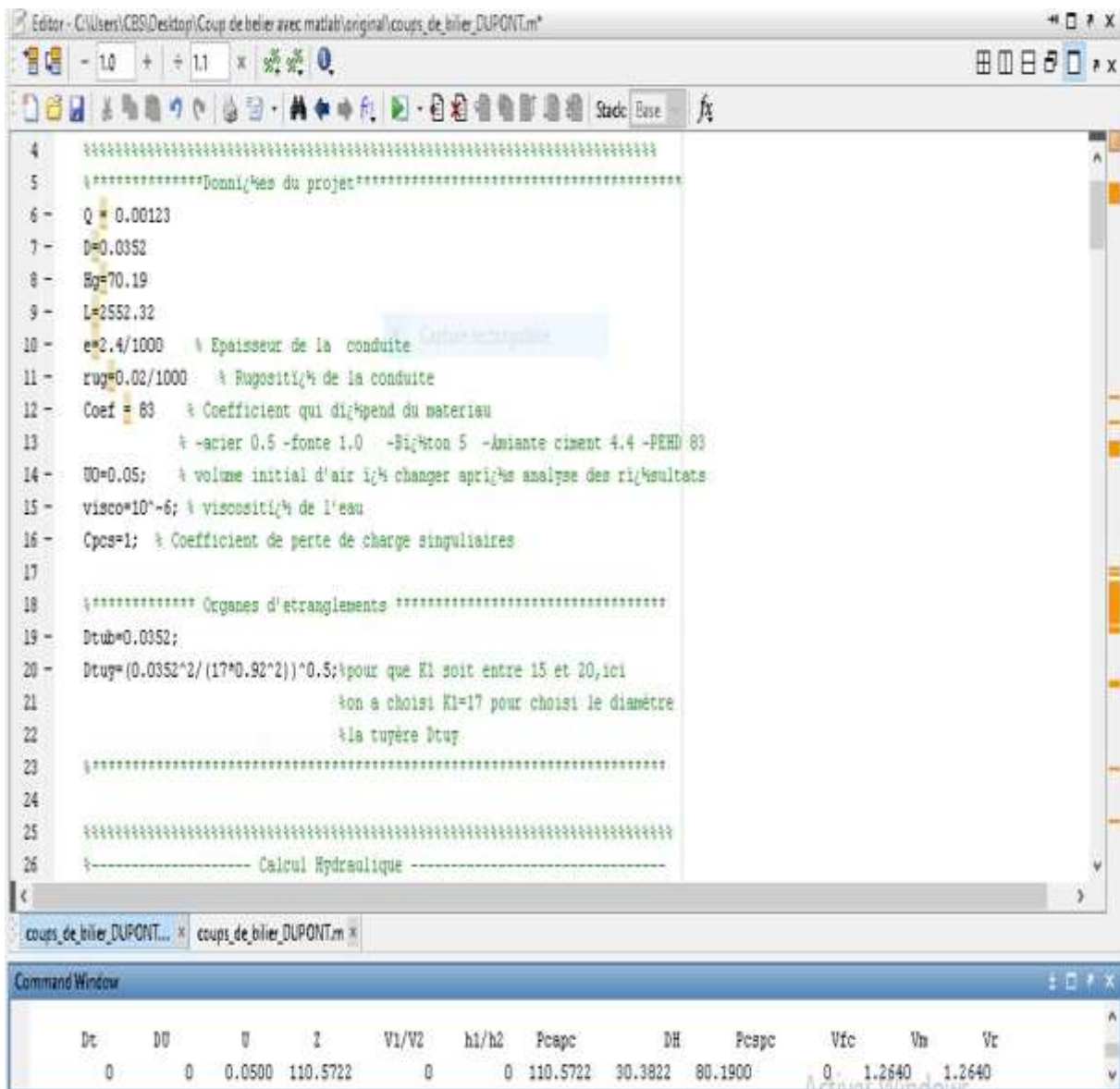
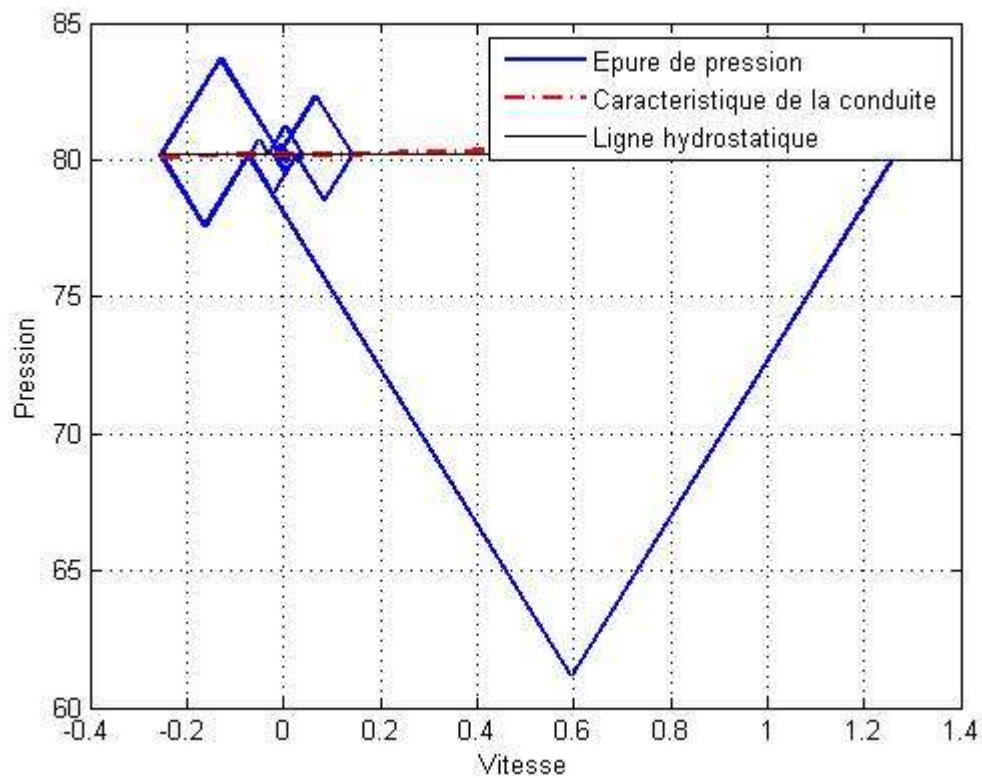
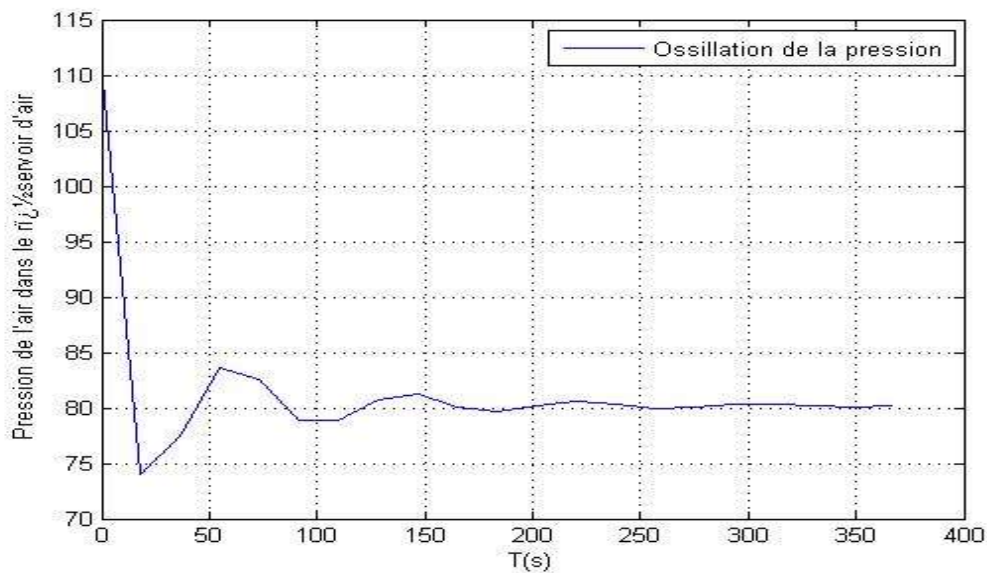


Figure VI-8 : Les données ins r es sur Matlab pour le tronçon Réservoir Boumati- SR .



FigureVI-9 : Epure de BERGERON pour le tronçon Réservoir Boumati- SR.



FigureVI-10 : Variation de pression absolue pour le tronçon Réservoir Boumati- SR.

**VI.8.1.2 Dimensionnement du réservoir d'air :**

Le calcul du volume total du réservoir anti béliér pour le tronçon réservoir Boumati- SR :

:

$$Vt=1,2 \times U_{max}=1,2 \times 0,066=0,0792m^3$$

On opte pour un réservoir de volume normalisé de 80l.

### VI.8.1.3 Application de calcul pour le tronçon (SR- R Ioulichene) :

Les caractéristiques de la tuyère ;

✓ Montée de l'eau ;

$$K = \frac{V1}{Vf} = \frac{D^2}{d'^2} = \frac{D^2}{(0,92*d)^2} \Rightarrow d' = \frac{D^2}{K}$$

Avec :  $K=1,18$  on obtient :  $d' = \frac{35,2^2}{17} = 4,14$ .

