

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté du Génie de la Construction

Département d'**HYDRAULIQUE**



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

LIANI IMANE

RAMDANI LAMIA

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

Option : Ouvrages Hydrauliques

INTITULE :

*Étude pour le renforcement en eau potable pour
la commune de FRIKAT*

Devant les membres de jury :

- Président : Mr AMOUR.A
- Promoteur : Mr BOUHALI.S
- Examinatrice : Mlle LEBDIRI.F

Promotion (2022-2023)

Remerciement

En premier lieu, nous remercions Dieu le tout puissant, de nous avoir donné la force, le courage, la volonté et la patience afin de mener ce modeste travail à terme.

Nous tenons à exprimer notre plus profonde gratitude envers Monsieur BOUHALLS, pour son soutien indéfectible et sa confiance en nous. Il a su partager avec nous son précieux bagage d'expérience et son expertise, tout en nous offrant une guidance d'une qualité exceptionnelle.

Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers les honorables membres de jury en acceptant de participer à notre soutenance.

A toute les personnes qui ont participé de près ou de loin dans l'achèvement de ce mémoire, nous vous adressons nos remerciements sincères.

Nous exprimons également notre reconnaissance envers tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Dédicaces

لم تكن الرحلة قصيره ولم يكن الحلم قريبا ولا الطريق كان محفوا بالتسهيلات ولكن فعلتها.

وفي اللحظة أكثر فخرا اهدي تخرجي الى ملاكي في الحياة وقره عيني واعز ما املك غاليتي وجنه قلبي امي التي حصدت الاشواك عن دربي لتمهد لي طريق العلم. يكفي ان تعرفي ان لك ابنة تنتظر فرصه واحده لتقدم لك الروح والقلب والعين هديه لما قدمته لطالما عاهدتك بالنجاح ها انا اليوم اتممت وعدي وهديته اليك امي

الي الذي احمل اسمه ابي الغالي طاب بك العمر يا سيد الرجال وطابت لي عمرا يا ابي، بعد فضل الله على ما انا فيه يعود الى ابي الرجل الذي لم ينال وله جزءا بسيطا مما حصلنا عليه والرجل الذي سعى طوال حياته ان نكون أفضل منه.

الي ضلعي الثابت الذي لا يميل الى من رزقت بهم سندا وملاذي الاول والاخير، الي التي امسكت بيدي حين توقفت الحياة عن مد يدها لي اختي حبيبتي علجيه، اخواني حسين، مصطفى، زيلان. الي خالتي امي الثانية الحنونة.

واما عن الورد والذهب فهما اعز الصديقات، شريكات الطموح البعيد "وردية وذهبيه"

الي رفاق الخطوة الأولى و الخطوة الاخيرة و بالأخص "ليليا، ليديا، لامية، رادية." رادية.

LIANI IMANE

Dédicaces

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 cœurs. Je dédie ce modeste mémoire qui est l'accomplissement de longues années d'études, en Premier lieu :

A mes très chers parents, qui n'ont pas cessé de me soutenir et M'encourager. Ce travail est le fruit de vos sacrifices et votre soutien moral et matériel que Vous avez consenti pour mon éducation dont ils ont fait preuve pour ma réussite.

Que le dieu, le tout puissant, vous préserve et vous accorde santé

A mes chères sœurs Cylia, Asma, Hassina (et ses enfant Ahlem et Yanis) et Maria

A mes chères frères Samir et Faiz qui sont le bonheur de ma vie.

A ma chère binôme et amie IMANE et sa famille

A tous mes chers amis Karina, Nora, Aziza, Yasmine, Lydia, Nassima.

Je remercierai monsieur HAMAZ.

A toute la promotion hydraulique 2023

RAMDANI LAMIA

SOMMAIRE

Liste des figures.....	a
Liste des tableaux	c
Liste des symboles.....	g
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

I.1. Introduction.....	2
I.2. Présentation de la commune de <i>FRIKAT</i>	2
I.2.1. Situation géographique	2
I.2.1. Situation topographique	2
I.2.2. Situation climatique	4
I.2.2.1. Température	4
I.2.2.2. Pluviométrie et neige	4
I.2.2.3. Les vents	6
I.2.2.4. L'humidité.....	6
I.2.3. Situation géologique	6
I.2.4. Situation sismique.....	7
I.2.5. Situation démographique	8
I.2.6. Situation hydrographique et hydrogéologique.....	9
I.2.7. Situation hydraulique	9
I.2.7.1. Alimentation en eau potable.....	9
I.2.7.1.1. Equipements existants.....	9
I.2.7.2. Assainissement.....	12
I.3. Conclusion	14

Chapitre II : Evaluation des besoins en eau

II.1. Introduction.....	15
II.2. Etude démographique	15
II.2.1. Estimation de la population	15
II.2.2. Choix de la norme unitaire de consommation (dotation).....	16
II.3. Consommation moyenne journalière.....	16
II.4. Estimation des différents types de besoins	17
II.4.1. Besoins domestique actuels 2023 et futurs 2028, 2038, 2048	17
II.4.2. Besoins scolaire	18
II.4.2.1. Les besoins scolaires existants.....	18
II.4.2.2. Les besoins scolaires à projeter	19
II.4.3. Besoins sanitaire	19
II.4.3.1. Besoins sanitaire existant.....	19
II.4.3.2. Besoins sanitaire à projeter.....	19
II.4.4. Les besoins municipaux.....	20
II.4.4.1. Les besoins municipaux existant	20
II.4.4.2. Les besoins municipaux à projeter.....	20
II.4.5. Les besoins socioculturels	20

II.4.5.1. Les besoins socioculturels existants	20
II.4.5.2. Les besoins socioculturels à projeter	21
II.4.6. Autre besoins publics.....	22
II.4.6.1. Les autres besoins existants	22
II.4.6.2. Les autres besoins à projeter.....	22
II.5. Récapitulatif des différents besoins actuels et futurs	23
II.6. Variation des débits	23
II.6.1. Etude des variations des débits journaliers	23
II.6.2. Etudes des variations des débits horaires.....	24
II.7. Bilan ressources-besoins.....	26
II.8. Conclusion	26

Chapitre III : Les réservoirs

III.1. Introduction	27
III.2. Fonction et utilité des réservoirs.....	27
III.3. Classification des réservoirs	27
III.4. Equipements des réservoirs	28
III.4.1. Equipements hydraulique	28
III.4.1.1. Arrivée de l'adduction.....	28
III.4.1.2. Départ de la distribution	29
III.4.1.3. Trop-plein et vidange	29
III.4.1.4. By-pass	30
III.4.1.5. Système de matérialisation de la réserve d'incendie	30
III.4.2. Equipements de nettoyage.....	31
III.5. Capacité des réservoirs3	31
III.5.1. Méthode analytique	31
III.5.1.1. Le résidu maximum dans les réservoirs	32
III.5.1.2. Diamètre du réservoir	32
III.5.1.3. Le volume total du réservoir.....	32
III.5.2. Méthode graphique.....	32
III.6. Dimensionnement des réservoirs.....	33
III.7. Conclusion.....	48

Chapitre IV : Adduction

IV.1. Introduction.....	49
IV.2. Type d'adduction	49
IV.2.1. Adduction gravitaire.....	49
IV.2.2. Adduction par refoulement.....	49
IV.2.3. Adduction mixte.....	49
IV.3. Critère de choix du tracé	49
IV.4. Matériaux de la conduite d'adduction.....	50
V.4.1. Les conduites en acier.....	50
V.4.2. Les conduites de la fonte ductile	50
IV.4.3. Les conduites en PEHD	50
IV.5. Dépôt dans l'adduction	51
IV.6. Etude technico-économique	51
IV.6.2. Diamètre économique	51
IV.6.3. Vitesse d'écoulement	52
IV.6.4. Calcul des pertes de charge	52
IV.6.4.1. Pertes de charge linéaire.....	52

IV.6.4.2. Pertes de charge singulière.....	53
IV.6.4.3. Calcul des pertes de charges totales.....	53
IV.6.5. La hauteur manométrique totale (Hmt).....	53
IV.6.6. Puissance de pompage.....	53
IV.6.7. Energie consommée par la pompe.....	53
IV.6.8. Frais d'exploitation.....	53
IV.6.9. Frais d'amortissement.....	54
IV.6.10. Calcul du bilan.....	54
IV.7. Déterminations des diamètres économique.....	54
IV.7.1. Adduction par refoulement.....	54
IV.7.2. Adduction gravitaire.....	66
IV.8. Tableau récapitulatif.....	76
IV.9. Conclusion.....	77

Chapitre V : Pompe et station de pompage

V.1. Introduction.....	79
V.2. Différents types des pompes.....	79
V.3. Les Pompe Centrifuges.....	79
V.3.1. Le principe de fonctionnement des pompes centrifuges.....	79
V.4. Couplage des pompes.....	80
V.4.1. Couplage en série.....	80
V.4.2. Couplage en parallèle.....	80
V.5. Caractéristique hydrauliques des pompes centrifuges.....	81
V.5.1. Hauteur manométrique totale.....	81
V.5.2. La vitesse de rotation.....	81
V.5.3. La puissance.....	81
V.6. Les courbes caractéristiques des pompes centrifuges.....	82
V.7. Caractéristique d'une conduite.....	82
V.8. Le point de fonctionnement de la pompe.....	82
V.8.1. Réduction à l'augmentation du temps de pompage.....	83
V.8.2. Régulation par étouffement (Le vannage).....	83
V.8.3. Rognage de la roue.....	84
V.8.4. Variabilité de la vitesse de rotation.....	84
V.9. Le phénomène de cavitation.....	85
V.9.1. La cavitation dans les pompes.....	85
V.9.2. Notion de NPSH.....	85
V.10. Choix des pompes du projet.....	86
V.10.1. Station de pompage au point de piquage (Ouadhias).....	86
V.10.2. Station de reprise 01 (Ouehren).....	92
V.10.3. Station de reprise 02 (Hellil).....	94
V.10.4. Station de reprise 03 (Ait Ali).....	97
V.10.5. Station de pompage au point de piquage (Tizi Ghenif).....	101
V.11. Etude de la cavitation.....	102
V.12 Conclusion.....	103

Chapitre VI : Pose et protection des conduites

VI.1. Introduction.....	104
VI.2. Type de pose de conduite.....	104
VI.2.1. Pose en terre (Tranchées).....	104
VI.2.2. La pose dans un terrain marécageux.....	104

VI.2.3. Pose dans un terrain peu consistant.....	105
VI.2.4. Traversée d'une route.....	105
VI.2.5. Traversée d'une rivière.....	105
VI.2.6. Les butées.....	105
VI.3. Protection des conduites.....	106
VI.3.1. Contre la corrosion.....	106
VI.3.2. Contre le coup de bélier.....	106
VI.3.2.1. Définition et origine des coups de bélier.....	106
VI.3.2.2. Moyens de protection contre les coups de bélier.....	106
VI.3.2.2.1. Le volant d'inertie.....	106
VI.3.2.2.2. Les soupapes de décharge.....	106
VI.3.2.2.3. Clapet by-pass.....	106
VI.3.2.2.4. Les ventouse.....	106
VI.3.2.2.5. Cheminées d'équilibre.....	108
VI.3.2.2.6. Réservoir d'air.....	108
VI.3.3. Etude du coup de bélier.....	109
VI.4. Calcul des valeurs du coup de bélier pour les différents tronçons.....	110
VI.4.1. Tronçons de refoulement.....	110
VI.4.2. Tronçons gravitaire.....	113
VI.4.3. Interprétation des résultats.....	117
VI.5. Méthodes de calcul du réservoir d'aire.....	117
VI.5.1. Principes de calcul du réservoir d'aire.....	117
VI.5.2. Tronçons par refoulement.....	119
VI.5.3. Tronçons gravitaire.....	132
VI.6 Conclusion.....	132
Conclusion générale.....	133

Liste des figures

Figure I.1 : Situation géographique de la commune de FRIKAT dans la wilaya de Tizi-Ouzou.....	2
Figure I.2 : Topographie de la région d'étude [source : topographic-map.com]	3
Figure I.3 : Courbes des températures (maximales, moyennes et minimales) mensuelles (1981-2015)	4
Figure I.4 : Diagramme Ombrothermique.....	5
Figure I.5 : Carte lithologique.....	6
Figure I.6 : Carte de zonage sismique du nord d'Algérie.....	7
Figure I.7 : Evolution de la population communale entre les différents recensements	9
Figure I.8 : Carte d'AEP communale	11
Figure I.9 : Carte d'Assainissement communale	13
Figure II.1 : Diagramme de l'évolution de la commune pour les divers horizons	15
Figure II.2 : Répartition des besoins domestique par zone.....	18
Figure III.1 : Chambre de manœuvre d'un réservoir.....	28
Figure III.2 : Emplacement de la conduite de distribution	29
Figure III.3 : Schéma de la conduite de trop-plein et de vidange.....	29
Figure III.4 : Conduite de by-pass	30
Figure III.5 : Matérialisation de la réserve d'incendie (Système à siphon)	30
Figure III.6 : Schéma général d'un réservoir	31
Figure III.7 : Dimensionnement d'un réservoir par la méthode graphique.....	33
Figure IV.1 : Tracé de conduite	49
FigureV.1 : La variation des ΔP et Q_v entre les pompes volumétriques et centrifuges.....	78
Figure V.2 : Forme de l'aube (roue) des pompes centrifuges.....	79
FigureV.3 : Caractéristique de deux pompes en série	79
Figure V.4 : Caractéristique de deux pompes en parallèle.....	79
Figure V.5 : Courbes caractéristiques des pompes et des conduites	81
Figure V.6 : Point de fonctionnement d'une pompe.....	81
FigureV.7 : Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré	83

<i>Figure V.8 : Graphe des courbes NPSH</i>	<i>84</i>
<i>Figure V.9 : Courbe caractéristique de la pompe A de la SP</i>	<i>86</i>
<i>Figure V.10 : Courbe caractéristique de la pompe B de la SP</i>	<i>88</i>
<i>Figure V.11 : Courbe caractéristique de la pompe C de la SP</i>	<i>89</i>
<i>Figure V.12 : Courbe caractéristique de la pompe D de la SR0.....</i>	<i>191</i>
<i>Figure V.13 : Courbe caractéristique de la pompe E de la SR02</i>	<i>93</i>
<i>Figure V.14 : Courbe caractéristique de la pompe F de la SR02</i>	<i>95</i>
<i>Figure V.15 : Courbe caractéristique de la pompe G de la SR03.....</i>	<i>96</i>
<i>Figure V.16 : Courbe caractéristique de la pompe H de la SR03.....</i>	<i>98</i>
<i>Figure V.17 : Courbe caractéristique de la pompe I de la SP</i>	<i>100</i>
<i>Figure VI.1 : Pose de conduite en tranchée dans un terrain peu consistant.....</i>	<i>104</i>
<i>Figure VI.2 : Traversée d'une rivière par pont.....</i>	<i>104</i>
<i>Figure VI.3 : Volant d'inertie.....</i>	<i>106</i>
<i>Figure VI.4 : Soupape de décharge.....</i>	<i>106</i>
<i>Figure VI.5 : Ventouse</i>	<i>107</i>
<i>Figure VI.6 : Cheminée d'équilibre</i>	<i>107</i>
<i>Figure VI.7 : Réservoir d'air</i>	<i>108</i>
<i>Figure VI.8: Epure de BERGERON pour le tronçon SP-Réservoir Boussegassen.....</i>	<i>120</i>
<i>Figure VI.9 : Variation de pression absolue pour le tronçon SP-Réservoir Boussegassen.....</i>	<i>121</i>
<i>Figure VI.10 : Profil de pressions pour le tronçon SP-Réservoir Boussegassen.....</i>	<i>121</i>
<i>Figure VI.11 : Epure de BERGERON pour le tronçon SP-Réservoir Ouehren.....</i>	<i>122</i>
<i>Figure VI.12 : Variation de pression absolue pour le tronçon SP-Réservoir Ouehren.....</i>	<i>123</i>
<i>Figure VI.13 : Profil de pressions pour le tronçon SP-Réservoir Ouehren.....</i>	<i>123</i>
<i>Figure VI.14 : Epure de BERGERON pour le tronçon SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali)</i>	<i>125</i>
<i>Figure VI.15 : Variation de pression absolue pour le tronçon SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali)</i>	<i>125</i>
<i>Figure VI.16 : Profil de pressions pour le tronçon SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali)</i>	<i>126</i>
<i>Figure VI.17 : Epure de BERGERON pour le tronçon SR03- réservoir Ait Boumaaza</i>	<i>127</i>
<i>Figure VI.18 : Variation de pression absolue pour le tronçon SR03- réservoir Ait Boumaaza</i>	<i>127</i>
<i>Figure VI.19 : Profil de pressions pour le tronçon SR03- réservoir Ait Boumaaza</i>	<i>128</i>
<i>Figure VI.20 : Epure de BERGERON pour le tronçon SP- Réservoir Vouloulou</i>	<i>129</i>
<i>Figure VI.21 : Variation de pression absolue pour le tronçon SP- Réservoir Vouloulou</i>	<i>130</i>

Figure VI.22 : Profil de pressions pour le tronçon SP- Réservoir Vouloulou 130

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Classification des terrains par leurs pentes	3
Tableau I.2 : Températures enregistré pour la période 1981-2015.....	4
Tableau I.3 : Précipitation moyennes mensuelles pour la période (1981-2015).....	5
Tableau I.4 : Températures et précipitations moyennes mensuelles interannuelles de la commune de FRIKAT pour la période (1981-2015).....	5
Tableau I.5 : l'accroissement naturel de la population (Source RGPH :1987, 1998, 2008).....	8
Tableau I.6 : Réservoirs de distribution d'eau potable de la commune de FRIKAT	10
Tableau I.7 : Description du réseau d'assainissement existant	12
Tableau II.1 : Evaluation de la population pour les différents horizons	15
Tableau II.2 : Répartition des besoins domestique pour les différents horizons.....	17
Tableau II.3 : Evaluation des besoins scolaires des équipements existant	18
Tableau II.4 : Evaluation des besoins scolaires des équipements à projeter.....	19
Tableau II.5 : Evaluation des besoins sanitaires des équipements existants	19
Tableau II.6 : Evaluation des besoins sanitaires des équipements à projeter	19
Tableau II.7 : Evaluation des besoins municipaux des équipements excitants	20
Tableau II.8 : Evaluation des besoins municipaux des équipements à projeter	20
Tableau II.9 : Evaluation des besoins socioculturels des équipements existants.....	20
Tableau II.10 : Evaluation des besoins socioculturels des équipements à projeter.....	21
Tableau II.11 : Evaluation des autres besoins existants	21
Tableau II.12 : Evaluation des autres besoins à projeter	22
Tableau II.13 : Tableau récapitulatif des différents besoins 2023 et 2048.....	22
Tableau II.14 : les consommations moyennes journalières majorée	23
Tableau II.15 : Estimation des débits max et min des différentes zones à l'horizon 2048.....	24
Tableau II.17 : Les valeurs de β_{max} et $K_{max.h}$ à l'horizon 2048	24
Tableau II.18 : Valeurs de coefficient β_{min} en fonction du nombre d'habitant.....	25
Tableau II.19 : Les valeurs de β_{min} et $K_{min.h}$ à l'horizon 2048.....	25
Tableau II.20 : Consommation moyenne et maximale horaire pour chaque zone.....	25
Tableau II.21 : Bilan ressources-besoins de la commune de FRIKAT	25

<i>Tableau III.1 : Capacité du réservoir au niveau du picage Ain Zaouia.....</i>	<i>33</i>
<i>Tableau IV.1 : Calcul de la HMT.....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau IV.2 : Les frais d'exploitation.....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau IV.3 : Les frais d'amortissement</i>	<i>55</i>
<i>Tableau IV.4 : Calcul du bilan.....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau IV.5 : Calcul de la HMT.....</i>	<i>56</i>
<i>Tableau IV.6 : Les frais d'exploitation.....</i>	<i>56</i>
<i>Tableau IV.7 : Les frais d'amortissement</i>	<i>56</i>
<i>Tableau IV.8 : Calcul du bilan.....</i>	<i>57</i>
<i>Tableau IV.9 : Calcul de la HMT.....</i>	<i>57</i>
<i>Tableau IV.10 : Les frais d'exploitation.....</i>	<i>58</i>
<i>Tableau IV.11 : Les frais d'amortissement</i>	<i>58</i>
<i>Tableau IV.12 : Calcul du bilan.....</i>	<i>58</i>
<i>Tableau IV.13 : Calcul de la HMT.....</i>	<i>59</i>
<i>Tableau IV.14 : Les frais d'exploitation.....</i>	<i>59</i>
<i>Tableau IV.15 : Les frais d'amortissement</i>	<i>59</i>
<i>Tableau IV.16 : Calcul du bilan.....</i>	<i>59</i>
<i>Tableau IV.17 : Calcul de la HMT.....</i>	<i>60</i>
<i>Tableau IV.18 : Les frais d'exploitation.....</i>	<i>60</i>
<i>Tableau IV.19 : Les frais d'amortissement</i>	<i>60</i>
<i>Tableau IV.20 : Calcul du bilan.....</i>	<i>61</i>
<i>Tableau IV.21 : Calcul de la HMT.....</i>	<i>61</i>
<i>Tableau IV.22 : Les frais d'exploitation.....</i>	<i>62</i>
<i>Tableau IV.23 : Les frais d'amortissement</i>	<i>62</i>
<i>Tableau IV.24 : Calcul du bilan.....</i>	<i>62</i>
<i>Tableau IV.25 : Calcul de la HMT.....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau IV.26 : Les frais d'exploitation.....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau IV.27 : Les frais d'amortissement</i>	<i>63</i>
<i>Tableau IV.28 : Calcul du bilan.....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau IV.29 : Calcul de la HMT.....</i>	<i>64</i>
<i>Tableau IV.30 : Les frais d'exploitation.....</i>	<i>64</i>

<i>Tableau IV.31 : Les frais d'amortissement</i>	<i>64</i>
<i>Tableau IV.32 : Calcul du bilan.....</i>	<i>65</i>
<i>Tableau IV.33 : Calcul de la HMT.....</i>	<i>65</i>
<i>Tableau IV.34 : Les frais d'exploitation.....</i>	<i>65</i>
<i>Tableau IV.35 : Les frais d'amortissement</i>	<i>66</i>
<i>Tableau IV.36 : Calcul du bilan.....</i>	<i>66</i>
<i>Tableau IV.37 : Les Pertes de charge totales dans la conduite</i>	<i>67</i>
<i>Tableau IV.38 : Les Pertes de charge totales dans la conduite</i>	<i>68</i>
<i>Tableau IV.39 : Les Pertes de charge totales dans la conduite</i>	<i>69</i>
<i>Tableau IV.40 : Les Pertes de charge totales dans la conduite</i>	<i>69</i>
<i>Tableau IV.41 : Les Pertes de charge totales dans la conduite</i>	<i>70</i>
<i>Tableau IV.42 : Les Pertes de charge totales dans la conduite</i>	<i>71</i>
<i>Tableau IV.43 : Les Pertes de charge totales dans la conduite</i>	<i>72</i>
<i>Tableau IV.44 : Les Pertes de charge totales dans la conduite</i>	<i>73</i>
<i>Tableau IV.45 : Les Pertes de charge totales dans la conduite</i>	<i>74</i>
<i>Tableau IV.46 : Les Pertes de charge totales dans la conduite</i>	<i>75</i>
<i>Tableau IV.47 : Tableau récapitulatif des différents traçons.....</i>	<i>76</i>
<i>Tableau V.1 : Tension de vapeur d'eau pompée en fonction de la température.....</i>	<i>84</i>
<i>Tableau V.2 : Vérification de non cavitation</i>	<i>101</i>
<i>Tableau VI.1 : Différents matériaux utilisées dans la tranchée.....</i>	<i>103</i>
<i>Tableau VI.2 : Valeurs du coefficient k.....</i>	<i>108</i>
<i>Tableau VI.3 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>110</i>
<i>Tableau VI.4 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>110</i>
<i>Tableau VI.5 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>111</i>
<i>Tableau VI.6 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>111</i>
<i>Tableau VI.7 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>111</i>
<i>Tableau VI.8 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>111</i>
<i>Tableau VI.9 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>112</i>
<i>Tableau VI.10 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>112</i>
<i>Tableau VI.11 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>112</i>

<i>Tableau VI.12 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>113</i>
<i>Tableau VI.13 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>113</i>
<i>Tableau VI.14 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>113</i>
<i>Tableau VI.15 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>114</i>
<i>Tableau VI.16 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>114</i>
<i>Tableau VI.17: les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>114</i>
<i>Tableau VI.18 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>115</i>
<i>Tableau VI.19 : les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>115</i>
<i>Tableau VI.20 : Les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>115</i>
<i>Tableau VI.21 : Les valeurs du coup de bélier.....</i>	<i>116</i>
<i>Tableau VI.22 : Tableau récapitulatif.....</i>	<i>116</i>
<i>Tableau VI.23 : Calcul du réservoir d'air du tronçon SP-Réservoir Boussegassen.....</i>	<i>120</i>
<i>Tableau VI.24 : Calcul du réservoir d'air du tronçon SP-Réservoir Ouehren1</i>	<i>22</i>
<i>Tableau VI.25 : Calcul du réservoir d'air du tronçon SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali)</i>	<i>125</i>
<i>Tableau VI.26 : Calcul du réservoir d'air du tronçon SR03- réservoir Ait Boumaaza</i>	<i>127</i>
<i>Tableau VI.27 : Calcul du réservoir d'air du tronçon SP- Réservoir Vouloulou</i>	<i>129</i>
<i>Tableau VI.28 : Valeur du temps de retour de l'onde de déformation.....</i>	<i>131</i>
<i>Tableau VI.29 : Valeur du temps de retour de l'onde de déformation.....</i>	<i>131</i>

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) ;
- Dext : Diamètre extérieur ;
- Dint : Diamètre intérieur ;
- Dmin : diamètre minimal de la conduite (m) ;
- Dmax : 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 (m²/s) ;
- Hs : La valeur maximale de la pression-surpression ;
- Hd : La valeur maximale de la pression-dépression ;
- Ha : Hauteur d'aspiration en (m) ;
- Hg : Hauteur géométrique en (m) ;
- H0 : Pression absolue de la conduite (m) ;
- i : Taux d'annuité (%) ;
- J : Pertes de charge par frottement en (m/ml) ;
- Ja : Perte de charge à l'aspiration en (m) ;
- Jv : Perte de charge créer par la vanne en (m) ;
- K : Coefficient de rugosité équivalente de la paroi ;
- L : Longueur de la conduite en (m) ;
- m : Coefficient de rognage ;
- Ni: 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 ;
P0 : Population de l'horizon de référence ;
Pa : Puissance absorbée par la pompe en (KW) ;
Pr : le prix unitaire de la conduite (DA/ml) ;
Pu : Prix unitaire du K.W.h. en (DA) ;
P% : Résidu maximal dans le réservoir (%) ;
Q : débit dans la conduite en (m³/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 (m²) ;
Tv: 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 ;
Tp : Nombre d'heure de pompage (h) ;
t : Taux d'accroissement ;
U0 : Volume d'air initial ;
V : Vitesse d'écoulement en (m/s) ;
V1 : Vitesse d'eau dans la tuyère en cas de la montée de l'eau (m/s) ;
V2 : Vitesse d'eau dans la tuyère en cas de la descente de l'eau (m/s) ;
Vf : Vitesse finale choisie ;
Vmax : Volume maximal de stockage (m³) ;
Vm : Moyenne arithmétique de la vitesse choisie ;
Vsr : Volume de la station de reprise (m³) ;
Vt : Volume total du réservoir d'air (m³) ;
Z : Pression dans le réservoir d'air (m) ;
Z0 : Pression absolue (m) ;
 α_{max} : Coefficient qui dépend du niveau de vie et du confort ;
 β_{max} : Coefficient qui dépend du nombre d'habitant ;
 ϑ : Viscosité cinématique de l'eau (m²/s) ;
 ρ : Masse volumique de l'eau ;
 η : Rendement de la pompe en % ;
 λ : Coefficient de pertes de charge ;

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

δ_0 : Perte de charge dans la conduite en régime de fonctionnement normal ;

ϕ : Diamètre de la veine contractée (m) ;

Δ_{HS} : Perte de charge singulière (m) ;

Δ_{HL} : Perte de charge linéaire (m) ;

Δ_{HT} : Perte de charge totale (m) ;

Δh_1 : perte de charge à la montée de l'eau ;

Δh_2 : perte de charge à la descente de l'eau ;

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) ;

RPA : le règlement parasismique algérien ;

Introduction Générale

Introduction générale

L'eau est l'un des éléments les plus fondamentaux de notre planète, jouant un rôle essentiel dans la vie sur Terre. C'est une substance précieuse et versatile qui recouvre environ 71 % de la surface de la planète. C'est une composante majeure, l'eau a été considérée comme abondante et inépuisable, mais le mode de consommation et de production a subi de nombreuses transformations.

L'Algérie, tout comme de nombreuses nations, fait face à des problèmes d'approvisionnement en eau potable insuffisant. Cette situation découle principalement de la croissance démographique et de l'augmentation du niveau de vie.

L'Alimentation en Eau Potable (AEP) est un élément fondamental de toute société moderne, garantissant l'accès à une source d'eau propre et sûre pour la consommation humaine et d'autres besoins essentiels. La mise en place d'un réseau d'AEP efficace commence par une conception précise et une mise en œuvre experte de toutes les composantes du projet.

C'est dans cette perspective que s'inscrit le thème de notre mémoire intitulé « ***Étude pour le renforcement en eau potable pour la commune de FRIKAT*** » et qui implique la réalisation d'une étude sur l'alimentation en eau potable, ayant pour objectif de satisfaire les besoins de la population jusqu'à l'année 2048.

Pour mener à bien ce projet, le mémoire sera présenté comme suit ;

- ❖ Le chapitre I portera sur la présentation globale du site.
- ❖ Dans le chapitre II, nous procéderons à l'évaluations des besoins en eau ce qui nous permettra d'estimer le déficit par rapport aux ressources actuelles.
- ❖ Le dimensionnement des réservoirs de la commune sera développé dans le chapitre III.
- ❖ Les détails du dimensionnement du réseau d'adduction par refoulement et gravitaire seront exposés dans le chapitre IV.
- ❖ Le chapitre V sera consacré pour le choix des pompes adéquates pour les deux stations de pompage et les trois stations de reprise.
- ❖ Le chapitre VI traitera les techniques de pose de chaque matériau et une étude particulière de la protection des conduites d'adduction contre le coup de bélier.

On terminera avec une conclusion générale.

Chapitre I

Présentation de la région d'étude

I.1. Introduction :

A la réalisation d'un projet en eau potable, il est nécessaire de savoir l'état des lieux de la région d'étude.

Ce chapitre fera l'objet de la présentation de la commune de *FRIKAT* du point de vue géographique, topographique, climatique, démographique, hydrographique, hydrogéologique et essentiellement la situation hydraulique de la région.

I.2. Présentation de la commune de *FRIKAT* :

I.2.1. Situation géographique :

Situé à 52 kilomètres au sud du chef-lieu de la wilaya de *Tizi-Ouzou*. *FRIKAT* est une commune de la daïra de *Draa El Mizan*, elle s'étale sur une surface de 3,859 hectare soit 38,59 km². (Voir la figure I.1)

Figure I.1 : Situation géographique de la commune de *FRIKAT* dans la wilaya de *Tizi-Ouzou*.



La commune de *FRIKAT* est limitée par :

- ❖ A l'ouest, par la commune mère Draa El Mizan.
- ❖ A l'est, par la commune de Bounouh.
- ❖ Au nord, par la commune d'Ain Zaouia.
- ❖ Au sud, par la wilaya de Bouira.

I.2.1. Situation topographique :

Le levé topographique est l'outil de base, il joue un rôle très important dans l'aménagement et l'urbanisation du site.

Le relief de la commune se caractérise par deux grands ensembles topographiques à savoir : [1]

- ❖ La zone de collines, occupe la partie Nord de la commune avec 25% de la superficie totale de la commune son altitude varie entre 300 m à 500 m.
- ❖ Le massif montagneux qui est très élevé au sud dans le versant nord du Djurdjura, avec des altitudes variant entre 500 m et 1200 m aux pics Ifren avec 1167 m, et Nig Oumalou avec 1188 m. Il occupe 75% de la superficie de la commune.

Figure I.2 : Topographie de la région d'étude [source : topographic-map.com].

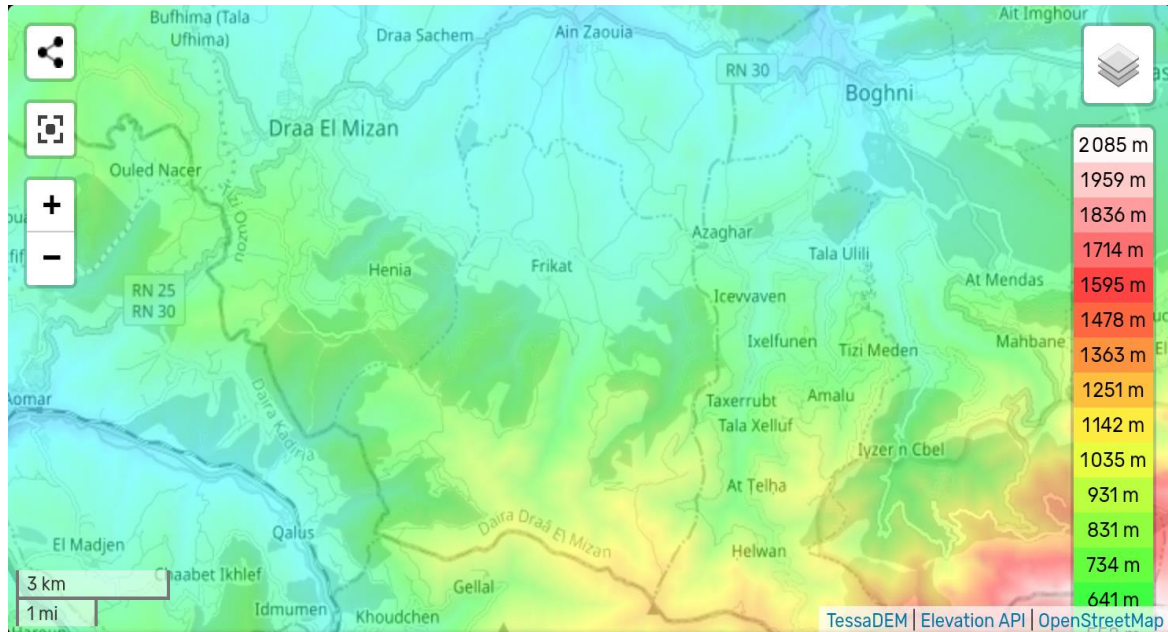


Tableau I.1 : Classification des terrains par leurs pentes [1].

Tranche de pentes	Urbanisation	Risque et surcouts	Situation et emplacement
(0-08)%	défavorable à l'urbanisation	Risque d'inondation et de crue	Elle occupe toute la partie nord de la commune
(08-15)%	Favorable à l'urbanisation	L'influence de la pente et mineure sur le coût et la conception des projets	Elle occupe une partie au sud de l'ACL et une autre au centre de la commune
(15-25)%	Moyennement favorable à l'urbanisation	L'influence de la pente sur le coût et la conception des projets est relativement importante	Elle occupe une partie au sud-ouest et au sud-est de la commune
(+ 25) %	Assez défavorable à l'urbanisation	L'influence de la pente sur le coût et la conception des projets est importante.	Elle occupe toute la partie sud du territoire communal

- ❖ Le relief de la commune de *FRIKAT* est très accidenté au sud. En effet, les pentes fortes (+25 %) sont dominantes, elles représentent 37,36 % de la superficie de la commune.

I.2.2. Situation climatique :

La commune de *FRIKAT* bénéficie d'un climat méditerranéen une période hivernale pluvieuse, humide et une période sèche et chaude.

I.2.2.1. Température :

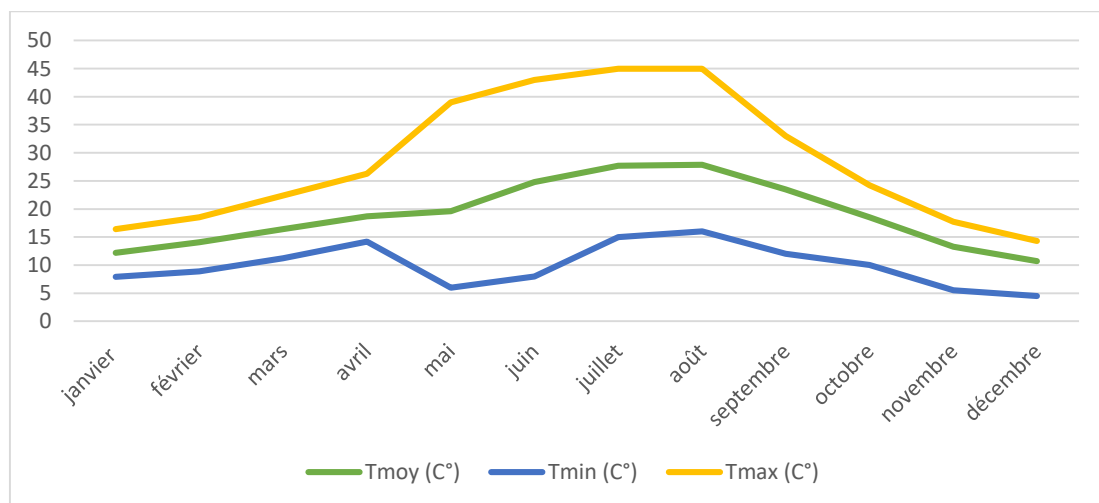
Tableau I.2 : Températures enregistré pour la période 1981-2015.