✓ Descente de l'eau :

$$m'' = 0,125 .$$

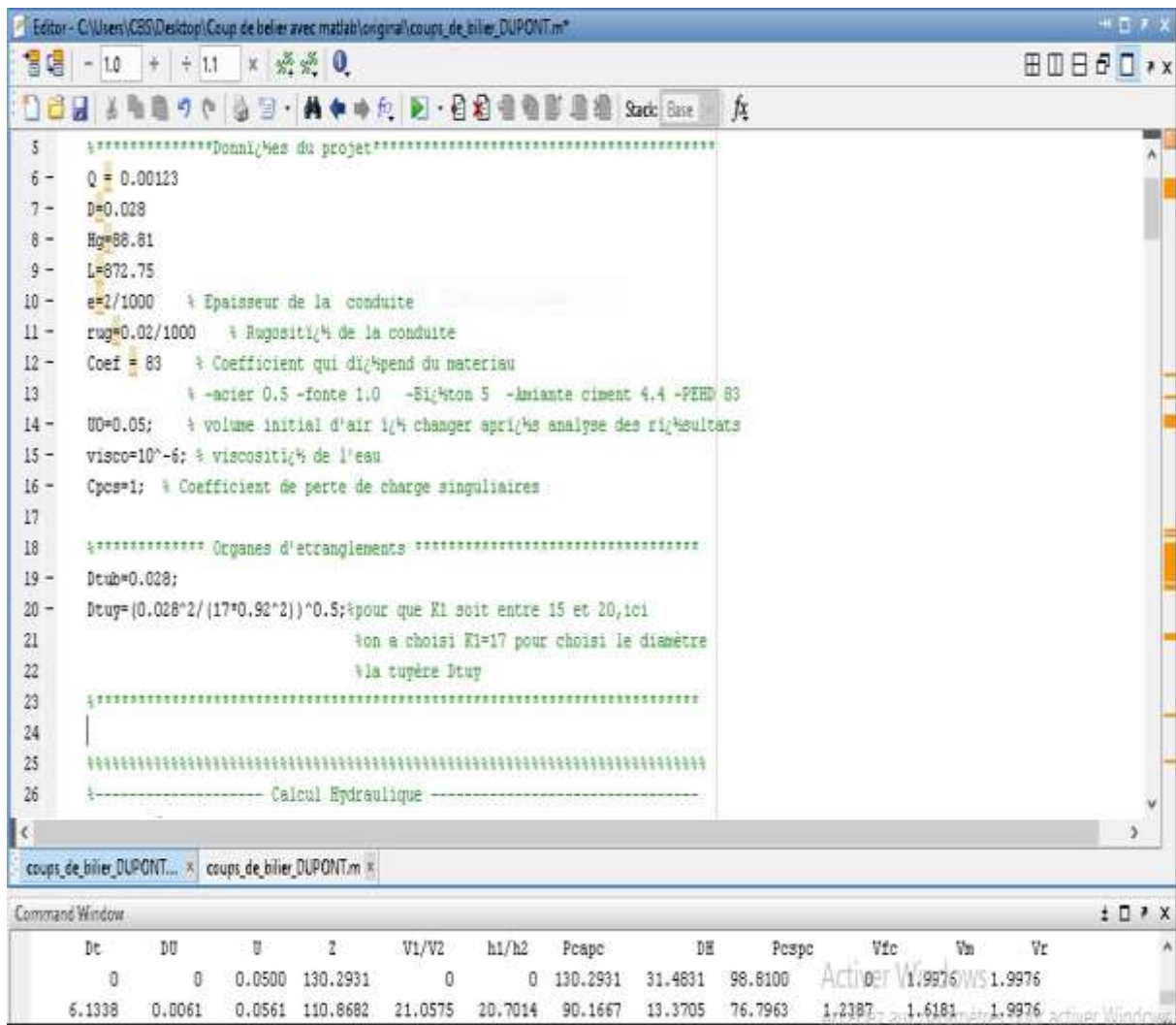
$$C'' = 0,79 .$$

$$K2 = 2 .$$

✓ Résultats de calcul du réservoir d'air :

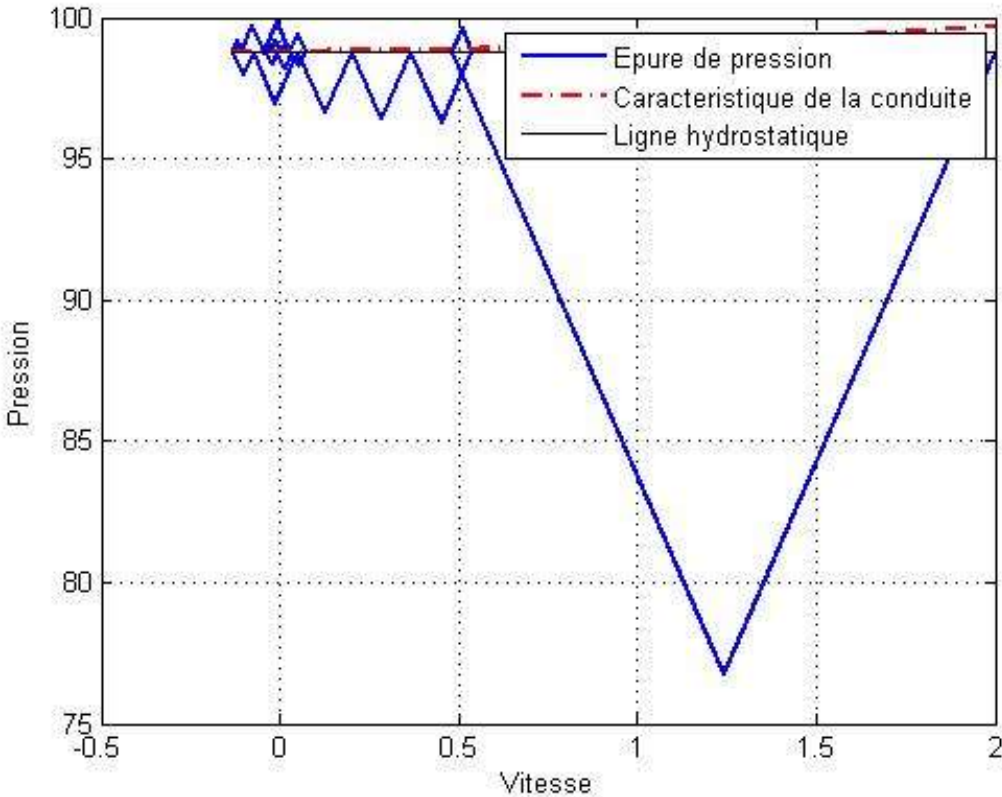
Le tableau présente les résultats du calcul du réservoir d'air pour la section SP-réservoir Ioulichene selon la méthode de BERGERON. La figureVI-10 illustre le profil de BERGERON.

*TableauVI-23 : Calcul du réservoir d'air du tronçon SP-Réservoir Ioulichene.*



FigureVI-11 : Les données insérés dans Matlab pour le tronçon Réservoir SR .Ioualichene.

Dt	Du	U	Z	V1/V2	H1/H2	Pcpc	Dh	Pcspc	Vfc	Vm	Vr
0	0	0,05	130,2931	0	0	130,2931	31,483095	98,81	0	1,9975569	1,9975569
6,1338221	0,0061115	0,0561115	110,86819	21,057471	20,701447	90,166739	13,370489	76,796251	1,2386748	1,6181159	1,9975569
12,267644	0,0018656	0,0579771	105,90593	8,6379268	3,4834317	102,4225	2,7909711	99,631531	0,5081133	0,493953	0,4797926
18,401466	0,0018637	0,0598408	101,31728	7,657332	2,7374312	98,579846	2,2646253	96,315221	0,4504313	0,4934327	0,5364341
24,535288	0,0012203	0,0610611	98,493856	4,7901375	1,0712337	97,422623	1,0103105	96,412312	0,2817728	0,3231007	0,3644285
30,66911	0,0006122	0,0616732	97,127909	2,1256255	0,2109414	96,916967	0,255897	96,66107	0,1250368	0,1620769	0,1991171
36,802933	7,255E-05	0,0617458	96,968178	0,360869	0,0063702	96,974548	0,0064611	96,968087	-0,01254	0,0192083	0,0509565
42,936755	-0,000341	0,0614044	97,72374	3,0139425	0,4443509	98,16809	0,1905035	97,977587	-0,104732	-0,090384	-0,076036
49,070577	-0,000481	0,0609232	98,80606	3,4931208	0,5968749	99,402935	0,2435386	99,159396	-0,121383	-0,127406	-0,133428
55,204399	-0,000352	0,0605707	99,612009	2,2250685	0,2421826	99,854191	0,1153772	99,738814	-0,077319	-0,093329	-0,109339
61,338221	-0,000103	0,0604673	99,85055	0,2719572	0,0036179	99,854168	0,004225	99,849943	-0,00945	-0,027375	-0,0453
67,472043	0,0001408	0,0606081	99,525931	0,818767	0,0312974	99,494634	0,0533298	99,441304	0,0481628	0,0372813	0,0263998
73,605865	0,0002615	0,0608696	98,927876	1,1651882	0,0633841	98,864492	0,0946771	98,769815	0,0685405	0,0692331	0,0699258
79,739687	0,0002225	0,0610921	98,423868	0,861147	0,0346213	98,389247	0,0578658	98,331381	0,0506557	0,0589054	0,0671552
85,873509	9,004E-05	0,0611821	98,221146	0,2298708	0,0024669	98,218679	0,0072446	98,211434	0,0135218	0,023839	0,0341562
92,007331	-5,66E-05	0,0611255	98,34848	0,6577027	0,02116	98,36964	0,0162881	98,353352	-0,022855	-0,014984	-0,007113
98,141153	-0,000152	0,0609739	98,69116	1,2006412	0,0705152	98,761675	0,0423149	98,71936	-0,041721	-0,040159	-0,038597
104,27498	-0,000153	0,0608207	99,039323	1,043736	0,053289	99,092612	0,0338097	99,058802	-0,036269	-0,040558	-0,044846
110,4088	-7,8E-05	0,0607426	99,217525	0,3924316	0,0075333	99,225058	0,0073385	99,21772	-0,013637	-0,020664	-0,027692
116,54262	2,4E-05	0,0607666	99,162669	0,2089293	0,0020379	99,160631	0,0062671	99,154364	0,01229	0,0063543	0,0004187
122,67644	9,763E-05	0,0608643	98,940044	0,4681611	0,0102324	98,929812	0,0218333	98,907979	0,0275389	0,0258501	0,0241613



FigureVI-12 : Epure de BERGERON pour le tronçon SR- Réservoir Ioulichene .