Mois	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juill	août	sept	octo	nov	déc
Tmoy (C°)	12,2	14,1	16,4	18,7	19,6	24,8	27,7	27,9	23,5	18,5	13,3	10,7
Tmin (C°)	7,9	8,9	11,2	14,2	6	8	15	16	12	10	5,5	4,5
Tmax (C°)	16,4	18,5	22,4	26,3	39	43	45	45	33	24,2	17,7	14,3

L'analyse des températures moyennes mensuelles résumés dans le tableau (I.2) ressort ;

- ❖ La température maximale est de 45°C enregistré au mois de juillet et aout.
- ❖ La température moyenne est comprise entre 10°C et 27°C.
- ❖ La température minimale est de 4,5°C enregistré en mois de décembre.

Figure I.3 : Courbes des températures (maximales, moyennes et minimales) mensuelles (1981-2015).



I.2.2.2. Pluviométrie et neige [1] :

Il est intéressant de noter que des chutes de neige sont enregistrées dans les villages du sud de la commune de *FRIKAT*, tel que Ait Ali et Beni Boumaza. Cela peut être attribué à l'altitude relativement élevée de ces villages et à leur emplacement géographique. Les régions montagneuses ont tendance à recevoir plus de précipitation sous forme de neige, en particulier pendant les mois d'hiver. Il est également mentionné que des chutes de neige exceptionnelles

ont été enregistrées dans toute la région au cours de certaines périodes spécifiques. En décembre 2004 et janvier 2005 ainsi qu'en février 2012 la région a connue des chutes de neiges importantes atteignant par endroits plus de 2 mètres de hauteur.

Tableau I.3 : Précipitation moyennes mensuelles pour la période (1981-2015)

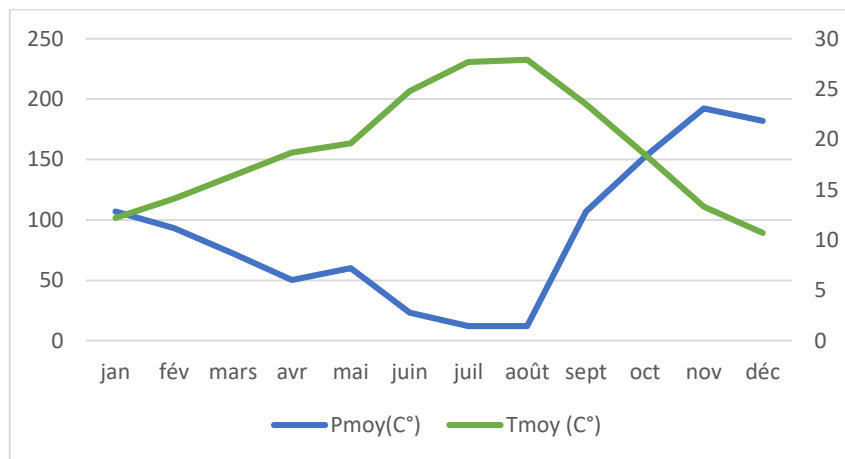
Mois	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Pmoy(C°)	107,1	93,1	72,2	50,2	60,2	23,2	12,1	12,1	107,1	152,2	192,2	182,1

❖ **Diagramme Ombrothermique $P = 2T$:**

Tableau I.4 : Températures et précipitations moyennes mensuelles interannuelles de la commune de *FRIKAT* pour la période (1981-2015).

Mois	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Tmoy (C°)	12,2	14,1	16,4	18,7	19,6	24,8	27,7	27,9	23,5	18,5	13,3	10,7
Pmoy(C°)	107,1	93,1	72,2	50,2	60,2	23,2	12,1	12,1	107,1	152,2	192,2	182,1

Figure I.4 : Diagramme Ombrothermique.



En traçant les points ou les deux courbes se croisent sur l'axe des mois, on peut déterminer, selon (SOLTNER 1984) les périodes suivantes ;

- ❖ La période sèche lorsque P est inférieur à 2T.
- ❖ La période humide lorsque P est supérieur à 2T.

Selon le diagramme de BAGNOULS et GAUSSEN, la période sèche dans la commune de *FRIKAT* s'étend de juin à aout

I.2.2.3. Les vents [1] :

Les vents dominant à *FRIKAT* proviennent de l'Ouest et du nord-ouest. Ces vents peuvent influencer le paysage en créant une alternance entre la montagne et la vallée. En revanche, les vents du matin proviennent principalement de l'est. Les jours ou les vents sont particulièrement forts peuvent être attribué aux orages qui se produisent généralement en mai et en septembre, il est également mentionné que les jours de siroco qui se produisent en juin à aout peuvent provoquer des vents intenses.

I.2.2.4. L'humidité [1] :

L'humidité connaît des variations saisonnières significatives dans cette région. Elle culmine en janvier à 79%, en raison de la baisse de la température moyenne. En revanche, elle atteint son point le plus bas en été, particulièrement en juillet et août, où elle descend à 53% en raison de l'influence des vents chauds venant du sud, provoquant ainsi une diminution de l'humidité et une hausse des températures.

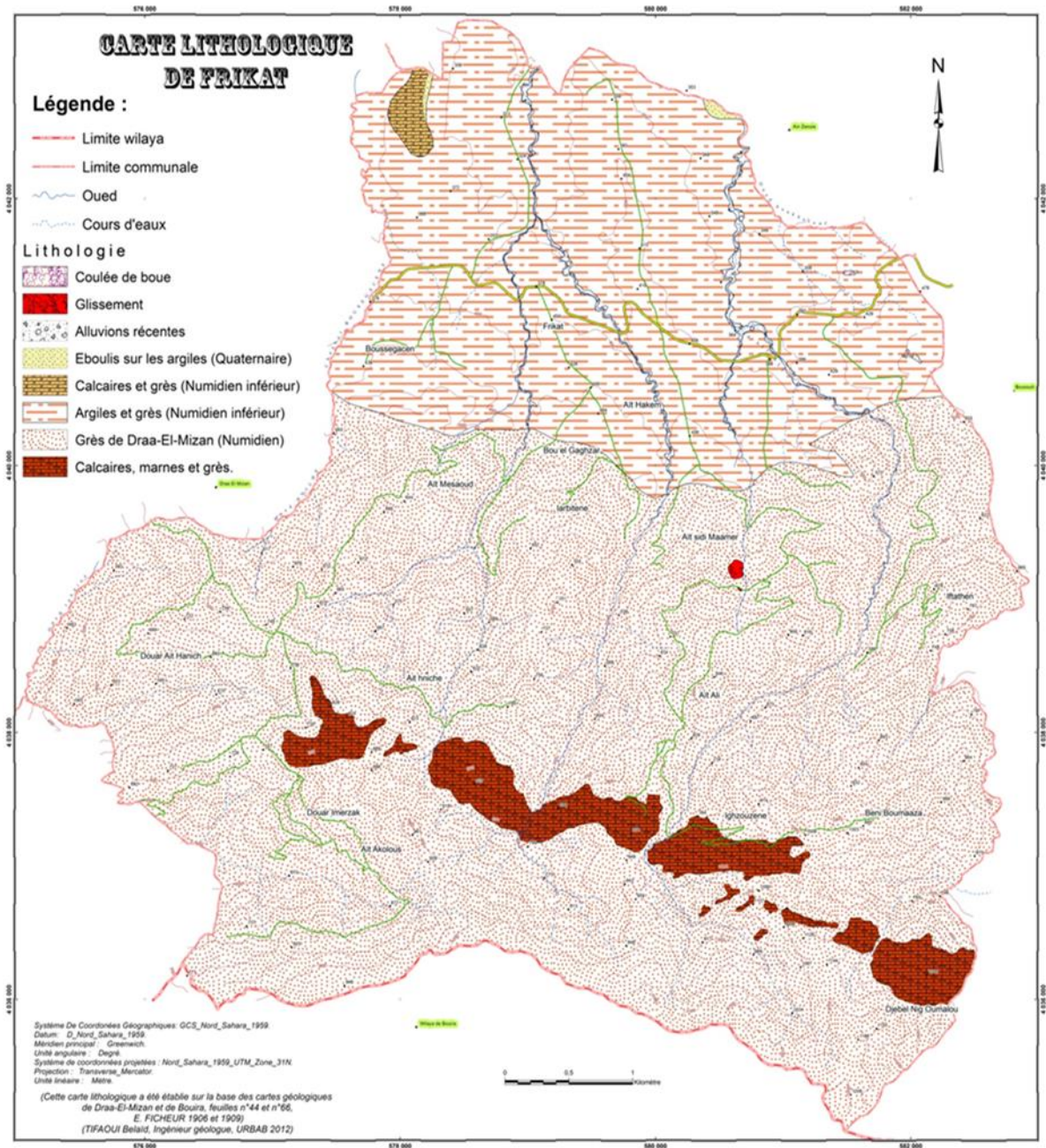
I.2.3. Situation géologique [1] :

FRIKAT est située dans le domaine kabyle qui fait partie du domaine tellien de l'Algérie du nord. Selon les cartes géologiques de Draa El Mizan et de Bouira, la commune se caractérise par des formations de l'oligocène marin avec localement des dépôts de l'éocène. Ces formations s'étendent dans une direction allongée du nord-est.

Les contreforts de *FRIKAT* ont une altitude moyenne de 700 à 900 m. ils sont principalement constitués d'alternance argilo-gréseuse qui donnent l'apparence générale d'un pli synclinal. L'axe de ce pli est orienté sensiblement est-ouest ce qui correspond à la direction du relief de la région.

Au sud de la commune, au nord de la crête il existe une ligne rocheuse continue est formée de poudingues fortement redressés qui sont inclinés contre les roches marno-calcaire de l'étage inférieur. Ces sommets escarpés dominant la région à une altitude d'environ 1150 m.

Figure I.5 : Carte lithologique.



I.2.4. Situation sismique :

D'après le règlement parasismique Algérienne (RPA), revu et corrigé en 2003, après le dernier séisme qui a eu lieu le 21/05/2003 dans la région de Boumèrdes, notre périmètre d'étude se situe dans une zone classée en Zone II (à sismicité moyenne).

A cet effet tout projet ou infrastructure à réaliser doit être établi en prenant en considération les recommandations du Règlement Parasismique Algérien modifié et complété.

Figure I.6 : Carte de zonage sismique du nord d'Algérie [2]



I.2.5. Situation démographique :

La commune de *FRIKAT* dispose de potentialité urbanistique non négligeable. Cette dernière abrite 12739 habitants (RGPH 2008), c'est le résultat de la combinaison de plusieurs villages et elle regroupe 03 agglomérations secondaires ;

- ❖ Ait Ali.
- ❖ M'Elaiel.
- ❖ Domaine Amirouche (Belaidi, Ait Saidi Maamer, Agraradj)

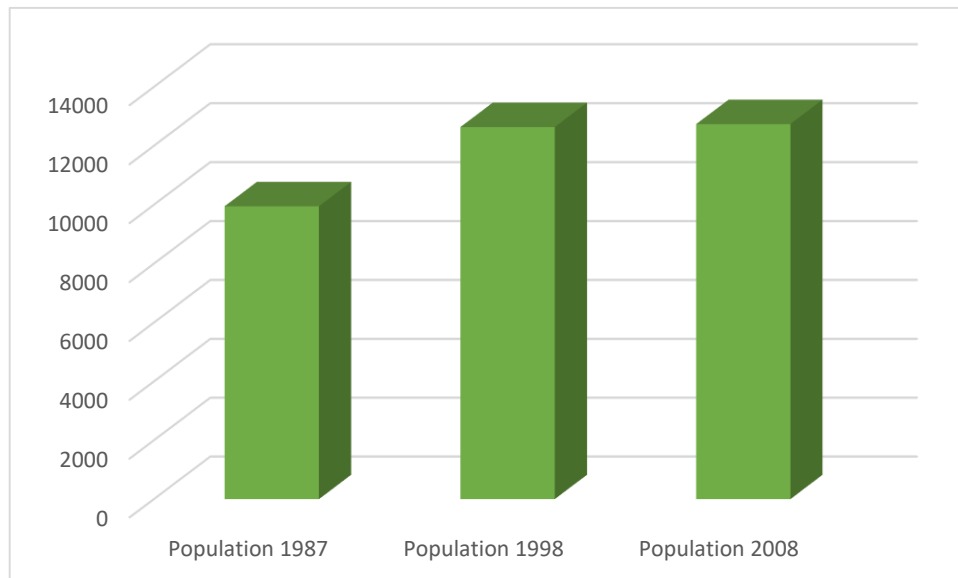
Tableau I.5 : L'accroissement naturel de la population (Source RGPH :1987, 1998, 2008).

Dispersion	Effectif de la population			Taux d'accroissement annuel moyen %	
	Population 1987	Population 1998	Population 2008	1987-1998	1998-2008
Commune de <i>FRIKAT</i>	9949	12638	12310	2.20	0.08

Le tableau représente l'évolution de la population de la commune de *FRIKAT*, pendant un échéancier de 20 ans selon les 3 recensements globaux de la population et l'habitation « RGPH 1987, 1998, 2008 ».

Le taux d'accroissement est passé de 2,20% à 0.08% ce qui signifie que la population a peu évolué durant cette période.

Cette baisse dans le taux d'accroissement peut s'expliquer par la migration de la population vers les agglomérations secondaires notamment dans le cadre de la construction de l'habitat rural.

Figure I.7 : Evolution de la population communale entre les différents recensements.

I.2.6. Situation hydrographique et hydrogéologique [1] :

L'aspect montagneux dominant de la commune traduit parfaitement une importante mobilisation des eaux superficielles véhiculée par un réseau dense constitué par des Oueds et des cours d'eau dont la majorité sont temporaires, on distingue : (Voire la figure I.4)

- ❖ Les cours d'eaux principaux tels qu'Oued Ain Zaouia et Oued Ait Ali qui draine la commune de sud vers le Nord.
- ❖ Les cours d'eaux secondaires tels qu'Oued Henniche et Chaabet Boussegassene.

On recense également cinq sources localisées au niveau de la commune dont deux aménagées, et trois forages agricoles. Cependant les conditions de leurs émergences et surtout les débits sont faibles.

I.2.7. Situation hydraulique :

I.2.7.1. Alimentation en eau potable :

Un réseau d'alimentation en eau potable est l'ensemble des ouvrages et appareillages à mettre en place pour traiter et transporter ces besoins en eau à satisfaire depuis la ressource en eau jusqu'aux abonnés. La production d'eau de la commune de *FRIKAT* est assurée par trois systèmes différents :

- ❖ Piquage à partir de la chambre de prise (transfère Ouadhia).
- ❖ Conduite de refoulement à partir de la station de pompage Tizi Larbaa (Transfert Tizi Ghenif).
- ❖ Captage de sources.

I.2.7.1.1. Equipements existants :

a) Les ressources :

- ❖ Le barrage Koudiet Acerdoune.
- ❖ La source de Thala El Djir (0.086 l/s).

- ❖ La source Thibhirin (0.086 l/s).
- ❖ La source Thala Bouzrou (0.086 l/s).

b) Les réservoirs :

Le stockage et la distribution de l'eau potable de la commune de *FRIKAT*, sont assurées par, 12 réservoirs de forme circulaire dans la capacité figurent dans le tableau (I.6) suivant.

Tableau I.6 : Réservoirs de distribution d'eau potable de la commune de *FRIKAT*.

Réservoirs	Capacité (m ³)
Chef-lieu	50
Tayeb	300
Iftathen	300
Ait Ali	100
Ait Boumaaza	100
Ouehren	150
Vouloulou	500
Imarzak	100
M'Elaiel	100
Aomar	150
Thagardith	100
Iaarithene	50
En réalisation	
Ait Ali	200
Ath Boulgaghzar	500

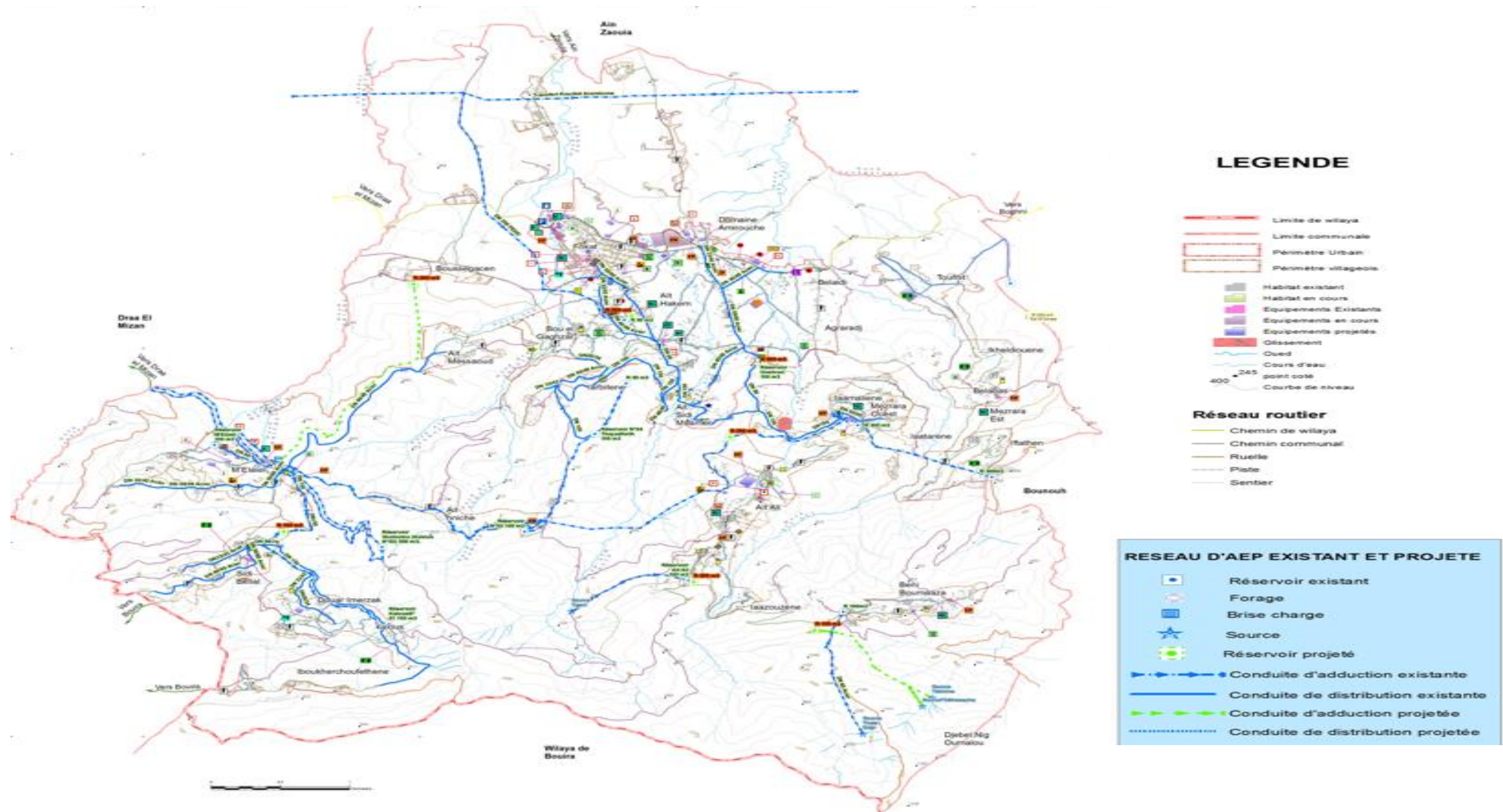


Figure I.8 : Carte d'AEP communale.

I.2.7.2. Assainissement :

L'assainissement désigne l'ensemble des mesures et des infrastructures mises en place pour collecter, traiter, et éliminer de manière sécurisée les eaux usées, les déchets solides et autres contaminants afin de prévenir la pollution de l'environnement et de protéger la santé publique.

La commune de *FRIKAT* dispose de deux bassins de décantation qui sont hors service. Le tableau regroupe les caractéristiques principales du réseau d'assainissement de la région.

Tableau I.7 : Description du réseau d'assainissement existant.

	Localités	Diamètre Φ	Type de réseau
Chef-lieu	chef-lieu	$\Phi 200$-$\Phi 800$	Réseau unitaire
Agglomération secondaire	Ait Ali, M'Elaiel	$\Phi 300$	Réseau séparatif
	Domaine Amirouche	$\Phi 300$-$\Phi 500$	Réseau séparatif
Zone éparses	SiDi Bellal, Ihamdiouene, Iaamaliéne, Bouzarmane, Iaatarene, Hellil, Ait Boumaaza	-	Fosse septique
	Ait Messaoud, Iarbithen, Boussagassene	$\Phi 300$	Réseau séparatif
	Iaazouzéne, Ifatathene et Belabes	$\Phi 200$-$\Phi 300$	Réseau séparatif

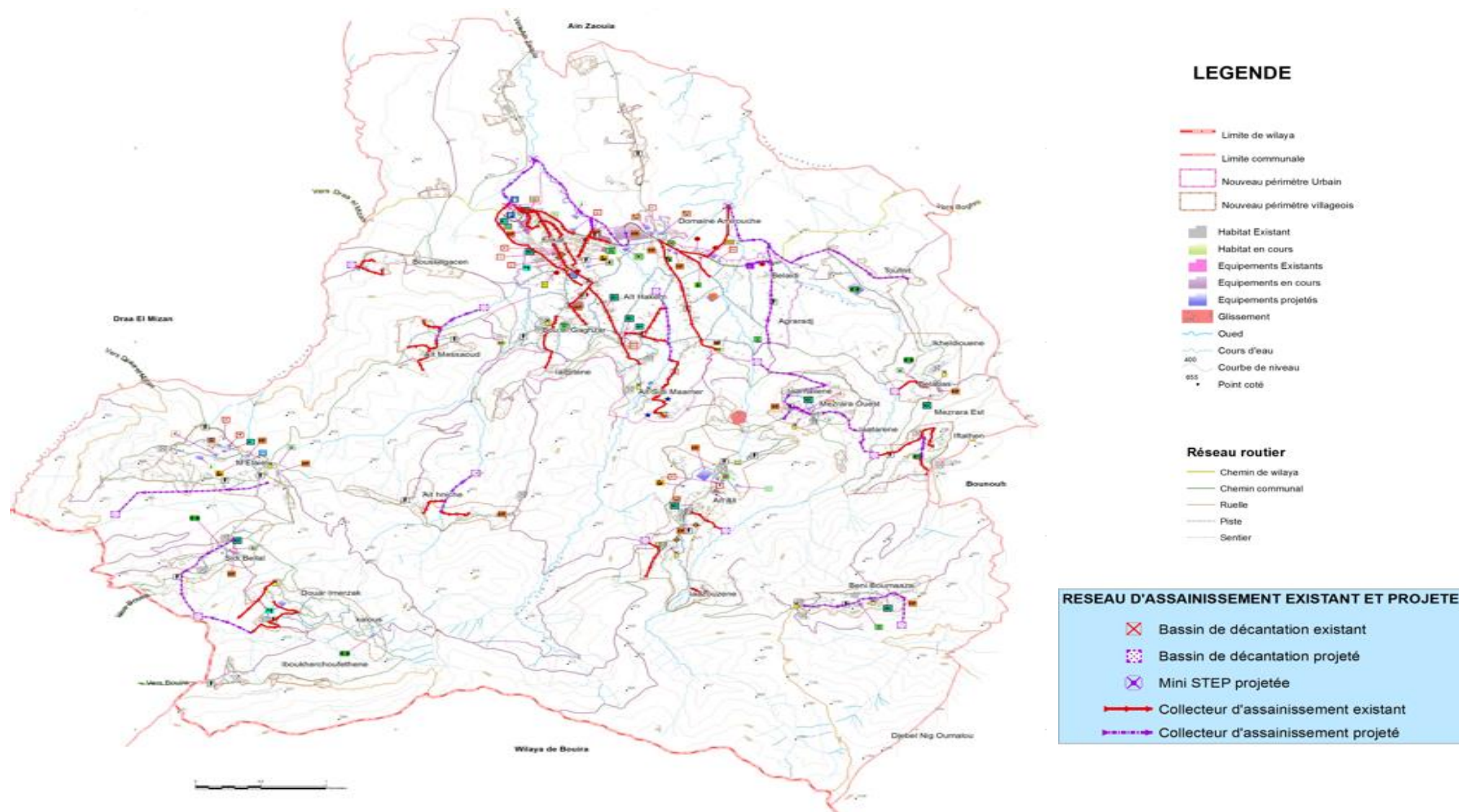


Figure I.9 : Carte d'Assainissement communale.

I.3. Conclusion :

Dans cette partie nous nous sommes basé sur la description de la commune de *FRIKAT* qui est une région très variée. On a présenté toutes les données nécessaires relatives à la région d'étude, qui serviront de base de données pour le dimensionnement du système d'alimentation en eau potable.

Chapitre II
Evaluation des besoins en eau

II.1. Introduction :

Pour déterminer les besoins en eau potable on doit d'abord déterminer les besoins pour la population (domestiques) concernée par le réseau, ainsi que les besoins d'autres équipements (sanitaires, scolaires, socioculturels...etc.). Le calcul des besoins porte sur l'estimation des effectifs à desservir.

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 :

Pour assurer le bon fonctionnement des ouvrages et la satisfaction des besoins dans les années prochaines, l'étude démographique est nécessaire. En nous basant sur les données du dernier recensement RGPH 2008, nous allons estimer la population à différents horizons en utilisant la formule des intérêts composés.

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

Avec :

- ✚ P_n : Population à l'horizon de calcul.
- ✚ P₀ : Population de l'année de référence (2008).
- ✚ τ : Taux de croissance naturel de la population (pour notre cas, il est estimé à 2%)
- ✚ n : Nombre d'années séparant l'année de référence et l'horizon de calcul.

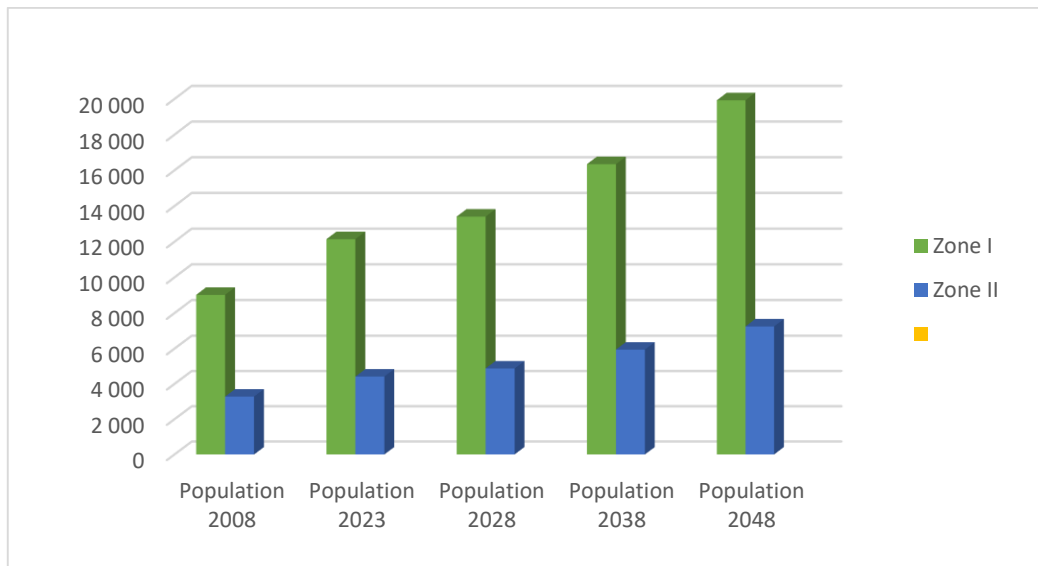
Selon notre estimation nous prenons comme horizon :

- ❖ À court terme : 2023 (n=15).
- ❖ À moyen terme : 2028 (n=20), 2038 (n=30).
- ❖ À long terme : 2048 (n=40).

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

	Population 2008	Population 2023	Population 2028	Population 2038	Population 2048
Zone I	9 025	12146	13411	16348	19928
Zone II	3285	4421	4881	5950	7253

Figure II.1 : Diagramme de l'évolution de la commune pour les divers horizons



II.2.2. Choix de la norme unitaire de consommation (dotation) :

L'évaluation de la quantité d'eau nécessaire dans une agglomération est un processus complexe qui dépend de nombreux facteurs. Ces facteurs comprennent l'évolution dans le temps, qui peut varier en fonction de diverses conditions et circonstances. Les besoins en eau sont également influencés par des paramètres locaux tels que le climat, les habitudes de consommation de la population, l'étendu et le type d'agglomération, le niveau d'équipement et la catégorie de consommateurs.

Cependant, à titre indicatif voici quelques exemples de dotations en eau qui pourraient être adoptées : [1]

- ❖ Les zones rurales et villes de 5 000 à 20 000 habitants = 150 à 225 litres/habitant/jour.
- ❖ Les villes de 20 000 à 100 000 habitants = 200 à 250 litres/habitant/jour.
- ❖ Les villes de plus de 100 000 habitants = 250 à 300 litres/habitant/jour.

Pour notre étude on adopte la norme de consommation unitaire de 150 l/j/hab pour les différents horizons.

II.3. Consommation moyenne journalière :

La consommation moyenne journalière, fait référence à la quantité moyenne d'eau potable consommée par l'ensembles de la population et équipements au cours d'une journée. Elle est généralement exprimée par la formule suivante :

$$Q_{moy,j} = \frac{N \times Dot}{1000} \quad (II.2)$$

- ✚ $Q_{moy,j}$: Consommation moyenne journalière (m³/j).
- ✚ N : Nombre d'usagers pour chaque catégorie de consommation
- ✚ Dot : Dotation moyenne journalière de la consommation (l/j/usager).

II.4. Estimation des différents types de besoins :

Pour l'étude de la commune de *FRIKAT*, il est nécessaire de se pencher sur les différentes catégories de besoins tel que :

- ❖ Les besoins domestiques.
- ❖ Les besoins scolaires.
- ❖ Les besoins sanitaires.
- ❖ Les besoins du secteur municipal.
- ❖ Les besoins socioculturels.
- ❖ Les besoins de secteur commercial.
- ❖ Les besoins de secteur industriel.

II.4.1. Besoins domestique actuels 2023 et futurs 2028, 2038, 2048 :

Le tableau (II.2) suivant représente les besoins domestique :

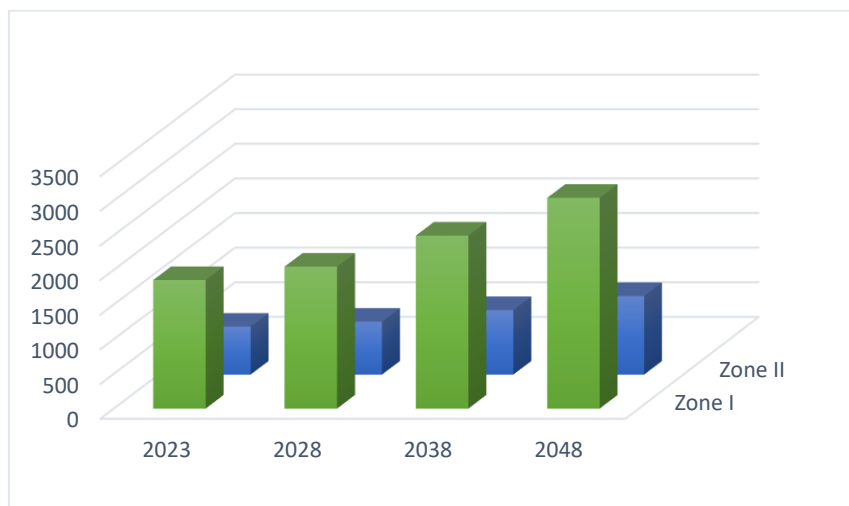
Tableau II.2 : Répartition des besoins domestique pour les différents horizons.

Zones	Dispersion	Dotation (l/j/hab)	Besoins (m3/j)			
			2023	2028	2038	2048
Zone I	Chef-lieu	150	629,66	695,20	847,45	1033,03
	Domaine Amirouche (Belaidi-Ait Sidi Maamar Agraradj)	150	361,37	398,98	486,35	592,86
	Ait Ali	150	188,96	208,63	254,32	310,01
	Ath Mansour	150	17,97	19,84	24,18	29,48
	Les Akkis	150	8,88	9,81	11,95	14,57
	Les Aimeurs	150	8,28	9,14	11,14	13,58
	Iaatarene	150	16,35	18,05	22,01	26,83
	Ifethathene	150	36,34	40,12	48,91	59,62
	Belabes	150	49,06	54,16	66,02	80,48
	Ikhaldiouene	150	28,47	31,43	38,31	46,70
	Hamadi	150	12,72	14,04	17,12	20,87
	Iaazouzene	150	34,12	37,67	45,92	55,97
	Makhloufi	150	3,03	3,34	4,08	4,97
	Ighil Tizi	150	16,15	17,83	21,74	26,50
	Ihamdanene	150	14,94	16,49	20,11	24,51
	Voumensour	150	4,85	5,35	6,52	7,95
	Boussegassen	150	17,36	19,17	23,37	28,48
	Augnane	150	25,44	28,08	34,23	41,73
	Zemouche	150	16,76	18,50	22,55	27,49
	Sbargoud	150	0,40	0,45	0,54	0,66
Maabdoun	150	29,27	32,32	39,40	48,02	
Ait Karou	150	21,00	23,18	28,26	34,45	
Izaroukene	150	32,50	35,89	43,74	53,32	
Hellil	150	31,90	35,22	42,93	52,33	
Soumar	150	2,42	2,67	3,26	3,97	
Iamalene Ait Mouhdh Arab	150	91,86	101,42	123,63	150,70	

	Toufnith	150	21,60	23,85	29,07	35,44
	Ath Ali Mouh	150	5,45	6,02	7,34	8,94
	Ait Boumaaza	150	84,18	92,95	113,30	138,11
	Thililits	150	10,70	11,81	14,40	17,55
Total	29		1821,97	2011,60	2452,13	2989,13
Zone II	M'Elaiel	150	209,55	231,36	282,03	343,79
	Sidi Billal	150	12,72	14,04	17,12	20,87
	Thisselnine	150	13,12	14,49	17,66	21,53
	Bouzarmane	150	28,47	31,43	38,31	46,70
	Ait Messaoud	150	54,71	60,40	73,63	89,76
	Ath Voulghzer	150	32,30	35,66	43,47	52,99
	Mitidji	150	2,22	2,45	2,99	3,64
	Ibukherchoufatene	150	82,77	91,39	111,40	135,79
	Imarzak-Kalous	150	105,18	116,13	141,56	172,56
	Ihamdiouene	150	24,02	26,52	32,33	39,41
	Iaarbithen	150	33,92	37,45	45,65	55,64
	Dechiche	150	7,27	8,02	9,78	11,92
	Ihmitouchene	150	36,54	40,34	49,18	59,95
	Ait Hakim	150	8,68	9,58	11,68	14,24
	Zir Ouali	150	11,71	12,93	15,76	19,21
Total	14		663,18	732,20	892,55	1088,01

Le tableau ci-dessus montre la consommation domestique moyenne de la commune de *FRIKAT*, cette dernière s'élèvera à, 4077,15 m³/j pour l'horizon 2048.

Figure II.2 : Répartition des besoins domestique par zone.



II.4.2. Besoins scolaire :

Les besoins scolaires sont donnés dans les tableaux (II.3) existants (II.4) projeter :

II.4.2.1. Les besoins scolaires existants :

Tableau II.3 : Evaluation des besoins scolaires des équipements existant.

Zones	Dispersion	Nbr d'établissement	Effectifs élevés	dotation (l/j/élèves)	Qmoy.j (m ³ /j)
Zone I	Chef-lieu	Ecole primaire (02)	300	15	4,5
		CEM (02)	360		5,4
Total		4	660		9,9

II.4.2.2. Les besoins scolaires à projeter :

Tableau II.4 : Evaluation des besoins scolaires des équipements à projeter.

Zones	Dispersion	Nbr d'établissement	Effectifs élèves	Dotation(l/j/élèves)	Qmoy.j (m ³ /j)
Zone I	Chef-lieu	Ecole primaire (01)	150	15	2,25
	ait Ali	CEM (01)	150		2,25
Zone II	M'Elaiel	CEM (01)	200		3
Total		3	500		7,5

II.4.3. Besoins sanitaire :

Pour le secteur sanitaire les besoins sont donnés dans les tableaux suivant (II.5) existants (II.6) projeter :

II.4.3.1. Besoins sanitaire existant :

Tableau II.5 : Evaluation des besoins sanitaires des équipements existants.

Zones	Dispersion	Nbr d'établissements	Patients	Dotation (l/j/patient)	Qmoy.j (m ³ /j)
Zone I	Chef-lieu	01 Centre de santé	70	20	1,4
	Ait Ali	01 Salle de soin	30		0,6
	Ait Boumaaza	01 Salle de soin	30		0,6
Zone II	Imarzak Kalous	01 Salle de soin	30		0,6
	Sidi billal	01 Salle de soin	30		0,6
Total		5	190		3,8

II.4.3.2. Besoins sanitaire à projeter :

Tableau II.6 : Evaluation des besoins sanitaires des équipements à projeter.