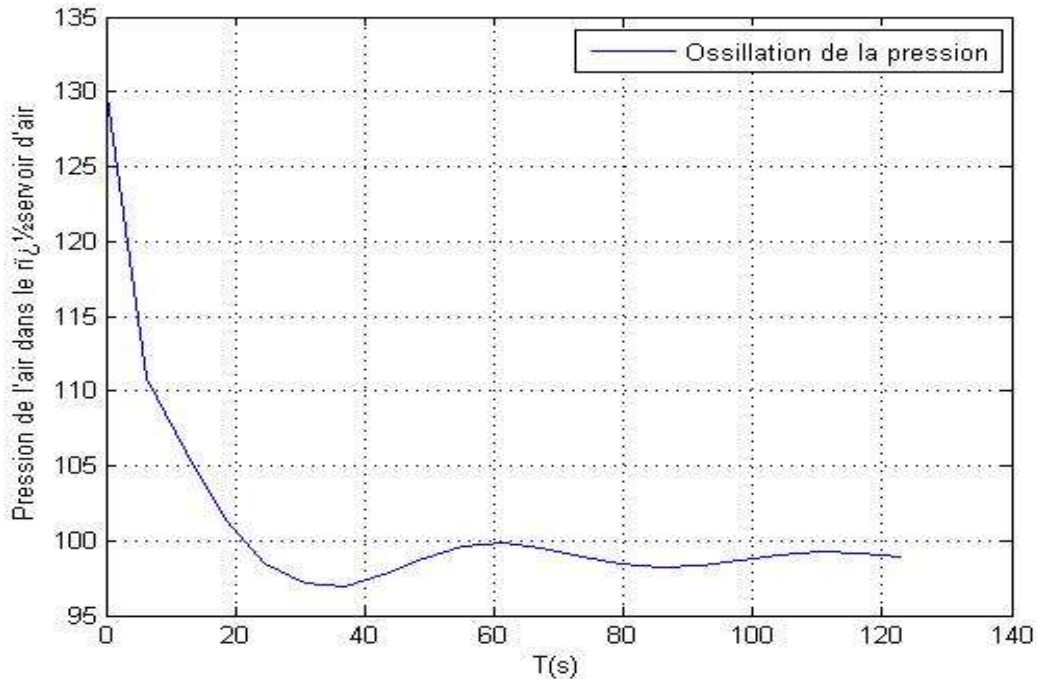


Figure VI-13 : Variation de pression absolue pour le tronçon SP- Réservoir Ioualichene.

✓ Dimensionnement du réservoir d'air :

Le calcul du volume total du réservoir anti béliers pour le tronçon SP-Réservoir Ioualichene :

$$Vt=1,2 \times U_{max} = 1,2 \times 0,061 = 0,0732 m^3$$

On opte pour un réservoir de volume normalisé de 80 l.

Pour les tronçons gravitaires, pour éviter le coup de bélier, on opte pour une vanne à fermeture lente. Le temps de fermeture de la vanne est calculé avec la formule de Michaud. La valeur de coup de bélier à ne pas dépasser est égale à  $B_{max} = PNS - Hg$ . Alors  $T = 2LV_0 / (g \cdot B_{max})$ . Les résultats de calculs sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

## VI.9 Tronçons gravitaire :

Tableau VI-24 : tableau récapitulatif du coup de bélier .

Trançon	Hg(m)	L(m)	a(m/s)	V0(m/s)	B	Hs	Hd	PNS	Bmax	T
R Azrou- R Mechachka	90	4366	286,68	1,40	40,92	140,92	59,08	160	70	17,8
R Mechachka- R Bhalil	16	4338	286,68	1,38	40,24	66,24	-14,24	160	54	45,3
R Bhalil- R Boumati	-81	4648	232,27	1,324	31,36	122,36	-81,20	160	54	66,8
R Bhalil - R Ait ouramdane	48	4648	370,94	1,143	43,20	5,20	59,64	60	12	90,2
R Boumati- R Tala ayache	27	1986	220,64	1,53	34,43	71,43	2,57	60	33	18,8
R Tala ayache- R Azib koufa	83	3112	276,25	1,92	53,96	146,96	39,04	100	17	71,5
R Azib koufa- R Ighil kidoune	-5	2066	223,97	1,85	42,18	57,18	-27,18	100	17	114,7
R Ighil kidoune- Tala ayache	56	3416	279,08	1,39	39,52	105,52	26,48	100	44	22,0
R Ighil kidoune- Rebai	94	2060	279,08	1,88	53,38	157,38	50,62	100	6	131,3
R Rebai- R zaouia	191	3696	396,52	1,89	76,44	277,44	124,56	200	9	158,3
R Abada - R el kennour	16	2856	220,04	0,51	11,35	37,35	14,65	60	44	6,7
R el kounour- R tissira	75	3634	278,28	1,80	51,13	136,13	33,87	100	25	53,4
R Tissira - R Toundjadj	81	3740	279,08	1,59	45,37	136,37	45,63	100	19	64,0
R Toundjadj- R Tadount	64	1046	278,28	1,85	52,48	126,48	21,52	100	36	11,0
R Tadount - R ouled belhizem	59	2808	278,28	1,56	44,20	113,20	24,80	100	41	21,8

***VI.10 Conclusion :***

Pour protéger les conduites de refoulement contre le coup de bélier, nous avons opté pour un réservoir d'air comme organe de protection au niveau de la station de reprise. Le dimensionnement de ce dernier a été effectué par la méthode de Bergeron.

Dans ce chapitre, on a installé des réservoirs d'air d'une capacité de pour (Réservoir Boumati -station de reprise, station de reprise– Ioulichene) .

## ***Conclusion générale***

Au cours du présent travail, nous avons pu cerner les différentes phases d'étude d'un projet d'alimentation en eau potable de la commune d' Afir. Assurer la satisfaction des besoins en eau de la population jusqu'en 2054.

Pour commencer, nous avons utilisé la relation des intérêts composés pour évaluer le nombre d'habitants à l'horizon 2054 en prenant un taux d'accroissement égal à 2,25 %. Les calculs ont montré que la population atteindra 29029 habitants. Ensuite nous avons estimé les différents besoins en eau à long terme qui sont de 4575,92 m<sup>3</sup>/j soit 52,96 l/s. Ce dernier est acheminé gravitairement à partir du réservoir de stockage Azrou vers tous les villages. La détermination du volume de stockage en eau nécessaire pour couvrir les besoins de toute la région d'étude nous a montré l'insuffisance des ouvrages existant.

Pour la conception des conduites d'adduction par refoulement, nous avons choisi des diamètres économiques tout en maintenant des vitesses appropriées.

Pour garantir le transport de l'eau jusqu'au réservoir, nous avons identifié les spécifications des pompes correspondant à chaque station de pompage dans le cadre de notre projet. À cette fin, nous avons choisi les pompes parmi les produits disponibles sur le marché.

La vérification du risque d'apparition du phénomène du coup de bélier a été faite dans le but de protéger le réseau d'adduction. D'après les calculs des surpressions et dépressions, on a constaté que les différents tronçons présentent le risque de coup de bélier. Pour les conduites gravitaires, nous avons préconisé des vannes à fermeture. Pour l'adduction par refoulement nous avons préconisé des réservoirs d'air, pour cela nous avons déterminé les dimensions ce réservoir ainsi que les dimensions de ses organes d'étranglement.

- [1] : Source des données population et équipements existants : Bureau d'étude engineering BAYA, Cite el Amel 138 logts n°127 Touggourt.
- [2] :L. IMANE, R. LAMAIA : “Etude pour le renforcement en eau potable pour la commune de FRIKAT “ Mémoire de fin d'études 2022-2023 UMMTO.
- [3] :D.Karima, R.Radia : “Etude d'alimentation en eau potable de quelques villages de la commune de Djnet wilaya de Boumerdès“ Mémoire de fin d'études 2022-2023 UMMTO.
- [4] :B.Amina :“ Etude d'alimentation en eau potable de la commune de KHEMISTI “Mémoire de fin d'études Septembre 2015“Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique –ARBAOUI ABDELLAH.
- [5] :M.Yahia Ayiub : “Conception du réseau d'alimentation en potable de la nouvelle ville de BOUINAN « 5000 logements » Wilaya de Blida “ Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique –ARBAOUI ABDELLAH“ session juin 2018.
- [6] :M. Blida: «Dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable de l'AMMAMIRE Université SAAD DAHLEB-BLIDA “2020-2021.
- [7] : Cours de licence d'Hydraulique “2021/2023.
- [8] : BAHLOUL.A ABED.I: “Renforcement en alimentation en eau potable de la commune de BOUZEGUENE à partir du barrage TICHY-HAF et des deux forages d'OUZELLAGUENE “Mémoire de fin d'étude UMMTO 2020
- [9] : MOUMENE.Z .A, SAIDIOMAR .I “Etude du réseau d'AEP :cas du CHEF LIEU de LA ville de AIN SKHOUNA”“Université de SAIDA-Dr LOULAY TAHAR“2016/2017.
- [10] : AGROUB. W“ Contribution à l'étude au renforcement en AEP (adduction et distribution) de la commune de TIDJELABINE Wilaya de BOUMERDS “Université MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou “2020/2021.
- [11] : Guide Technique de l'eau potable “Prescriptions Techniques pour la conception et la Réalisation des ouvrages d'eau “ONTELLIER MEDITERRANEE METROPOLE “Octobre 2014.
- [12] : Guide d'aide au choix des matériaux de réseaux d'eau potable et/ou d'assainissement “Charte Qualité des Réseaux d'eau potable et d'assainissement”septembre 2015.

## Référence biographiques

---

[13] : AHSENE. L : Alimentation en eau potable (Adduction) de la commune de Tizi N'Tleta à partir du piquage sur la conduite de transfert Koudiat Acerdoune (Wilaya de TIZI OUZOU)

[14] : Site web.

[15] : Cours master 1 “ Les écoulements en charge “ Mr HAMANI.S

*Tableau III.1 : Variation du résidu dans le réservoir Azrou.*

Heures	apport %	Distribution %	Résidu	Résidus cumulés
0-1	4,17	0,66	3,51	3,51
1-2	4,17	0,66	3,51	7,01
2-3	4,17	1,12	3,05	10,06
3-4	4,17	1,6	2,57	12,63
4-5	4,17	3,3	0,87	<b>13,49</b>
5-6	4,17	4,3	-0,13	13,36
6-7	4,17	4,9	-0,73	12,63
7-8	4,17	8,32	-4,15	8,47
8-9	4,17	6,68	-2,51	5,96
9-10	4,17	5,3	-1,13	4,83
10-11	4,17	4,86	-0,69	4,13
11-12	4,17	5,86	-1,69	2,44
12-13	4,17	5,5	-1,33	1,11
13-14	4,17	4,5	-0,33	0,77
14-15	4,17	4,82	-0,65	0,12
15-16	4,17	5,72	-1,55	-1,43
16-17	4,17	7,64	-3,47	-4,91
17-18	4,17	7,04	-2,87	-7,78
18-19	4,17	6,78	-2,61	<b>-10,39</b>
19-20	4,17	3,36	0,81	-9,59
20-21	4,17	3,36	0,81	-8,78
21-22	4,17	1,8	2,37	-6,41
22-23	4,17	1,16	3,01	-3,41
23-24	4,17	0,76	3,41	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100,00</b>	<b><u>0,00</u></b>	

*Tableau III.2: Variation du résidu dans le réservoir Mechachka .*

Heures	apport %	Distribution %	Résidu	Résidus cumulés
0-1	4,17	0,66	3,51	3,51
1-2	4,17	0,66	3,51	7,01
2-3	4,17	1,12	3,05	10,06
3-4	4,17	1,6	2,57	12,63
4-5	4,17	3,3	0,87	<b>13,49</b>
5-6	4,17	4,3	-0,13	13,36
6-7	4,17	4,9	-0,73	12,63
7-8	4,17	8,32	-4,15	8,47
8-9	4,17	6,68	-2,51	5,96
9-10	4,17	5,3	-1,13	4,83

10-11	4,17	4,86	-0,69	4,13
11-12	4,17	5,86	-1,69	2,44
12-13	4,17	5,5	-1,33	1,11
13-14	4,17	4,5	-0,33	0,77
14-15	4,17	4,82	-0,65	0,12
15-16	4,17	5,72	-1,55	-1,43
16-17	4,17	7,64	-3,47	-4,91
17-18	4,17	7,04	-2,87	-7,78
18-19	4,17	6,78	-2,61	<b>-10,39</b>
19-20	4,17	3,36	0,81	-9,59
20-21	4,17	3,36	0,81	-8,78
21-22	4,17	1,8	2,37	-6,41
22-23	4,17	1,16	3,01	-3,41
23-24	4,17	0,76	3,41	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100,00</b>	<b>0,00</b>	

*Tableau III.3: Variation du résidu dans le réservoir Bhalil .*

<b>Heures</b>	<b>apport %</b>	<b>Distribution %</b>	<b>Résidu</b>	<b>Résidus cumulés</b>
0-1	4,17	0,66	3,51	3,51
1-2	4,17	0,66	3,51	7,01
2-3	4,17	1,12	3,05	10,06
3-4	4,17	1,6	2,57	12,63
4-5	4,17	3,3	0,87	<b>13,49</b>
5-6	4,17	4,3	-0,13	13,36
6-7	4,17	4,9	-0,73	12,63
7-8	4,17	8,32	-4,15	8,47
8-9	4,17	6,68	-2,51	5,96
9-10	4,17	5,3	-1,13	4,83
10-11	4,17	4,86	-0,69	4,13
11-12	4,17	5,86	-1,69	2,44
12-13	4,17	5,5	-1,33	1,11
13-14	4,17	4,5	-0,33	0,77
14-15	4,17	4,82	-0,65	0,12
15-16	4,17	5,72	-1,55	-1,43
16-17	4,17	7,64	-3,47	-4,91
17-18	4,17	7,04	-2,87	-7,78
18-19	4,17	6,78	-2,61	<b>-10,39</b>
19-20	4,17	3,36	0,81	-9,59
20-21	4,17	3,36	0,81	-8,78
21-22	4,17	1,8	2,37	-6,41
22-23	4,17	1,16	3,01	-3,41

23-24	4,17	0,76	3,41	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100,00</b>	<b><u>0,00</u></b>	

*Tableau III .4: Variation du résidu dans le réservoir Ait Ouramdane.*

Heures	apport %	Distribution %	Résidu	Résidus cumulés
0-1	4,17	0,66	3,51	3,51
1-2	4,17	0,66	3,51	7,01
2-3	4,17	1,12	3,05	10,06
3-4	4,17	1,6	2,57	12,63
4-5	4,17	3,3	0,87	<b>13,49</b>
5-6	4,17	4,3	-0,13	13,36
6-7	4,17	4,9	-0,73	12,63
7-8	4,17	8,32	-4,15	8,47
8-9	4,17	6,68	-2,51	5,96
9-10	4,17	5,3	-1,13	4,83
10-11	4,17	4,86	-0,69	4,13
11-12	4,17	5,86	-1,69	2,44
12-13	4,17	5,5	-1,33	1,11
13-14	4,17	4,5	-0,33	0,77
14-15	4,17	4,82	-0,65	0,12
15-16	4,17	5,72	-1,55	-1,43
16-17	4,17	7,64	-3,47	-4,91
17-18	4,17	7,04	-2,87	-7,78
18-19	4,17	6,78	-2,61	<b>-10,39</b>
19-20	4,17	3,36	0,81	-9,59
20-21	4,17	3,36	0,81	-8,78
21-22	4,17	1,8	2,37	-6,41
22-23	4,17	1,16	3,01	-3,41
23-24	4,17	0,76	3,41	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100,00</b>	<b><u>0,00</u></b>	

*Tableau III .5: Variation du résidu dans le réservoir Boumati.*

Heures	apport %	Distribution %	Résidu(%)	Résidus cumulés(%)
0-1	4,17	0,66	3,51	3,51
1-2	4,17	0,66	3,51	7,01
2-3	4,17	1,12	3,05	10,06
3-4	4,17	1,6	2,57	12,63
4-5	4,17	3,3	0,87	<b>13,49</b>
5-6	4,17	4,3	-0,13	13,36

6-7	4,17	4,9	-0,73	12,63
7-8	4,17	8,32	-4,15	8,47
8-9	4,17	6,68	-2,51	5,96
9-10	4,17	5,3	-1,13	4,83
10-11	4,17	4,86	-0,69	4,13
11-12	4,17	5,86	-1,69	2,44
12-13	4,17	5,5	-1,33	1,11
13-14	4,17	4,5	-0,33	0,77
14-15	4,17	4,82	-0,65	0,12
15-16	4,17	5,72	-1,55	-1,43
16-17	4,17	7,64	-3,47	-4,91
17-18	4,17	7,04	-2,87	-7,78
18-19	4,17	6,78	-2,61	<b>-10,39</b>
19-20	4,17	3,36	0,81	-9,59
20-21	4,17	3,36	0,81	-8,78
21-22	4,17	1,8	2,37	-6,41
22-23	4,17	1,16	3,01	-3,41
23-24	4,17	0,76	3,41	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100,00</b>	<b>0,00</b>	

*Tableau III.6: Variation du résidu dans le réservoir Ioualichene .*

Heures	apport %	Distribution %	Résidu (%)	Résidus cumulés (%)
0-1	5,00	0,66	4,34	4,34
1-2	5,00	0,66	4,34	8,68
2-3	5,00	1,12	3,88	12,56
3-4	5,00	1,6	3,40	15,96
4-5	5,00	3,3	1,70	17,66
5-6	5,00	4,3	0,70	18,36
6-7	5,00	4,9	0,10	<b>18,46</b>
7-8	5,00	8,32	-3,32	15,14
8-9	5,00	6,68	-1,68	13,46
9-10	5,00	5,3	-0,30	13,16
10-11	5,00	4,86	0,14	13,30
11-12	5,00	5,86	-0,86	12,44
12-13	5,00	5,5	-0,50	11,94
13-14	5,00	4,5	0,50	12,44
14-15	5,00	4,82	0,18	12,62
15-16	5,00	5,72	-0,72	11,90
16-17	5,00	7,64	-2,64	9,26
17-18	0,00	7,04	-7,04	2,22
18-19	0,00	6,78	-6,78	-4,56

19-20	0,00	3,36	-3,36	-7,92
20-21	0,00	3,36	-3,36	<b>-11,28</b>
21-22	5,00	1,8	3,20	-8,08
22-23	5,00	1,16	3,84	-4,24
23-24	5,00	0,76	4,24	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100,00</b>	<b>0,00</b>	

*Tableau III.7: Variation du résidu dans le réservoir Abada Haut.*

Heures	Apport%	Distribution %	Résidu %	Résidus cumulés
0-1	4,17	0,6	3,57	3,57
1-2	4,17	0,6	3,57	7,13
2-3	4,17	1,2	2,97	10,10
3-4	4,17	2	2,17	12,27
4-5	4,17	3,5	0,67	12,93
5-6	4,17	3,5	0,67	<b>13,60</b>
6-7	4,17	4,5	-0,33	13,27
7-8	4,17	10,2	-6,03	7,23
8-9	4,17	8,8	-4,63	2,60
9-10	4,17	6,5	-2,33	0,27
10-11	4,17	4,1	0,07	0,33
11-12	4,17	4,1	0,07	0,40
12-13	4,17	3,5	0,67	1,07
13-14	4,17	3,5	0,67	1,73
14-15	4,17	4,7	-0,53	1,20
15-16	4,17	6,2	-2,03	-0,83
16-17	4,17	10,4	-6,23	-7,07
17-18	4,17	9,4	-5,23	-12,30
18-19	4,17	7,3	-3,13	<b>-15,43</b>
19-20	4,17	1,6	2,57	-12,87
20-21	4,17	1,6	2,57	-10,30
21-22	4,17	1	3,17	-7,13
22-23	4,17	0,6	3,57	-3,57
23-24	4,17	0,6	3,57	0,00
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	

*Tableau III.8: Variation du résidu dans le réservoir El kennour.*

Heures	Apport%	Distribution %	Résidu %	Résidus cumulés
0-1	4,17	0,6	3,57	3,57
1-2	4,17	0,6	3,57	7,13
2-3	4,17	1,2	2,97	10,10
3-4	4,17	2	2,17	12,27