Zones	Dispersion	Nbr d'établissements	Effectifs	Dotation (l/j/patient)	Qmoy.j (m ³ /j)
Zone I	Chef-lieu	01 Laboratoire	10	20	0,2
		01 Polyclinique	20	15	0,3
		01 Maternité	10	250	2,5
Zone II	M'Elaiel	01 Centre de santé	70	15	1,05
Total		4	110		4,05

II.4.4. Les besoins municipaux :

Les besoins municipaux sont donnés dans les tableaux suivant (II.7) existants (II.8) projeter :

II.4.4.1. Les besoins municipaux existant :

Tableau II.7 : Evaluation des besoins municipaux des équipements existants.

Zones	Dispersion	Équipements administratif	Nbr d'employés	Dotation (l/j/employé)	Qmoy.j (m ³ /j)	
Zone I	Chef-lieu	01 Siege APC	10	15	0,15	1,8
		01 Agence postale	10		0,15	
		01 Gendarmerie	50		0,75	
		01 Garde communal	50		0,75	
Total		4	120		1,8	

II.4.4.2. Les besoins municipaux à projeter :

Tableau II.8 : Evaluation des besoins municipaux des équipements à projeter.

Zones	Dispersion	Equipements administrative	Nbr d'employés	Dotation (l/j/employé)	Qmoy.j (m ³ /j)	
Zones I	Chef-lieu	01 Antenne assurance	10	15	0,15	1,15
		01 Protection civil	20	20	0,4	
		01 Banque	10	15	0,15	
		01 Siege APC	10		0,15	
	Ait Ali	01 Antenne administrative	10		0,15	
		01 Antenne postale	10		0,15	
Zones II	M'Elaiel	01 Antenne administrative	10		0,15	0,3
		01 Antenne postale	10		0,15	
Total		8	90		1,45	

II.4.5. Les besoins socioculturels :

Les besoins socioculturels sont donnés dans les tableaux suivant (II.9) existants (II.10) projeter :

II.4.5.1. Les besoins socioculturels existants :

Tableau II.9 : Evaluation des besoins socioculturels des équipements existants.

Zones	Dispersion	Equipements	Effectifs	Dotation (l/j/Fidel)	Qmoy.j (m ³ /j)	
Zone I	Chef-lieu	06 Mosquées	200	20	4	18,7
		01 Maison de jeunes	60		1,2	
		01 Foyer de jeunes	100		2	
		01 Aire de jeux	100	5	0,5	
		03 Cimetière	150	30	4,5	
	Ait Ali	01 Mosquée	100	20	2	
		01 Foyer de jeunes	20	15	0,3	
		Ait Boumaaza	01 Mosquée		100	
Sbargoud	01 Mosquée	110	20	2,2		
Zone II	M'Elaiel	01 Mosquée		100	2	
	Imarzak Kalous	01 Mosquée		150	3	
		Sidi Billal		01 Mosquée	120	2,4
	01 Foyer de jeunes		50	1		

Total		20	1360		27,1
--------------	--	----	------	--	------

II.4.5.2. Les besoins socioculturels à projeter :

Tableau II.10 : Evaluation des besoins socioculturels des équipements à projeter.

Zones	Dispersion	Equipements	Effectifs	Dotation (l/j/Fidel)	Qmoy.j (m³/j)	
Zone I	Chef-lieu	01 Creche et jardin d'enfants	30	15	0,45	32,575
		01 Maison de jeunes	50		0,75	
		01 Salle de cinéma	10		0,15	
		01 Salle polyvalente	50		0,75	
		01 Terrain de football	100	25	2,5	
		01 Zone d'activités	200	100	20	
		01 piscine	20	20	0,4	
		01 Centre culturel	10	20	0,2	
		01 Cimetière	100	5	0,5	
	Ait Ali	01 Bibliothèque	5	15	0,075	
		01 Salle de sport	50	20	1	
		01 Jardin d'enfants	40	20	0,8	
	Sbaargoud	01 Terrain de sport en plein air (Iftathen)	50	20	1	
01 Terrain de sport en plein air (Toufnit)		50	1			
01 Terrain de sport en plein air (Ikheldiouene)		50	1			
Ait Boumaaza	01 Terrain de football	100		2		
Zone II	M'Elaiel	01 Bibliothèque	4	15	0,06	3,41
		01 salle de sport type I	30	20	0,6	
		01 Crèche et jardin d'enfants	30		0,6	
	Imarzak Kalous	01 Terrain de football en plein air	70		1,4	
	Sidi billal	01 Terrain de sport en plein air	50	15	0,75	
Total		21	1099		35,985	

II.4.6. Autre besoins publics :

Les autres besoins sont donnés dans les tableaux suivant (II.11) existants (II.12) projeter :

II.4.6.1. Les autres besoins existants :

Tableau II.11 : Evaluation des autres besoins existants.

Zones	Dispersion	Désignation	Effectifs	Dotation (l/j/employé)	Qmoy.j (m³/j)	
Zone I	Chef-lieu	02 Unité de conditionnement de jus	200	50	10	27,375
		04 Unité de transformation de plastique	250	50	12,5	
		03 Entreprise de fabrication d'aggloméré	150	25	3,75	

		01 Unité de fabrication de couscous traditionnel	25	25	0,625	
		01 Unité de confection	25	20	0,5	
Total			11	650	27,375	

II.4.6.2. Les autres besoins à projeter :

Tableau II.12 : Evaluation des autres besoins à projeter.

Zones	Dispersion	Désignation	Effectifs	Dotation (l/j/employé)	Qmoy.j (m ³ /j)	
Zone I	Chef-lieu	01 Hôtel de poste 3eme classe	30	20	0,6	13,975
		01 Dépôt des produits agricoles	10	20	0,2	
		01 Station urbaine	100	25	2,5	
		01 Marché couvert	200	5	1	
		01 CFPA Agricole	30	15	0,45	
		01 Placette publique	70	15	1,05	
		01 Pépinière	100	50	5	
		01 Abattoir	100	20	2	
	Ait Ali	01 Marché hebdomadaire	200	5	1	
		01 Magasin de grande surface	5	15	0,075	
Zone II	M'Elaiel	01 Hôtel de poste 3eme classe	5	20	0,1	0,325
		01 Commerce complémentaires	5	15	0,075	
	Imarzak Kalous	01 Station Urbaine	5	20	0,1	
Total		01 Centre commercial	10	15	0,15	
			14	870	14,3	

II.5. Récapitulatif des différents besoins actuels et futurs :

Le tableau (II.13) ci-après représente les besoins domestiques et d'équipements :

Tableau II.13 : Tableau récapitulatif des différents besoins 2023 et 2048.

		Année	
		2023	2048
Zone I	Besoins domestiques (m ³ /j)	1821,97	2989,13
	Besoins d'équipements (m ³ /j)	60,375	115,575
	Total	1882,34	3104,71
Zone II	Besoins domestiques (m ³ /j)	663,18	1088,01
	Besoins d'équipements (m ³ /j)	9,6	17,685
	Total	672,78	1105,70
Total		2555,12	4210,41

II.6. Variation des débits :

Majoration de la consommation moyenne journalière :

$$Q_{moy.j.maj} = Q_{moy.j} \times K_f \quad (II.3)$$

- ✚ $Q_{moy.j.maj}$: Débit moyen journalier majoré (m^3/j).
- ✚ $Q_{moy.j}$: Débit moyen journalier (m^3/j).
- ✚ K_f : Coefficient de fuite (=1,25).

Tableau II.14 : les consommations moyennes journalières majorée.

Localités	Année	
	2023	2048
Zone I	1882,34	3880,89
Zone II	840,97	1382,12
Total	2723,32	5263,01

II.6.1. Etude des variations des débits journaliers :

La consommation d'eau dans une agglomération n'est jamais constante, elle peut varier considérablement suivant les saisons, les mois, les jours, les semaines et les heures. Pour garantir un approvisionnement en eau potable adéquat, il est essentiel de prendre en compte le débit d'eau requis, cette variation est caractérisée par des coefficients d'irrégularité $K_{max.j}$ et $K_{min.j}$.

II.6.1.1. Coefficient d'irrégularité journalière maximum :

C'est le rapport entre la consommation maximal journalière la plus chargée de l'année ou la consommation est plus forte et la consommation moyenne journalière de l'année, ainsi il assure une comparaison de combien de fois le $Q_{max.j}$ dépasse le $Q_{moy.j}$. Ce coefficient consiste à prévenir les fuites et les gaspillages du réseau en majorant la consommation moyenne.

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

- ✚ $K_{max.j}$: Coefficient d'irrégularité journalière maximal $\in [1,1-1,3]$.
- ✚ $Q_{max.j}$: Consommation maximal journalière (m^3/j).
- ✚ $Q_{moy.j}$: Consommation moyenne journalière.

Ce qui fait :

$$Q_{max.j} = Q_{moy.j} \times K_{max.j} \quad (II.5)$$

II.6.1.2. Coefficient d'irrégularité journalière minimal :

Il permet de déterminer le débit minimum journalier, le coefficient d'irrégularité est défini comme étant le rapport entre la consommation minimale et la consommation moyenne journalière.

$$K_{min.j} = \frac{Q_{min.j}}{Q_{moy.j}} \quad (II.6)$$

✚ $K_{\min,j}$: Coefficient d'irrégularité journalière minimal $\in [0,7-0,9]$.

Tableau II.15 : Estimation des débits max et min des différentes zones à l'horizon 2048.

Localités	Qmoy.j (m ³ /j)	Qmoy.j.maj(m ³ /j)	Qmax.j(m ³ /j)	Qmin.j (m ³ /j)
Zone I	3104,71	3880,89	4657,06	3104,71
Zone II	1105,70	1382,12	1658,54	1105,70
Total	4210,41	5263,01	6315,61	4210,41

II.6.2. Etudes des variations des débits horaires :

Caractérisé par deux coefficients d'irrégularités $K_{\max,h}$ et $K_{\min,h}$, sur les 24 heures de la journée on retrouve deux sortes de consommations : une période de pointe ou la consommation d'eau potable est plus élevée et une période creuse ou la consommation d'eau potable est plus faible cela permet de réduire le débit requis pour l'alimentation en eau potable.

II.6.2.1. Débit moyen horaire :

Utilisé pour le dimensionnement des stations de traitement et les prises d'eau.

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

II.6.2.2. Consommation maximal horaire :

$$Q_{max,h} = Q_{moy,h} \times K_{max,h} \quad (II.8)$$

II.6.2.3. Coefficient d'irrégularité horaire maximal :

$$K_{max,h} = \alpha_{max} \times \beta_{max} \quad (II.9)$$

α_{max} : Coefficient qui tient compte du degré du confort des équipements de l'agglomération et du régime du travail, il varie de 1,2 à 1,5 et dépend du niveau de développement local (1,2).

β_{max} : Coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population et sera déterminé par la méthode d'interpolation en utilisant les valeurs données dans le tableau (II.16).

Tableau II.16 : Valeurs du coefficient β_{max} en fonction du nombre d'habitant.

Nbr d'habitant (*10 ³)	<1	1,5	2,5	4,0	6,0	10,0	20,0	30,0	100,0	300,0	>1000
β_{max}	2,00	1,80	1,60	1,50	1,40	1,30	1,20	1,15	1,10	1,03	1,00

Tableau II.17 : Les valeurs de β_{max} et $K_{max,h}$ à l'horizon 2048.

Localités	Nbr d'habitants	α_{max}	β_{max}	$K_{max,h}$
Zone I	19928	1,2	1,19	1,428
Zone II	7253		1,36	1,632

II.6.2.4. Coefficient d'irrégularité horaire minimal :

Ce coefficient est utilisé pour estimer le débit minimal horaire dans un réseau afin d'évaluer le fonctionnement de celui-ci du point de vue de la pression. En utilisant le coefficient

d'irrégularité minimal les ingénieurs peuvent dimensionner correctement les conduites, les réservoirs, les pompes, etc. afin de maintenir des niveaux de pression acceptables dans le réseau même pendant les périodes de demande maximal.

$$K_{min.h} = \alpha_{min} \times \beta_{min} \quad (II.10)$$

α_{min} : Coefficient qui tient compte du confort des équipements de l'agglomération et du régime de travail, il varie de 0,4 à 0,6. Pour notre cas on prend (0,5).

β_{min} : Coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population. Le tableau II.18 donne sa variation en fonction du nombre d'habitants.

Tableau II.18 : Valeurs de coefficient β_{min} en fonction du nombre d'habitant.

Nbr d'habitant (10^3)	1	1,5	2,5	4	6	10	20	30	50	100
β_{min}	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,63	0,7

Tableau II.19 : Les valeurs de β_{min} et $K_{min.h}$ à l'horizon 2048.

Localités	Nbr d'habitants	α_{min}	β_{min}	$K_{min.h}$
Zone I	19928	0,5	0,5	0,25
Zone II	7253		0,3	0,15

Les consommations moyenne et maximal horaire des différentes zones sont représentées dans le tableau (II.20) suivant ;

Tableau II.20 : Consommation moyenne et maximale horaire pour chaque zone.

Localités	$Q_{max,j}$ (m^3/j)	$Q_{moy.h}$ (m^3/h)	$Q_{max.h}$ (m^3/h)
Zone I	4657,06	194,04	277,10
Zone II	1658,54	69,11	112,78
Total	6315,61	263,15	389,88

II.7. Bilan ressources-besoins :

Le tableau (II.21) détermine la situation hydraulique de la commune de FRIKAT. Actuellement on retrouve que deux ressources exploitées à savoir ; piquage à partir de la chambre de prise (Transfert Ouadhias) avec un débit de 29 l/s, conduite de refoulement à partir de la station de pompage Tizi Larbaa (Transfert Tizi Ghenif) avec un débit de 30 l/s.

Pour les trois source (Thala Bouzrou, Thala El Djir et Thivhirin) qui totalises un débit très faible estimé à 22,29 m^3/j sensées garantir la distribution en les eau les deux localités Ait Boumaaza et Ait Ali.

Tableau II.21 : Bilan ressources-besoins de la commune de FRIKAT.

Désignation	Localités	Besoins (m^3/j)	Débit disponible (m^3/j)	Déficits (m^3/j)	Excès (m^3/j)
Piquage à partir de la chambre de prise (Transfert Ouadhias)	Zone I	4657,06	2505,6	-2151,46	

Conduite de refoulement à partir de la station de pompage Tizi Larbaa (Transfert Tizi Ghenif)	Zone II	1658,54	3132		1473,46
--	----------------	---------	------	--	---------

II.8. Conclusion :

L'objectif du système d'alimentation en eau potable est de satisfaire au maximum possible les besoins en eau de la zone pendant une période bien définie (25ans), qui est estimée comme durée de vie du réseau.

L'étude du bilan besoins-ressources révèle un déficit considérable en matière d'approvisionnement en eau potable dans la (zone I). Pour remédier à cette situation et garantir la satisfaction des besoins à long terme, il sera essentiel de mobiliser de nouvelles ressources. Ces nouvelles ressources devront être en mesure de combler le déficit estimé à 24,90 l/s soit 2151,46 m³/j. Deux solutions viables et disponibles à proximité pour remédier à ce déficit massif consiste à renforcer l'approvisionnement en eau en utilisant ; la (zone II), notamment par le piquage Tizi Ghenif (1473.46 m³/j), et un débit supplémentaire à partir du piquage Ouadhias (678 m³/j)

Chapitre III

Les réservoirs

III.1. Introduction :

Les réseaux d'alimentation en eau potable sont composés de plusieurs éléments tels que les stations de traitement, les stations de pompage, les canalisations, les conduites et les ouvrages de stockage qu'on retrouve très souvent entre l'installation d'adduction et de distribution. Ces éléments assurent un enchaînement sécurisé et efficace du processus de distribution d'eau potable.

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. Fonction et utilité des réservoirs :

Un réservoir d'eau, également appelé château d'eau est une structure conçue pour stocker une quantité d'eau à des fins d'approvisionnement en eau potable.

La présence d'un réservoir entre les ouvrages de captage, de traitement et d'adduction d'eau ainsi que le réseau de distribution sert à réguler la consommation variable et assure une double fonction. [3] il joue un rôle ;

- ❖ D'un régulateur et accumulateur des débits, pressions.
- ❖ C'est une simplification de l'exploitation.
- ❖ Pompage nocturne profitant des tarifs d'heure creuse de l'énergie.
- ❖ Utilité pour briser la charge.
- ❖ Sécurité d'approvisionnement.
- ❖ Constitue une réserve pour les imprévues (rupture, panne des pompes, réparation et extension du réseau ...).
- ❖ Lutte contre d'éventuels incendies par la partie du volume réservée.

III.3. Classification des réservoirs :

Cette classification permet de mieux comprendre leur rôle et leur utilité dans le système d'AEP. [10]

Selon la nature des matériaux, on distingue ;

- ❖ Les réservoirs métalliques.
- ❖ Les réservoirs en maçonnerie.
- ❖ Les réservoirs en béton armé ou en béton précontraint.

Le matériau le plus utilisé est le béton armé (dosage en ciment de 400 kg/m³ environ).

Selon la situation des lieux, on distingue les réservoirs ;

- ❖ Enterrés, du point de vue esthétique c'est le plus satisfaisant.
- ❖ Semi enterrés, le plus économique.
- ❖ Posé sur le sol (apparent).

❖ Surélevés, le seul mode de construction possible en plaine.
Selon la forme géométrique, on distingue les réservoirs ;

- ❖ Circulaire.
- ❖ Rectangulaire.
- ❖ De forme quelconque (sphérique, conique...)

Selon l'utilisation, on distingue ;

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

III.4. Equipements des réservoirs :

III.4.1. Equipements hydraulique :

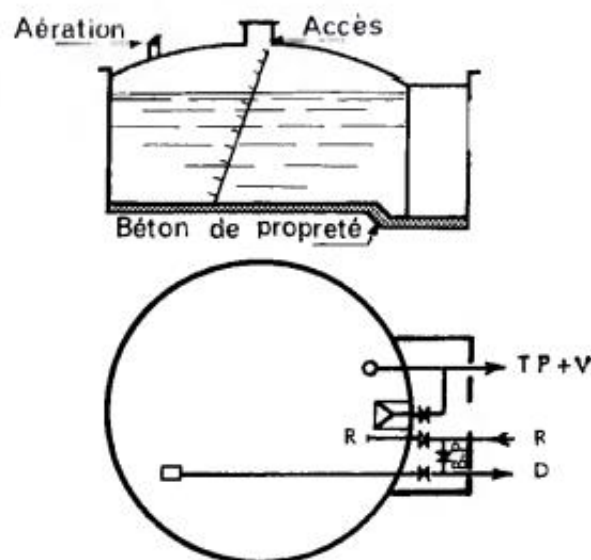
Un réservoir unique ou compartimenté doit être équipé par ;

III.4.1.1. 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 : Chambre de manœuvre d'un réservoir. [3]

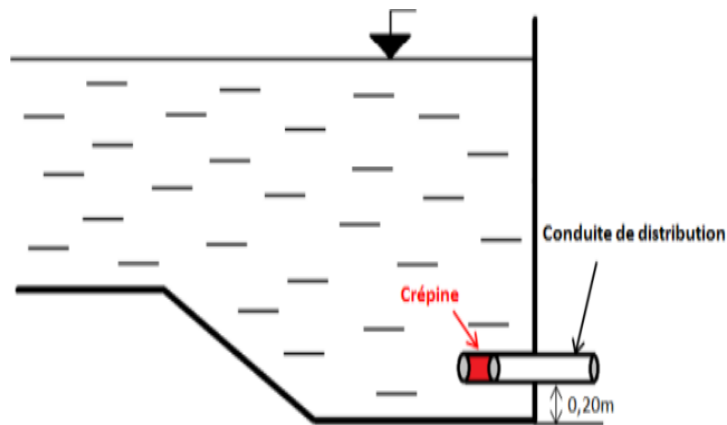


III.4.1.2. Départ de la distribution :

Le départ de la conduite de distribution est placé près du fond à une faible hauteur (0,15m ou 0,20m) au-dessus du radier, pour éviter l'introduction d'éventuel dépôt (sables, boues). [4]

Pour éviter le phénomène de vortex, l'extrémité de la conduite doit être munie d'une crépine courbée ou une grille.

Figure III.2 : Emplacement de la conduite de distribution.

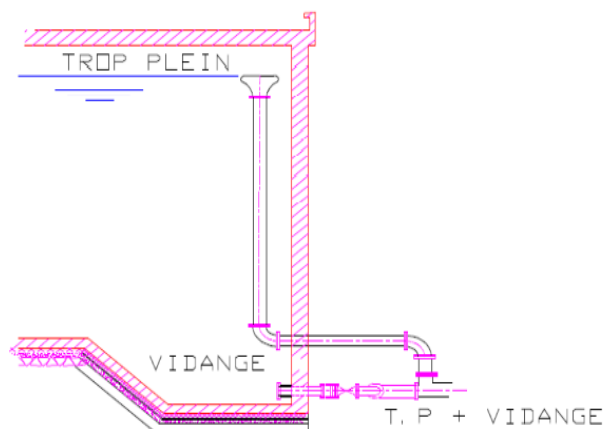


III.4.1.3. Trop-plein et vidange [3] :

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.3 : Schéma de la conduite de trop-plein et de vidange.



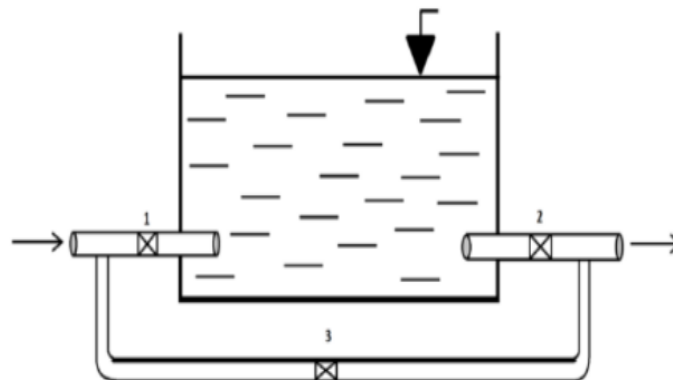
III.4.1.4. By-pass :

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. [5]

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 3^{ème}.

Figure III.4 : Conduite de by-pass.

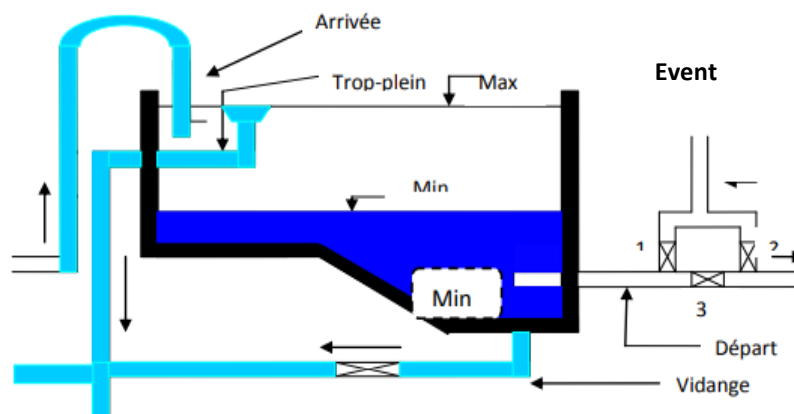


III.4.1.5. Système de matérialisation de la réserve d'incendie :

Pour empêcher que l'eau de la réserve ne se mélange à l'eau destinée à la distribution, on met en place une disposition spécifique qui est schématisée dans la figure (III.5).

- ❖ Cas normal : La vanne 1 et 2 sont ouvertes, le siphon se désamorce dès que le niveau de la réserve d'incendie est atteint ceci grâce à l'évent
- ❖ Cas d'incendie : On ouvre la vanne 3 pour pouvoir exploiter cette réserve et pour permettre une répartition sans vider le réservoir.

Figure III.5 : Matérialisation de la réserve d'incendie (Système à siphon).

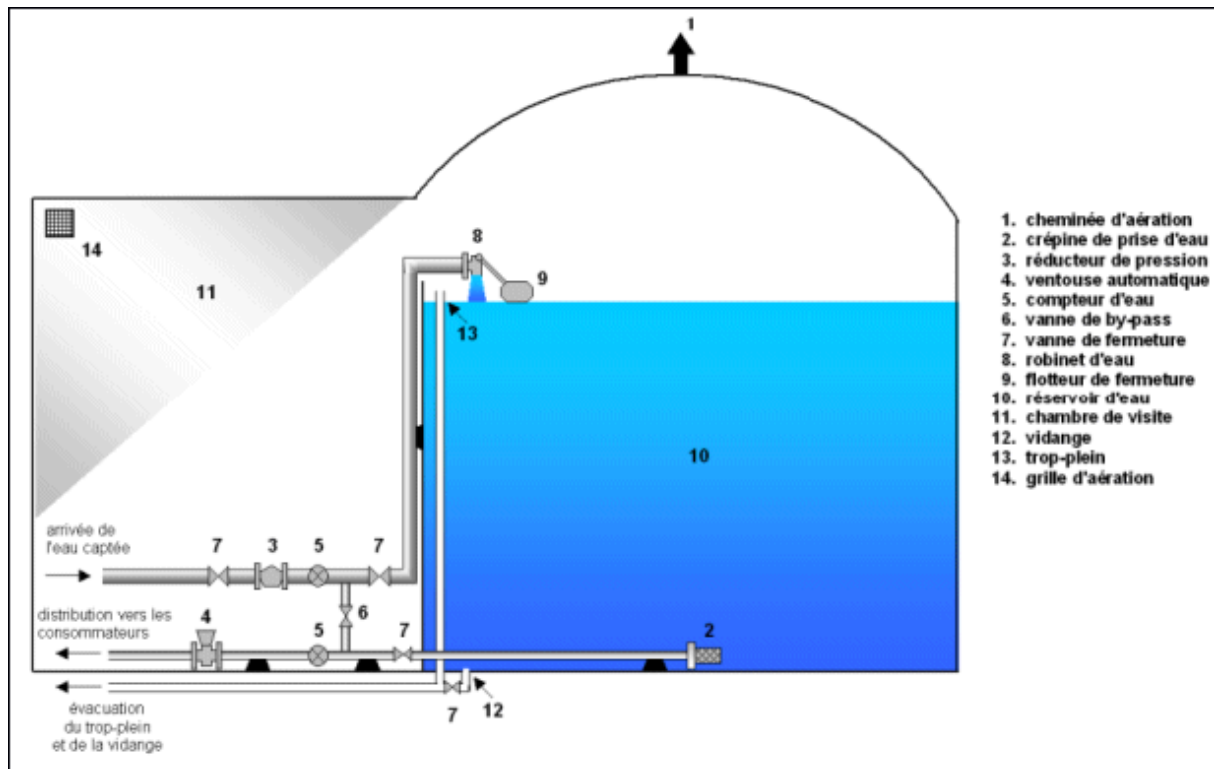


La réserve d'incendie doit rester constamment disponible pour répondre aux besoins immédiats en cas de sinistre.

III.4.2. Equipements de nettoyage :

- ❖ Trappe de visite pour le personnel et le matériel.
- ❖ Pompe d'alimentation en eau.
- ❖ Equipements spéciaux pour le nettoyage.

Figure III.6 : Schéma général d'un réservoir.



III.5. Capacité des réservoirs :

La capacité d'un réservoir doit être estimée en tenant compte des variations de débit à l'entrée comme à la sortie, c'est-à-dire d'une part du mode d'exploitation des ouvrages situés en amont, et d'autre part de la variabilité de la demande. [5]

La répartition du volume d'eau sur un ou plusieurs réservoirs dépendra des besoins et de l'ampleur de la communauté à approvisionner. Pour l'estimation de la capacité d'un réservoir on a recours soit à la méthode graphique ou la méthode analytique.

III.5.1. 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.

$$V_{max} = \frac{P_{max}(\%) \times Q_{max,j}}{100} \text{ (m}^3\text{)} \quad \text{(III.1)}$$

- ✚ V_{\max} : Volume maximal que peut contenir le réservoir (m^3).
- ✚ $Q_{\max,j}$: Débit maximal journalier (m^3/j).
- ✚ P_{\max} : Résidu maximum dans le réservoir.

III.5.1.1. Le résidu maximum dans les réservoirs :

- ❖ On a pu précédemment déterminer $K_{\max,h}$ qui correspond à chaque population desservie.
- ❖ Le tableau de distribution de débit journalier voir (annexe III.1), nous permet de répartir la consommation maximale journalière sur les 24h.
- ❖ On répartie par la suite le débit de pompage (20h pendant une journée).
- ❖ Pour chaque heure, on détermine la différence entre l'apport et la consommation.
- ❖ Pour finir, on calcule le résidu dans le réservoir pour chaque heure comme suit ;

$$P(\%) = |R +| + |R -| \quad (III.2)$$

- ✚ $R+$: Valeur max du résidu dans le réservoir (%).
- ✚ $R-$: Valeur min du résidu dans le réservoir (%).

III.5.1.2. Diamètre du réservoir :

$$V = S \times H = \frac{\pi \times d^2}{4} \times H \Leftrightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times H}} \quad (III.3)$$

III.5.1.3. Le volume total du réservoir :

$$V = V_{\max} + V_{inc} \quad (III.4)$$

- ✚ V : Volume totale du réservoirs (m^3).
- ✚ V_{inc} : Volume de la réserve d'incendie ($120 m^3$).

III.5.2. Méthode graphique :

Cette méthode implique généralement les courbes d'apport et de consommation. Elle peut être utile pour visualiser les variations de volume au fil du temps mais elle nécessite des données précises et une analyse minutieuse pour aboutir à des estimations fiables de la capacité des réservoirs.

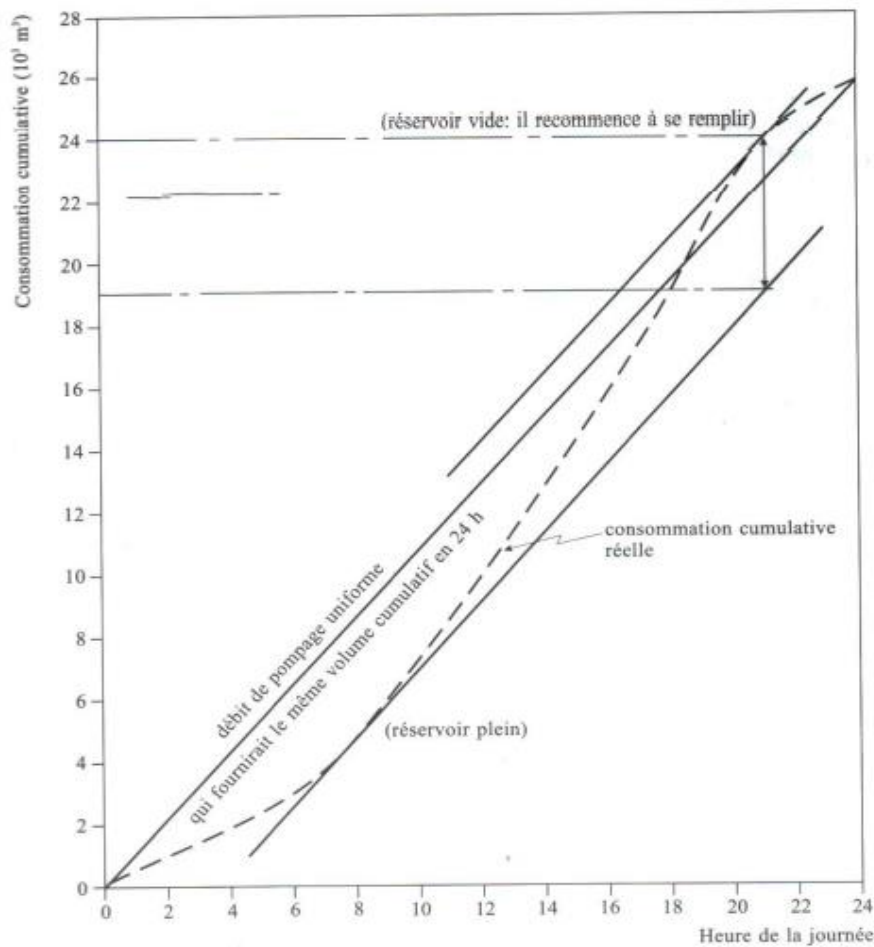
En raison des statistiques détaillées sur la variation horaire de la consommation pendant la journée de pointe, on peut dire que c'est une méthode très précise.

La capacité du réservoir est égale à la somme du plus grand excès et le plus grand déficit en ajoutant la réserve d'incendie ;

$$V_r = \Delta V_{\max} + \Delta V_{\min} + \Delta V_{inc} \quad (III.5)$$

- ✚ V_r : Volume du réservoir.
- ✚ ΔV_{\max} : Surplus (m^3).
- ✚ ΔV_{\min} : Déficit (m^3).
- ✚ ΔV_{inc} : Réserve d'incendie.

Figure III.7 : Dimensionnement d'un réservoir par la méthode graphique [6]



III.6. Dimensionnement des réservoirs de la première zone :

III.6.1. Dimensionnement du réservoir au niveau du picage Ain Zaouia :

Ce réservoir se situe à une cote de 368.76 m, reçoit un débit de 2505.6 m³/j. il assure 03 adductions par refoulement à savoir ;

- ❖ Le réservoir de Boussegassen.
- ❖ Le réservoir de Ath Boulgaghezar.
- ❖ Le réservoir de Ouhren.

Tableau III.1 : Capacité du réservoir au niveau du picage Ain Zaouia.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)			Surplus (%)	Déficit (%)	Résidu (%)
		R-Boussegassen	R-Ath Boulgaghezar	R-Ouhren			
00_01	4,17	0,16	0,00	3,02	0,99		0,99
01_02	4,17	0,16	0,00	3,02	0,99		1,98
02_03	4,17	0,16	1,82	3,02		-0,83	1,14
03_04	4,17	0,16	1,82	3,02		-0,83	0,31
04_05	4,17	0,16	1,82	0,00	2,19		2,50

05_06	4,17	0,16	1,82	0,00	2,19		4,69
06_07	4,17	0,16	1,82	0,00	2,19		6,87
07_08	4,17	0,16	1,82	0,00	2,19		9,06
08_09	4,17	0,16	1,82	3,02		-0,83	8,23
09_10	4,17	0,16	1,82	3,02		-0,83	7,39
10_11	4,17	0,16	1,82	3,02		-0,83	6,56
11_12	4,17	0,16	1,82	3,02		-0,83	5,73
12_13	4,17	0,16	1,82	3,02		-0,83	4,89
13_14	4,17	0,16	1,82	3,02		-0,83	4,06
14_15	4,17	0,16	1,82	3,02		-0,83	3,23
15_16	4,17	0,16	1,82	3,02		-0,83	2,39
16_17	4,17	0,16	1,82	3,02		-0,83	1,56
17_18	4,17	0,00	1,82	3,02		-0,68	0,88
18_19	4,17	0,00	1,82	3,02		-0,68	0,21
19_20	4,17	0,00	1,82	3,02		-0,68	-0,47
20_21	4,17	0,00	1,82	3,02		-0,68	-1,14
21_22	4,17	0,16	1,82	3,02		-0,83	-1,98
22_23	4,17	0,16	0,00	3,02	0,99		-0,99
23_24	4,17	0,16	0,00	3,02	0,99		0,00
Total	100	3,15	36,44	60,41	100,00		

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |9.06| + |-1.98| = 11.04 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{11.04 \times 4657,06}{100} = 514.11 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 634.11 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de ; v = 650 m³

➤ Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à H=5 m alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 650}{\pi \times 5}} = 12.87 \approx 13 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 0.90 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 5 - 0.90 = 4.1 \text{ m}$$

III.6.2. Dimensionnement du réservoir Boussegassen (Annexe III.2) :

Situé à une cote de 510.50 m. Avec un débit de 146.56 m³/j, il assure une distribution pour trois localités (Boussegassen, Augnane et Zemouche)

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |19.90| + |-12.50| = 32.4 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{32.4 \times 146.56}{100} = 47.49 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 167.49 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de ; v = 200 m³

➤ Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à H=3 m alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 200}{\pi \times 3}} = 9.22 \approx 9 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1.88 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1.88 = 1,12 \text{ m}$$

III.6.3. Vérification du réservoir Ath Boulgaghezar (Annexe III.3) :

Le réservoir est situé à une altitude de 476.40 m et il reçoit un débit maximal de 1696.96 m³/j. Il assure l'approvisionnement en eau par gravité vers le réservoir principal de la commune de FRIKAT (chef-lieu).