4-5	4,17	3,5	0,67	12,93
5-6	4,17	3,5	0,67	<b>13,60</b>
6-7	4,17	4,5	-0,33	13,27
7-8	4,17	10,2	-6,03	7,23
8-9	4,17	8,8	-4,63	2,60
9-10	4,17	6,5	-2,33	0,27
10-11	4,17	4,1	0,07	0,33
11-12	4,17	4,1	0,07	0,40
12-13	4,17	3,5	0,67	1,07
13-14	4,17	3,5	0,67	1,73
14-15	4,17	4,7	-0,53	1,20
15-16	4,17	6,2	-2,03	-0,83
16-17	4,17	10,4	-6,23	-7,07
17-18	4,17	9,4	-5,23	-12,30
18-19	4,17	7,3	-3,13	<b>-15,43</b>
19-20	4,17	1,6	2,57	-12,87
20-21	4,17	1,6	2,57	-10,30
21-22	4,17	1	3,17	-7,13
22-23	4,17	0,6	3,57	-3,57
23-24	4,17	0,6	3,57	0,00
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>0</b>	

*Tableau III.9: Variation du résidu dans le réservoir Tissira.*

Heures	Apport%	Distribution %	Résidu %	Résidus cumulés
0-1	4,17	0,6	3,57	3,57
1-2	4,17	0,6	3,57	7,13
2-3	4,17	1,2	2,97	10,10
3-4	4,17	2	2,17	12,27
4-5	4,17	3,5	0,67	12,93
5-6	4,17	3,5	0,67	<b>13,60</b>
6-7	4,17	4,5	-0,33	13,27
7-8	4,17	10,2	-6,03	7,23
8-9	4,17	8,8	-4,63	2,60
9-10	4,17	6,5	-2,33	0,27
10-11	4,17	4,1	0,07	0,33
11-12	4,17	4,1	0,07	0,40
12-13	4,17	3,5	0,67	1,07
13-14	4,17	3,5	0,67	1,73
14-15	4,17	4,7	-0,53	1,20
15-16	4,17	6,2	-2,03	-0,83
16-17	4,17	10,4	-6,23	-7,07

17-18	4,17	9,4	-5,23	-12,30
18-19	4,17	7,3	-3,13	<b>-15,43</b>
19-20	4,17	1,6	2,57	-12,87
20-21	4,17	1,6	2,57	-10,30
21-22	4,17	1	3,17	-7,13
22-23	4,17	0,6	3,57	-3,57
23-24	4,17	0,6	3,57	0,00
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100</b>	<b>0,00</b>	

*Tableau III.10: Variation du résidu dans le réservoir Toundjadj .*

Heures	Apport%	Distribution %	Résidu %	Résidus cumulés
0-1	4,17	0,6	3,57	3,57
1-2	4,17	0,6	3,57	7,13
2-3	4,17	1,2	2,97	10,10
3-4	4,17	2	2,17	12,27
4-5	4,17	3,5	0,67	12,93
5-6	4,17	3,5	0,67	<b>13,60</b>
6-7	4,17	4,5	-0,33	13,27
7-8	4,17	10,2	-6,03	7,23
8-9	4,17	8,8	-4,63	2,60
9-10	4,17	6,5	-2,33	0,27
10-11	4,17	4,1	0,07	0,33
11-12	4,17	4,1	0,07	0,40
12-13	4,17	3,5	0,67	1,07
13-14	4,17	3,5	0,67	1,73
14-15	4,17	4,7	-0,53	1,20
15-16	4,17	6,2	-2,03	-0,83
16-17	4,17	10,4	-6,23	-7,07
17-18	4,17	9,4	-5,23	-12,30
18-19	4,17	7,3	-3,13	<b>-15,43</b>
19-20	4,17	1,6	2,57	-12,87
20-21	4,17	1,6	2,57	-10,30
21-22	4,17	1	3,17	-7,13
22-23	4,17	0,6	3,57	-3,57
23-24	4,17	0,6	3,57	0,00
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100</b>	<b>0,00</b>	

*Tableau III.11: Variation du résidu dans le réservoir Tadount.*

Heures	Apport%	Distribution %	Résidu %	Résidus cumulés
0-1	4,17	0,6	3,57	3,57
1-2	4,17	0,6	3,57	7,13
2-3	4,17	1,2	2,97	10,10
3-4	4,17	2	2,17	12,27
4-5	4,17	3,5	0,67	12,93
5-6	4,17	3,5	0,67	<b>13,60</b>
6-7	4,17	4,5	-0,33	13,27
7-8	4,17	10,2	-6,03	7,23
8-9	4,17	8,8	-4,63	2,60
9-10	4,17	6,5	-2,33	0,27
10-11	4,17	4,1	0,07	0,33
11-12	4,17	4,1	0,07	0,40
12-13	4,17	3,5	0,67	1,07
13-14	4,17	3,5	0,67	1,73
14-15	4,17	4,7	-0,53	1,20
15-16	4,17	6,2	-2,03	-0,83
16-17	4,17	10,4	-6,23	-7,07
17-18	4,17	9,4	-5,23	-12,30
18-19	4,17	7,3	-3,13	<b>-15,43</b>
19-20	4,17	1,6	2,57	-12,87
20-21	4,17	1,6	2,57	-10,30
21-22	4,17	1	3,17	-7,13
22-23	4,17	0,6	3,57	-3,57
23-24	4,17	0,6	3,57	0,00
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100</b>	<b>0,00</b>	

*Tableau III .12: Variation du résidu dans le réservoir Ouled Belhizem .*

Heures	apport %	Distribution %	Résidu	Résidus cumulés
0-1	4,17	0,6	3,57	3,57
1-2	4,17	0,6	3,57	7,13
2-3	4,17	1,2	2,97	10,10
3-4	4,17	2	2,17	12,27
4-5	4,17	3,5	0,67	12,93
5-6	4,17	3,5	0,67	<b>13,60</b>
6-7	4,17	4,5	-0,33	13,27
7-8	4,17	10,2	-6,03	7,23
8-9	4,17	8,8	-4,63	2,60
9-10	4,17	6,5	-2,33	0,27
10-11	4,17	4,1	0,07	0,33

11-12	4,17	4,1	0,07	0,40
12-13	4,17	3,5	0,67	1,07
13-14	4,17	3,5	0,67	1,73
14-15	4,17	4,7	-0,53	1,20
15-16	4,17	6,2	-2,03	-0,83
16-17	4,17	10,4	-6,23	-7,07
17-18	4,17	9,4	-5,23	-12,30
18-19	4,17	7,3	-3,13	<b>-15,43</b>
19-20	4,17	1,6	2,57	-12,87
20-21	4,17	1,6	2,57	-10,30
21-22	4,17	1	3,17	-7,13
22-23	4,17	0,6	3,57	-3,57
23-24	4,17	0,6	3,57	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0,00</b>	

*Tableau III .13: Variation du résidu dans le réservoir El moumnine.*

Heures	Apport%	Distribution %	Résidu %	Résidus cumulés
0-1	4,17	0,6	3,57	3,57
1-2	4,17	0,6	3,57	7,13
2-3	4,17	1,2	2,97	10,10
3-4	4,17	2	2,17	12,27
4-5	4,17	3,5	0,67	12,93
5-6	4,17	3,5	0,67	<b>13,60</b>
6-7	4,17	4,5	-0,33	13,27
7-8	4,17	10,2	-6,03	7,23
8-9	4,17	8,8	-4,63	2,60
9-10	4,17	6,5	-2,33	0,27
10-11	4,17	4,1	0,07	0,33
11-12	4,17	4,1	0,07	0,40
12-13	4,17	3,5	0,67	1,07
13-14	4,17	3,5	0,67	1,73
14-15	4,17	4,7	-0,53	1,20
15-16	4,17	6,2	-2,03	-0,83
16-17	4,17	10,4	-6,23	-7,07
17-18	4,17	9,4	-5,23	-12,30
18-19	4,17	7,3	-3,13	<b>-15,43</b>
19-20	4,17	1,6	2,57	-12,87
20-21	4,17	1,6	2,57	-10,30
21-22	4,17	1	3,17	-7,13
22-23	4,17	0,6	3,57	-3,57
23-24	4,17	0,6	3,57	0,00
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100</b>	<b>0,00</b>	

*Tableau III.14: Variation du résidu dans le réservoir Tala Arous.*

Heures	apport %	Distribution %	Résidu(%)	Résidus cumulés (%)
0-1	4,17	0,75	3,42	3,42
1-2	4,17	0,75	3,42	6,83
2-3	4,17	1	3,17	10,00
3-4	4,17	1	3,17	13,17
4-5	4,17	3	1,17	<b>14,33</b>
5-6	4,17	5,5	-1,33	13,00
6-7	4,17	5,5	-1,33	11,67
7-8	4,17	5,5	-1,33	10,33
8-9	4,17	3,5	0,67	11,00
9-10	4,17	3,5	0,67	11,67
10-11	4,17	6	-1,83	9,83
11-12	4,17	8,5	-4,33	5,50
12-13	4,17	8,5	-4,33	1,17
13-14	4,17	6	-1,83	-0,67
14-15	4,17	5	-0,83	-1,50
15-16	4,17	5	-0,83	-2,33
16-17	4,17	3,5	0,67	-1,67
17-18	4,17	3,5	0,67	-1,00
18-19	4,17	6	-1,83	-2,83
19-20	4,17	6	-1,83	-4,67
20-21	4,17	6	-1,83	<b>-6,50</b>
21-22	4,17	3	1,17	-5,33
22-23	4,17	2	2,17	-3,17
23-24	4,17	1	3,17	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b><u>0,00</u></b>	

*Tableau III.15: Variation du résidu dans le réservoir Azib Koufa.*

Heures	apport %	Distribution %	Résidu(%)	Résidus cumulés (%)
0-1	4,17	0,75	3,42	3,42
1-2	4,17	0,75	3,42	6,83
2-3	4,17	1	3,17	10,00
3-4	4,17	1	3,17	13,17
4-5	4,17	3	1,17	<b>14,33</b>
5-6	4,17	5,5	-1,33	13,00
6-7	4,17	5,5	-1,33	11,67
7-8	4,17	5,5	-1,33	10,33
8-9	4,17	3,5	0,67	11,00
9-10	4,17	3,5	0,67	11,67

10-11	4,17	6	-1,83	9,83
11-12	4,17	8,5	-4,33	5,50
12-13	4,17	8,5	-4,33	1,17
13-14	4,17	6	-1,83	-0,67
14-15	4,17	5	-0,83	-1,50
15-16	4,17	5	-0,83	-2,33
16-17	4,17	3,5	0,67	-1,67
17-18	4,17	3,5	0,67	-1,00
18-19	4,17	6	-1,83	-2,83
19-20	4,17	6	-1,83	-4,67
20-21	4,17	6	-1,83	<b>-6,50</b>
21-22	4,17	3	1,17	-5,33
22-23	4,17	2	2,17	-3,17
23-24	4,17	1	3,17	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0,00</b>	