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |14,17| + |-2,50| = 16,67 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{16,67 \times 1696,96}{100} = 282,88 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 402,88 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de ; $v = 400 \text{ m}^3$

- Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à $H=3 \text{ m}$ alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 400}{\pi \times 3}} = 13,03 \approx 13 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 0,90 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 0.90 = 2,1 \text{ m}$$

III.6.4. Vérification du réservoir Chef-lieu (Annexe III.4) :

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |18.50| + |-8| = 26.50 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{26.50 \times 1696.96}{100} = 449.69 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 569.69 \text{ m}^3$$

La construction d'un nouveau réservoir est obligatoire à coté de ce dernier, avec une capacité de $v = 550 \text{ m}^3$

- Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à $H=5 \text{ m}$ alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 550}{\pi \times 5}} = 11.84 \approx 12 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1.06 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 5 - 1.06 = 3.94 \text{ m}$$

III.6.5. Vérification du réservoir Ouehren (Annexe III.5) :

Le réservoir de Ouehren se situe à une cote de 512 m, assure l'adduction par refoulement le réservoir de Hellil avec un débit de 1924.26 m³/j et une distribution vers les localités de Domaine Amirouche avec un débit de 889.29 m³/j

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |5.85| + |-2.69| = 8.54 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{8.54 \times 2813.54}{100} = 240.22 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 360.22 \text{ m}^3$$

La construction d'un nouveau réservoir est obligatoire à coté de ce dernier, avec une capacité de v = 250 m³

- Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à H=3 m alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 250}{\pi \times 3}} = 10.30 \approx 10 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1.53 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1,53 = 1,47 \text{ m}$$

III.6.6. Dimensionnement du réservoir Hellil (Annexe III.6) :

Alimenté par deux apports ;

- ❖ Le réservoir de Ouehren avec un débit de 1924.26 m³/j.
- ❖ Le réservoir de Aomar avec un débit de 1473.46 m³/j (Zone II).

Ce réservoir assure deux adduction par refoulement tous les réservoirs de Ifetathen et le réservoir de Ait Ali (SR03) avec des débits de 461.54 m³/j et 1453.93 m³/j respectivement., et une distribution vers la localité de Sbagoud.

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |10.27| + |-6.88| = 17.15 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{17.15 \times 1924.26}{100} = 330.04 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 450.04 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de ; v = 450 m³

On fixe la hauteur du réservoir à H=3 m alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 450}{\pi \times 3}} = 13,82 \approx 14 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 0,77 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 0,77 = 2,23 \text{ m}$$

III.6.7. Vérification du réservoir Ifetathen (Annexe III.7) :

Le réservoir est situé à une altitude de 466.80 m et il reçoit un débit maximal de 461.54 m³/j. Il assure l'approvisionnement en eau les localités suivantes (Ifethathene, Belabes, Ikhaldiouene Ighil Tizi, Ihamdanene, Voumensour, Toufnith, Ath Ali Mouh, Thililits).

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |18.50| + |-6.50| = 25 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{25 \times 461.54}{100} = 115.39 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 235.39 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de ; $v = 300 \text{ m}^3$

- Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à $H=3 \text{ m}$ alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 300}{\pi \times 3}} = 11,28 \approx 11 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1,26 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1,26 = 1,74 \text{ m}$$

III.6.8. Dimensionnement du réservoir Ait Ali avec (SR03) (Annexe III.8) :

Le réservoir Ait Ali (SR03) se situe à une cote de 835.50 m, assure l'adduction des trois réservoirs ;

- ❖ Ait Boumaaza avec un débit de $265.74 \text{ m}^3/\text{j}$ (par refoulement).
- ❖ Ait Ali (01) avec un débit de $591.52 \text{ m}^3/\text{j}$ (par refoulement).
- ❖ Tayeb avec un débit de $596.67 \text{ m}^3/\text{j}$ (gravitaire).

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |13.54| + |-5.09| = 18.63 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{18.63 \times 1453.93}{100} = 270.84 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 390.84 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de ; $v = 400 \text{ m}^3$

On fixe la hauteur du réservoir à $H=3 \text{ m}$ alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 400}{\pi \times 3}} = 13,03 \approx 13 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 0,90 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1.53 = 2,1 \text{ m}$$

III.6.9. Vérification du réservoir Tayeb (Annexe III.9) :

Le réservoir est situé à une altitude de 761.43 m et il reçoit un débit maximal de 596.67 m³/j. Il assure l'approvisionnement en eau les localités suivantes (Les Aklis, Les Aimeurs, Iaatarene, Maabdoun, Ait Karou, Izaroukene, Hellil, Soumar, Iamalene Ait Mouhdh Arab).

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |18.50| + |-6.50| = 25 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{25 \times 596.67}{100} = 149.17 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 269.17 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de ; v = 300 m³

- Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à H=3 m alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 300}{\pi \times 3}} = 11.28 \approx 11 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1,26 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1.26 = 1,74 \text{ m}$$

III.6.10. Vérification du réservoir Ait Boumaaza (Annexe III.10) :

Le réservoir est situé à une altitude de 1052.18 m et il reçoit un débit maximal de 265.74 m³/j. Il assure l'approvisionnement en eau les localités suivantes (Ait Boumaaza, Makhloufi, Ath Mansour).

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |21| + |-9| = 30 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{30 \times 265.74}{100} = 79.72 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 199.72 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de ; $v = 200 \text{ m}^3$

➤ Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à $H=3 \text{ m}$ alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 200}{\pi \times 3}} = 9.22 \approx 10 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1.53 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1.53 = 1.47 \text{ m}$$

III.6.11. Vérification du réservoir Ait Ali (01) (Annexe III.11) :

Le réservoir Ait Ali (01) se situe à une cote de 951.79 m, assure l'adduction du réservoir Ait Ali (02) avec un débit de $591.52 \text{ m}^3/\text{j}$.

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |14,17| + |-2,50| = 16,67 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{16,67 \times 591.52}{100} = 98.60 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 218,60 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de ; $v = 200 \text{ m}^3$

➤ Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à $H=3$ m alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 200}{\pi \times 3}} = 9,21 \approx 9 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1,89 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1,89 = 1,11 \text{ m}$$

III.6.12. Dimensionnement du réservoir Ait Ali (02) (Annexe III.12) :

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |18.50| + |-8.50| = 27 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{27 \times 591.52}{100} = 159.71 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 279.71 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de ; $v = 300 \text{ m}^3$

➤ Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à $H=3$ m alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 300}{\pi \times 3}} = 11.28 \approx 12 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1.06 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1.06 = 1.94 \text{ m}$$

III.7. Dimensionnement des réservoirs de la deuxième zone :

III.7.1. Vérification du réservoir au niveau du piquage Tizi Ghenif (Annexe III.13) :

Ce réservoir se situe à une cote de 641 m, reçoit un débit de 3132 m³/j. il assure l'adduction par refoulement le réservoir de Vouloulou.

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |2.50| + |-14.17| = 16.67 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{16.67 \times 3867.83}{100} = 644.77 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 764.77 \text{ m}^3$$

La construction d'un nouveau réservoir est obligatoire à coté de ce dernier, avec une capacité de $v = 300 \text{ m}^3$

➤ Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à $H=3 \text{ m}$ alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 300}{\pi \times 3}} = 11.29 \approx 12 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1.06 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1.06 = 1.94 \text{ m}$$

III.7.2. Vérification du réservoir Vouloulou (Annexe III.14) :

Le réservoir est situé à une altitude de 874.79 m et il reçoit un débit maximal de 3132 m³/j. Il assure l'adduction par gravité les 04 réservoirs suivants ;

- ❖ Réservoir M'Elaiel avec un débit de 546.36 m³/j.
- ❖ Réservoir Imarzak avec un débit de 565.79 m³/j.
- ❖ Réservoir Ait Messaoud avec un débit de 219.59 m³/j.
- ❖ Réservoir Aomar avec un débit de 1799.36 m³/j.

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |14.16| + |-2.51| = 16.67 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{16.67 \times 3867.83}{100} = 644.77 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 764.77 \text{ m}^3$$

La construction d'un nouveau réservoir est obligatoire à coté de ce dernier, avec une capacité de $v = 300 \text{ m}^3$

- Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à $H=3 \text{ m}$ alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 300}{\pi \times 3}} = 11.29 \approx 12 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1.06 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1.06 = 1.94 \text{ m}$$

III.7.3. Vérification du réservoir Imarzak (Annexe III.15) :

Ce réservoir se situe à une cote de 840.91 m, reçoit un de débit de $546.36 \text{ m}^3/\text{j}$. il assure la distribution les localités suivante (Imarzak kalous, Dechiche, Iboukharchoufaten, ihamdiouen).

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |13| + |-6| = 19 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{19 \times 546.36}{100} = 103.81 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 223.81 \text{ m}^3$$

La construction d'un nouveau réservoir est obligatoire à coté de ce dernier, avec une capacité de $v = 200 \text{ m}^3$

- Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à $H=3$ m alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 200}{\pi \times 3}} = 9.21 \approx 10 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1.53 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1.53 = 1.47 \text{ m}$$

III.7.4. Vérification du réservoir M'Elaiel (Annexe III.16) :

Ce réservoir se situe à une cote de 745.61 m, reçoit un de débit de 565.79 m³/j. il assure la distribution les localités suivantes (M'Elaiel, Sidi Billal).

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |13| + |-6| = 19 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{19 \times 565.79}{100} = 107.50 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 227.50 \text{ m}^3$$

La construction d'un nouveau réservoir est obligatoire à coté de ce dernier, avec une capacité de $v = 200 \text{ m}^3$

➤ Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à $H=3$ m alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 200}{\pi \times 3}} = 9.21 \approx 10 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1.53 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1.53 = 1.47 \text{ m}$$

III.7.5. Vérification du réservoir Ait Messaoud (Annexe III.17) :

Ce réservoir se situe à une cote de 685.50 m, reçoit un de débit de 565.79 m³/j. il assure la distribution les localités suivantes (Ait Messaoud, Ath Voulghzer, Mitidji).

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |14.40| + |-15.13| = 29.53 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{29.53 \times 219.59}{100} = 64.84 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 184.84 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de ; v = 200 m³

➤ Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à H=3 m alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 200}{\pi \times 3}} = 9.22 \approx 10 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1.53 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1.53 = 1.47 \text{ m}$$

III.7.6. Vérification du réservoir Aomar (Annexe III.18) :

Le réservoir est situé à une cote de 802.41 m et il reçoit un débit maximal de 1799.36 m³/j. Il assure l'adduction par gravité les 02 réservoirs suivants ;

- ❖ Le réservoir de Hellil avec un débit de 1473 m³/j.
- ❖ Le réservoir de Iaarbithen avec un débit de 133.64 m³/j.

Et une distribution des localités suivante (Ihmitouche, Thisselnine, Bouzarmane) avec un débit de 192.27 m³/j.

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |1.09| + |-1.15| = 2.24 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{2.24 \times 2536.09}{100} = 56.80 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 176.80 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de ; $v = 200 \text{ m}^3$

- Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à $H=3 \text{ m}$ alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 200}{\pi \times 3}} = 9.22 \approx 10 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1.53 \text{ m}$$

- Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1.53 = 1.47 \text{ m}$$

III.7.7. Dimensionnement du brise charge :

C'est un ouvrage intermédiaire dans lesquelles une partie de l'énergie que possède l'eau à son entrée se trouve brisée. La capacité de la brise-charge est évaluée en fonction de la durée de fermeture de la vanne, dans le but de garantir le maintien du plein de la conduite en aval. Le dimensionnement de la brise-charge sera similaire à celui des réservoirs, en prenant en compte un temps de stockage d'un quart d'heure (1/4). [8]

Elle reçoit un débit de $133,64 \text{ m}^3/\text{j}$ en provenance du réservoir Aomar, équipée d'une sortie vers le réservoir Iaarbithen.

$$V_{BC} = \frac{Q_{maj.j} \times t}{T}$$

$$V_{BC} = \frac{133.64 \times 0.25}{24} = 1,39 \text{ m}^3$$

On opte pour une brise charge de ; $v = 50 \text{ m}^3$

- Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à $H=3$ m alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 50}{\pi \times 3}} = 4,61 \approx 5 \text{ m}$$

III.7.8. Dimensionnement du réservoir Iaarbithen (Annexe III.19) :

Ce réservoir se situe à une cote de 643 m, reçoit un débit de $133.64 \text{ m}^3/\text{j}$. il assure la distribution les localités suivantes (Iaarbithen, Zir ouali, Ait Hakim).

La valeur de P (%) :

$$P_{max} = |14.40| + |-15.13| = 29.53 \%$$

Le volume total du réservoir est :

$$V_{max} = \frac{29.53 \times 133.64}{100} = 39.46 \text{ m}^3$$

$$V_t = V_{max} + V_{inc} = 159.46 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de ; $v = 200 \text{ m}^3$

➤ Calcul du diamètre de réservoir :

On fixe la hauteur du réservoir à $H=3$ m alors ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 200}{\pi \times 3}} = 9.22 \approx 10 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur de la réserve d'incendie :

$$H_{inc} = \frac{(4 \times V_{inc})}{\pi \times D^2} = 1.53 \text{ m}$$

➤ Calcul de la hauteur d'eau disponible à desservir :

$$H_d = H - H_{inc} = 3 - 1.53 = 1.47 \text{ m}$$

III.8. Conclusion :

Dans cette partie nous avons calculé les capacités des réservoirs et défini leurs caractéristiques dimensionnelles (Hauteur, hauteur d'incendie, les diamètres). La détermination de la capacité du réservoir nous éclaire quant à la nécessité d'envisager la construction d'un réservoir supplémentaire.

Chapitre IV
Adduction

IV.1. Introduction :

L'adduction est le processus de transfert de l'eau depuis sa source naturelle (Barrage, forage, source...) vers des réservoirs ou un réseau de distribution.

L'objectif de ce chapitre est de calculer les dimensions des canalisations nécessaires et de choisir les matériaux appropriés pour acheminer l'eau vers les zones concernées. Ce calcul des dimensions est réalisé en fonction du débit attribué, tout en garantissant un fonctionnement hydraulique efficace.

IV.2. Type d'adduction :

On distingue généralement les types d'adduction suivants : [10]

IV.2.1. Adduction gravitaire :

C'est quand la cote source est supérieure à la cote du réservoir de desserte, cette adduction s'effectue soit par aqueduc, conduite forcée ou en charge.

IV.2.2. Adduction par refoulement :

Dans ce cas le niveau de captage est inférieur au niveau du réservoir. Ce qui nécessite de fournir une pression à l'aide des pompes (Station de pompage).

IV.2.3. Adduction mixte :

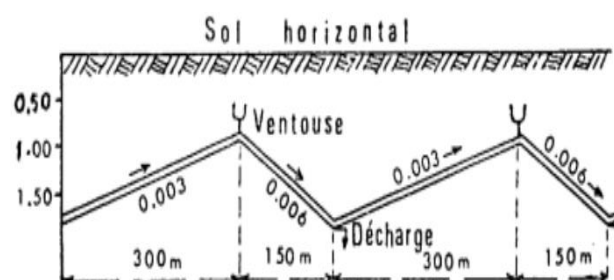
C'est un système d'adduction où une conduite sous pression se transforme en une conduite gravitaire ou vice versa, en utilisant un réservoir tampon pour le relais entre les deux types de conduites.

IV.3. Critère de choix du tracé :

Le tracé du profil de la conduite est généralement déterminé en prenant en considération des impératifs technique et économique pour assurer une conception efficace et rentable du système ;

- ❖ Le tracé doit être le plus court possible.
- ❖ Eviter la traversé des massifs boisés.
- ❖ Eviter les contre pente qui donnent les cantonnement d'air en période d'arrêt de pompe.
- ❖ Les coudes doivent être largement ouvert afin d'éviter les butées et diminuer les pertes de charge.

Figure IV.1 : Tracé de conduite



IV.4. Matériaux de la conduite d'adduction :

Le choix d'un matériau de référence est important pour garantir une comparaison équitable des différentes options lors de l'étude technico-économique. Cela permettra d'évoluer avec précision les avantages et les inconvénients de chaque variante. Ce choix est généralement lié à trois contraintes ;

- ❖ Les contraintes budgétaires liées au couts d'investissement.
- ❖ Les contraintes techniques.
- ❖ Les contraintes réglementaires.

IV.4.1. Les conduites en acier :

Les tuyaux en acier peuvent être obtenue soit par soudage ou laminage de plus en raison de la nécessité de prévenir la corrosions ces tuyaux nécessite généralement un revêtement intérieur et extérieur. La plage de pression de service dans ces tuyaux peut atteindre : [3]

- ❖ 60 bars jusqu'à 150 mm de diamètre.
- ❖ 50 bars jusqu'à 275 mm de diamètre.
- ❖ 40 bars jusqu'à 400 mm de diamètre.

IV.4.2. Les conduites de la fonte ductile :

C'est un matériau qui combine la résistance de la fonte avec la ductilité du fer forgé, souvent fabriqué par moulage ce qui la rend facile à l'installation. La fonte ductile a une résistance intrinsèque à la corrosion, elle offre une bonne résistance à la pression.

IV.4.3. Les conduites en PEHD :

Ces tuyaux sont fabriqués par extrusion à partir de matières première thermoplastique. Les accessoires d'assemblage quant à eux sont produit par injection. Les tuyaux en PE sont disponibles dans différentes dimensions et classes de pression, allant de 10 à 16 bars pour les diamètres de 20 à 630 mm, Flexibilité.

Les avantages des conduites en PEHD sont ; [11]

- ❖ Etanchéité.
- ❖ Poids réduit.
- ❖ Résistance à l'abrasion.
- ❖ Très bonne résistance chimique.
- ❖ Paramètres hydraulique avantageux.
- ❖ Produit écologique.
- ❖ Longue durée de vie et c'est les tuyaux qui dominent le marché

Les tuyaux en acier, la fonte ductile, sont en effet couramment utilisée pour les systèmes d'adduction. Pour notre projet, en termes de résistance, durabilité et de coût on a opté pour le polyéthylène haute densité (PEHD).

IV.5. Dépôt dans l'adduction :

Lorsque l'eau captée contient des particules de limon et de sables et en particulier pour les sources à débit variable, il est courant de constater que ces solides se déposent aux points bas de la conduite, ce qui peut causer des problèmes. Pour anticiper et éviter ce problème, notamment sur de longue distance d'adduction, trois mesures préventives s'avèrent nécessaires:

- ❖ Installation d'un décanteur en amont.
- ❖ Dimensionnement adéquat.
- ❖ Equiper la conduite d'adduction par plusieurs vannes de vidange au niveau des points plus bas du profil.

IV.6. Etude technico-économique :

IV.6.2. Diamètre économique :

Le diamètre de la conduite est choisi en prenant en compte les coûts d'amortissement et d'investissement associé à sa construction. L'objectif est de trouver un diamètre qui permet d'obtenir un résultat satisfaisant du point de vue économique en minimisant les coûts tout en assurant un bon fonctionnement de la conduite

Les diamètres choisis se situera dans la plage déterminée par les calculs effectués à l'aide des formules de BONNIN et BRESS, en optant pour celui qui représente la solution la plus économique.

- Conduites Par refoulement :

Formule de BONNIN :

$$D_{ec} = \sqrt{Q} \quad (IV.1)$$

Formule de BRESS :

$$D_{ec} = 1,5\sqrt{Q} \quad (IV.2)$$

- Conduites gravitaires :

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V_{min} \times \pi}} \quad (IV.3)$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V_{max} \times \pi}} \quad (IV.5)$$

- ✚ D_{ec} : Diamètre de la conduite (m).
- ✚ Q : Le débit (m^3/s).
- ✚ V_{max} : La vitesse maximale de l'écoulement dans la conduite (1,5 m/s).
- ✚ V_{min} : La vitesse minimale de l'écoulement dans la conduite (0,5 m/s).

IV.6.3. Vitesse d'écoulement :

Maintenir une vitesse d'écoulement de l'eau entre 0,5 m/s et 1,5 m/s dans le tronçon est important pour assurer un transport efficace tout en évitant des problèmes comme la sédimentation et la corrosion.

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \quad (IV.5)$$

- ✚ V : Vitesse d'écoulement (m/s).
- ✚ Q : Débit (m³/s).
- ✚ D : Diamètre intérieur de la conduite (m).

IV.6.4. Calcul des pertes de charge :

Les pertes de charge sont une partie de l'énergie mécanique de l'eau qui se convertit en chaleur en raison des frottements entre l'eau et les parois de la canalisation. Minimiser ces pertes de charge contribue à maintenir l'efficacité du système hydraulique. [12]

IV.6.4.1. Pertes de charge linéaire :

Ces pertes se produisent le long de la longueur d'une conduite en raison des frottements continus entre l'eau et les parois.

$$\Delta HL = j \times L \quad (IV.6)$$

$$j = \frac{\lambda \times V^2}{2 \times g \times D} \quad (IV.7)$$

Formule de *NIKURADZE* (Régime turbulent rugueux) :

$$\lambda = \left[1,14 - 0,86 \ln \left[\frac{K}{D} \right] \right]^{-2} \quad (IV.8)$$

Formule de *COLEBROOK-WHITE* (Régime transitoire) :

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \log \left[\left(\frac{K}{3,71 \times D} \right) + \left(\frac{2,51}{Re \times \sqrt{\lambda}} \right) \right] \quad (IV.9)$$

- ✚ L : Longueur de la conduite (m).
- ✚ J : Perte de charge par unité de longueur (m/ml).
- ✚ g : Accélération de la pesanteur (9,81 m/s²).
- ✚ λ : Coefficient de perte de charge.
- ✚ Re : nombre de Reynolds ; $Re = \frac{v \times D}{\nu}$ (IV.10)
- ✚ ν : Viscosité cinématique de l'eau à 20°C = 1.00 10⁻⁶ m²/s.
- ✚ K : Coefficient de rugosité équivalente de la paroi qui varie comme suit ;

$$K = K_0 + \alpha T \quad (IV.11)$$

- ✚ K₀ : Rugosité utilisée en pratique pour les conduites neufs.

- ✚ α : Coefficient de vieillissement déterminé à partir de l'abaque de PETER LAMONT qui correspond à la zone de faible agressivité (voir annexe (IV.1)) (0.0036mm/an)
- ✚ T : Temps de service du réseau (25 ans)

Les valeurs de rugosité utilisées sont :

- En PEHD : $K = 0,1$ mm.
- En acier : $K = 0,19$ mm.
- En fonte ductile : $K = 0,03$ mm.

IV.6.4.2. Pertes de charge singulière :

Ces pertes surviennent à des points spécifiques tels que les coudes, les rétrécissements et les élargissements de la conduite. Elles sont causées par les changements brusques dans le flux d'eau.

Pour le PEHD ;

$$H_s = 0,1 \times H_l \quad (IV.12)$$

- Pour la fonte et l'acier ;

$$H_s = 0,15 \times H_l \quad (IV.13)$$

IV.6.4.3. Calcul des pertes de charges totales :

$$H_t = H_l + H_s \quad (IV.14)$$

IV.6.5. La hauteur manométrique totale (Hmt) :

$$H_{mt} = H_g + H_t \quad (IV.15)$$

IV.6.6. Puissance de pompage :

Elle est donnée par ;

$$P_a = \frac{g \times Q \times H_{mt}}{\eta} \quad (IV.16)$$

- ✚ P_a : Puissance absorbée par la pompe (Kw).
- ✚ η : Rendement de la station de pompage (75%).

IV.6.7. Energie consommée par la pompe :

$$E = P_a \times t \times 365 \quad (IV.17)$$

- ✚ E : Energie consommée par la pompe (Kwh).
- ✚ t : Temps de pompage (20h).

IV.6.8. Frais d'exploitation :

Déterminé par la relation suivante ;

$$F_{exp} = E \times e \quad (IV.18)$$

✚ e : Prix unitaire du Kwh, imposé par la SONELGAZ (4.67 Da).

IV.6.9. Frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement d'une conduite dépendent de facteurs tels que la durée d'amortissement et le taux d'annuités, ces éléments sont utilisés pour calculer les coûts étalés sur la durée de vie de la conduite. La relation suivante permet de déterminer ces frais d'amortissement ;

$$F_{am} = P_u \times L \times A \quad (IV.19)$$

✚ F_{am} : Frais d'amortissement (Da).

✚ P_u : prix de revient de la conduite (Da/fourniture, pose).

✚ L : Longueur de la conduite (m).

✚ A : Amortissement annuel.

$$A = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i \quad (IV.20)$$

✚ i : Taux d'intérêt annuel (annuité), $i = 8\%$.

✚ n : nombre d'années d'amortissement, $n = 25$ ans

$$A = \frac{0.08}{(1+0.08)^{25} - 1} + 0.08 = 0.0937$$

IV.6.10. Calcul du bilan :

$$B_L = F_{exp} + F_{am} \quad (IV.21)$$

✚ F_{exp} : Frais d'exploitation (Da).

✚ F_{am} : Les frais d'amortissement (Da).

✚ B_L : Bilan (Da).

IV.7. Déterminations des diamètres économiques :

IV.7.1. Adduction par refoulement :

IV.7.1.1. Conduite (SP-Réservoir Boussegassen) :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 146,56 m³/j
- Longueur de la conduite : 2755 m.
- Cote trop-plein CTP du réservoir Boussegassen : 513.5 m.
- Cote de sortie axe pompe : 366.85 m.
- La hauteur géométrique (Hg) : 149,65 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16.

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{BONNIN} = 0,041 \text{ m}$$

$$D_{BRESS} = 0,062m$$

Les diamètres nominaux choisis sont : 50mm, 63mm, 75mm.

➤ **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 (IV.1).

Tableau IV.1 : Calcul de la HMT.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j(m/m)	jl	js (m/m)	jt	HMT (m)
40,8	1,297	52936,067	0,025	0,053	145,52	14,55	160,07	309,72
51,4	0,817	42019,290	0,024	0,016	43,10	4,31	47,41	197,06
61,4	0,573	35175,758	0,023	0,006	16,92	1,69	18,61	168,26

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

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau (IV.2).

Tableau IV.2 : Les frais d'exploitation

Dint (mm)	P(Kw)	E (Kwh)	Fexp (Da)
40,8	6,87	50165,81	234274,35
51,4	4,37	31917,94	149056,76
61,4	3,73	27252,56	127269,44

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

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau (IV.3).

Tableau IV.3 : Les frais d'amortissement

Dint (mm)	Prix ml (Da)	A	Fam (Da)
40,8	302,2159	0,093	77099,2049
51,4	473,6263	0,093	120828,226
61,4	663,0715	0,093	169158,16

➤ **Calcul du bilan :**

Le tableau suivant (IV.4) présente le calcul du bilan.

Tableau IV.4 : Calcul du bilan.

Dint (mm)	Fam (Da)	Fexp (Da)	Bilan (Da)
40,8	57969,327	234274,35	292243,68
51,4	90848,2904	149056,76	239905,05
61,4	127186,586	127269,44	254456,03

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.7.1.2. Conduite (SP-Réservoir Ath Boulgaghzar) :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 1696.96 m³/j
- Longueur du conduit : 3741 m
- Cote trop-plein CTP du réservoir Ath Boulgaghzar : 481.4 m.
- Cote de sortie axe pompe : 366.85 m.
- La hauteur géométrique (Hg) : 114,55 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16.

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{BONNIN} = 0.140 \text{ m}$$

$$D_{BRESS} = 0,210 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont : 200mm, 250mm.

➤ 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 (IV.5).

Tableau IV.5 : Calcul de la HMT.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j(m/m)	jl	jS	jT (m/m)	HMT (m)
163,6	0,93	152856,77	0,02	0,005	18,07	1,81	19,88	134,43
204,6	0,60	122225,65	0,02	0,002	5,61	0,56	6,18	120,73

➤ Calcul des frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau (IV.6).

Tableau IV.6 : Les frais d'exploitation.

Dint (mm)	P(Kw)	E (Kwh)	Fexp (Da)
163,6	33,48	244388,67	1141295,11
204,6	30,07	219483,32	1024987,10

➤ Calcul des frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau (IV.7).

Tableau IV.7 : Les frais d'amortissement.

Dint (mm)	Prix ml (Da)	A	Fam (Da)
163,6	4691,1228	0,093	1632102,61
204,6	7217,112	0,093	2510927,09

➤ **Calcul du bilan :**

Le tableau suivant (IV.8) présente le calcul du bilan.

Tableau IV.8 : Calcul du bilan.

Dint (mm)	Fam (Da)	Fexp (Da)	Bilan (Da)
163,6	1227144,82	1141295,11	2368439,92
204,6	1887915,1	1024987,10	2912902,21

La sélection d'une conduite de DN200 est motivée par son caractère économique. Techniquement ce choix est également acceptable, car elle offre une vitesse d'écoulement admissible de 0,93 m/s.

IV.7.1.3. Conduit (SP-Réservoir Ouehren) :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 2813,54 m³/j.
- Longueur de la conduite : 5056 m.
- Cote trop-plein CTP du réservoir Ouehren : 515 m.
- Cote de sortie axe pompe : 366.85 m.
- La hauteur géométrique (Hg) : 148,15 m
- Le matériau de la conduite : PEHD PN116.

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{BONNIN} = 0,180 \text{ m}$$

$$D_{BRESS} = 0.270 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont : 250mm, 315mm.

➤ **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 (IV.9).

Tableau IV.9 : Calcul de la HMT.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j(m/m)	jl	jS	jT (m/m)	HMT (m)
204,6	0,990	202648,709	0,017	0,004	20,86	0,0004	20,86	169,01
257,8	0,624	160829,813	0,016	0,001	6,24	0,0001	6,24	154,39

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

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau (IV.10).

Tableau IV.10 : Les frais d'exploitation

Dint (mm)	P(Kw)	E (Kwh)	Fexp (Da)
204,6	71,99	525512,49	2454143,32
257,8	65,76	480057,44	2241868,25

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

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau (IV.11).

Tableau IV.11 : Les frais d'amortissement.

Dint (mm)	Prix ml (Da)	A	Fam (Da)
204,6	7217,112	0,093	3393543,80
257,8	11592,4928	0,093	5450882,85

➤ **Calcul du bilan :**

Le tableau suivant (IV.12) présente le calcul du bilan.

Tableau IV.12 : Calcul du bilan.

Dint (mm)	Fam (Da)	Fexp (Da)	Bilan (Da)
204,6	2551536,69	2454143,32	5005680,01
257,8	4098408,16	2241868,25	6340276,41

La sélection d'une conduite de DN250 est motivée par son caractère économique. Techniquement ce choix est également acceptable, car elle offre une vitesse d'écoulement admissible de 0,99 m/s.

IV.7.1.4. Conduit (SR01-Réservoir à eau Hellil) :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 1924,26 m³/j
- Longueur de la conduite : 1213 m
- Cote trop-plein CTP du réservoir Hellil : 702.5 m.
- Cote de sortie axe pompe : 510.55 m.
- La hauteur géométrique (Hg) : 193.95 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN25.

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{BONNIN} = 0.149 \text{ m}$$

$$D_{\text{BRESS}} = 0.223 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont : 250mm, 315mm.

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

Les données relatives aux valeurs de la HMT pour chaque diamètre nominal (DN) sont affichées dans le tableau (IV.13).

Tableau IV.13 : Calcul de la HMT.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j(m/m)	jl	jS	jT (m/m)	HMT (m)
181,6	0,860	156150,83	0,017	0,004	4,37	0,44	4,80	198,75
228,8	0,542	123937,89	0,016	0,001	1,31	0,13	1,44	195,39

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

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau (IV.14).

Tableau IV.14: Les frais d'exploitation

Dint (mm)	P(Kw)	E (Kwh)	Fexp (Da)
181,6	57,90	422659,95	1973821,98
228,8	56,92	415503,53	1940401,47

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

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau (IV.15).

Tableau IV.15 : Les frais d'amortissement.

Dint (mm)	Prix ml (Da)	A	Fam (Da)
181,6	6968,3754	0,093	786095,46
228,8	11445,6483	0,093	1291172,14

➤ **Calcul du bilan :**

Le tableau suivant (IV.16) présente le calcul du bilan.

Tableau IV.16 : Calcul du bilan.

Dint (mm)	Fam (Da)	Fexp (Da)	Bilan (Da)
181,6	786095,46	1973821,98	2759917,44
228,8	1291172,14	1940401,47	3231573,61

La sélection d'une conduite de DN250 est motivée par son caractère économique. Techniquement ce choix est également acceptable, car elle offre une vitesse d'écoulement admissible de 0,54 m/s.

IV.7.1.5. Conduit (SR02- Réservoir Iftathen) :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 461,54 m³ /j.
- Longueur de la conduite : 2415 m.
- Cote trop-plein CTP du réservoir Iftathen : 769.48 m.
- Cote de sortie axe pompe : 696 m.
- La hauteur géométrique (Hg) : 73,48 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16.

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{BONNIN} = 0,073 \text{ m}$$

$$D_{BRESS} = 0.109 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont : 90mm, 110mm, 125mm.

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

Les données relatives aux valeurs de la HMT pour chaque diamètre nominal (DN) sont présentées dans le tableau (IV.17).

Tableau IV.17 : Calcul de la HMT.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j(m/m)	jl	jS	jT (m/m)	HMT (m)
73,6	1,256	92411,902	0,022	0,023	56,73	5,67	62,41	135,89
90	0,840	75572,400	0,020	0,008	19,74	1,97	21,71	95,19
102,2	0,651	66551,037	0,020	0,004	10,13	1,01	11,15	84,63

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

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau (IV.18).

Tableau IV.18 : Les frais d'exploitation.

Dint (mm)	P(Kw)	E (Kwh)	Fexp (Da)
73,6	9,49	69311,75	323685,85
90	6,65	48552,86	226741,86
102,2	5,91	43164,92	201580,20

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

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau (IV.19).

Tableau IV.19 : Les frais d'amortissement.

Dint (mm)	Prix ml (Da)	A	Fam (Da)
73,6	956,27	0,093	214773,46

90	1420,8656	0,093	319119,31
102,2	1871,9351	0,093	420427,26

➤ **Calcul du bilan :**

Le tableau suivant (IV.20) présente le calcul du bilan.

Tableau IV.20 : Calcul du bilan.

Dint (mm)	Fam (Da)	Fexp (Da)	Bilan (Da)
73,6	161483,81	323685,85	485169,66
90	239939,33	226741,86	466681,19
102,2	316110,72	201580,20	517690,92

La sélection d'une conduite de DN90 est motivée par son caractère économique. Techniquement ce choix est également acceptable, car elle offre une vitesse d'écoulement admissible de 1.256 m/s.

IV.7.1.6. Conduit (SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali) :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 1453,93 m³/j.
- Longueur de la conduite : 1176 m.
- Cote trop-plein CTP du réservoir Ait Ali (SR03) : 838,50 m.
- Cote de sortie axe pompe : 696 m.
- La hauteur géométrique (Hg) : 142,5 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16.

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{BONNIN} = 0.129 \text{ m}$$

$$D_{BRESS} = 0.194 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont : 160mm, 200mm.

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

Les données relatives aux valeurs de la HMT pour chaque diamètre nominal (DN) sont affichées dans le tableau (IV.21)

Tableau IV.21 : Calcul de la HMT.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j(m/m)	jl	jS	jT (m/m)	HMT (m)
130,8	1,252	163806,877	0,019	0,011	13,44	1,34	14,79	157,29
163,6	0,801	130965,400	0,018	0,004	4,17	0,42	4,59	147,09

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

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau (IV.22).

Tableau IV.22 : Les frais d'exploitation.

Dint (mm)	P(Kw)	E (Kwh)	Fexp (Da)
130,8	34,62	252730,07	1180249,41
163,6	32,38	236337,73	1103697,19

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

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau (IV.23).

Tableau IV.23 : Les frais d'amortissement.

Dint (mm)	Prix ml (Da)	A	Fam (Da)
130,8	3031,1897	0,093	331515,16
163,6	4691,07	0,093	513052,94

➤ **Calcul du bilan :**

Le tableau suivant (IV.24) présente le calcul du bilan.

Tableau IV.24 : Calcul du bilan.

Dint (mm)	Fam (Da)	Fexp (Da)	Bilan (Da)
130,8	249259,52	1180249,41	1429508,93
163,6	385758,43	1103697,19	1489455,63

La sélection d'une conduite de DN160 est motivée par son caractère économique. Techniquement ce choix est également acceptable, car elle offre une vitesse d'écoulement admissible de 1.252 m/s.

IV.7.1.7. Conduit (SR03- réservoir Ait Boumaaza) :

Les caractéristiques de la conduite ;

- Débit transitant : 265,74 m³/J.
- Longueur de la conduite : 3637 m.
- Cote trop-plein CTP du réservoir Ait Boumaaza : 1055,18 m.
- Cote de sortie axe pompe : 833.76m.
- La hauteur géométrique (Hg) : 221,42 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16.

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{BONNIN} = 0,055 \text{ m}$$

$$D_{BRESS} = 0.083 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont : 75mm, 90mm.

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

Les données relatives aux valeurs de la HMT pour chaque diamètre nominal (DN) sont affichées dans le tableau (IV.25).

Tableau IV.25 : Calcul de la HMT.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j(m/m)	jl	jS	jT (m/m)	HMT (m)
61,4	1,039	63780,062	0,023	0,020	73,42	7,34	80,76	302,18
73,6	0,723	53207,823	0,022	0,008	28,32	2,83	31,16	252,58

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

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau (IV.26).

Tableau IV.26 : Les frais d'exploitation.

Dint (mm)	P(Kw)	E (Kwh)	Fexp (Da)
61,4	12,16	88744,16	414435,23
73,6	10,16	74176,82	346405,74

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

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau (IV.27).

Tableau IV.27 : Les frais d'amortissement.

Dint (mm)	Prix ml (Da)	A	Fam (Da)
61,4	663,0715	0,093	224277,97
73,6	956,27	0,093	323449,72

➤ **Calcul du bilan :**

Le tableau suivant (IV.28) présente le calcul du bilan.

Tableau IV.28 : Calcul du bilan.

Dint (mm)	Fam (Da)	Fexp (Da)	Bilan (Da)
61,4	168630,05	414435,23	583065,28
73,6	243195,28	346405,74	589601,02

La sélection d'une conduite de DN75 est motivée par son caractère économique. Techniquement ce choix est également acceptable, car elle offre une vitesse d'écoulement admissible de 1.039 m/s.

IV.7.1.8. Conduit (SR03- Réservoir Ait Ali) :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 591,52 m³/j.
- Longueur de la conduite : 2152 m.
- Cote trop-plein CTP du réservoir Ait Ali : 954,79 m.
- Cote de sortie axe pompe : 833.76 m.
- La hauteur géométrique (Hg) : 121,03 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16.

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{BONNIN} = 0.082 \text{ m}$$

$$D_{BRESS} = 0.124 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont : 110mm, 125mm.

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

Les données relatives aux valeurs de la HMT pour chaque diamètre nominal (DN) sont affichées dans le tableau (IV.29).

Tableau IV.29 : Calcul de la HMT.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j(m/m)	jl	jS	jT (m/m)	HMT (m)
90	1,076	96855,280	0,020	0,013	28,89	2,89	31,78	152,81
102,2	0,835	85293,299	0,020	0,007	14,83	1,48	16,31	137,34

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

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau (IV.30).

Tableau IV.30 : Les frais d'exploitation.

Dint (mm)	P(Kw)	E (Kwh)	Fexp (Da)
90	13,68	99890,79	466490,01
102,2	12,30	89783,66	419289,71

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

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau (IV.31).

Tableau IV.31 : Les frais d'amortissement.

Dint (mm)	Prix ml (Da)	A	Fam (Da)
90	1420,8656	0,093	284366,36
102,2	1871,9351	0,093	374641,60

➤ Calcul du bilan :

Le tableau suivant (IV.32) présente le calcul du bilan.

Tableau IV.32 : Calcul du bilan.

Dint (mm)	Fam (Da)	Fexp (Da)	Bilan (Da)
90	213809,292	466490,01	680299,30
102,2	281685,416	419289,71	700975,12

La sélection d'une conduite de DN110 est motivée par son caractère économique. Techniquement ce choix est également acceptable, car elle offre une vitesse d'écoulement admissible de 1.076 m/s.

IV.7.1.9. Conduite (SP- Réservoir Vouloulou) :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 3132 m³/j
- Longueur de la conduite : 9251 m.
- Cote trop-plein CTP du réservoir Vouloulou : 877,79 m.
- Cote de sortie axe pompe : 641.50 m.
- La hauteur géométrique (Hg) : 236.29 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16.

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{BONNIN} = 0.190 \text{ m}$$

$$D_{BRESS} = 0.285 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont : 250mm, 315mm.

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

Les données relatives aux valeurs de la HMT pour chaque diamètre nominal (DN) sont affichées dans le tableau (IV.33).

Tableau IV.33 : Calcul de la HMT.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j(m/m)	jl	jS	jT (m/m)	HMT (m)
204,6	1,103	225586,185	0,017	0,005	16,01	1,60	17,61	253,90
257,8	0,694	179033,877	0,016	0,002	4,79	0,48	5,27	241,56

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

Les frais d'exploitation sont présentés dans le tableau (IV.34).

Tableau IV.34 : Les frais d'exploitation

Dint (mm)	P(Kw)	E (Kwh)	Fexp (Da)
204,6	120,39	878836,36	4104165,80
257,8	114,54	836110,89	3904637,84

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

Les frais d'amortissement sont présentés dans le tableau (IV.35).

Tableau IV.35 : Les frais d'amortissement.

Dint (mm)	Prix ml (Da)	A	Fam (Da)
204,6	7217,112	0,093	2102171,51
257,8	11592,4928	0,093	3376614,93

➤ **Calcul du bilan :**

Le tableau suivant (IV.36) présente le calcul du bilan.

Tableau IV.36 : Calcul du bilan.

Dint (mm)	Fam (Da)	Fexp (Da)	Bilan (Da)
204,6	1580580,09	4104165,80	5684745,88
257,8	2538808,22	3904637,84	6443446,06

La sélection d'une conduite de DN250 est motivée par son caractère économique. Techniquement ce choix est également acceptable, car elle offre une vitesse d'écoulement admissible de 1.103 m/s.

IV.7.2. Adduction gravitaire :

IV.7.2.1. Conduite (Réservoir Boulgaghezar-Réservoir Chef-lieu) :

Les caractéristiques de la conduite :

- Débit transitant : 1696,96 m³/j
- Longueur de la conduite : 409 m.
- Cote radier du réservoir Boulgaghezar : 476.40 m.
- Cote TP du réservoir chef-lieu : 472,09 m.
- Hauteur géométrique : 4,31 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16.

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{max} = 0,223 \text{ m}$$

$$D_{min} = 0,129 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont : 160mm, 200mm, 250mm.

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

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau (IV.37).

Tableau IV.37 : Les Pertes de charge totales dans la conduite.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j (m/m)	jl	js	jt	Hg	Jv
130,8	1,46	191187,83	0,019	0,016	6,369	0,637	7,006	4,310	-2,70
163,6	0,93	152856,77	0,018	0,005	1,975	0,198	2,173	4,310	2,14
204,6	0,01	2113,90	0,017	0,0000004	0,0001836	0,0000184	0,0002020	4,310	4,31

Pour permettre à l'eau de circuler de R-Boulgaghezar jusqu'au R-Chef-lieu, la condition suivante doit être vérifiée ; $J_t \leq H_g$ ce qui équivaut à $(2,173 \leq 4,310 \text{ m})$.

Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN200 mm avec une vitesse de 0,93 m/s

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

$$J_v = H_g - J_t$$

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

$$\xi = J_v \times 2 \times \left(\frac{g}{V^2}\right)$$

$$\xi = 48.55$$

➤ **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne θ :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe (IV.3). La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 54°.

IV.7.2.2. Conduite (SR03-Réservoir Les Tayeb) :

Les caractéristiques de la conduite ;

- Débit transitant : 596,67 m³/j
- Longueur de la conduite : 751 m
- Cote radier de la SR03 : 835.50 m
- Cote TP du réservoir Les Tayeb : 765.18 m.
- Hauteur géométrique : 68,83 m
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{max} = 0,132 \text{ m}$$

$$D_{min} = 0,076 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont : 110mm, 125mm,160mm.

➤ **Calcul des pertes de charge total :**

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau (IV.38).

Tableau IV.38 : Les Pertes de charge totales dans la conduite.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j (m/m)	jl	js	jt	Hg	Jv
90	1,09	97698,54	0,020	0,014	10,26	1,03	11,28	68,83	57,55
102,2	0,84	86035,90	0,020	0,007	5,27	0,53	5,79	68,83	63,04
130,8	0,51	67223,77	0,019	0,002	1,45	0,14	1,59	68,83	67,24

Pour permettre à l'eau de circuler de SR03 jusqu'au Réservoir Les Tayeb, la condition suivante doit être vérifiée ; $J_t \leq H_g$ ce qui équivaut à ($11,28 \leq 68,83$ m).

Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN110 mm avec une vitesse de 1.09 m/s

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

$$\xi = Jv \times 2 \times \left(\frac{g}{V^2}\right)$$

$$\xi = 950.37$$

➤ **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne θ :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe (IV.3). La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 72° .

IV.7.2.3. Conduite (Réservoir Ait Ali 01- Réservoir Ait Ali 02) :

Les caractéristiques de la conduite ;

- Débit transitant : 591,52 m³/j
- Longueur de la conduite : 546 m
- Cote radier du réservoir 01 : 951.79 m
- Cote CTP du réservoir 02 : 899 m.
- Hauteur géométrique : 54,79 m
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{max} = 0,132 \text{ m}$$

$$D_{min} = 0,076 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 110mm, 125mm, 160mm.

➤ **Calcul des pertes de charge total :**

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau (IV.39).

Tableau IV.39 : Les Pertes de charge totales dans la conduite.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j (m/m)	jl	js	jt	Hg	Jv
90	1,08	96855,28	0,020	0,013	7,329	0,733	8,062	54,790	46,73
102,2	0,83	85293,30	0,020	0,007	3,763	0,376	4,139	54,790	50,65
130,8	0,51	66643,54	0,019	0,002	1,033	0,103	1,136	54,790	53,65

Pour permettre à l'eau de circuler de Réservoir Ait Ali 01 jusqu'au Réservoir Ait Ali 02, la condition suivante doit être vérifiée ; $J_t \leq H_g$ ce qui équivaut à $(8,062 \leq 54,79 \text{ m})$.

Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN110 mm avec une vitesse de 1,08 m/s.

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

$$\xi = J_v \times 2 \times \left(\frac{g}{V^2}\right)$$

$$\xi = 786.04$$

➤ **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne θ :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe (IV.3). La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 68° .

IV.7.2.4. Conduite (Réservoir Vouloulou-Réservoir Imarzak) :

Les caractéristiques de la conduite ;

- Débit transitant : $546,36 \text{ m}^3/\text{j}$
- Longueur de la conduite : 4513 m
- Cote radier du réservoir Vouloulou : 874.79 m
- Cote CTP du réservoir Imarzak : 845.91 m
- Hauteur géométrique : 30,88 m
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{max} = 0,126 \text{ m}$$

$$D_{min} = 0,073 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 90mm et 110mm, 125mm, 160mm.

➤ **Calcul des pertes de charge total :**

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau (IV.40).

Tableau IV.40 : Les Pertes de charge totales dans la conduite.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j (m/m)	jl	js	jt	Hg	Jv
73,6	1,49	109395,00	0,022	0,033	148,57	14,86	163,43	30,88	-132,55
90	0,99	89460,80	0,020	0,011	51,68	5,17	56,85	30,88	-25,97
102,2	0,77	78781,52	0,020	0,006	26,54	2,65	29,19	30,88	1,69
130,8	0,47	61555,59	0,019	0,002	7,29	0,73	8,01	30,88	22,87

Pour permettre à l'eau de circuler de réservoir Vouloulou jusqu'au réservoir Imarzak, la condition suivante doit être vérifiée ; $J_t \leq H_g$ ce qui équivaut à $(29,19 \leq 30,88 \text{ m})$.

Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN125 mm avec une vitesse de 0,77 m/s

- Calcul de coefficient d'ouverture de la vanne :

$$\xi = Jv \times 2 \times \left(\frac{g}{V^2}\right)$$

$$\xi = 55.92$$

- **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne θ :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe (IV.3). La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 51° .

IV.7.2.5. Conduite (Réservoir Vouloulou-Réservoir M'Elaiel) :

Les caractéristiques de la conduite ;

- Le débit transitant : $565,79 \text{ m}^3/\text{j}$
- Longueur de la conduite : 2578 m
- Cote radier du réservoir Vouloulou : 874.79 m
- Cote CTP du réservoir M'Elaiel : 748.61 m
- Hauteur géométrique : 126,18 m
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{max} = 0,129 \text{ m}$$

$$D_{min} = 0,074 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 90mm et 110mm, 125mm,160mm.

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

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau (IV.41).

Tableau IV.41 : Les Pertes de charge totales dans la conduite.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j (m/m)	jl	js	jt	Hg	Jv
73,6	1,54	113285,37	0,022	0,035	91,01	9,10	100,11	126,18	26,07
90	1,03	92642,26	0,020	0,012	31,66	3,17	34,83	126,18	91,35
102,2	0,80	81583,20	0,020	0,006	16,26	1,63	17,88	126,18	108,30
130,8	0,49	63744,67	0,019	0,002	4,46	0,45	4,91	126,18	121,27

Pour permettre à l'eau de circuler de réservoir Vouloulou jusqu'au réservoir M'Elaiel, la condition suivante doit être vérifiée ; $J_t \leq H_g$ ce qui équivaut à $(34,83 \leq 126,18 \text{ m})$.

Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN110 mm avec une vitesse de 1,03 m/s

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

$$\xi = Jv \times 2 \times \left(\frac{g}{V^2}\right)$$

$$\xi = 1689,40$$

➤ **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne θ :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe (IV.3). La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 73° .

IV.7.2.6. Conduite (Réservoir Vouloulou- Réservoir Ait Messaoud) :

Les caractéristiques de la conduite ;

- Le débit transitant : $219,59 \text{ m}^3/\text{j}$
- Longueur de la conduite : 2344 m
- Cote radier du réservoir Vouloulou : 874,79 m
- Cote CTP du réservoir Ait Messaoud : 688,50 m
- Hauteur géométrique : 186,29 m
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{max} = 0,080 \text{ m}$$

$$D_{min} = 0,046 \text{ m}$$

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

➤ **Calcul des pertes de charge total :**

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau (IV.42).

Tableau IV.42 : Les Pertes de charge totales dans la conduite.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j (m/m)	jl	js	jt	Hg	Jv
51,4	1,22	62957,26	0,024	0,035	82,32	8,23	90,56	186,29	95,73
61,4	0,86	52703,63	0,023	0,014	32,31	3,23	35,54	186,29	150,75
73,6	0,60	43967,43	0,022	0,005	12,47	1,25	13,71	186,29	172,58

Pour permettre à l'eau de circuler de Réservoir Vouloulou jusqu'au Réservoir Ait Messaoud, la condition suivante doit être vérifiée ; $J_t \leq H_g$ ce qui équivaut à ($90,56 \leq 186,29$ m).

Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN63 mm avec une vitesse de 1,22 m/s

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

$$\xi = Jv \times 2 \times \left(\frac{g}{V^2} \right)$$

$$\xi = 1261.90$$

➤ **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne θ :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe (IV.3). La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 73° .

IV.7.2.7. Conduite (Réservoir Vouloulou- Réservoir Aomar) :

Les caractéristiques de la conduite ;

- Le débit transitant : $1799,36 \text{ m}^3/\text{j}$
- Longueur de la conduite : 4649 m
- Cote radier du réservoir Vouloulou : 874.79 m
- Cote CTP du réservoir Aomar : 823.95 m
- Hauteur géométrique : 69,38 m
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16

Calcul du diamètre économique ;

$$D_{max} = 0,230 \text{ m}$$

$$D_{min} = 0,132 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis ; 160mm, 200mm, 250mm.

➤ **Calcul des pertes de charge total :**

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau (IV.43).

Tableau IV.43 Les Pertes de charge totales dans la conduite.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j (m/m)	jl	js	jt	Hg	Jv
130,8	1,55	202724,71	0,019	0,018	81,40	8,14	89,54	69,38	-20,16
163,6	0,99	162080,64	0,018	0,005	25,25	2,52	27,77	69,38	41,61
204,6	0,63	129601,14	0,017	0,002	7,85	0,78	8,63	69,38	60,75

Pour permettre à l'eau de circuler de Réservoir Vouloulou jusqu'au Réservoir Aomar, la condition suivante doit être vérifiée ; $J_t \leq H_g$ ce qui équivaut à $(27,77 \leq 69,38\text{m})$.

Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN200 mm avec une vitesse de 0,99 m/s

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

$$\xi = Jv \times 2 \times \left(\frac{g}{V^2}\right)$$

$$\xi = 823.96$$

➤ **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne θ :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe (IV.3). La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 70° .

IV.7.2.8. Conduite (Réservoir Aomar-Réservoir Hellil) :

Les caractéristiques de la conduite ;

- Le débit transitant : $1473,46 \text{ m}^3/\text{j}$
- Longueur de la conduite : 6792 m
- Cote radier du réservoir Vouloulou : 874.79 m
- Cote CTP du réservoir Aomar : 823.95 m
- Hauteur géométrique : 97,91 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16.

Calcul du diamètre économique :

$$D_{max} = 0,280 \text{ m}$$

$$D_{min} = 0,120 \text{ m}$$

Les diamètres nominaux choisis sont ; 160mm, 200mm, 250mm.

➤ **Calcul des pertes de charge total :**

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau (IV.44).

Tableau IV.44 : Les Pertes de charge totales dans la conduite.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j (m/m)	jl	js	jt	Hg	Jv
130,8	1,27	166007,22	0,019	0,012	79,75	7,97	87,72	97,91	10,19
163,6	0,81	132724,60	0,018	0,004	24,73	2,47	27,21	97,91	70,70
204,6	0,52	106127,78	0,017	0,001	7,69	0,77	8,45	97,91	89,46

Pour permettre à l'eau de circuler de réservoir Aomar jusqu'au réservoir Hellil, la condition suivante doit être vérifiée ; $J_t \leq H_g$ ce qui équivaut à $(87,72 \leq 97,91 \text{ m})$.

Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN160 mm avec une vitesse de 1,27 m/s.

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

$$\xi = Jv \times 2 \times \left(\frac{g}{V^2}\right)$$

$$\xi = 123.96$$

➤ **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne θ :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe (IV.3). La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 60° .

IV.7.2.9. Conduite (Réservoir Aomar- Brise charge) :

Les caractéristiques de la conduite ;

- Le débit transitant : 133 ,64 m³/j
- Longueur de la conduite : 2001 m
- Cote radier du réservoir Aomar : 874.79 m
- Cote CTP du brise charge : 703 m
- Hauteur géométrique : 41 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16.

Calcul du diamètre économique :

$$D_{max} = 0,062$$

$$D_{min} = 0,036$$

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

➤ **Calcul des pertes de charge total :**

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau (IV.45).

Tableau IV.45 : Les Pertes de charge totales dans la conduite.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j (m/m)	jl	js	jt	Hg	Jv
40,8	1,18	48269,49	0,025	0,044	87,88	8,79	96,67	41,00	-55,67
51,4	0,75	38315,08	0,024	0,013	26,03	2,60	28,63	41,00	12,37
61,4	0,52	32074,84	0,023	0,005	10,22	1,02	11,24	41,00	29,76

Pour permettre à l'eau de circuler de réservoir Aomar jusqu'au brise charge, la condition suivante doit être vérifiée ; $J_t \leq H_g$ ce qui équivaut à ($28,63 \leq 41$ m).

Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN63 mm avec une vitesse de 0,75 m/s.

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

$$\xi = Jv \times 2 \times \left(\frac{g}{V^2}\right)$$

$$\xi = 431.47$$

➤ **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne θ :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe (IV.3). La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 64° .

IV.7.2.10. Conduite (Brise charge- Réservoir Iaarbithen) :

Les caractéristiques de la conduite ;

- Le débit transitant : 133 ,64 m³/j
- Longueur de la conduite : 1109 m
- Cote radier du brise charge : 700 m
- Cote CTP du réservoir Iaarbithen : 646 m
- Hauteur géométrique : 54 m.
- Le matériau de la conduite : PEHD PN16.

Calcul du diamètre économique :

$$D_{max} = 0,062$$

$$D_{min} = 0,036$$

Les diamètres nominaux choisis sont ;50mm, 63mm,75mm

➤ **Calcul des pertes de charge total :**

Les données relatives aux pertes de charge totales sont fournies dans le tableau (IV.46).

Tableau IV.46 : Les Pertes de charge totales dans la conduite.

Dint (mm)	V (m/s)	Re	λ	j (m/m)	jl	js	jt	Hg	Jv
40,8	1,18	48269,49	0,025	0,044	48,71	4,87	53,58	54,00	0,42
51,4	0,75	38315,08	0,024	0,013	14,43	1,44	15,87	54,00	38,13
61,4	0,52	32074,84	0,023	0,005	5,66	0,57	6,23	54,00	47,77

Pour permettre à l'eau de circuler de Brise charge jusqu'au Réservoir Iaarbithen, la condition suivante doit être vérifiée ; $J_t \leq H_g$ ce qui équivaut à ($53,58 \leq 54$ m).

Dans cette situation, le choix se porte sur une conduite de DN50 mm avec une vitesse de 1,18 m/s.

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

$$\xi = Jv \times 2 \times \left(\frac{g}{V^2}\right)$$

$$\xi = 5.92$$

➤ **Calcul de l'angle d'ouverture de la vanne θ :**

L'angle d'ouverture de la vanne est déterminé en se référant au tableau et l'abaque fournis dans l'annexe (IV.3). La vanne sélectionnée est de type « vanne papillon », et son angle d'ouverture est 35°.

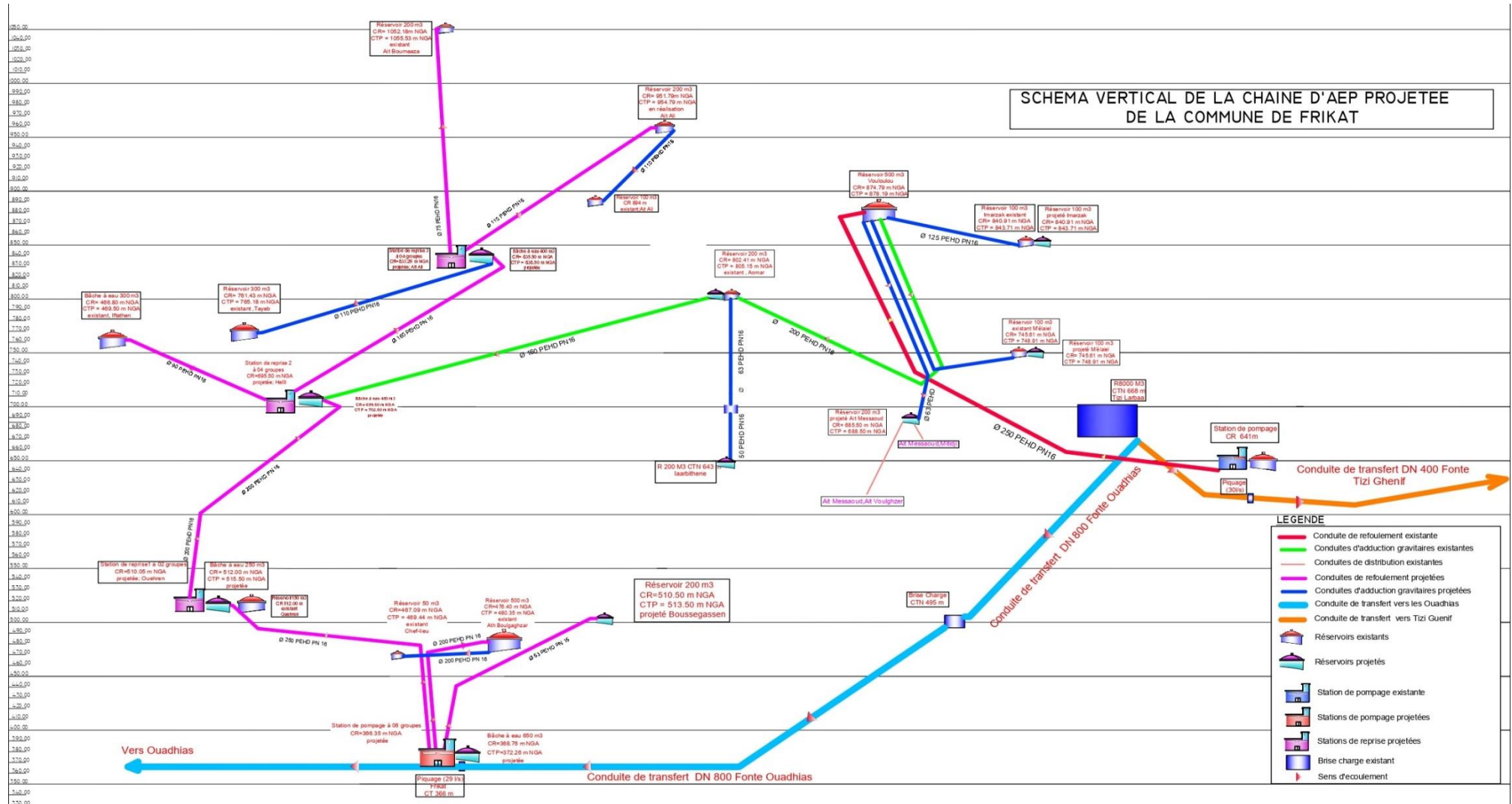
IV.8. Tableau récapitulatif :

Tableau IV.47 : Tableau récapitulatif des différents tronçons.

Type d'adduction	Matériau	Vitesse (m/s)	Q Véhiculé (m3/j)	Longueur (m)	De (mm)	Trançons
Refoulement	PEHD	0,817	146,56	2755	63	SP-Réservoir Boussegassen
	PEHD	0,93	1696,96	3741	200	SP-Réservoir Ath Boulgaghar
	PEHD	0,99	2813,54	5056	250	SP-Réservoir Ouehren
	PEHD	0,52	1924,26	1213	220	SR01-Réservoir à eau Hellil
	PEHD	1,256	461,54	2415	90	SR02- Réservoir Iftathen
	PEHD	1,252	1453,93	1176	160	SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali)
	PEHD	1,039	265,74	3637	75	SR03- réservoir Ait Boumaaza
	PEHD	1,076	591,52	2152	110	SR03- Réservoir Ait Ali
	PEHD	1,103	3132	9251	250	SP- Réservoir Vouloulou
Gravitaire	PEHD	0,93	1696,96	409	200	R Boulgaghezar-R Chef-lieu
	PEHD	1,09	596,67	751	110	SR03(Ait Ali)-R Les Tayeb
	PEHD	1,08	591,52	546	110	R Ait Ali 01- R Ait Ali 02
	PEHD	0,77	546,36	4513	125	R Vouloulou-R Imarzak
	PEHD	1,03	565,79	2578	110	R Vouloulou-R M'Elaiel
	PEHD	1,22	219,59	2344	63	R Vouloulou- R Ait Messaoud
	PEHD	0,99	1799,36	4649	200	R Vouloulou- R Aomar
	PEHD	1,27	1473,46	6792	160	R Aomar-R Hellil
	PEHD	0,75	133,64	2001	63	R Aomar- Brise charge
	PEHD	1,18	133,64	1109	50	Brise charge- R Iaarbithen

IV.9. Conclusion :

A travers ce chapitre consacré à l'adduction, nous avons abordé les aspects essentiels de notre étude, comprenant le calcul de divers paramètres (la vitesse, les pertes de charges, coûts d'exploitation et d'amortissement) pour chaque tronçons 10 gravitaires et 9 en refoulement. Par conséquent, après avoir mené cette analyse technico-économique pour l'adduction, il devient impératif de sélectionner les pompes qui répondront aux conditions d'exploitation souhaitées.



Chapitre V
Pompe et station de pompage

V.1. Introduction :

La pompe est une machine hydraulique conçue pour manipuler des liquides en transformant l'énergie mécanique fournie par son moteur 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 les refoulements des débits importants à des hauteurs considérables, et qu'elles constituent des groupes légers peu coûteux et présentent un bon rendement.

V.2. Différents types des pompes :

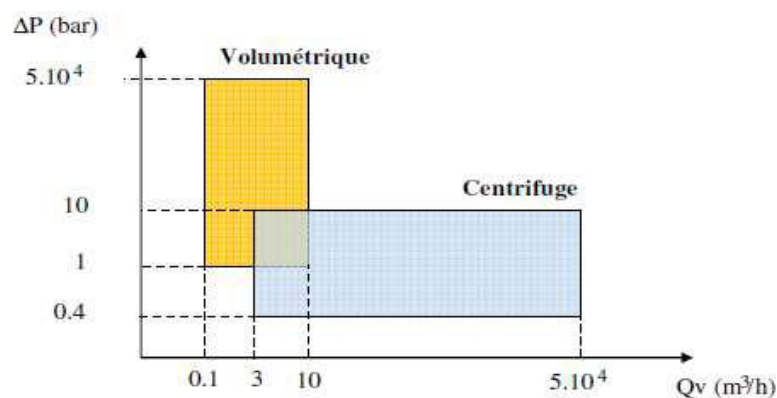
Les pompes peuvent être classées de la manière suivante ;

- ❖ Les pompes volumétriques sont caractérisées par le fait que leur écoulement est provoqué par une variation du volume de l'espace occupé par le liquide.
- ❖ Les turbopompes équipées d'une roue dotée d'aube ou d'ailettes en rotation, transmettant de l'énergie cinétique au fluide. Une fraction de cette énergie est ensuite convertie en pression à travers un dispositif nommé récupération, grâce à une réduction de la vitesse du fluide.

Les turbopompes se déclinent en plusieurs catégories, notamment ;

- ❖ Les pompes centrifuges.
- ❖ Les pompes hélico.
- ❖ Les pompes hélico-centrifuge.

Figure V.1 : La variation des ΔP et Q_v entre les pompes volumétriques et centrifuges.



V.3. Les Pompes Centrifuges : [8]

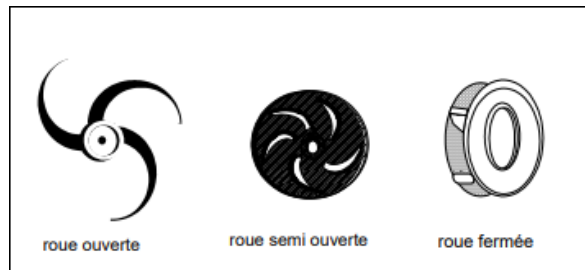
V.3.1. Le principe de fonctionnement des pompes centrifuges :

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.2). 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.2 : Forme de l'aube (roue) des pompes centrifuges.



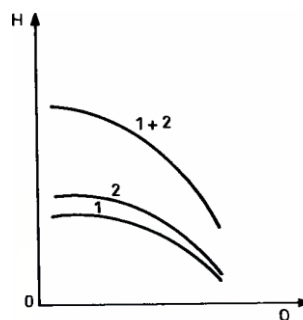
V.4. Couplage des pompes : [3]

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

V.4.1. 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.

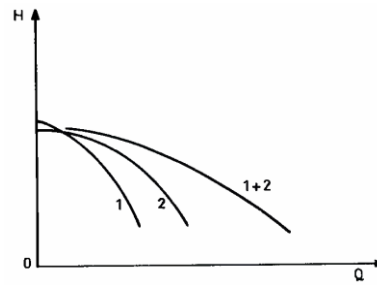
Figure V.3 : Caractéristique de deux pompes en série.



V.4.2. 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.4). Toutefois, si les caractéristiques des pompes présentent des différences significatives, des problèmes peuvent survenir à faibles débits. En pratique, il est généralement recommandé d'éviter de coupler des pompes de modèles différents pour éviter ces complications.

Figure V.4 : Caractéristique de deux pompes en parallèle.



V.5. Caractéristique hydrauliques des pompes centrifuges :

V.5.1. Hauteur manométrique totale :

L'expression « hauteur de refoulement », également connue sous le nom de « hauteur de relevage », désigne la variation de hauteur le niveau d'aspiration et le niveau de refoulement.

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

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).

V.5.2. La vitesse de rotation :

La vitesse de rotation (N) indique le nombre de rotations effectuées par la pompe par unité de temps.

V.5.3. La puissance :

V.5.3.1. La puissance absorbée par la pompe :

La puissance absorbée (P_a), qui correspond à la puissance disponible au niveau de l'arbre d'entraînement de la roue de la pompe, peut être calculée à l'aide de la loi suivante :

$$P_a = \frac{g \times Q \times H}{\eta} \quad (V.2)$$

- ✚ P_a : Puissance totale consommée (kW).
- ✚ Q : Débit refoulé par la pompe (m^3/s).
- ✚ H_{mt} : Hauteur manométrique totale (m).
- ✚ η : Rendement totale de l'installation.

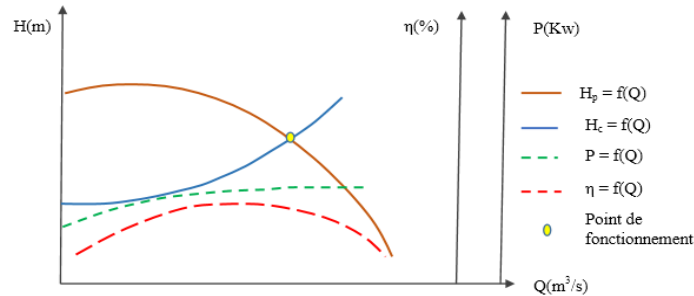
V.6. Les courbes caractéristiques des pompes centrifuges :

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 débit-puissance (Q-η) qui expose les variations des rendements de la Pompe en fonction des débits ($\eta = f(Q)$)

Figure V.5 : Courbes caractéristiques des pompes et des conduites



- ✚ A : point de barbotage ou charge à vanne fermée ($Q = 0$).
- ✚ B : point de fonctionnement.

V.7. Caractéristique d'une conduite :

Le terme « courbe de réseau » ou « courbe de conduite » fait référence à la représentation graphique des pertes de charge, des variations de pression et des changements d'élévation en fonction du débit dans un système de conduites. La courbe caractéristique du réseau est définie par l'équation suivante :

$$H_c = H_g + \alpha Q^2 \tag{V.3}$$

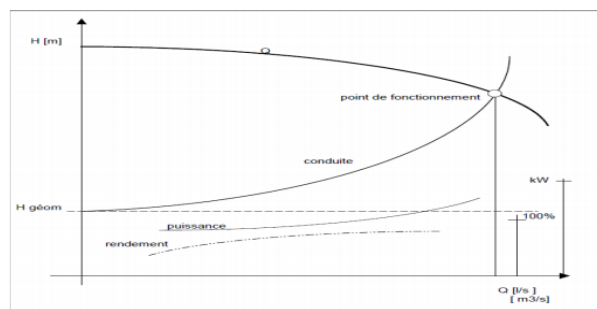
Avec :

- ✚ H_c : Hauteur géométrique (m).
- ✚ αQ^2 : Perte de charge au point considéré (m).
- ✚ α : Coefficient qui caractérise la résistance de la conduite (m).

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

Le point de fonctionnement d'une pompe se définit comme l'intersection entre la courbe de la hauteur manométrique ($H=f(Q)$) et la courbe 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.

Figure V.6 : Point de fonctionnement d'une pompe



Si le point de fonctionnement ne correspond pas aux coordonnées H et Q souhaitées, des ajustements devront être apportés pour adapter la pompe à la condition de travail souhaitées la modification d'un des paramètres de fonctionnement de la pompe, ce qui souligne l'utilité pratique des lois de similitude. Cette situation est illustrée dans la figure (V.6)

A cet égale, quatre scénarios différents peuvent se présenter

V.8.1. Réduction à l'augmentation du temps de pompage :

Si nous maintenons la courbe $H = f(Q)$ telle qu'elle est, et que le débit Q dépasse le débit souhaité, nous devons réduire le temps de pompage tout en maintenant le volume d'eau constant. Le volume d'eau entrant dans le réservoir sur une période de temps $T_1 = 20$ heures est donné par : $V = 20Q_1$. Ce même volume sera obtenu par le refoulement d'un débit Q pendant une période de temps T. Pae conséquent, nous pouvons écrire l'équation suivante :

$$Q \times T = 20 \times Q_1 \quad (V.4)$$

D'où :

$$T = 20 \times \frac{Q_1}{Q} \quad (V.5)$$

Avec :

- ✚ P_α : Puissance absorbée en (KW).
- ✚ Q : Débit à refouler en (m^3/s).
- ✚ H_{mt} : Hauteur manométrique total (m).
- ✚ H : Rendement de la pompe.

V.8.2. 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 Q_1 . Cela aura un impact sur la puissance absorbée, qui sera :

$$P_\alpha = \frac{g \times Q_1 \times H'}{\eta} \quad (V.6)$$

Avec :

$$H' = H_1 + h_v \quad (V.7)$$

- ✚ H' : Hauteur crée par la pompe pour le débit désiré Q_1 (m).
- ✚ h_v : Perte de charge engendrée par vannage (m).
- ✚ η : Rendement (%).

V.8.3. Rognage de la roue :

Le rognage se réalise en maintenant la même vitesse de rotation N. cela consiste à tracé une droite partant de l'origine et passant par le point P1. Cette droite intersectée ensuite la courbe caractéristique de la pompe au point P2 (Q_2, H_2) avant le rognage, qui correspond au point homologue du point souhaité.

$$m = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^2 \quad (\text{V.8})$$

Avec :

✚ m : Coefficient de rognage.

Le pourcentage de rognage (r) sera :

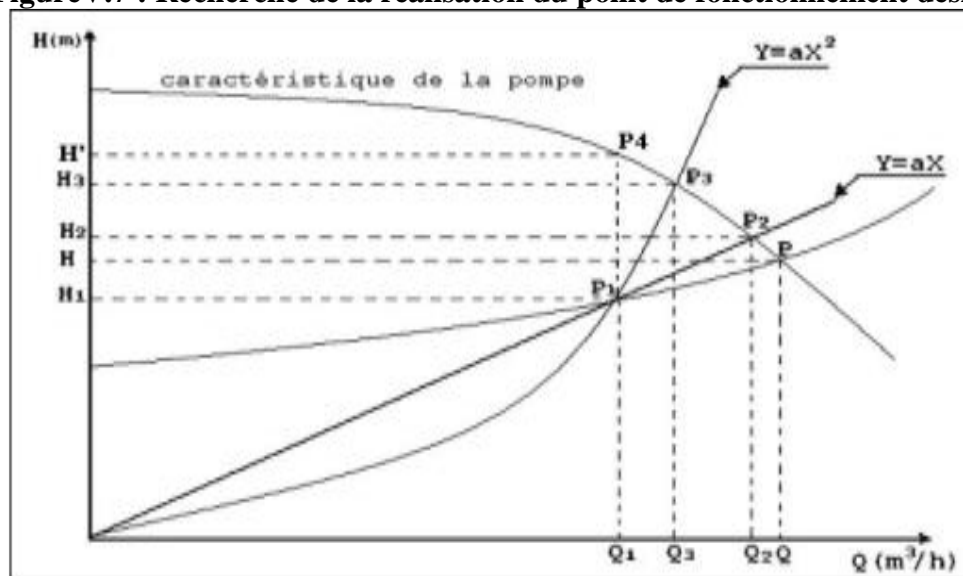
$$r = 1 - m(\%) \quad (\text{V.9})$$

V.8.4. 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 P1 dans la figure (V.12). Cette parabole intersecte également la courbe caractéristique de la pompe au point P3 (Q_3 , H_3). Ainsi, nous pouvons déduire la valeur de la nouvelle vitesse de rotation N' en fonction des données fournies :

$$N' = N \times \frac{Q_1}{Q_3} \quad (\text{V.10})$$

FigureV.7 : Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré



V.9. Le phénomène de cavitation : [8]

V.9.1. La cavitation dans les pompes :

Le phénomène de cavitation survient dans le flux d'un liquide lorsque la pression absolue atteint la pression de vapeur saturante pour la température du liquide en question, à n'importe quel point de son trajet. A cet endroit, une bulle se forme, contenant de la vapeur du liquide.