*Tableau III.16 : Variation du résidu dans le réservoir Ighil Kidoune.*

Heures	apport %	Distribution %	Résidu(%)	Résidus cumulés (%)
0-1	4,17	0,66	3,51	3,51
1-2	4,17	0,66	3,51	7,01
2-3	4,17	1,12	3,05	10,06
3-4	4,17	1,60	2,57	12,63
4-5	4,17	3,30	0,87	<b>13,49</b>
5-6	4,17	4,30	-0,13	13,36
6-7	4,17	4,90	-0,73	12,63
7-8	4,17	8,32	-4,15	8,47
8-9	4,17	6,68	-2,51	5,96
9-10	4,17	5,30	-1,13	4,83
10-11	4,17	4,86	-0,69	4,13
11-12	4,17	5,86	-1,69	2,44
12-13	4,17	5,50	-1,33	1,11
13-14	4,17	4,50	-0,33	0,77
14-15	4,17	4,82	-0,65	0,12
15-16	4,17	5,72	-1,55	-1,43
16-17	4,17	7,64	-3,47	-4,91
17-18	4,17	7,04	-2,87	-7,78
18-19	4,17	6,78	-2,61	-10,39
19-20	4,17	3,36	0,81	-9,59
20-21	4,17	3,36	0,81	<b>-8,78</b>
21-22	4,17	1,80	2,37	-6,41
22-23	4,17	1,16	3,01	-3,41

23-24	4,17	0,76	3,41	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b><u>0,00</u></b>	

*Tableau III.17: Variation du résidu dans le réservoir Tala Ayache..*

Heures	apport(%)	Distribution %	Résidu(%)	Résidus cumulés (%)
0-1	4,17	0,75	3,42	3,42
1-2	4,17	0,75	3,42	6,83
2-3	4,17	1	3,17	10,00
3-4	4,17	1	3,17	13,17
4-5	4,17	3	1,17	<b>14,33</b>
5-6	4,17	5,5	-1,33	13,00
6-7	4,17	5,5	-1,33	11,67
7-8	4,17	5,5	-1,33	10,33
8-9	4,17	3,5	0,67	11,00
9-10	4,17	3,5	0,67	11,67
10-11	4,17	6	-1,83	9,83
11-12	4,17	8,5	-4,33	5,50
12-13	4,17	8,5	-4,33	1,17
13-14	4,17	6	-1,83	-0,67
14-15	4,17	5	-0,83	-1,50
15-16	4,17	5	-0,83	-2,33
16-17	4,17	3,5	0,67	-1,67
17-18	4,17	3,5	0,67	-1,00
18-19	4,17	6	-1,83	-2,83
19-20	4,17	6	-1,83	-4,67
20-21	4,17	6	-1,83	<b>-6,50</b>
21-22	4,17	3	1,17	-5,33
22-23	4,17	2	2,17	-3,17
23-24	4,17	1	3,17	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b><u>0,00</u></b>	

*Tableau III.18: Variation du résidu dans le réservoir Rebai.*

Heures	apport(%)	Distribution %	Résidu(%)	Résidus cumulés (%)
0-1	4,17	0,75	3,42	3,42
1-2	4,17	0,75	3,42	6,83
2-3	4,17	1	3,17	10,00
3-4	4,17	1	3,17	13,17
4-5	4,17	3	1,17	<b>14,33</b>
5-6	4,17	5,5	-1,33	13,00
6-7	4,17	5,5	-1,33	11,67

7-8	4,17	5,5	-1,33	10,33
8-9	4,17	3,5	0,67	11,00
9-10	4,17	3,5	0,67	11,67
10-11	4,17	6	-1,83	9,83
11-12	4,17	8,5	-4,33	5,50
12-13	4,17	8,5	-4,33	1,17
13-14	4,17	6	-1,83	-0,67
14-15	4,17	5	-0,83	-1,50
15-16	4,17	5	-0,83	-2,33
16-17	4,17	3,5	0,67	-1,67
17-18	4,17	3,5	0,67	-1,00
18-19	4,17	6	-1,83	-2,83
19-20	4,17	6	-1,83	-4,67
20-21	4,17	6	-1,83	<b>-6,50</b>
21-22	4,17	3	1,17	-5,33
22-23	4,17	2	2,17	-3,17
23-24	4,17	1	3,17	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0,00</b>	

*Tableau III.19: Variation du résidu dans le réservoir Zaouia.*

Heures	apport(%)	Distribution %	Résidu(%)	Résidus cumulés (%)
0-1	4,17	0,75	3,42	3,42
1-2	4,17	0,75	3,42	6,83
2-3	4,17	1	3,17	10,00
3-4	4,17	1	3,17	13,17
4-5	4,17	3	1,17	<b>14,33</b>
5-6	4,17	5,5	-1,33	13,00
6-7	4,17	5,5	-1,33	11,67
7-8	4,17	5,5	-1,33	10,33
8-9	4,17	3,5	0,67	11,00
9-10	4,17	3,5	0,67	11,67
10-11	4,17	6	-1,83	9,83
11-12	4,17	8,5	-4,33	5,50
12-13	4,17	8,5	-4,33	1,17
13-14	4,17	6	-1,83	-0,67
14-15	4,17	5	-0,83	-1,50
15-16	4,17	5	-0,83	-2,33
16-17	4,17	3,5	0,67	-1,67
17-18	4,17	3,5	0,67	-1,00
18-19	4,17	6	-1,83	-2,83
19-20	4,17	6	-1,83	-4,67

20-21	4,17	6	-1,83	<b>-6,50</b>
21-22	4,17	3	1,17	-5,33
22-23	4,17	2	2,17	-3,17
23-24	4,17	1	3,17	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0,00</b>	

*Tableau III .20: Tableau récapitulatif*

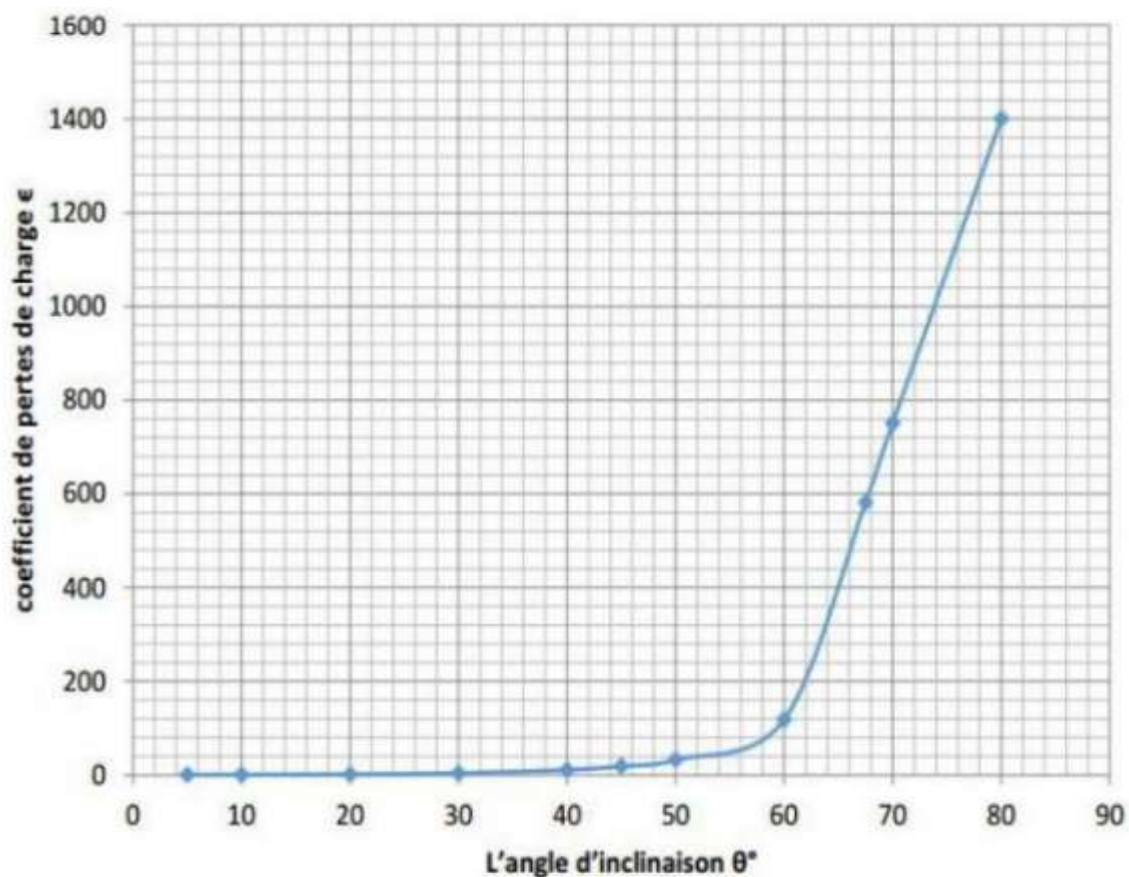
Réservoir	débit max/j	Kmax.h	P+	P-	R	Vr	Vt	H	D
Azrou	6314,77	2,3	23,89	/	23,89	1508,39	1628,39	4	22,77
Mechachka	104,54	2,3	23,89	/	23,89	24,97	144,97	4	6,91
Bhalil	237,75	2,3	23,89	/	23,89	56,79	176,79	4	5,64
Ait ouramdane	19,85	2,3	23,89	/	23,89	4,74	124,74	4	3,99
Boumati	5972,49	2,3	23,89	/	23,89	1426,63	1546,63	4	15,45
Ioualichene	106,30	2,3	29,74	/	29,74	31,61	151,61	4	6,91
Abada haut	565,85	2,5	29,03	/	29,03	164,28	284,28	4	3,99
El kennour	215,25	2,5	29,03	/	29,03	62,49	182,49	4	5,64
Tissira	200,69	2,5	29,03	/	29,03	58,268174	178,26817	4	5,64
Toumdjadj	89,10	2,5	29,03	/	29,03	25,868508	145,86851	4	3,9894228
Tadount	112,04	2,5	29,03	/	29,03	32,527728	152,52773	4	4,8860251
Ouled belhizem	131,00	2,5	29,03	/	29,03	38,03	158,03	4	4,89
El moumnine	142,91	2,5	29,03	/	29,03	41,492062	161,49206	4	4,8860251
Tala arous	3533,04	2,3	20,83	/	20,83	736,05	856,05	4	4,89
Azib Koufa	3533,04	2,3	20,83	/	20,83	736,05	856,05	4	4,89
Ighil Kidoune	736,61	2,3	23,89	/	23,89	175,95	295,95	4	6,91
Tala Ayache	289,35	2,3	20,83	/	20,83	60,28	180,28	4	3,99
Rebai	390,80	2,3	20,83	/	20,83	81,42	201,42	4	4,89
Zaouia	193,20	2,3	20,83	/	20,83	40,25	160,25	4	2,82