Ces bulles remplies de vapeur du liquide implosent ou elles rencontrent des pressions absolues plus élevées, générant ainsi divers bruit et vibrations.

Dans les pompes centrifuges à simple étage, les pressions les plus basses se trouvent généralement à l'arrière des pales de la roue (extrados). Quant aux pompes centrifuges multicellulaires, le phénomène de cavitation se manifeste principalement au niveau de la première roue

V.9.2. Notion de NPSH :

Pour prévenir la cavitation, il est impératif que la valeur minimale de la charge disponible à l'aspiration $(NPSH)_d$ déterminée par l'utilisateur, soit supérieure à la valeur minimale requise à l'aspiration $(NPSH)_r$, fournie par le fabricant sous forme d'une courbe $(NPSH)_r=f(Q)$. Ainsi la condition essentielle pour éviter la cavitation est la suivante :

$$(NPSH)_d > (NPSH)_r$$

Pour alimentation en charge :

$$(NPSH)_d = \frac{P_o}{\rho \times g} + H_\alpha - (J_\alpha + T_v) \quad (V.11)$$

Pour une alimentation en dépression :

$$(NPSH)_d = \frac{P_o}{\rho \times g} - H_\alpha - (J_\alpha + T_v) \quad (V.12)$$

Où :

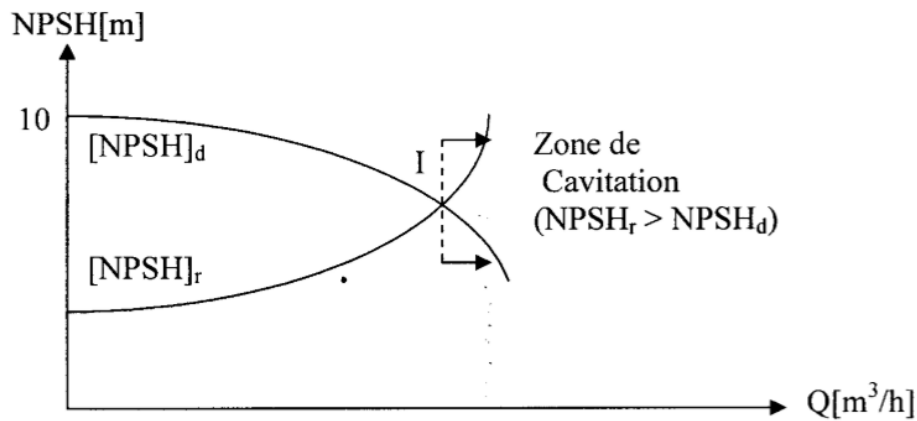
$$\frac{P_o}{(\rho \times g)} = 10.33 - 0.0016 * Z \quad (V.13)$$

- ✚ H_α : Hauteur géométrique d'aspiration (m).
- ✚ J_α : Perte de charge à l'aspiration (m).
- ✚ $\frac{P_o}{\rho \times g}$: Pression en (m.c.e) du plan d'eau d'aspiration.
- ✚ Z : Altitude de la station de reprise.
- ✚ T_v : Pression de vapeur maximale que l'air peut supporter à une température donnée

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

T(°C)	0	4	10	20	30	40	50	60	70	80	100
Tv (m)	0,06	0,083	0,0125	0,24	0,43	0,75	1,26	2,03	4,1	4,8	10,23

Figure V.8 : Graphe des courbes NPSH



I : point délimitant la zone de cavitation.

V.10. Choix des pompes du projet :

V.10.1. Station de pompage au point de piquage (Ouadhias) :

Caractéristiques du tronçon (SP-Réservoir Ouehren) ;

Débit véhiculé (Q) : 32,6 l/s (2813,54 m³/j).

La hauteur géométrique (Hg) : 148,15 m.

La hauteur manométrique total (HMT) : 169,01 m.

➤ Caractéristique de la pompe ;

Selon les informations du catalogue CAPRARI, le choix se porte sur une pompe centrifuge multicellulaire pour hautes pressions à axe horizontal de type PM 100/ 2 C. Les spécifications détaillées sont fournies dans l'annexe (V.1), et voici les caractéristiques associées ;

N : 2900 tr/min

η : 76,6 %.

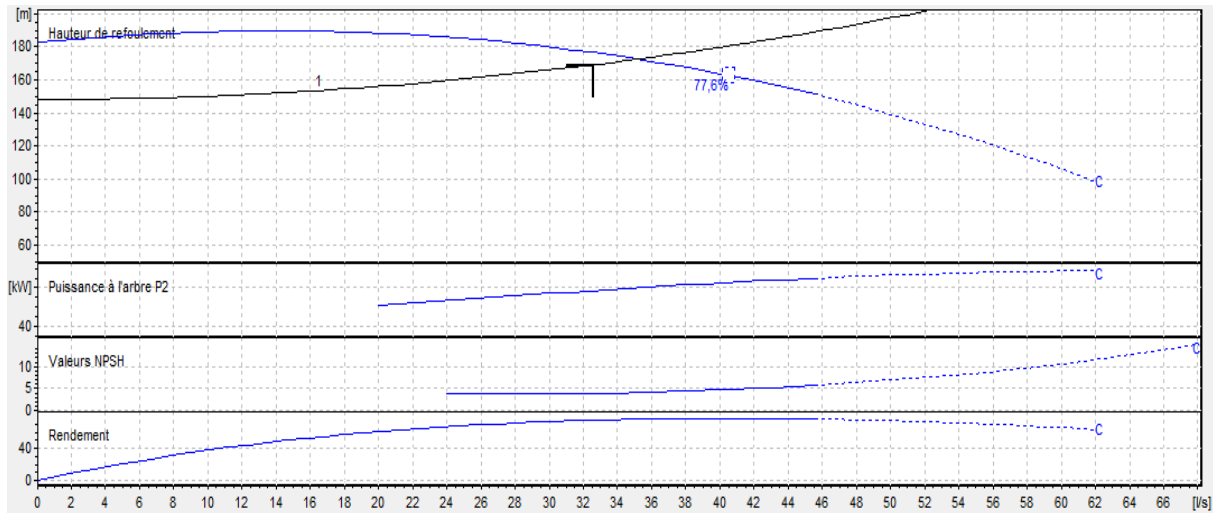
P : 80,1 KW.

NPSH_r : 4,13 m.

Le point de fonctionnement P : (35,2 l/s, 172 m).

Le point désiré P₁ : (32,6 l/s, 169m).

Figure V.9 : Courbe caractéristique de la pompe A 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 ;**

$$Q_1 \times T_1 = Q_2 \times T_2$$

$$T_2 = \frac{Q_1}{Q_2} \times T_1 = \frac{32,6}{35,2} \times 20 = 18h52min$$

La puissance absorbée :

$$P_a = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0352 \times 172}{0,766} = 77,54 \text{ KW}$$

Dans ce cas le volume du réservoir va changer selon le nouveau temps de pompage.

➤ **Le vannage ;**

$$h = H' - H_1 = 176 - 169 = 7 \text{ m}$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0326 \times 176}{0,754} = 74,65 \text{ KW}$$

➤ **Variation de la vitesse de rotation ;**

$$\frac{N_1}{N} = \frac{Q_1}{Q_3} \rightarrow N_1 = N \times \frac{Q_1}{Q_3} \text{ (tr/min)}$$

La courbe iso-rendement :

$$H = a \times Q^2 \rightarrow H = \frac{H_1}{Q_1^2} \times Q^2 \Rightarrow H = 0.159 \times Q^2$$

L'équation de la pompe : $H_p = a \times Q^2 + b$

$$\begin{cases} Q = 20 \text{ l/s}; H = 188 \text{ m} \\ Q = 35,2 \text{ l/s}; H = 172 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} b = 188 - 400a \\ 172 = a \times (35,2)^2 + 188 - 400a \rightarrow a = -0.0190 \end{cases}$$

Ce qui donne : $H_p = -0.0190Q^2 + (188 - 400 \times (-0.0190))$

$$H_p = -0.0190Q^2 + 195.6$$

Avec ; $H_p=H$ on trouve $Q_3= 33.15 \text{ l/s}$, $H_3= 174.72 \text{ m}$.

Alors ; $N_1 = 2900 \times \frac{32.6}{33.15} = 2851.89 \text{ tr/min}$

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9.81 \times 0.0326 \times 174.72}{0.766} = 72.95 \text{ KW}$$

➤ **Rognage de la roue ;**

$$m = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,96 = 96\%$$

$$r = 1 - 0,96 = 0,04$$

Caractéristiques du tronçon ((SP-Réservoir Boussegassen) ;

Débit véhiculé (Q) : 1,69 l/s (146.56m³/j).

La hauteur géométrique (Hg) : 149,65 m.

La hauteur manométrique (HMT) : 197,06 m.

➤ **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 : 2900 tr/min

η : 69.9%.

P : 5.18 KW.

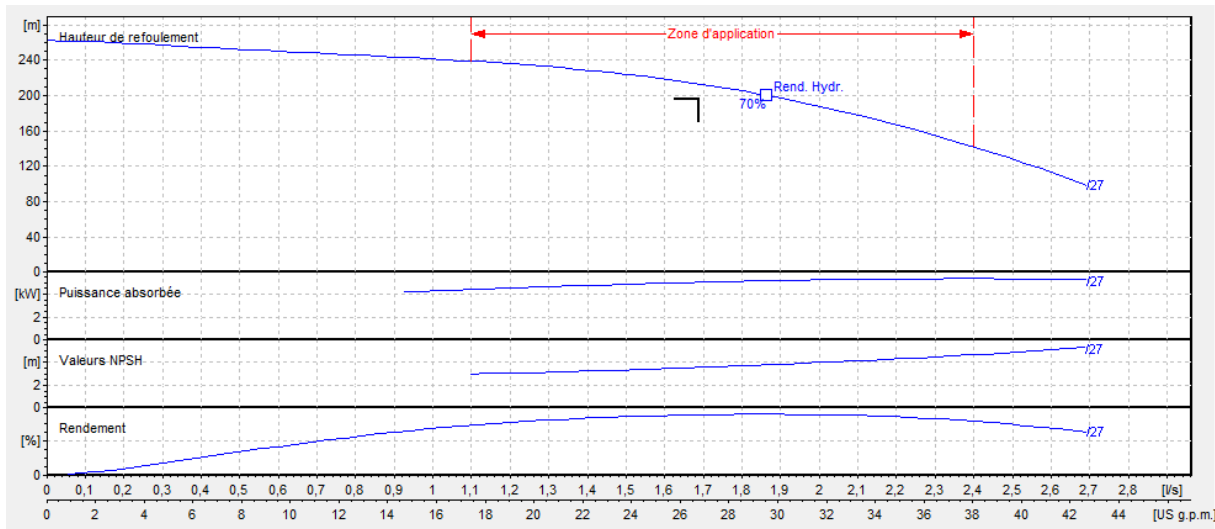
NPSH_r : 3.7 m.

Le point de fonctionnement P : (1,81 l/s, 204m).

Le point désiré P₁ : (1,69 l/s, 197,06m).

Dans ce cas le volume de réservoir va changer selon le nouveau temps de pompage.

Figure V.10 : 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 ;**

$$Q_1 \times T_1 = Q_2 \times T_2$$

$$T_2 = \frac{Q_1}{Q_2} \times T_1 = \frac{1,69}{1,89} \times 20 = 18h28min$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,00181 \times 204}{0,699} = 5,18 \text{ KW}$$

Dans ce cas le volume du réservoir va changer selon le nouveau temps de pompage.

➤ **Le vannage ;**

$$h = H' - H_1 = 213 - 197 = 16 \text{ m}$$

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,00169 \times 213}{0,65} = 5,43 \text{ KW}$$

➤ **Variation de la vitesse de rotation ;**

$$\frac{N_1}{N} = \frac{Q_1}{Q_3} \rightarrow N_1 = N \times \frac{Q_1}{Q_3} \text{ (tr/min)}$$

La courbe iso-rendement :

$$H = a \times Q^2 \rightarrow H = \frac{H_1}{Q_1^2} \times Q^2 \Rightarrow H = 68,99 \times Q^2$$

L'équation de la pompe : $H_p = a \times Q^2 + b$

$$\begin{cases} Q = 2 \text{ l/s}; H = 188 \text{ m} \\ Q = 1,81 \text{ l/s}; H = 204 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} b = 188 - 400a \\ 204 = a \times (1,81)^2 + 188 - 400a \rightarrow a = -0.0403 \end{cases}$$

Ce qui donne : $H_p = -0.0403Q^2 + (188 - 400 \times (-0.0403))$

$$H_p = -0.0403Q^2 + 204,12$$

Avec ; $H_p=H$ on trouve $Q_3= 1,71 \text{ l/s}$, $H_3=204 \text{ m}$.

Alors ; $N_1 = 2900 \times \frac{1,69}{1,71} = 2866,08 \text{ tr/min}$

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9.81 \times 0,00169 \times 204}{0,699} = 4,84 \text{ KW}$$

➤ **Rognage de la roue ;**

$$m = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,96 = 96\%$$

$$r = 1 - 0,96 = 0,04$$

Caractéristiques du tronçon (SP-Réservoir Ath Boulgaghzar) ;

Débit véhiculé (Q) : 19,64 l/s (1696.96m³/j).

La hauteur géométrique (Hg) : 114,55 m

La hauteur manométrique (HMT) : 134,43 m

➤ **Caractéristique de la pompe ;**

Selon les informations du catalogue CAPRARI, le choix se porte sur une pompe Centrifuge multicellulaire pour hautes pressions à axe horizontal de type PM 100/ 6 B. Les spécifications détaillées sont fournies dans l'annexe (V.3), et voici les caractéristiques associées ;

N : 2900 tr/min

η : 76,8 %

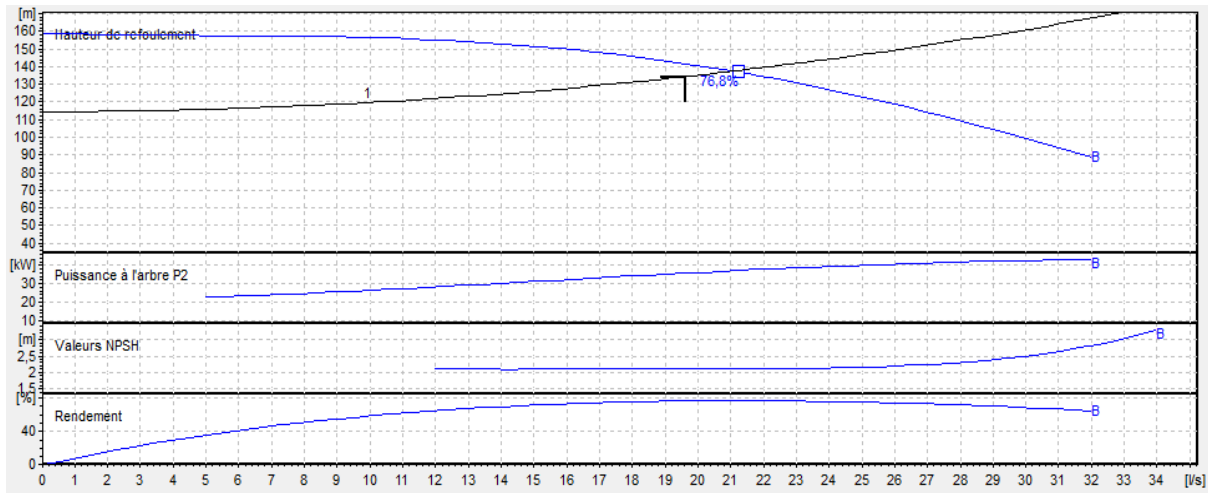
P : 37,1 KW.

NPSH_r : 2,11 m.

Le point de fonctionnement P : (21,1 l/s, 137m).

Le point désiré P₁ : (19,64 l/s, 134,43m).

Figure V.11 : Courbe caractéristique de la pompe C 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 ;**

$$Q_1 \times T_1 = Q_2 \times T_2$$

$$T_2 = \frac{Q_1}{Q_2} \times T_1 = \frac{19,64}{21,1} \times 20 = 19h01min$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0211 \times 137}{0,768} = 36,92 \text{ KW}$$

Dans ce cas le volume du réservoir va changer selon le nouveau temps de pompage.

➤ **Le vannage ;**

$$h = H' - H_1 = 142 - 134 = 8 \text{ m}$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,01964 \times 142}{0,765} = 35,76 \text{ KW}$$

➤ **Variation de la vitesse de rotation ;**

$$\frac{N_1}{N} = \frac{Q_1}{Q_3} \rightarrow N_1 = N \times \frac{Q_1}{Q_3} \text{ (tr/min)}$$

La courbe iso-rendement :

$$H = a \times Q^2 \rightarrow H = \frac{H_1}{Q_1^2} \times Q^2 \Rightarrow H = 0.349 \times Q^2$$

L'équation de la pompe : $H_p = a \times Q^2 + b$

$$\begin{cases} Q = 20 \text{ l/s}; H = 141 \text{ m} \\ Q = 21.1 \text{ l/s}; H = 137 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} b = 141 - 400a \\ 137 = a \times (21.1)^2 + 141 - 400a \rightarrow a = -0.088 \end{cases}$$

Ce qui donne : $H_p = -0.088Q^2 + (188 - 400 \times (-0.088))$

$$H_p = -0.088Q^2 + 223.2$$

Avec ; $H_p=H$ on trouve $Q_3= 22.59 \text{ l/s}$, $H_3= 178.29 \text{ m}$.

Alors ; $N_1 = 2900 \times \frac{19.64}{22.59} = 2521.29 \text{ tr/min}$

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9.81 \times 0.01964 \times 178.29}{0.768} = 44,73 \text{ KW}$$

➤ **Rognage de la roue ;**

$$m = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,96 = 96\%$$

$$r = 1 - 0,96 = 0,04$$

V.10.2. Station de reprise 01 (Ouehren) :

Caractéristique du tronçon ;

Débit véhiculé (Q) : 22,3 l/s (1924,26 m³/j).

La hauteur géométrique (Hg) : 193,95 m.

La hauteur manométrique (HMT) : 202,24 m.

➤ **Caractéristique de la pompe**

Selon les informations du catalogue CAPRARI, le choix se porte sur une pompe Centrifuge multicellulaire pour hautes pressions à axe horizontal de type PM 80/ 5 E. Les spécifications détaillées sont fournies dans l'annexe (V.4), et voici les caractéristiques associées ;

N : 2900 tr/min

η : 73,4 %.

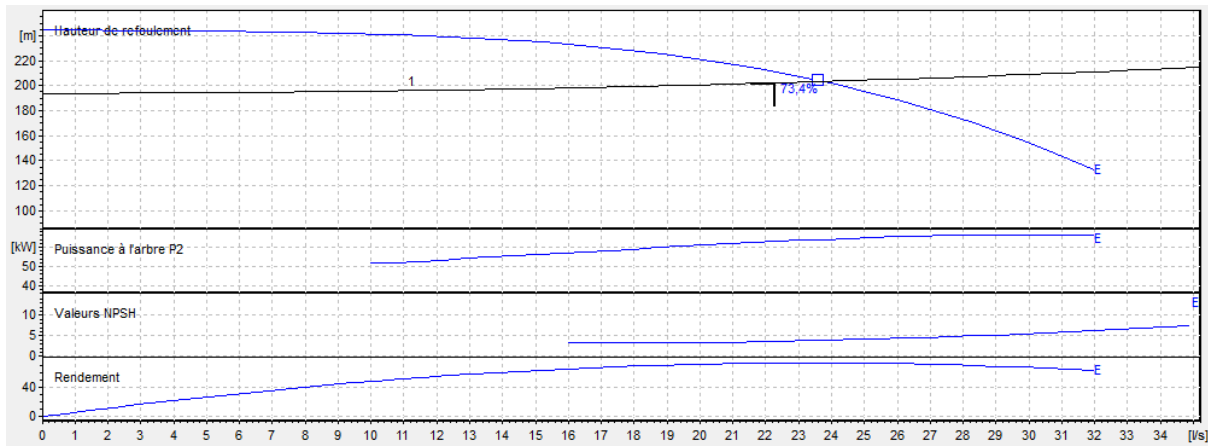
P : 63,9 KW.

NPSHr :3,93 m.

Le point de fonctionnent P : (23,7 l/s, 203m).

Le point désiré P1 : (22.3 l/s, 202,24m).

Figure V.12 : Courbe caractéristique de la pompe D de la SR01.



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 ;**

$$Q_1 \times T_1 = Q_2 \times T_2$$

$$T_2 = \frac{Q_1}{Q_2} \times T_1 = \frac{22,3}{23,7} \times 20 = 19h21min$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0237 \times 203}{0,734} = 64,30 \text{ KW}$$

Dans ce cas le volume du réservoir va changer selon le nouveau temps de pompage.

➤ **Le vannage ;**

$$h = H' - H_1 = 211 - 202 = 9 \text{ m}$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0223 \times 211}{0,731} = 63,14 \text{ KW}$$

➤ **Variation de la vitesse de rotation ;**

$$\frac{N_1}{N} = \frac{Q_1}{Q_3} \rightarrow N_1 = N \times \frac{Q_1}{Q_3} \text{ (tr/min)}$$

La courbe iso-rendement :

$$H = a \times Q^2 \rightarrow H = \frac{H_1}{Q_1^2} \times Q^2 \Rightarrow H = 0.406 \times Q^2$$

L’équation de la pompe : $H_p = a \times Q^2 + b$

$$\begin{cases} Q = 20 \text{ l/s}; H = 221 \text{ m} \\ Q = 23.7 \text{ l/s}; H = 203 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} b = 221 - 400a \\ 203 = a \times (23.7)^2 + 221 - 400a \rightarrow a = -0.1113 \end{cases}$$

Ce qui donne : $H_p = -0.1113Q^2 + (221 - 400 \times (-0.1113))$

$$H_p = -0.1113Q^2 + 265.52$$

Avec ; $H_p=H$ on trouve $Q_3= 22.65$ l/s, $H_3=208.39$ m.

Alors ; $N_1 = 2900 \times \frac{22.3}{22.65} = 2855.19$ tr/min

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9.81 \times 0.0223 \times 208.39}{0.734} = 62,11 \text{ KW}$$

➤ **Rognage de la roue ;**

$$m = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,97 = 97\%$$

$$r = 1 - 0,97 = 0,03$$

V.10.3. Station de reprise 02 (Hellil) :

Caractéristique du tronçon (SR02- Réservoir Iftathen) ;

Débit véhiculé (Q) : 5,34 l/s (461,54m³/j).

La hauteur géométrique (Hg) : 73,48 m.

La hauteur manométrique (HMT) : 135,89 m.

➤ **Caractéristique de la pompe ;**

Selon les informations du catalogue CAPRARI, le choix se porte sur une pompe Centrifuge multicellulaire de surface à axe horizontal de type HMU40-1/ 5D. Les spécifications détaillées sont fournies dans l'annexe (V.5), et voici les caractéristiques associées ;

N : 2900 tr/min

η : 66,9 %.

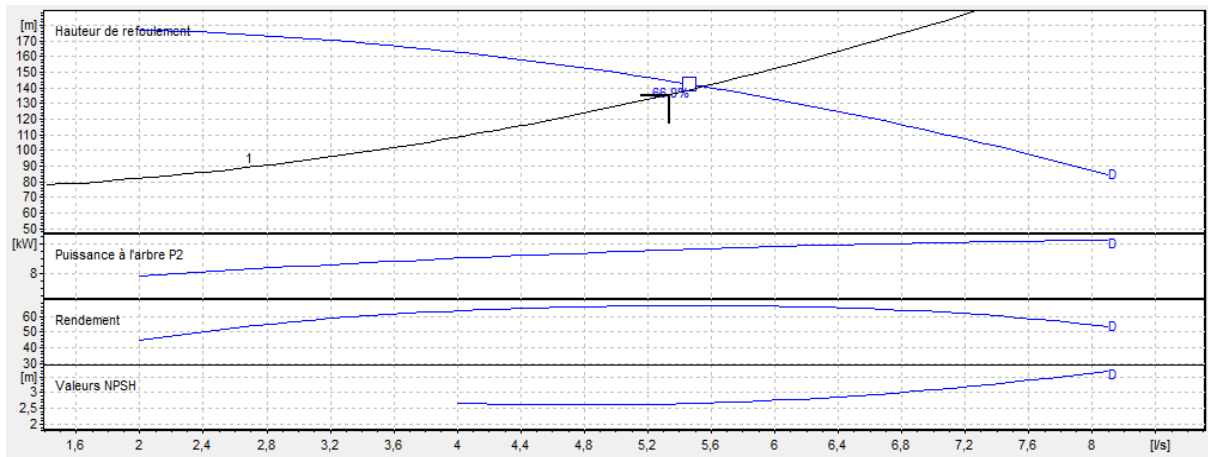
P : 11,4 KW.

NPSHr : 2,67 m.

Le point de fonctionnent P : (5,55 l/s, 141m).

Le point désiré P1 : (5,34 l/s, 135,89m).

Figure V.13 : Courbe caractéristique de la pompe E de la SR02.



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 ;**

$$Q_1 \times T_1 = Q_2 \times T_2$$

$$T_2 = \frac{Q_1}{Q_2} \times T_1 = \frac{5,34}{5,55} \times 20 = 19h24min$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,00555 \times 141}{0,669} = 11,48 \text{ KW}$$

Dans ce cas le volume du réservoir va changer selon le nouveau temps de pompage.

➤ **Le vannage ;**

$$h = H' - H_1 = 144 - 135 = 9 \text{ m}$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,00534 \times 144}{0,669} = 11,28 \text{ KW}$$

➤ **Variation de la vitesse de rotation ;**

$$\frac{N_1}{N} = \frac{Q_1}{Q_3} \rightarrow N_1 = N \times \frac{Q_1}{Q_3} \text{ (tr/min)}$$

La courbe iso-rendement :

$$H = a \times Q^2 \rightarrow H = \frac{H_1}{Q_1^2} \times Q^2 \Rightarrow H = 4,765 \times Q^2$$

L'équation de la pompe : $H_p = a \times Q^2 + b$

$$\begin{cases} Q = 2 \text{ l/s}; H = 324 \text{ m} \\ Q = 3.23 \text{ l/s}; H = 311 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} b = 324 - 400a \\ 311 = a \times (3.23)^2 + 324 - 400a \rightarrow a = 0.0333 \end{cases}$$

Ce qui donne : $H_p = 0.0333Q^2 + (324 - 400 \times (0.0333))$

$$H_p = -0,0333Q^2 + 310.68$$

Avec ; $H_p=H$ on trouve $Q_3= 8.05$ l/s, $H_3=308.52$ m.

Alors ; $N_1 = 2900 \times \frac{5.34}{8.05} = 1923.72$ tr/min

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9.81 \times 0.00534 \times 308.52}{0.669} = 24,16 \text{ KW}$$

➤ **Rognage de la roue ;**

$$m = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,98 = 98\%$$

$$r = 1 - 0,98 = 0,02$$

Caractéristique du tronçon (SR02- SR03) ;

Débit véhiculé (Q) : 16,8 l/s (1453,93 m³/j).

La hauteur géométrique (Hg) : 142,5 m.

La hauteur manométrique (HMT) : 147,09 m.

➤ **Caractéristique de la pompe ;**

Selon les informations du catalogue CAPRARI, le choix se porte sur une pompe Centrifuge monobloc de surface à axe vertical de type HVUS50 /3CCD+50. Les spécifications détaillées sont fournies dans l'annexe (V.6), et voici les caractéristiques associées ;

N : 2900 tr/min

η : 73,7 %.

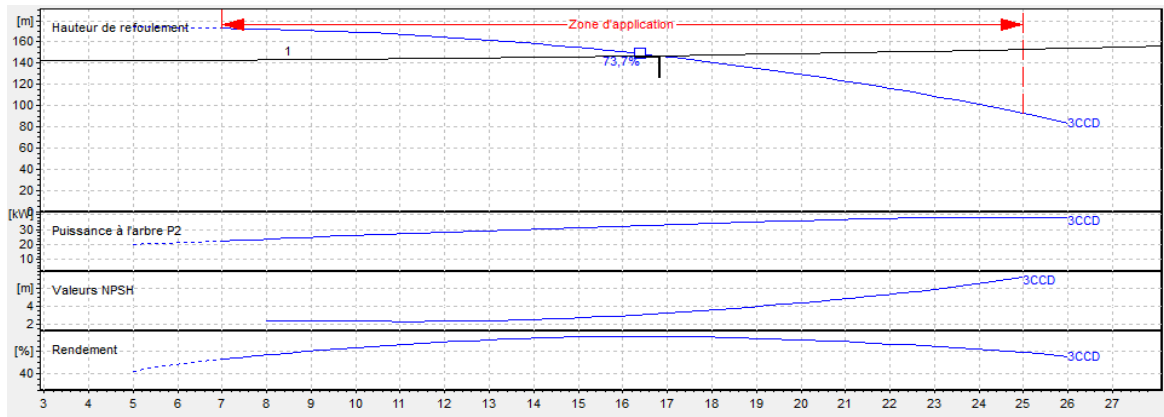
P : 32,8 KW.

NPSHr : 3,23 m.

Le point de fonctionnement P : (16,8 l/s, 147m).

Le point désiré P1 : (16,8 l/s, 147m).

Figure V.14 : Courbe caractéristique de la pompe F de la SR02.



V.10.4. Station de reprise 03 (Ait Ali) :

Caractéristique du tronçon (SR03- réservoir Ait Boumaaza) ;

Débit véhiculé (Q) : 3,08 l/s (265,74 m³/j).

La hauteur géométrique (Hg) : 221,4 m.

La hauteur manométrique (HMT) : 198.75 m.

➤ **Caractéristique de la pompe ;**

Selon les informations du catalogue CAPRARI, le choix se porte sur une pompe Centrifuge multicellulaire de surface à axe horizontal de type HMU40-1/ 5B. Les spécifications détaillées sont fournies dans l'annexe (V.7), et voici les caractéristiques associées ;

N : 2900 tr/min

η : 59,6 %.

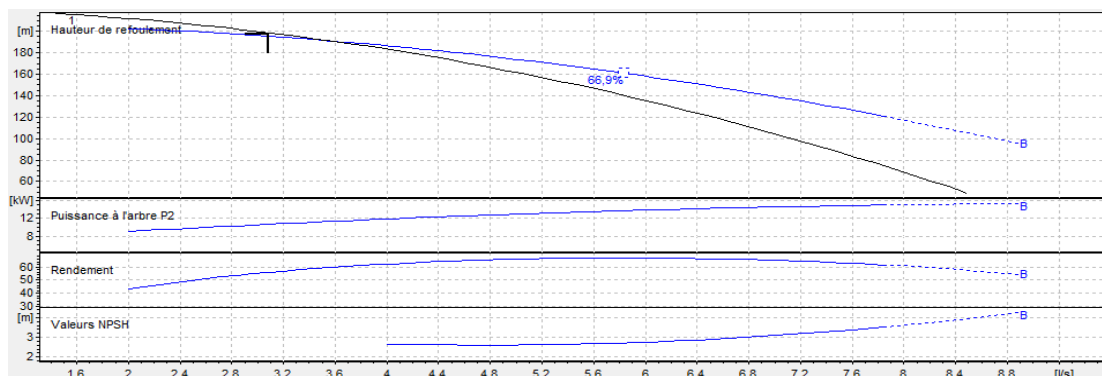
P : 11,3 KW.

NPSHr : 2,75 m.

Le point de fonctionnement P : (3,57 l/s, 191m).

Le point désiré P1 : (3,08 l/s, 198,75m).

Figure V.15 : Courbe caractéristique de la pompe G de la SR03.



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 ;**

$$Q_1 \times T_1 = Q_2 \times T_2$$

$$T_2 = \frac{Q_1}{Q_2} \times T_1 = \frac{3.08}{3.23} \times 20 = 19h07min$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,00323 \times 311}{0,572} = 17,23 \text{ KW}$$

Dans ce cas le volume du réservoir va changer selon le nouveau temps de pompage.

➤ **Le vannage ;**

$$h = H' - H_1 = 200 - 198 = 2 \text{ m}$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,00308 \times 200}{0,558} = 10,83 \text{ KW}$$

➤ **Variation de la vitesse de rotation ;**

$$\frac{N_1}{N} = \frac{Q_1}{Q_3} \rightarrow N_1 = N \times \frac{Q_1}{Q_3} \text{ (tr/min)}$$

La courbe iso-rendement :

$$H = a \times Q^2 \rightarrow H = \frac{H_1}{Q_1^2} \times Q^2 \Rightarrow H = 20,95 \times Q^2$$

L'équation de la pompe : $H_p = a \times Q^2 + b$

$$\begin{cases} Q = 2 \text{ l/s}; H = 203 \text{ m} \\ Q = 3.57 \text{ l/s}; H = 191 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} b = 203 - 400a \\ 191 = a \times (3.23)^2 + 203 - 400a \rightarrow a = 0.0308 \end{cases}$$

Ce qui donne : $H_p = 0.0308Q^2 + (203 - 400 \times (0.0308))$

$$H_p = 0.0308Q^2 + 190,68$$

Avec ; $H_p=H$ on trouve $Q_3= 3,09 \text{ l/s}$, $H_3= 190,97 \text{ m}$.

Alors ; $N_1 = 2900 \times \frac{3.08}{3.12} = 929.49 \text{ tr/min}$

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9.81 \times 0.00308 \times 190,97}{0.596} = 9,68 \text{ KW}$$

➤ **Rognage de la roue ;**

$$m = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,97 = 97\%$$

$$r = 1 - 0,97 = 0,03$$

Caractéristique du tronçon (SR03- Réservoir Ait Ali) ;

Débit véhiculé (Q) : 6,85 l/s (591,52 m³/j).

La hauteur géométrique (Hg) : 121,03 m.

La hauteur manométrique (HMT) : 152,81 m.

➤ **Caractéristique de la pompe ;**

Selon les informations du catalogue CAPRARI, le choix se porte sur une pompe Centrifuge multicellulaire pour hautes pressions à axe horizontal de type PM 80/ 12 D. Les spécifications détaillées sont fournies dans l'annexe (V.8), et voici les caractéristiques associées ;

N : 2900 tr/min

η : 60.4 %.

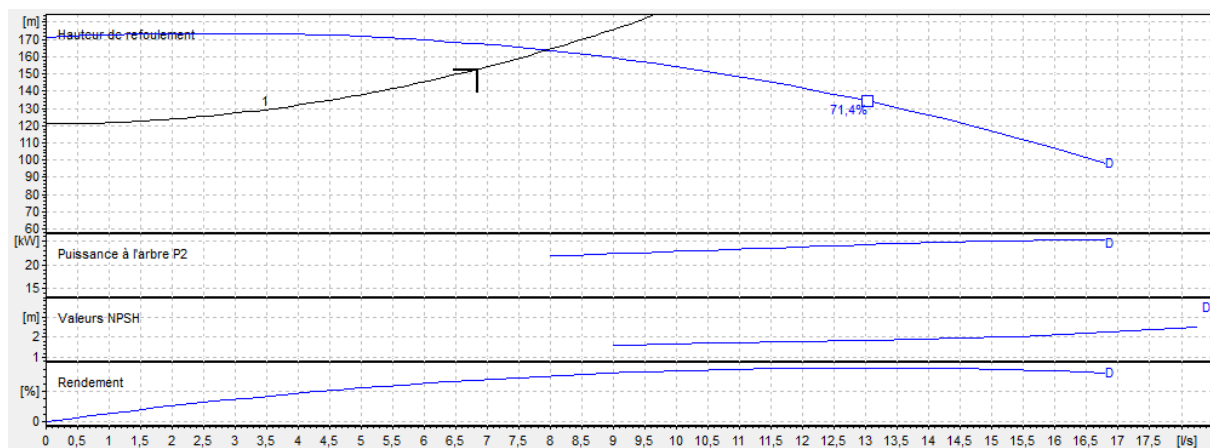
P : 21,9 KW.

NPSHr : 1.51 m.

Le point de fonctionnement P : (7,94 l/s, 164m).

Le point désiré P1 : (6.85 l/s, 152.8m).

Figure V.16 : Courbe caractéristique de la pompe H de la SR03.



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 ;**

$$Q_1 \times T_1 = Q_2 \times T_2$$

$$T_2 = \frac{Q_1}{Q_2} \times T_1 = \frac{6.85}{7.94} \times 20 = 17h25min$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,00794 \times 164}{0,604} = 21,15 \text{ KW}$$

Dans ce cas le volume du réservoir va changer selon le nouveau temps de pompage.