*Annexe1 : Régime de consommation des agglomérations.*

Heure du jour	Coefficient de variation maximale horaire de la consommation (Kmax.h)												
	1,2	1,25	1,3	1,4	1,4	1,45	1,5	1,7	1,8	1,9	2	2,3	2,5
0-1	3,5	3,35	3,2	3	2,5	2	1,5	1	0,9	0,95	0,75	0,66	0,6
1-2	3,45	3,25	3,25	3,2	2,65	2,1	1,5	1,00	0,9	0,95	0,75	0,66	0,6
2-3	3,45	3,3	2,9	2,5	2,2	1,85	1,5	1	0,9	0,95	1	1,12	1,2
3-4	3,4	3,2	2,9	2,6	2,25	1,9	1,5	1	1	1	1	1,60	2
4-5	3,4	3,25	3,35	3,5	3,2	2,85	2,5	2	1,4	2,7	3	3,30	3,5
5-6	3,55	3,4	3,75	4,1	3,9	3,7	3,5	3	3,9	4,7	5,5	4,30	3,5
6-7	4	3,85	4,15	4,5	4,50	4,5	4,5	5	5,2	5,35	5,5	4,90	4,5
7-8	4,4	4,45	4,65	4,9	5,1	5,3	5,5	6,5	6,2	5,85	5,5	8,32	10,2
8-9	5	5,2	5,05	4,9	5,35	5,8	6,25	6,50	5,5	4,5	3,5	6,68	8,8
9-10	4,8	5,05	5,4	5,6	5,85	6,05	6,25	5,5	5,9	4,2	3,5	5,30	6,5
10-11	4,7	4,85	4,85	4,9	5,35	5,8	6,25	4,5	5	5,5	6	4,86	4,1
11-12	4,55	4,6	4,6	4,7	5,25	5,7	6,25	5,5	6,5	7,5	8,5	5,86	4,1
12-13	4,55	4,6	4,5	4,4	4,6	4,8	5	7	7,5	7,9	8,5	5,50	3,5
13-14	4,45	4,55	4,3	4,1	4,4	4,7	5	7	6,7	6,35	6	4,50	3,5
14-15	4,6	4,75	4,4	4,1	4,6	5,05	5,5	5,5	5,4	5,2	5	4,82	4,7
15-16	4,6	4,7	4,55	4,4	4,6	5,3	6	4,5	4,7	4,8	5	5,72	6,2
16-17	4,6	4,65	4,5	4,3	4,9	5,45	6	5	4,5	4	3,5	7,64	10,4
17-18	4,3	4,35	4,25	4,1	4,6	5,05	5,5	6,5	5,5	4,5	3,5	7,04	9,4
18-19	4,35	4,4	4,45	4,5	4,7	4,85	5	6,5	6,3	6,2	6	6,78	7,3
19-20	4,25	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5,4	5,7	6	3,36	1,6
20-21	4,25	4,3	4,4	4,5	4,4	4,2	4	4,5	5	5,5	6	3,36	1,6
21-22	4,15	4,2	4,5	4,8	4,2	3,6	3	3	3	3	3	1,80	1
22-23	3,9	3,75	4,2	4,6	3,7	2,85	2	2	2	2	2	1,16	0,6
23-24	3,8	3,7	3,5	3,3	2,7	2,1	1,5	1	1	1	1	0,76	0,6
total	100	100	100	100	95,5	100	100	92,5	100	100,3	100	100	100

*Annexe 02: Evaluation du coefficient de singularité  $\epsilon$  d'une vanne à papillon en fonction de son degré d'ouverture.*

Angle d'inclinaison du papillon $\vartheta$	0	5	10	20	30	40	45	50	60	70	80
$\epsilon$	0,25	0,25	0,52	1,54	3,91	10,8	18,7	32,6	118	751	1400



*Annexe 03 : Prix des diamètres des conduites en PEHD.*

Le prix PN 10			PN 6	
Dext (mm)	e PN6 (mm)	Dint PN6 (mm)	PRIX HT	PRIX TTC
25	2	21	45,6	54,26
32	2	28	57	67,83
40	2	36	85,5	101,75
50	2	46	142,5	169,58
63	2,5	58	205,2	244,19
75	2,9	69,2	313,5	373,07
90	3,5	83	421,8	501,94
110	4,2	101,6	615,6	732,56
125	4,8	115,4	803,7	956,4
160	6,2	147,6	1282,5	956,4
200	7,79	184,42	1995	2374,05

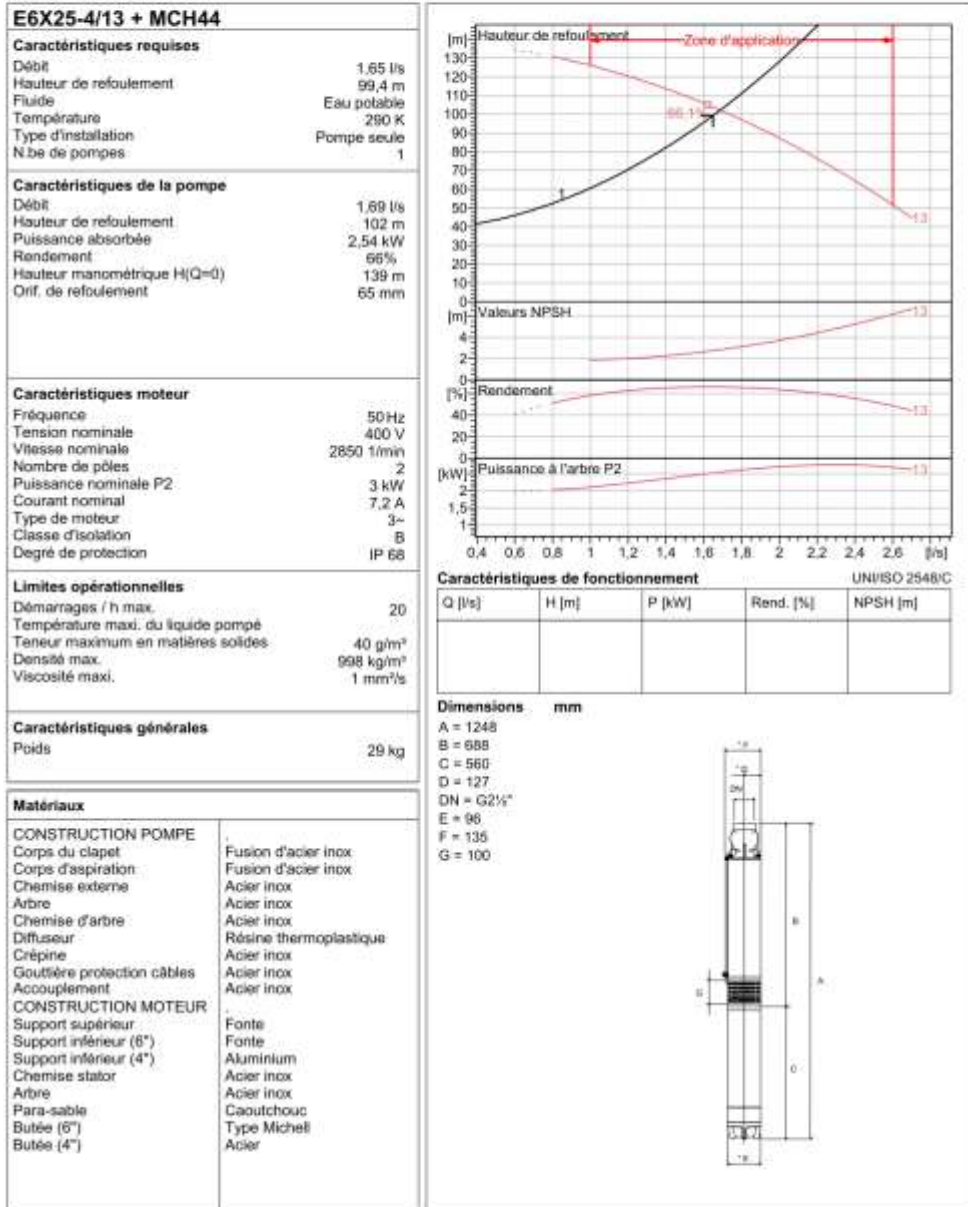
*Annexe 04 : Les diamètres nominaux des conduites en PEHD*

Dext (mm)	e PN6 (mm)	Dint PN6 (mm)	e PN10 (mm)	Dint PN10 (mm)	e PN16 (mm)	Dint PN16 (mm)	e PN20 (mm)	Dint PN20 (mm)	e PN25 (mm)	Dint PN25 (mm)
20	2	16	2	16	2	16	2,3	15,4	3	14
25	2	21	2	21	2,3	20,4	3	19	3,5	18
32	2	28	2	28	3	26	3,6	24,8	4,4	23,2
40	2	36	2,4	35,2	3,7	32,6	4,5	31	5,5	29
50	2	46	3	44	4,6	40,8	5,6	38,8	6,9	36,2
63	2,5	58	3,8	55,4	5,8	51,4	7,1	48,8	8,6	45,8
75	2,9	69,2	4,5	66	6,8	61,4	8,4	58,2	10,3	54,4
90	3,5	83	5,4	79,2	8,2	73,6	10,1	69,8	12,3	65,4
110	4,2	101,6	6,6	96,8	10	90	12,3	85,4	15,1	79,8
125	4,8	115,4	7,4	110,2	11,4	102,2	14	97	17,1	90,8
160	6,2	147,6	9,5	141	14,6	130,8	17,9	124,2	21,9	116,2
200	7,79	184,42	11,9	176,2	18,2	163,6	22,4	155,2	27,4	145,2
250	9,6	230,8	14,8	220,4	22,7	204,6	27,9	194,2	34,2	181,6
315	12,1	290,8	18,7	277,6	28,6	257,8	35,2	244,6	43,1	228,8
400	15,3	369,4	23,7	352,6	36,3	327,4	44,7	310,6	54,7	290,6
500	19,1	461,8	29,7	440,6	45,4	409,2	55,8	388,4	-	-
630	24,1	581,8	37,4	555,2	57,2	515,6	70,3	489,4	-	-
710	27,2	655,6	42,1	625,8	64,5	581	79,3	551,4	-	-
800	30,6	738,8	47,4	705,2	72,6	654,8	89,3	621,4	-	-

Annexe 4 : Courbes caractéristiques de la pompe Abad Huat vers Almoumninn.



COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001



Notes:

Date	Page	Offre n°	Pos.N°
12.06.2024	1		

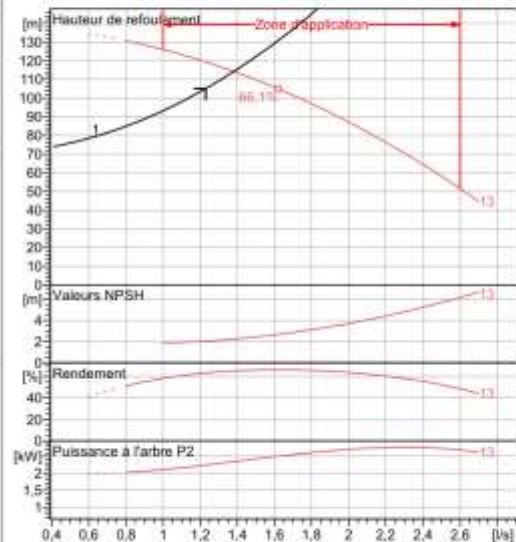
PumpTutor Version 2.0 - 05.05.2008 (Build 464)

Annexe 5 : Courbes caractéristiques de la pompe Boumati vers station de reprise.



COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001

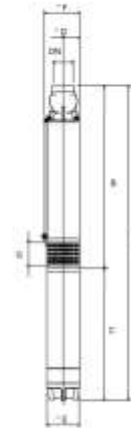
<b>E6X25-4/13 + MCH44</b>	
<b>Caractéristiques requises</b>	
Débit	1,23 l/s
Hauteur de refoulement	105 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
<b>Caractéristiques de la pompe</b>	
Débit	1,38 l/s
Hauteur de refoulement	114 m
Puissance absorbée	2,34 kW
Rendement	65%
Hauteur manométrique H(Q=0)	139 m
Orif. de refoulement	65 mm
<b>Caractéristiques moteur</b>	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2850 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	3 kW
Courant nominal	7,2 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	B
Degré de protection	IP 68
<b>Limites opérationnelles</b>	
Démarrages / h max.	20
Température maxi. du liquide pompé	
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	29 kg
<b>Matériaux</b>	
<b>CONSTRUCTION POMPE</b>	
Corps du clapet	Fusion d'acier inox
Corps d'aspiration	Fusion d'acier inox
Chemise externe	Acier inox
Arbre	Acier inox
Chemise d'arbre	Acier inox
Diffuseur	Résine thermoplastique
Crépine	Acier inox
Gouttière protection câbles	Acier inox
Accouplement	Acier inox
<b>CONSTRUCTION MOTEUR</b>	
Support supérieur	Fonte
Support inférieur (6")	Fonte
Support inférieur (4")	Aluminium
Chemise stator	Acier inox
Arbre	Acier inox
Para-sable	Cacoutchouc
Butée (6")	Type Michell
Butée (4")	Acier



Caractéristiques de fonctionnement				
UNI/ISO 2548/C				
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

- A = 1248
- B = 688
- C = 560
- D = 127
- DN = G2 1/2"
- E = 96
- F = 135
- G = 100.



Notes:

Date 12.06.2009	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

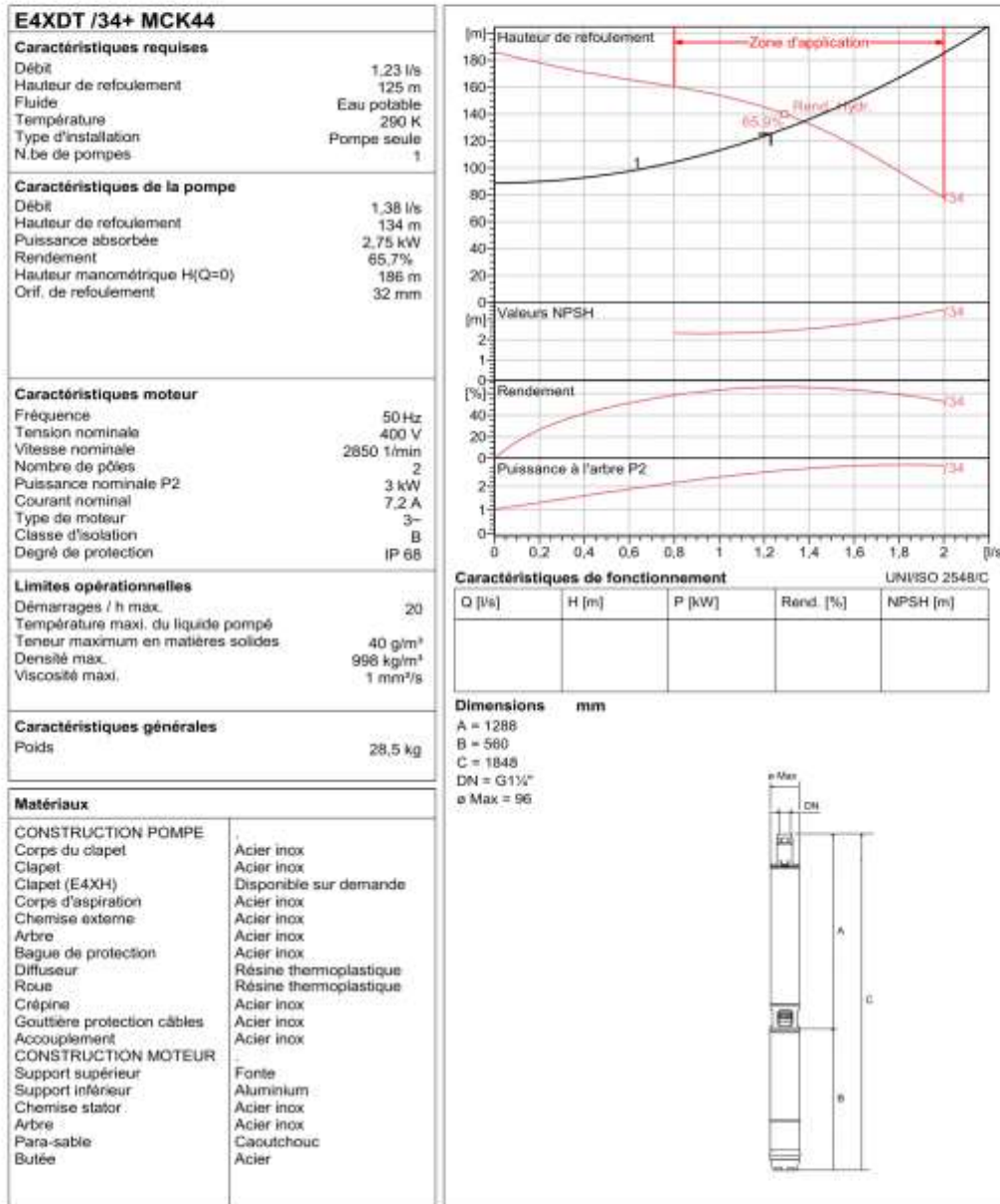
PumpTutor Version 2.0 - 05.05.2008 (Build 464)

Annexe 06: Courbes caractéristiques de la pompe Station de reprise vers Ioualichen.



Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001



Notes:

Date	Page	Offre n°	Pos.N°
12.06.2009	1		

PumpTutor Version: 2.0 - 05.05.2008 (Build 454)

## Résumé

Dans ce travail, nous avons réalisé une étude d'alimentation en eau potable pour les villages de la commune d'afir, dans la wilaya de Boumerdes. Cet ensemble de villages sera alimenté gravitairement à partir d'un réservoir tampon. Après avoir présenté la zone d'étude et estimé ses besoins en eau à l'horizon 2054, nous avons procédé au dimensionnement des réservoirs d'eau ainsi que les conduites d'adduction. Ensuite, nous avons choisi les pompes adéquates pour l'adduction par refoulement. Afin de protéger les conduites, nous avons vérifié l'éventuelle apparition du phénomène de coup de bélier.

**Mots clés :** Alimentation en eau potable, réservoir, adduction, pompe, coup de bélier.

## Abstract

In this work, we conducted a study of the potable water supply for the common of Afir, in the wilaya of Boumerdes. This group of villages will be supplied gravitationally from a buffer reservoir. After presenting the study area and estimating its water needs up to 2054, we proceeded with the chose of water tanks as well as the supply pipes. Next, the transfer of water from low points to high points led us to choose the appropriate pumps for the booster station. To protect the pipes, we checked for the potential occurrence of the water hammer phenomenon.

**Key words:** drinkable water alimentation,adduction, driving,pump, water hammer.

## ملخص

في هذا العمل، قمنا بدراسة تزويد المياه الصالحة للشرب قرية في بلدية أفير، في ولاية بومرداس. سيتم تزويد هذه القرى بالجاذبية من خزان مؤقت. بعد تقديم منطقة الدراسة وتقدير احتياجاتها من المياه حتى عام 2054، قمنا بتحديد أبعاد الخزانات وكذلك أنابيب التزويد. بعد ذلك، أدى نقل المياه من النقاط المنخفضة إلى النقاط العالية إلى اختيار المضخات المناسبة لمحطة الضخ. ولحماية الأنابيب، قمنا بالتحقق من احتمال ظهور ظاهرة المطرقة المائية.