➤ **Le vannage ;**

$$h = H' - H_1 = 167 - 152 = 15 \text{ m}$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,00685 \times 167}{0,553} = 20,26 \text{ KW}$$

➤ **Variation de la vitesse de rotation ;**

$$\frac{N_1}{N} = \frac{Q_1}{Q_3} \rightarrow N_1 = N \times \frac{Q_1}{Q_3} \text{ (tr/min)}$$

La courbe iso-rendement :

$$H = a \times Q^2 \rightarrow H = \frac{H_1}{Q_1^2} \times Q^2 \Rightarrow H = 3.257 \times Q^2$$

L'équation de la pompe : $H_p = a \times Q^2 + b$

$$\begin{cases} Q = 2 \text{ l/s}; H = 173 \text{ m} \\ Q = 7.94 \text{ l/s}; H = 164 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} b = 173 - 400a \\ 164 = a \times (7.94)^2 + 173 - 400a \rightarrow a = 0.0267 \end{cases}$$

Ce qui donne : $H_p = 0.0267Q^2 + (173 - 400 \times (0.0267))$

$$H_p = 0.0267Q^2 + 162.32$$

Avec ; $H_p=H$ on trouve $Q_3= 7.09 \text{ l/s}$, $H_3= 163.66 \text{ m}$.

Alors ; $N_1 = 2900 \times \frac{6.85}{7.09} = 2801.83 \text{ tr/min}$

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9.81 \times 0.00685 \times 163.66}{0.604} = 18.20 \text{ KW}$$

➤ **Rognage de la roue ;**

$$m = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,93 = 93\%$$

$$r = 1 - 0,93 = 0,07$$

V.10.5. Station de pompage au point de piquage (Tizi Ghenif) :

Caractéristique du tronçon ;

Débit véhiculé (Q) : 36,25 l/s (3132 m³/j).

La hauteur géométrique (Hg) : 236,29 m.

La hauteur manométrique (HMT) : 253,90 m.

➤ **Caractéristique de la pompe ;**

Selon les informations du catalogue CAPRARI, le choix se porte sur une pompe centrifuge multicellulaire pour hautes pressions à axe horizontal de type PM 100/ 3 C. Les spécifications détaillées sont fournies dans l'annexe (V.9), et voici les caractéristiques associées ;

N : 2900 tr/min

η : 77.1 %.

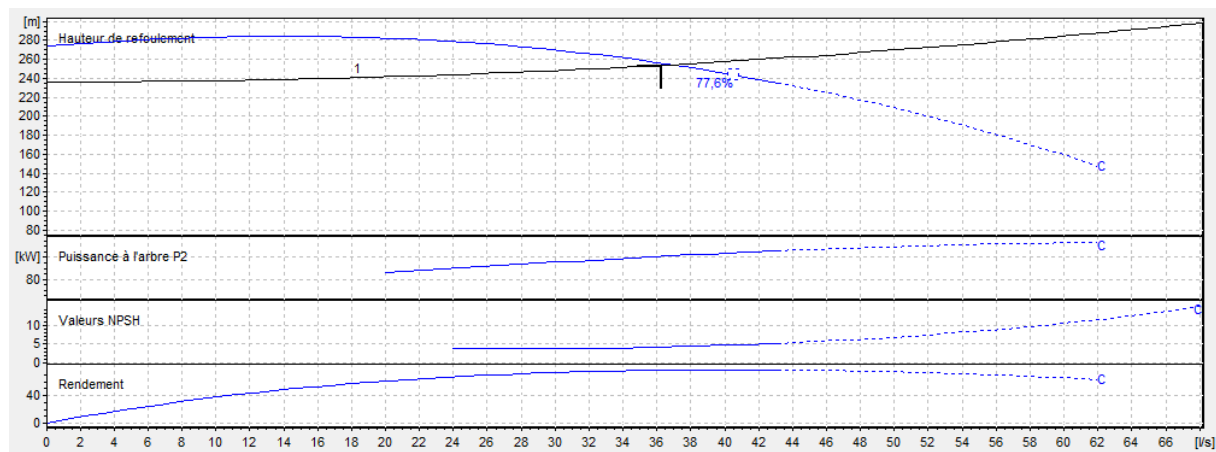
P : 123 KW.

NPSHr : 4.31 m.

Le point de fonctionnement P : (36.8 l/s, 255m).

Le point désiré P1 : (36.2 l/s, 253.9m).

Figure V.17 : Courbe caractéristique de la pompe I 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 ;**

$$Q_1 \times T_1 = Q_2 \times T_2$$

$$T_2 = \frac{Q_1}{Q_2} \times T_1 = \frac{36.2}{36.8} \times 20 = 20h17min$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0368 \times 255}{0,771} = 119,39 \text{ KW}$$

Dans ce cas le volume du réservoir va changer selon le nouveau temps de pompage.

➤ **Le vannage ;**

$$h = H' - H_1 = 256 - 253 = 3 \text{ m}$$

La puissance absorbée :

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0362 \times 256}{0,769} = 118,22 \text{ KW}$$

➤ **Variation de la vitesse de rotation ;**

$$\frac{N_1}{N} = \frac{Q_1}{Q_3} \rightarrow N_1 = N \times \frac{Q_1}{Q_3} \text{ (tr/min)}$$

La courbe iso-rendement :

$$H = a \times Q^2 \rightarrow H = \frac{H_1}{Q_1^2} \times Q^2 \Rightarrow H = 0,193 \times Q^2$$

L'équation de la pompe : $H_p = a \times Q^2 + b$

$$\begin{cases} Q = 20 \text{ l/s}; H = 282 \text{ m} \\ Q = 36,8 \text{ l/s}; H = 255 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} b = 282 - 400a \\ 255 = a \times (36,8)^2 + 282 - 400a \rightarrow a = -0,0283 \end{cases}$$

Ce qui donne : $H_p = -0,0283Q^2 + (282 - 400 \times (-0,0283))$

$$H_p = -0,0283Q^2 + 293,32$$

Avec ; $H_p=H$ on trouve $Q_3= 36,41 \text{ l/s}$, $H_3= 255,80 \text{ m}$.

Alors ; $N_1 = 2900 \times \frac{36,2}{36,41} = 2883,27 \text{ tr/min}$

$$P = \frac{g \times Q \times H}{\eta} = \frac{9,81 \times 0,0362 \times 255,80}{0,771} = 117,82 \text{ KW}$$

➤ **Rognage de la roue ;**

$$m = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,99 = 99\%$$

$$r = 1 - 0,99 = 0,01$$

V.11. Etude de la cavitation :

Tableau V.2 : Vérification de non cavitation.

Pompes	Type de la pompe	$P_0 \rho * g$ (m)	Ha (m)	Tv (m)	NPSHr	NPSHd	Observation
A	PM 100/ 2 C	9,74	3	0,24	4,13	12,50	Non cavitation
B	E4XED35/27 + MCR475-8	9,74	6	0,24	3,7	15,48	Non cavitation
C	PM 100/ 6 B	9,74	5	0,24	2,11	14,50	Non cavitation
D	PM 80/ 5 E	9,51	3	0,24	3,93	12,26	Non cavitation
E	HMU40-1/ 5D	9,22	4	0,24	2,67	12,97	Non cavitation
F	HVUS50 /3CCD+50	9,22	4	0,24	3,23	12,96	Non cavitation
G	HMU40-1/ 8B	8,99	4	0,24	2,83	12,74	Non cavitation
H	PM 80/ 12 D	8,99	5	0,24	1,51	13,74	Non cavitation
I	PM 100/ 3 C	9,3	3	0,24	4,31	12,06	Non cavitation

Alors la condition de non cavitation est vérifiée, puisque « NPSHd > NPSHr »

V.12. Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons été en mesure d'identifier les spécificités des pompes qui conviennent à notre projet, pour les deux stations de pompage et les trois stations de reprise.

A présent, vu que nos adductions sont dimensionnées, donc le chapitre suivant sera la protection des conduites et les équipements de ces adductions.

Chapitre VI
Pose et protection des conduites

VI.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons aborder les différents aspects liés à la pose des conduites et de leur protection contre la corrosion et le coup de bélier, en mettant en évidence les meilleures pratiques et les solutions techniques disponibles.

La protection contre le régime transitoire est nécessaire pour les canalisations qui fonctionnent ; en refoulement où en charge à écoulement gravitaire.

VI.2. Type de pose de conduite :

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 les conduites peuvent être posées dans divers environnement en fonction de 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. [5]

- ❖ 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 importantes.

Tableau VI.1 : Différents matériaux utilisés dans la tranchée.

Couche	Matériaux	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. 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.

Figure VI.1 : Pose de conduite en tranchée dans un terrain peu consistant.



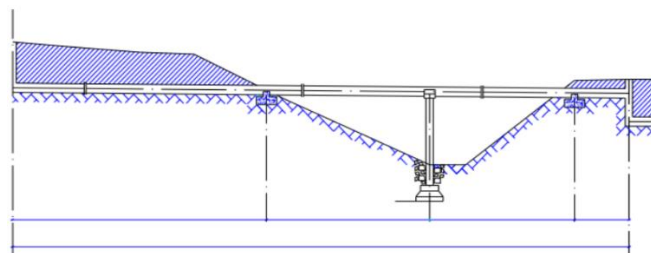
VI.2.4. Traversée d'une route :

En raison des diverses charges auxquelles elle pourrait être exposée, susceptible de causer des ruptures dans les conduites, et par conséquent des infiltrations indésirables la canalisation sera insérée dans une buse de diamètre plus grand afin de la protéger contre les vibrations et les surcharges.

VI.2.5. 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]

Figure VI.2 : Traversée d'une rivière par pont.



VI.2.6. 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 déboîtement et la rupture grâce à leur poids.

VI.3. Protection des conduites :

VI.3.1. 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 forme de corrosion se distingue par une détérioration du métal causé par des phénomènes extérieurs généralement liés soit à la composition du sol, soit à la proximité d'installation électrique à courant continu près des réseaux d'approvisionnement en eau. [5]
- ❖ Corrosion interne : C'est en raison de la réactivité de certaines eaux qui découle principalement de phénomènes chimiques purs, bien qu'elle soit préoccupante, elle n'entraîne généralement pas de perforation du métal. [5]

VI.3.2. Contre le coup de bélier :

VI.3.2.1. Définition et origine des coups de bélier :

Le coup de bélier est un 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.

Les origines du coup de bélier comprennent ; [5]

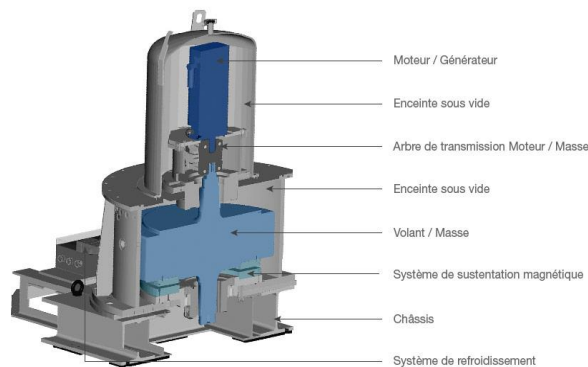
- ❖ L'arrêt brusque, causé par une disjonction imprévue d'un ou de plusieurs groupes électropompes.
- ❖ Le démarrage soudain d'une pompe.
- ❖ La fermeture immédiate ou trop rapide d'une vanne de sectionnement.

VI.3.2.2. Moyens de protection contre les coups de bélier :

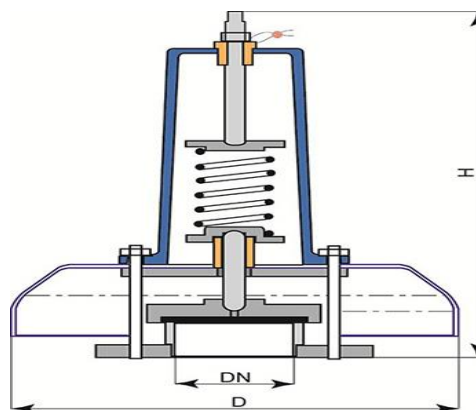
Dans le but de réguler les fluctuations de pression dans les conduites, les dispositifs anti-coup de bélier doivent agir pour réduire à la fois les baisses de pression et les surpressions. Parmi les méthodes disponibles, on peut citer ;

VI.3.2.2.1. 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]

Figure VI.3 : Volant d'inertie.**VI.3.2.2.2. Les soupapes de décharge :**

Ce sont des composants qui en cas de surpression, permettent un écoulement contrôlé vers l'extérieur de la conduite, puis se referment lorsque la pression redevient normale pour éviter tout contact avec l'air. Ces valves seront installées le long de la conduite en fonction des niveaux de risque et à chaque point critique de la conduite.

Figure VI.4 : Soupape de décharge.**VI.3.2.2.3. 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 équivalent à celui de la section d'aspiration.

VI.3.2.2.4. Les ventouse :

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.

Figure VI.5 : Ventouse.



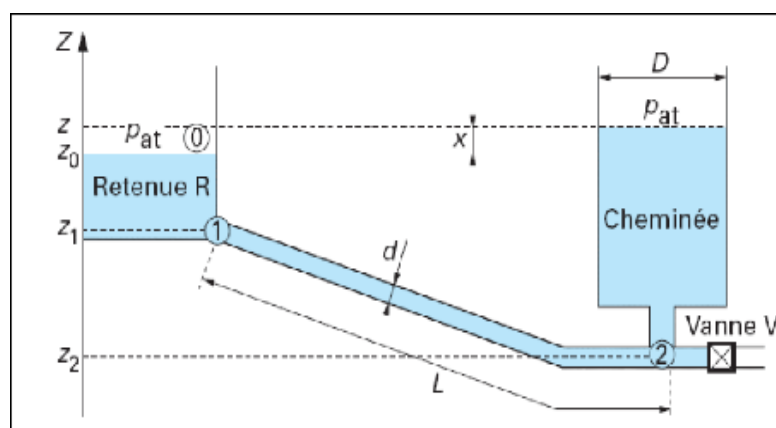
VI.3.2.2.5. Cheminées d'équilibre :

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 ;

- ❖ Un fonctionnement qui ne nécessite aucun entretien.
- ❖ La protection idéale pour les ponts du parcours difficilement accessible.

Figure VI.6 : Cheminée d'équilibre.



VI.3.2.2.6. Réservoir d'air :

Il s'agit d'un réservoir métallique situé dans la station de pompage, où l'eau est stockée sous pression et connectée en aval du clapet de refoulement. Quand il y a une interruption, une dépression se crée et l'eau est poussée hors de la cloche et dans la conduite. Après une diminution progressive, puis une annulation du débit dans la conduite l'eau revient en arrière et remonte dans la cloche. [8]

Figure VI.7 : Réservoir d'air.



VI.3.3. 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.

VI.3.3.1. La valeur du coup de bélier :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \times \frac{D}{e}}} \quad (VI.1)$$

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

Tableau VI.2 : Valeurs du coefficient k.

Matériaux	k
Acier	0,5
Fonte grise	1
Fonte ductile	0.59
PEHD	83
PEBD	5000

Béton	5
Amiante de ciment	4
PVC	33

VI.3.3.2. Fermeture brusque :

La fermeture brusque se distingue par la présence d'une période de temps T :

$$T < 2 \times \frac{L}{a} \quad (VI.2)$$

✚ $2 \times \frac{L}{a}$: Le temps d'aller et retour de l'onde.

La valeur maximale du coup de bélier :

$$B = a \times \frac{V_0}{g} \quad (VI.3)$$

✚ B : La vitesse du coup de bélier(m).

✚ a : La célérité de l'onde (m/s).

✚ V_0 : Vitesse d'écoulement en régime permanent initiale (m/s).

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

La valeur maximale de la pression-surpression :

$$H_s = H_0 + B \quad (VI.4)$$

La valeur maximale de la pression-dépression :

$$H_d = H_0 - B \quad (VI.5)$$

✚ H_0 : la valeur absolue au point le plus haut de la conduite ;

$$H_0 = H_g + 10 \quad (VI.6)$$

✚ H_g : Hauteur géométrique de refoulement.

✚ 10 : Pression atmosphérique.

✚ H_0 : Pression absolue de la conduite.

VI.3.3.3. Fermeture lente :

La fermeture lente se distingue par la présence d'une période de temps T, ou T représente ;

$$T > 2 \times \frac{L}{a} \quad (VI.7)$$

Le calcul de la valeur maximale du coup de bélier s'effectuera en utilisant la formule de *MICHAUD* ;

$$B = 2 \times L \times \frac{V_0}{g \times T_0} \quad (VI.8)$$

VI.4. Calcul des valeurs du coup de bélier pour les différents tronçons :

VI.4.1. Tronçons de refoulement :

VI.4.1.1. Tronçon (SP-Réservoir Boussegassen) :

Les données du tronçon (SP-Réservoir Boussegassen) sont :

- $Q = 146,56 \text{ m}^3/\text{j}$.
- $D_{\text{int}} = 51,4 \text{ mm}$.
- $L = 2755 \text{ m}$.
- $e = 5,8 \text{ mm}$.
- $H_g = 149,65 \text{ m}$.

Tableau VI.3 : les valeurs du coup de bélier.

Dint (mm)	e (mm)	V0 (m/s)	a (m/s)	B (m)	H0 (m)	Hsp (m)	Hd (m)
51,4	5,8	0,817	353,60	29,45	159,65	179,10	120,20

VI.4.1.2. Tronçon (SP-Réservoir Ath Boulgaghezar) :

Les données du tronçon (SP-Réservoir Ath Boulgaghezar) sont :

- $Q = 1696,96 \text{ m}^3/\text{j}$.
- $D_{\text{int}} = 163,6 \text{ mm}$.
- $L = 3741 \text{ m}$.
- $e = 18,2 \text{ mm}$.
- $H_g = 114,55 \text{ m}$.

Tableau VI.4 : les valeurs du coup de bélier.

Dint (mm)	e (mm)	V0 (m/s)	a (m/s)	B (m)	H0 (m)	Hsp (m)	Hd (m)
163,6	18,2	0,93	351,25	33,30	124,55	147,85	81,25

VI.4.1.3. Tronçon (SP-Réservoir Ouehren) :

Les données du tronçon (SP-Réservoir Ouehren) sont :

- $Q = 2813,54 \text{ m}^3/\text{j}$.
- $D_{\text{int}} = 204,6 \text{ mm}$.
- $L = 5056 \text{ m}$.
- $e = 22,7 \text{ mm}$.

- Hg = 148,15 m.

Tableau VI.5 : les valeurs du coup de bélier.

Dint (mm)	e (mm)	V0 (m/s)	a (m/s)	B (m)	H0 (m)	Hsp (m)	Hd (m)
204,6	22,7	0,99	350,81	35,40	158,15	183,55	112,75

VI.4.1.4. Tronçon (SR01-Réservoir à eau Hellil) :

Les données du tronçon (SR01-Réservoir à eau Hellil) sont :

- Q = 1924,26 m³/j.
- Dint = 181,6 mm.
- L = 1213 m.
- e = 34,2 mm.
- Hg = 193,95 m.

Tableau VI.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)
181,6	34,2	0,52	447,68	23,73	203,95	217,68	170,22

VI.4.1.5. Tronçon (SR02- Réservoir Iftathen) :

Les données du tronçon (SR02- Réservoir Iftathen) sont :

- Q = 461,54 m³/j.
- Dint = 73,6 mm.
- L = 2415 m.
- e = 8,2 mm.
- Hg = 73,48 m.

Tableau VI.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)
73,6	8,2	1,256	351,50	45,00	83,48	118,48	28,48

VI.4.1.6. Tronçon Conduit (SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali)) :

Les données du tronçon (SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali)) sont :

- Q = 1453,93 m³/j.
- Dint = 130,8 mm.
- L = 1176 m.
- e = 14,6 mm.
- Hg = 142,5 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)
130,8	14,6	1,252	351,81	44,90	152,50	187,40	97,60

VI.4.1.7. Tronçon (SR03- réservoir Ait Boumaaza) :

Les données du tronçon (SR03- réservoir Ait Boumaaza) sont :

- $Q = 265,74 \text{ m}^3/\text{j}$.
- Dint = 61,4 mm.
- L = 3637 m.
- e = 6,8 mm.
- Hg = 221,03 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)
61,4	6,8	1,039	350,51	37,12	231,42	258,54	184,30

VI.4.1.8. Tronçon (SR03- Réservoir Ait Ali) :

Les données du tronçon (SR03- Réservoir Ait Ali) sont :

- $Q = 591,52 \text{ m}^3/\text{j}$.
- Dint = 90 mm.
- L = 2152 m.
- e = 10 mm.
- Hg = 121,03 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)
90	10	1,076	351,05	38,50	131,03	159,53	82,53

VI.4.1.9. Tronçon (SP- Réservoir Vouloulou) :

Les données du tronçon (SP- Réservoir Vouloulou) sont :

- $Q = 3132 \text{ m}^3/\text{j}$.
- Dint = 204,6 mm.
- L = 9251 m.
- e = 22,7 mm.
- Hg = 236,29 m.

Tableau VI.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)
204,6	22,7	1,103	350,81	39,44	246,29	275,73	196,85

VI.4.2. Tronçon gravitaire :**VI.4.2.1. Tronçon (Réservoir Boulgaghezar-Réservoir Chef-lieu) :**

Les données du tronçon (Réservoir Boulgaghezar-Réservoir Chef-lieu) sont :

- $Q = 1696,96 \text{ m}^3/\text{j}$.
- $D_{int} = 163,6 \text{ mm}$.
- $L = 409 \text{ m}$.
- $e = 18,2 \text{ mm}$.
- $H_g = 4,31 \text{ m}$.

Tableau VI.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)
163,6	18,2	0,93	351,25	33,30	14,31	37,61	-28,99

VI.4.2.2. Tronçon (SR03-Réservoir Les Tayeb) :

Les données du tronçon (SR03-Réservoir Les Tayeb) sont :

- $Q = 596,67 \text{ m}^3/\text{j}$.
- $D_{int} = 90 \text{ mm}$.
- $L = 751 \text{ m}$.
- $e = 10 \text{ mm}$.
- $H_g = 68,83 \text{ m}$.

Tableau VI.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)
90	10	1,09	351,05	39,01	78,83	107,84	29,82

VI.4.2.3. Tronçon (Réservoir Ait Ali 01- Réservoir Ait Ali 02) :

Les données du tronçon (Réservoir Ait Ali 01- Réservoir Ait Ali 02) sont :

- $Q = 591,52 \text{ m}^3/\text{j}$.
- $D_{int} = 90 \text{ mm}$.
- $L = 546 \text{ m}$.
- $e = 10 \text{ mm}$.
- $H_g = 54,79 \text{ m}$.

Tableau VI.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)
90	10	1,08	351,05	38,65	64,79	93,44	16,14

VI.4.2.4. Tronçon (Réservoir Vouloulou-Réservoir Imarzak) :

Les données du tronçon (Réservoir Vouloulou-Réservoir Imarzak) sont :

- $Q = 546,36 \text{ m}^3/\text{j}$.
- Dint = 102,2 mm.
- $L = 4513 \text{ m}$.
- $e = 11,4 \text{ mm}$.
- $H_g = 30,88 \text{ m}$.

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)
102,2	11,4	0,77	351,70	27,61	40,88	58,49	3,27

VI.4.2.5. Tronçon (Réservoir Vouloulou-Réservoir M'Elaiel) :

Les données du tronçon (Réservoir Vouloulou-Réservoir M'Elaiel) sont :

- $Q = 565,79 \text{ m}^3/\text{j}$.
- Dint = 90 mm.
- $L = 2578 \text{ m}$.
- $e = 10 \text{ mm}$.
- $H_g = 126,18 \text{ m}$.

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)
90	10	1,03	351,05	36,86	136,18	163,04	89,32

VI.4.2.6. Tronçon (Réservoir Vouloulou- Réservoir Ait Messaoud) :

Les données du tronçon (Réservoir Vouloulou- Réservoir Ait Messaoud) sont :

- $Q = 219,59 \text{ m}^3/\text{j}$.
- Dint = 51,4 mm.
- $L = 2344 \text{ m}$.
- $e = 5,8 \text{ mm}$.
- $H_g = 186,29 \text{ m}$.

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)
51,4	5,8	1,22	353,60	43,98	196,29	230,27	142,31

VI.4.2.7. Tronçon (Réservoir Vouloulou- Réservoir Aomar) :

Les données du tronçon (Réservoir Vouloulou- Réservoir Aomar) sont :

- $Q = 1799,36 \text{ m}^3/\text{j}$.
- Dint = 163,6 mm.
- $L = 4649 \text{ m}$.

- $e = 18,2$ mm.
- $H_g = 69,38$ 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)
163,6	18,2	0,99	351,25	35,45	79,38	104,83	33,93

VI.4.2.8. Tronçon (Réservoir Aomar-Réservoir Hellil) :

Les données du tronçon (Réservoir Aomar-Réservoir Hellil) sont :

- $Q = 1473,46$ m³/j.
- Dint = 120,8 mm.
- $L = 6792$ m.
- $e = 14,6$ mm.
- $H_g = 97,91$ 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)
130,8	14,6	1,27	351,81	45,54	107,91	143,45	52,37

VI.4.2.9. Tronçon (Réservoir Aomar- Brise charge) :

Les données du tronçon (Réservoir Aomar- Brise charge) sont :

- $Q = 133,64$ m³/j.
- Dint = 51,4 mm.
- $L = 2001$ m.
- $e = 5,8$ mm.
- $H_g = 41$ 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)
51,4	5,8	0,75	353,60	27,03	51	68,03	13,97

VI.4.2.10. Tronçon (Brise charge- Réservoir Iaarbithen) :

Les données du tronçon (Brise charge- Réservoir Iaarbithen) sont :

- $Q = 133,64$ m³/j.
- Dint = 40,8 mm.
- $L = 1109$ m.
- $e = 4,6$ mm.
- $H_g = 54$ 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)
40,8	4,6	1,18	353,46	42,52	64	96,52	11,48

Tableau VI.22 : Tableau récapitulatif.

	Tronçons	DN(mm)	e (mm)	V0 (m/s)	Hsp (m)	Hd (m)	PN (m)
Refolement	SP-Réservoir Boussegassen	63	5,8	0,817	179,07	120,23	160
	SP-Réservoir Ath Boulgaghzar	200	18,2	0,93	147,85	81,25	160
	SP-Réservoir Ouehren	250	22,7	0,99	183,55	112,75	160
	SR01-Réservoir à eau Hellil	250	34,2	0,52	231,87	156,03	250
	SR02- Réservoir Iftathen	90	8,2	1,356	118,48	28,48	160
	SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali)	160	14,6	1,252	187,40	97,60	160
	SR03- réservoir Ait Boumaaza	75	6,8	1,039	258,54	184,3	160
	SR03- Réservoir Ait Ali	110	10	1,076	159,53	82,53	160
	SP- Réservoir Vouloulou	250	22,7	1,103	275,73	196,85	160
Gravitaire	R Boulgaghezar-R Chef-lieu	200	18,2	0,93	37,61	-28,99	160
	SR03-R Les Tayeb	110	10	1,09	107,84	29,82	160
	R Ait Ali 01- R Ait Ali 02	110	10	1,08	93,44	16,14	160
	R Vouloulou-R Imarzak	125	11,4	0,77	58,49	3,27	160
	R Vouloulou-R M'Elaiel	110	10	1,54	163,04	89,32	160
	R Vouloulou- R Ait Messaoud	63	5,8	1,22	230,27	142,31	160
	R Vouloulou- R Aomar	200	18,2	0,99	104,83	33,93	160
	R Aomar-R Hellil	160	14,6	1,27	143,45	52,37	160
	R Aomar- Brise charge	63	5,8	0,75	68,03	13,97	160
	Brise charge- R Iarbithen	50	4,6	1,18	96,52	11,48	160

VI.4.3. Interprétation des résultats :

Les résultats des calculs concernant les variations de pression montrent que les sections suivantes (SP-Réservoir Ath Boulgaghzar, SR02- Réservoir Iftathen, SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali), SR03- Réservoir Ait Ali, SR03-R Les Tayeb, R Ait Ali 01- R Ait Ali 02, R Vouloulou-R Imarzak, R Vouloulou- R Aomar, R Aomar-R Hellil, R Aomar- Brise charge, Brise charge- R Iarbithen) 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.

En ce qui concerne les tronçons (SP-Réservoir Boussegassen, SP-Réservoir Ouehren, SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali), SR03- réservoir Ait Boumaaza, SP- Réservoir Vouloulou, R Vouloulou-R M'Elaiel, R Vouloulou- R Ait Messaoud) on enregistre une surpression excédant la limite de service pour le coup de bélier. Cependant pour le tronçon (R Boulgaghezar-R Chef-lieu) 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 de ses avantages en termes d'économie et d'efficacité.

VI.5. 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.

VI.5.1. Principes de calcul du réservoir d'air :

Voici comment procéder pour déterminer les dimensions du réservoir d'air ;

- Le temps se suivent selon les valeurs de T_f :

$$T_f = \frac{2 \times L}{a} \quad (\text{VI. 9})$$

- Variation du volume d'air :

$$\Delta U = S \times V_m \times \theta \quad (\text{VI. 10})$$

Avec ;

- ✚ S : Section de la conduite (m²).
- ✚ V_m : 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 :

$$U_i = U_{i-1} \pm \Delta U_i \quad (\text{VI. 11})$$

- ✚ $+\Delta U_i$: Lorsque le réservoir d'air se vide.
- ✚ $-\Delta U_i$: Lorsque le réservoir d'air se remplit.

- La pression dans le réservoir est donnée par la loi de Poisson :

$$(Z_0 + S_0) \times U_0^{1.4} = Z \times U^{1.4} \quad (\text{VI. 12})$$

- ✚ S_0 : Pertes de charges dans la conduite en régime de fonctionnement normal.
- ✚ Z_0 : Pression absolue.
- ✚ V : Volume d'air initial.
- ✚ Z : Pression dans le réservoir d'air.

- La vitesse dans la tubulure :
- ✓ Cas de la montée d'air :

$$\frac{V1}{Vf} = \frac{D^2}{d'^2} = K \quad (VI.13)$$

- ✚ VI : 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 :

$$\frac{V2}{Ff} = 2 \times \frac{D^2}{d^2} \quad (VI.14)$$

- Calcul des pertes de charges :
- ✓ Cas de monté de l'eau :

$$\Delta h1 = C \times \frac{V^2}{2 * g} \quad (VI.15)$$

$$C = f(m') \quad (VI.16)$$

Avec :

$$m' = \frac{(0.92*d)^2}{\phi} \quad (VI.17)$$

La valeur de (C) est lue sur l'abaque (Annexe (VI.1))

- ✓ Cas de descente :

$$\Delta h2 = C' \times \frac{V^2}{2 * g} \quad (VI.18)$$

$$C' = f(m'') \quad (VI.19)$$

Avec :

$$m'' = \frac{1}{2} \times \frac{d^2}{\phi^2} \quad (VI.20)$$

La valeur de (C') est lue sur l'abaque (Annexe (VI.1))

VI.5.2. Tronçons par refoulement :

VI.5.2.1. Application de calcul pour le tronçon (SP-Réservoir Boussegassen) :

On dispose d'une tuyère de $d=13$ mm de diamètre est intégré dans une conduite ayant un diamètre de 26 mm.

➤ **Les caractéristiques de la tuyère ;**

✓ Montée de l'eau ;

$$K = \frac{V_1}{V_f} = \frac{D^2}{d^2} = \frac{D^2}{(0.92 \times d)^2} = \frac{0.0514^2}{(0.92 \times 0.013)^2} = V_1 = 18,47 V_f$$

Alors ; $K = 18.47$

$$m' = \frac{(0.92 \times d)^2}{\phi^2} = \frac{(0.92 \times 0,013)^2}{0.026^2} = 0.212$$

En se référant à l'annexe (VI.1), on peut calculer le coefficient de perte de charge « c » dans la tuyère, obtenant ainsi la valeur $c=0.63$.

D'où ;

$$\Delta h_1 = 0.63 \times \frac{V^2}{2 \times g} = 10.96 V_f^2$$

✓ Descente de l'eau ;

$$K' = \frac{V_2}{V_f} = \frac{2 \times D^2}{d^2} = \frac{2 \times 0.0514^2}{0.013^2} = 31.27$$

$$V_2 = K' \times V_f = 31,27 V_f$$

Par ailler ;

$$m'' = \frac{1}{2} \times \frac{d^2}{\phi^2} = \frac{1}{2} \times \frac{0.013^2}{0.026^2} = 0.125$$

En se référant à l'annexe (VI.1), on peut calculer le coefficient de perte de charge « c' » dans la tuyère, obtenant ainsi la valeur $c' = 0,78$.

$$\Delta h_2 = C' \times \frac{V^2}{2 \times g} = 0,78 \times \frac{31,27^2}{2 \times g} = 38.87 V_f^2$$

✓ Variation du volume d'aire ;

$$\Delta u = S \times V_m \times \phi$$

$$\phi = \frac{2 \times L}{a} = \frac{2 \times 2755}{353.28} = 15.59 \text{ s}$$

$$S = 3.14 \times 0.0257^2 = 0.0021 \text{ m}^2$$

$$\Delta u = 0.0021 \times 15.59 \times V_m$$

➤ Résultats de calcul du réservoir d'air ;

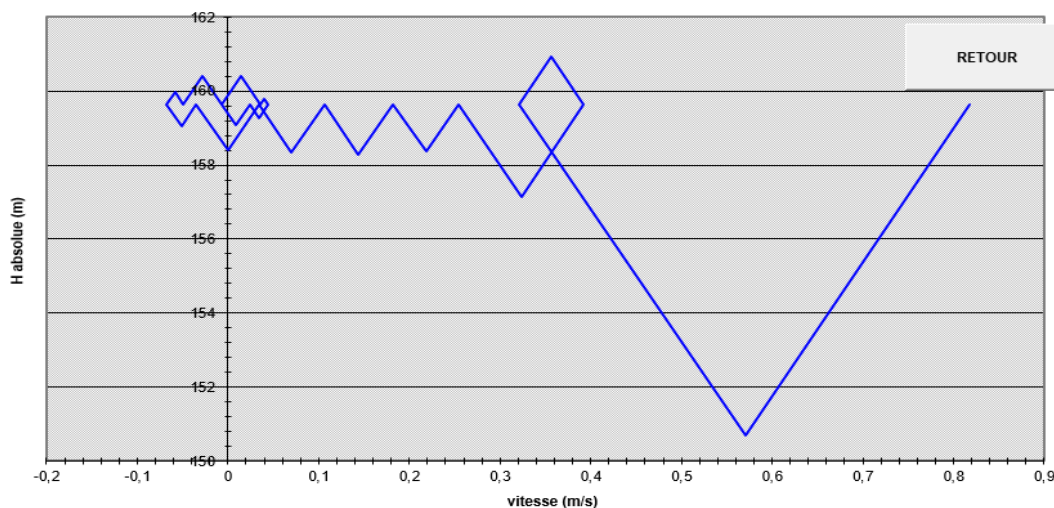
Le tableau (VI.23) présente les résultats du calcul du réservoir d'air pour la section SP-réservoir Boussegassen selon la méthode de BERGERON. La figure (VI.6) illustre le profil de BERGERON.

Tableau VI.23 : Calcul du réservoir d'air du tronçon SP-Réservoir Boussegassen.

Données de l'Adduction			Données du Réservoir d'air		
Diametre	0.0514	m	Volume U _a	0.33	m ³
Débit	0.001696	m ³ /s	K PDC entr	10.96	VF ²
H géomet	149.65	m	K PDC sort	38.87	VF ²
Long. Cond.	2755	m	Exposant	1.2	
coef. K	83				
Epaisseur e	0.0058	m			
C Haz Will	150				
Résultats des variations du volume d'air			Résultats des pressions		
U _{max}	0.3976104	m ³	Surpression	10.781193	m
U _{min}	0.33	m ³	Dépression	1.2445669	m
Résultats			Pression de l'air		
Vitesse	0.8177677	m/s	pres. air Z	52.374433	/U ⁴
Section	0.0020739	m ²			
Célérité a	353.60487	m/s			
B	29.476722	m			
H _{max}	179.12672	m			
H _{min}	120.17328	m			
periode θ	15.582365	s			
H ₀	159.65	m			
PDC δ	38.458271	m			
a/g	36.045348	s			

temps	ΔU	U	Z	Δh1 ; Δh2	Z-Δh ; Z+Δh	δ	Z -> Δh -> δ	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	0.33	198.10827	0	198.10827	38.458271	159.65	0.8177677	0	0	
15.582365	0.02243	0.35243	183.07618	12.644989	170.43119	19.732972	150.69822	0.56942	0.6940657	0.5703638	-0.0009438
31.164729	0.0149804	0.3674104	174.15565	4.9464647	169.20919	8.2743351	160.93485	0.3567177	0.4635471	0.3567305	-1.274E-05
46.747094	0.0109866	0.378397	168.10558	4.0602164	164.04537	6.8917983	157.15357	0.323105	0.3399637	0.323197	-9.201E-05
62.329459	0.0087536	0.3871506	163.55484	1.8564217	161.69842	3.3389551	158.35946	0.2180437	0.2708685	0.2185401	-0.0004963
77.911823	0.0058623	0.393013	160.63164	0.8089675	159.82267	1.647249	158.27542	0.144106	0.1814021	0.1442641	-0.0001581
93.494188	0.0034625	0.3964754	158.94974	0.1905577	158.75919	0.4056212	158.35356	0.0700046	0.1071408	0.0700174	-1.282E-05
109.07655	0.001135	0.3976104	158.40543	1.93E-06	158.40543	9.623E-06	158.40542	-0.0004903	0.0351201	0.0002229	-0.0007131
124.65892	-0.0008265	0.3957839	158.80145	0.0289228	158.83037	0.2285826	159.05896	-0.0514156	-0.0255739	-0.0513706	-4.494E-05
140.24128	-0.0017746	0.3950093	159.65796	0.0374522	159.69541	0.2903851	159.9858	-0.0584967	-0.0549136	-0.0584566	-4.019E-05
155.82365	-0.0013946	0.3936147	160.33699	0.0084998	160.34549	0.0735475	160.41904	-0.0278454	-0.0431525	-0.0278484	2.945E-06
171.40601	-0.0002127	0.393402	160.44102	0.0083826	160.43264	0.0224835	160.41016	0.0145788	-0.0065815	0.0146853	-0.0001065
186.98838	0.0008817	0.3942837	160.01059	0.0618198	159.94877	0.143021	159.80575	0.0399885	0.0272827	0.0398801	0.0001084
202.57074	0.001192	0.3954757	159.43204	0.0446359	159.3874	0.105785	159.28161	0.0340893	0.0368836	0.0338872	0.0002022

Figure VI.8 : Epure de BERGERON pour le tronçon SP-Réservoir Boussegassen.

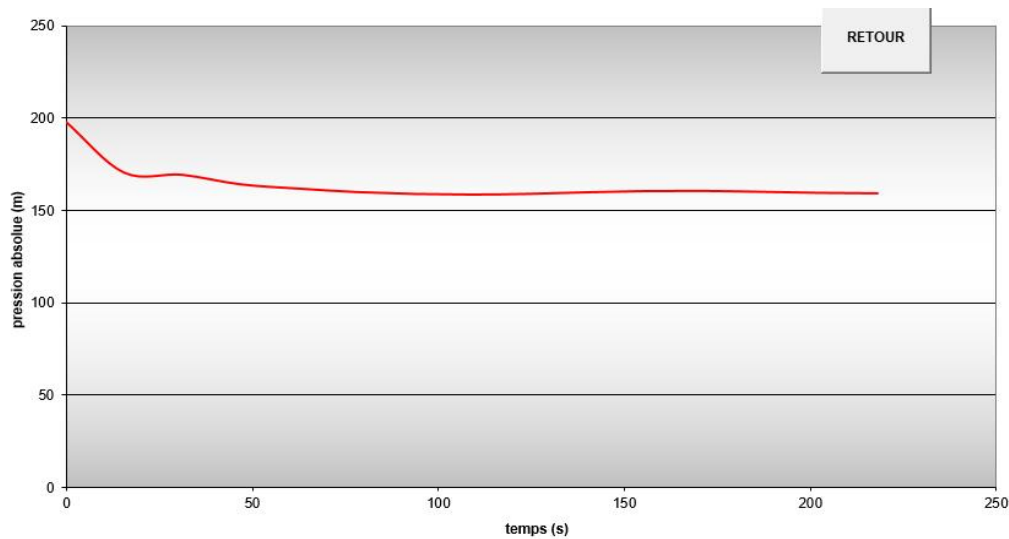


➤ Interprétation de résultats ;

On a enregistré une dépression maximale de 1,24 m, (volume d'aire de 0,39 m³). Et une surpression de 10,78 m (volume d'aire de 0,33 m³).

D'autre part, la figure (VI.7) indique de manière évidente que le phénomène du coup de bélier s'est amorti en fonction du temps.

Figure VI.9 : Variation de pression absolue pour le tronçon SP-Réservoir Boussegassen.



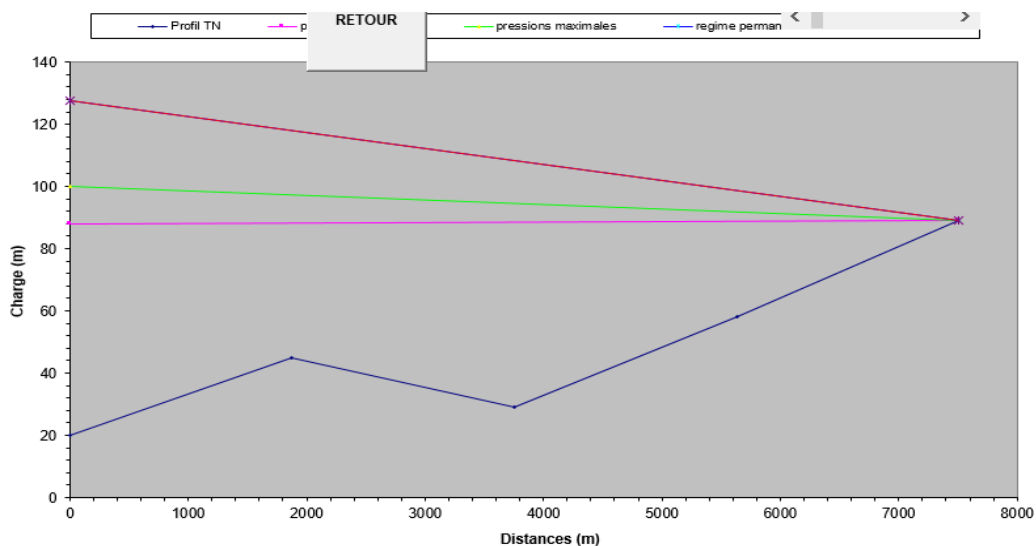
➤ **Dimensionnement du réservoir d'air ;**

Le calcul du volume total du réservoir anti bélier pour le tronçon SP-Réservoir Boussegassen ;

$$V_t = 1,2 \times U_{max} = 1,2 \times 0,39 = 0,468 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de volume normalisé de 500 l.

Figure VI.10 : Profil de pressions pour le tronçon SP-Réservoir Boussegassen.



VI.5.2.2. Application de calcul pour le tronçon (SP-Réservoir Ouehren) :

On dispose d'une tuyère de d=51 mm de diamètre est intégré dans une conduite ayant un diamètre de 102 mm.

➤ Les caractéristiques de la tuyère ;

✓ Montée de l'eau ;

$K = 19,03$
 $V_1 = 19,03 V_f$
 $m' = 0.212$
 $C = 0.63$
 $\Delta h_1 = 11,63 V_f^2$

✓ Descente de l'eau ;

$K' = 32,19$
 $V_2 = 32,19 V_f$
 $m'' = 0.125$
 $C' = 0.78$
 $\Delta h_2 = 41.19 V_f^2$

✓ Variation du volume d'air ;

$\phi = 28.82 \text{ s}$
 $S = 0.033 \text{ m}^2$
 $\Delta u = 0.95 V_m$

➤ Résultats de calcul du réservoir d'air ;

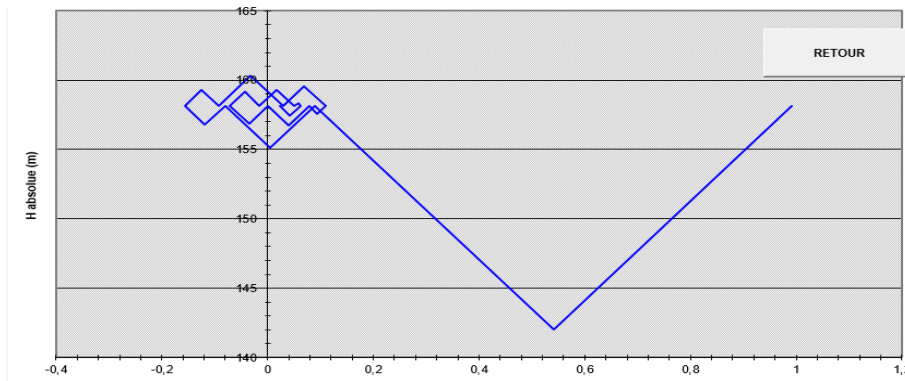
Le tableau (VI.24) présente les résultats du calcul du réservoir d'air pour la section SP-réservoir Ouehren selon la méthode de BERGERON. La figure (VI.7) illustre le profil de BERGERON.

Tableau VI.24 : Calcul du réservoir d'air du tronçon SP-Réservoir Ouehren.

Données de l'Adduction		Résultats		Données du Réservoir d'air	
Diamètre	0,2046 m	Vitesse	0,9909616 m/s	Volume U ₁	8 m ³
Débit	0,032564 m ³ /s	Section	0,032951 m ²	K PDC entr	11,63 V _f ²
H géomet	148,15 m	Célérité a	350,80874 m/s	K PDC sort	41,19 V _f ²
Long. Con	5056 m	Ø	35,437105 m	Exposant	1,2
coef. K	83	Hmax	183,5871 m	Pression de l'air	
Epaisseur	0,0227 m	Hmin	112,7129 m	pres. air Z	2161,666 kJ ²
C Haz Will	150	periode Ø	28,824823 s	Résultats des pressions	
Résultats des variations du volume d'air		HØ	158,15 m	Supressio	2,1609818 m
Umax	8,9838277 m ³	PDC Ø	20,120966 m	Dépressio	9,5568746 m
Umin	8 m ³	a/g	35,76032 s		

temps	ΔU	U	Z	Δh1 ; Δh2	Z-Δh ; Z+Δh	Ø	Z -> Δh -> Ø	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	0	8	178,27097	0	178,27097	20,120966	158,15	0,9909616	0	0
28,824823	0,7254205	8,7254205	160,63677	12,043645	148,59313	6,5529404	142,04019	0,5404675	0,7658474	0,5407332	-0,0002658
57,649646	0,2584072	8,9838277	155,10825	0,000982	155,10727	0,0010723	155,1062	0,0048566	0,2728079	0,0048826	-2,601E-05
86,474469	-0,0537577	8,9300699	156,2294	0,1630078	156,39241	0,3933053	156,78572	-0,1184109	-0,0567536	-0,1183898	-2,109E-05
115,29929	-0,1152251	8,8148448	158,68322	0,1814374	158,86468	0,4343161	159,29897	-0,1244319	-0,1216465	-0,1249032	0,0004713
144,12412	-0,0741223	8,7407225	160,29937	0,0116154	160,31098	0,0340759	160,34836	-0,0309197	-0,0782531	-0,0311603	0,0008833
172,94894	0,0180314	8,7587538	159,90344	0,198964	159,70348	0,1473452	159,55613	0,0897839	0,0180363	0,0896755	0,0001084
201,77376	0,0776015	8,8363554	158,21979	0,3653258	157,85446	0,2574521	157,59701	0,0936412	0,0819262	0,0941769	-0,0005357
230,59859	-0,063283	8,8998383	156,87068	0,0640795	156,8066	0,0513661	156,75523	0,0391741	0,0688097	0,0394424	-0,0002683
259,42341	0,0020074	8,9016458	156,82823	0,0144132	156,84264	0,0416136	156,88425	-0,0352244	0,0021193	-0,0352038	-2,061E-05
288,24823	-0,0507193	8,8509265	157,90727	0,0601023	157,96737	0,1561269	158,1235	-0,0713608	-0,0535458	-0,0718879	0,0005271
317,07305	-0,0547137	8,7962127	159,08665	0,0221466	159,1088	0,0819412	159,17074	-0,0435581	-0,0577629	-0,0436379	7,984E-05
345,89788	-0,0123482	8,7838646	159,35506	0,0127087	159,34235	0,0114829	159,33086	0,0180074	-0,0130363	0,0175653	0,0004421
374,7227	0,0355071	8,8193717	158,58548	0,1357421	158,44974	0,1029315	158,34681	0,0565325	0,0374859	0,0574065	-0,000874
403,54752	0,0471901	8,8665618	157,57318	0,0734689	157,49971	0,0582997	157,44141	0,0422212	0,04982	0,0422334	-1,221E-05

Figure VI.11 : Epure de BERGERON pour le tronçon SP-Réservoir Ouehren.

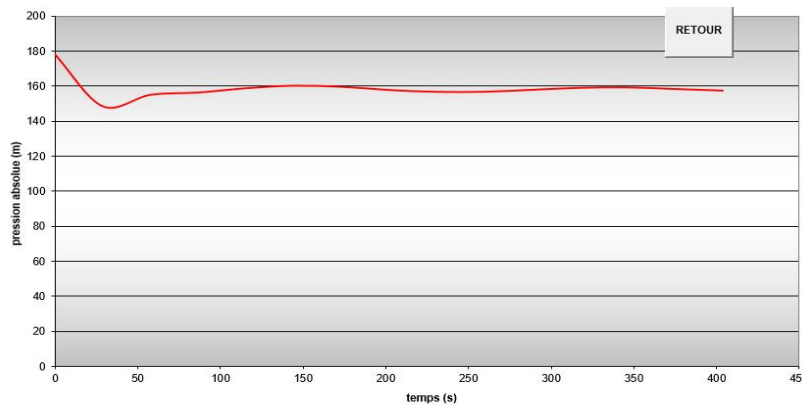


➤ **Interprétation de résultats ;**

On a enregistré une dépression maximale de 9,55 m, (volume d'aire de 8,98 m³). Et une surpression de 2,16 m (volume d'aire de 8 m³).

D'autre part, la figure (VI.10) indique de manière évidente que le phénomène du coup de bélier s'est amorti en fonction du temps.

Figure VI.12 : Variation de pression absolue pour le tronçon SP-Réservoir Ouehren



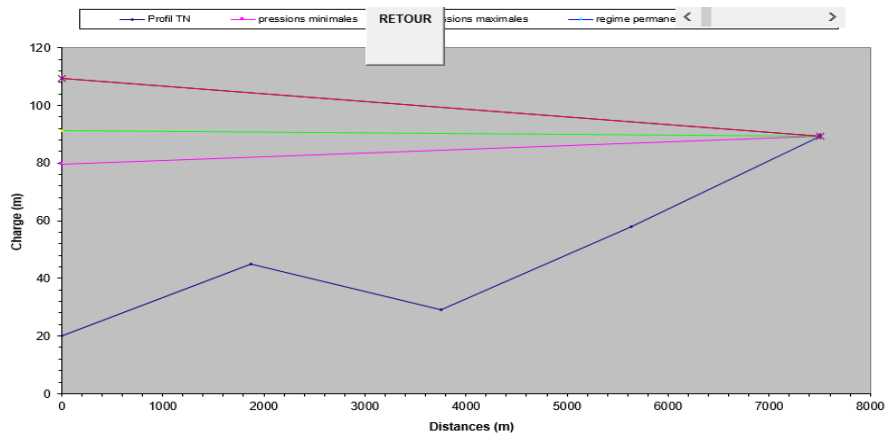
➤ **Dimensionnement du réservoir d'air ;**

Le calcul du volume total du réservoir anti bélier pour le tronçon SP-Réservoir Ouhren ;

$$V_t = 1,2 \times U_{max} = 1,2 \times 8,98 = 10,78 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de volume normalisé de 11000 l.

Figure VI.13 : Profil de pressions pour le tronçon SP-Réservoir Ouehren



VI.5.2.3. Application de calcul pour le tronçon (SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali)) :

On dispose d'une tuyère de $d=32$ mm de diamètre est intégré dans une conduite ayant un diamètre de 65 mm.

➤ **Les caractéristiques de la tuyère ;**

✓ Montée de l'eau ;

$$K=19,74$$

$$V_1= 19,74 V_f.$$

$$m' = 0,212.$$

$$C=0,63.$$

$$\Delta h_1 = 12,51 V_f^2.$$

✓ Descente de l'eau ;

$$K' = 33,42.$$

$$V_2= 33,42 V_f.$$

$$m'' = 0,125.$$

$$C' = 0,78.$$

$$\Delta h_2 = 44,39 V_f^2.$$

✓ **Variation du volume d'aire ;**

$$\phi = 6,90 \text{ s.}$$

$$S = 0,021 \text{ m}^2.$$

$$\Delta u = 0,145 V_m.$$

➤ **Résultats de calcul du réservoir d'air ;**

Le tableau (VI.26) présente les résultats du calcul du réservoir d'air pour la section SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali) selon la méthode de BERGERON. La figure (VI.9) illustre le profil de BERGERON.

Tableau VI.25 : Calcul du réservoir d'air du tronçon SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali).

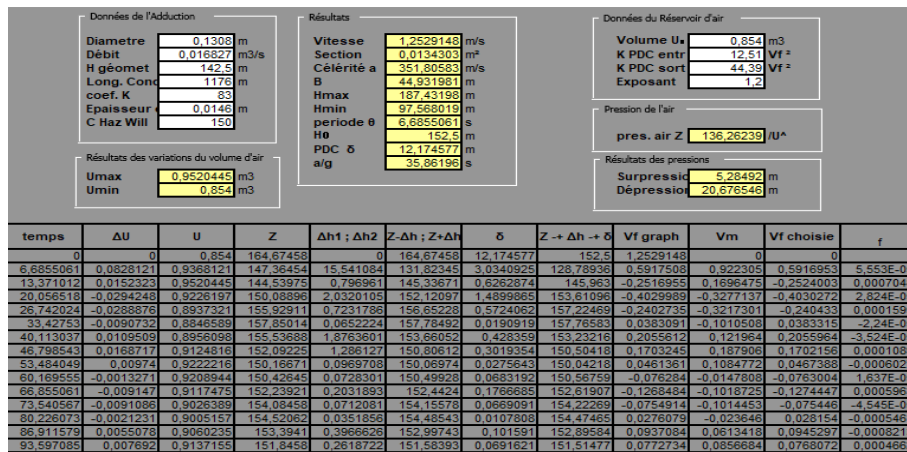
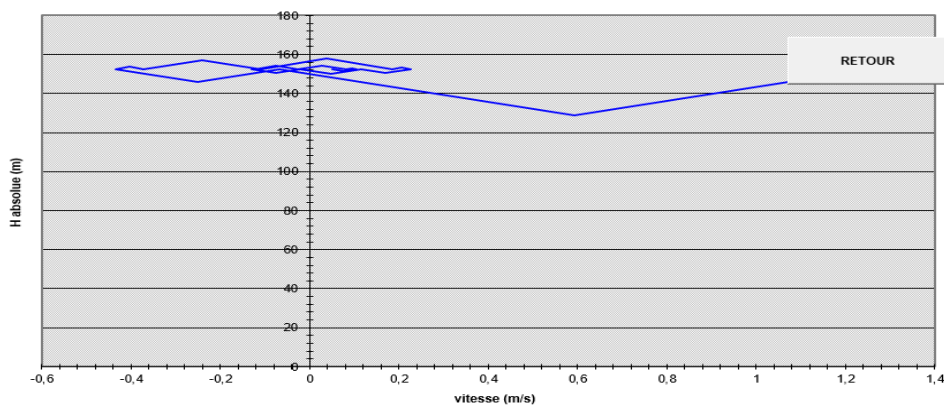


Figure VI.14 : Epure de BERGERON pour le tronçon SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali).

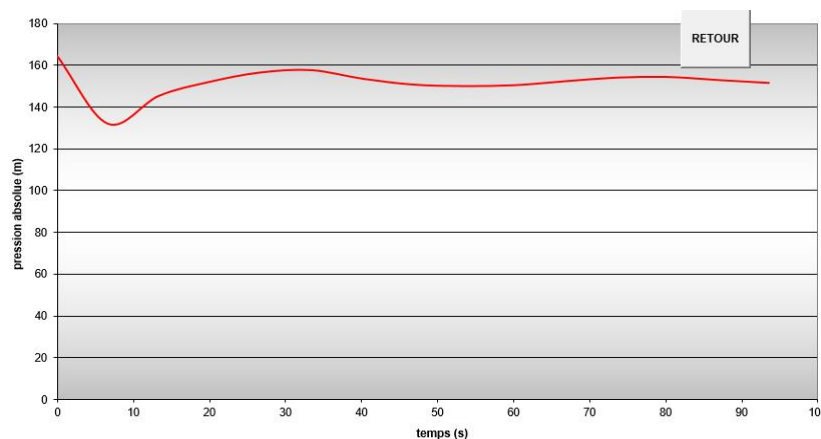


➤ **Interprétation de résultats ;**

On a enregistré une dépression maximale de 20,67 m, (volume d'aire de 0,95 m³). Et une surpression de 5,28 m (volume d'aire de 0,85 m³).

D'autre part, la figure (VI.16) indique de manière évidente que le phénomène du coup de bélier s'est amorti en fonction du temps.

Figure VI.15 : Variation de pression absolue pour le tronçon SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali)



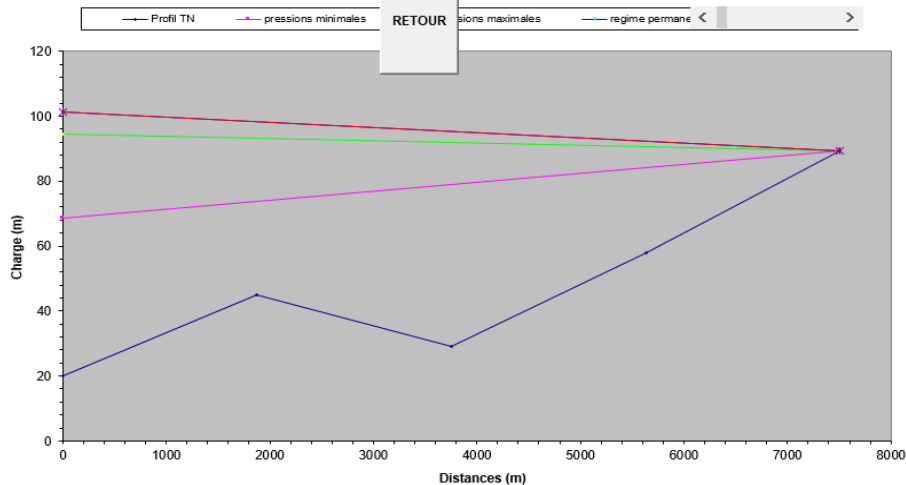
➤ **Dimensionnement du réservoir d'air ;**

Le calcul du volume total du réservoir anti béliér pour le tronçon SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali) ;

$$V_t = 1,2 \times U_{max} = 1,2 \times 0,95 = 1,14 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de volume normalisé de 1200 l.

Figure VI.16 : Profil de pressions pour le tronçon SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali)



VI.5.2.4. Application de calcul pour le tronçon (SR03- réservoir Ait Boumaaza) :

On dispose d'une tuyère de d=16 mm de diamètre est intégré dans une conduite ayant un diamètre de 31 mm.

➤ **Les caractéristiques de la tuyère ;**

✓ Montée de l'eau ;

K= 17,40.

V1= 17,40V_f.

m' = 0,212.

C= 0,63.

$\Delta h_1 = 9,72 V_f^2$.

✓ Descente de l'eau ;

K' = 29,45

V₂ = 29,45 V_f.

m' = 0,125.

C' = 0,78.

$\Delta h_2 = 34,49 V_f^2$.

✓ Variation du volume d'aire ;

$\phi = 20,75 \text{ s}$.

S = 0,0029 m²

$\Delta u = 0,0614 V_m$.

➤ Résultats de calcul du réservoir d'air ;

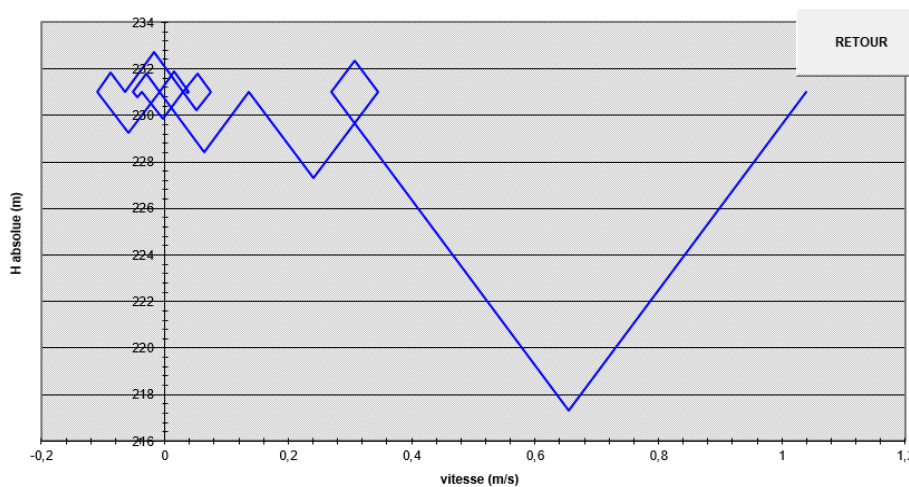
Le tableau (VI.27) présente les résultats du calcul du réservoir d'air pour la section SR03- réservoir Ait Boumaaza selon la méthode de BERGERON. La figure (VI.10) illustre le profil de BERGERON.

Tableau VI.26 : Calcul du réservoir d'air du tronçon SR03- réservoir Ait Boumaaza.

Données de l'Adduction		Résultats		Données du Réservoir d'air	
Diamètre	0,0614 m	Vitesse	1,0390554 m/s	Volume U _a	0,456 m ³
Débit	0,003075 m ³ /s	Section	0,0029554 m ²	K PDC entr	9,72 V ²
H géomet	221,03 m	Célérité a	350,51305 m/s	K PDC sort	34,49 V ²
Long. Cond	3637 m	B	37 125636 m	Exposant	1,2
coef. K	83	Hmax	258,15564 m	Pression de l'air	
Epaisseur	0,0068 m	Hmin	183,90436 m	pres. air Z	
C Haz Will	150	periode θ	20,752437 s	115,09756 /U ^α	
Résultats des variations du volume d'air		hθ	231,03 m	Résultats des pressions	
Umax	0,5639205 m ³	PDC δ	64,300502 m	Suppression	
Umin	0,456 m ³	a/g	35,730178 s	Dépression	
				13,608197 m	
				2,2264599 m	

temps	ΔU	U	Z	Δh1 ; Δh2	Z-Δh ; Z+Δh	δ	Z → Δh → δ	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	0,456	295,3305		295,3305	64,300502	231,03	1,0390554	0	0	
20,752437	0,0520145	0,5080145	259,42674	14,788547	244,6382	27,343026	217,29517	0,6548513	0,8469334	0,6548113	-0,00016
41,504874	0,029562	0,5375766	242,40285	3,2693828	239,13347	6,759131	232,37434	0,3078719	0,4813473	0,3078834	-1,148E-05
62,257311	0,018856	0,5544325	233,58647	2,0037969	231,58267	4,2954837	227,28719	0,2407447	0,2744592	0,2410351	-0,0002904
83,009749	0,009355	0,5637875	228,94311	0,1395671	228,80354	0,3643885	228,43915	0,0634812	0,152324	0,0636129	-0,0001317
103,76219	0,000133	0,5639205	228,8783	0,0341583	228,91246	0,3197705	229,23223	-0,0593454	0,002166	-0,059231	-6,446E-05
124,51462	-0,0045056	0,558415	231,05217	0,074324	231,16649	0,6588802	231,82337	-0,087456	-0,0733628	-0,0874443	-1,174E-05
145,26706	-0,003224	0,556191	232,70055	0,0029925	232,70354	0,0335448	232,73709	-0,0174743	-0,0524952	-0,0175462	7,182E-05
166,0195	0,0010665	0,5572575	232,16621	0,0942625	232,07195	0,2533574	231,81859	0,0523735	0,0173662	0,0522785	9,498E-05
186,77193	0,0031982	0,5604557	230,5773	0,0928037	230,4845	0,2497244	230,23477	0,0521876	0,0520754	0,0518724	0,0003152
207,52437	0,0014963	0,5619521	229,84073	9,607E-05	229,84083	0,001389	229,84222	-0,003312	0,0243643	-0,0031438	-0,0001682
228,27681	-0,0014501	0,560502	230,55445	0,0188843	230,57334	0,1847098	230,75805	-0,0441654	-0,0236107	-0,0440775	-6,886E-05
249,02925	-0,0022886	0,5582134	231,68919	0,0090123	231,6982	0,0931109	231,79131	-0,0304705	-0,0372637	-0,0304489	-2,081E-05
269,78168	-0,0004711	0,5577424	231,92402	0,0078741	231,91615	0,0254317	231,89072	0,0149261	-0,0076702	0,0151096	-0,0001835
290,53412	0,0015923	0,5593348	231,13199	0,0465628	231,08542	0,131856	230,95357	0,0368763	0,0259262	0,0367429	0,0001335

Figure VI.17 : Epure de BERGERON pour le tronçon SR03- réservoir Ait Boumaaza.

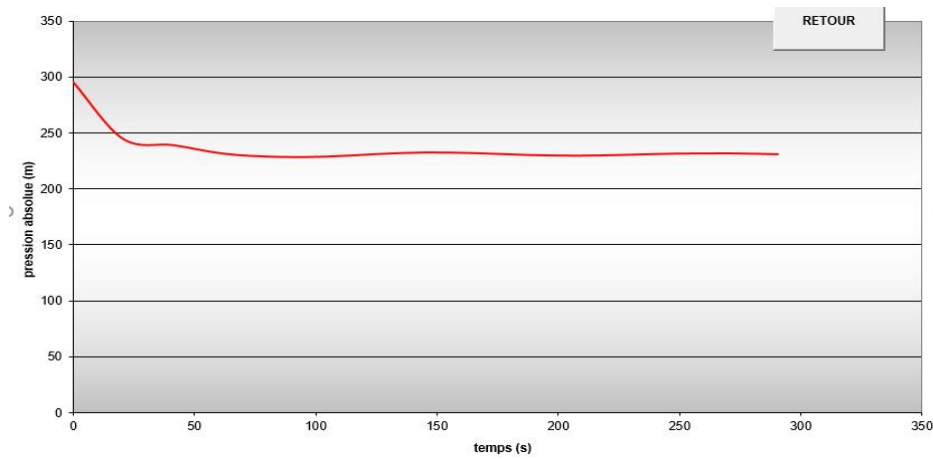


➤ Interprétation de résultats ;

On a enregistré une dépression maximale de 2,22 m, (volume d'aire de 0,56 m³). Et une surpression de 13.61 m (volume d'aire de 0,45 m³).

D'autre part, la figure (VI.19) indique de manière évidente que le phénomène du coup de bélier s'est amorti en fonction du temps.

Figure VI.18 : Variation de pression absolue pour le tronçon SR03- réservoir Ait Boumaaza.



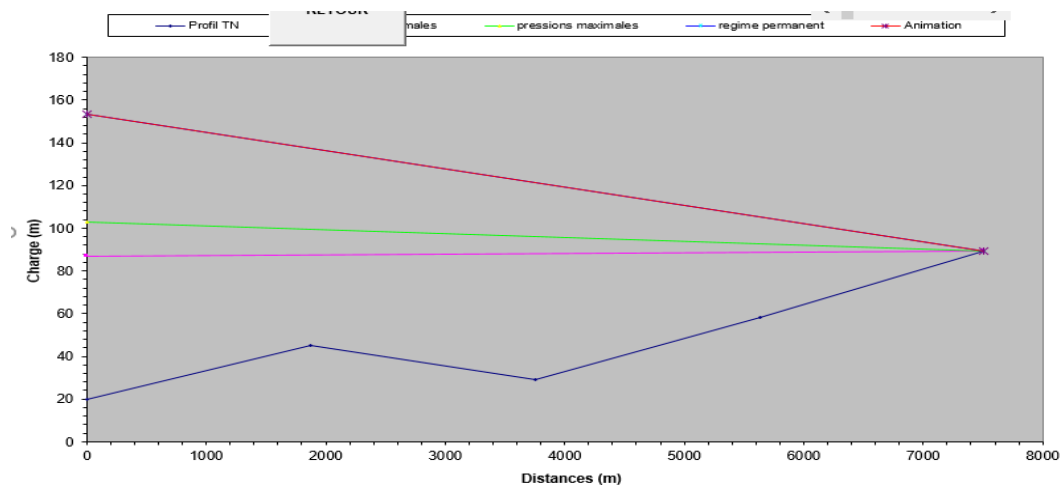
➤ Dimensionnement du réservoir d'air ;

Le calcul du volume total du réservoir anti béliers pour le tronçon SR03- réservoir Ait Boumaaza ;

$$V_t = 1,2 \times U_{max} = 1,2 \times 0,56 = 0,672 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de volume normalisé de 700 l.

Figure VI.19 : Profil de pressions pour le tronçon SR03- réservoir Ait Boumaaza



VI.5.2.5. Application de calcul pour le tronçon (SP- Réservoir Vouloulou) :

On dispose d'une tuyère de d=51 mm de diamètre est intégré dans une conduite ayant un diamètre de 102 mm.

➤ Les caractéristiques de la tuyère ;

✓ Montée de l'eau ;

$$K= 19,03$$

$$V_1= 19,03 V_f.$$

$$m' = 0.212.$$

C= 0.63

$\Delta h_1 = 11,63 V_f^2$.

✓ Descente de l'eau ;

$K' = 32,19$.

$V_2 = 32,19 V_f$.

$m'' = 0.125$

$C' = 0.78$.

$\Delta h_2 = 41.19 V_f^2$.

✓ Variation du volume d'air ;

$\phi = 28.82 s$.

$S = 0.033 m^2$.

$\Delta u = 0.95 V_m$

➤ Résultats de calcul du réservoir d'air ;

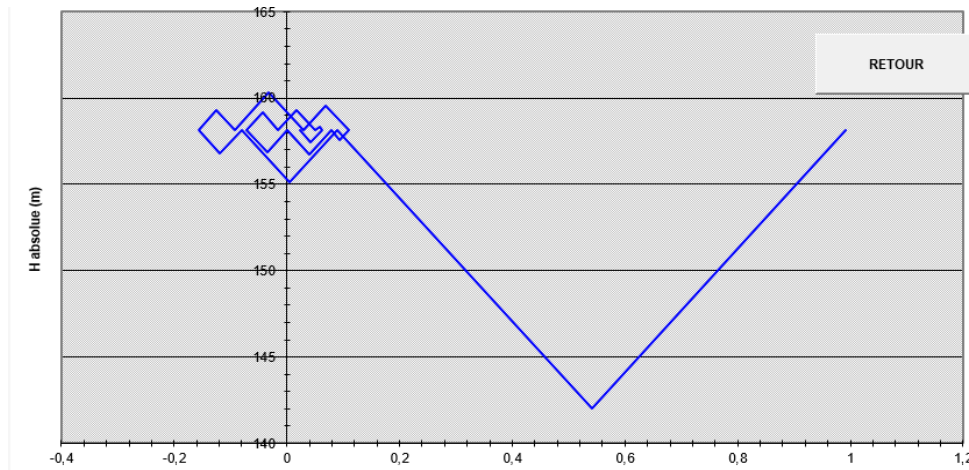
Le tableau (VI.24) présente les résultats du calcul du réservoir d'air pour la section SP- Réservoir Vouloulou selon la méthode de BERGERON. La figure (VI.7) illustre le profil de BERGERON.

Tableau VI.27 : Calcul du réservoir d'air du tronçon SP- Réservoir Vouloulou.

Données de l'Adduction		Résultats		Données du Réservoir d'air	
Diametre	0,2046 m	Vitesse	1,103131 m/s	Volume U	8 m3
Débit	0,03625 m3/s	Section	0,032661 m²	K PDC entr	11,63 Vf²
H géomet	236,29 m	Célérité a	350,80874 m/s	K PDC sort	41,19 Vf²
Long. Cond.	9251 m	B	39,448319 m	Exposant	1,2
coef. K	83	Hmax	275,73632 m	Pression de l'air	
Epaisseur e	0,0227 m	Hmin	196,84168 m	pres. air Z	
C Haz Will	150	periode θ	52,740989 s	résultats des pressions	
Résultats des variations du volume d'air		Hθ	246,29 m	Surpression	6,1408025 m
Umax	9,5005906 m3	PDC θ	44,903332 m	Dépression	13,870437 m
Umin	8 m3	a/g	35,76032 s		

temps	ΔU	U	Z	Δh1; Δh2	Z-Δh; Z+Δh	θ	Z + Δh + θ	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	8	291,19333	0	291,19333	44,903332	246,29	1,103131	0	0	
52,740989	1,3575255	9,3575255	241,26604	8,8464729	232,41956	9,0104224	223,40914	0,4632917	0,7832832	0,4634354	-0,0001437
105,48198	0,1430651	9,5005906	236,91289	1,0351492	237,94804	3,9856497	241,93369	-0,2983674	0,0825476	-0,2983401	-2,734E-08
158,22297	-0,4445664	9,0560343	250,93645	0,535958	251,4724	2,1666134	253,63902	-0,2146796	-0,2565061	-0,2146721	-7,578E-08
210,96395	-0,0675415	9,9884927	253,20085	0,770051	252,4308	0,9396217	251,49118	0,1362735	-0,038971	0,13673	-0,0004566
263,70494	0,262145	9,2506377	244,81518	1,1320505	243,48313	1,3425044	242,14062	0,1656862	0,1512558	0,1657819	-9,57E-05
316,44593	0,0869623	9,3376	241,88297	0,0497868	241,93376	0,2399573	242,17372	-0,0654544	0,0501767	-0,0654288	-2,589E-05
369,18692	-0,1668901	9,1707499	247,17446	0,1879181	247,36238	0,8209208	248,1833	-0,127816	-0,0862714	-0,1271143	-0,0005037
421,92791	-0,0866188	9,0841311	250,00537	0,0303785	249,97499	0,047088	249,92791	0,0270564	-0,0499785	0,0271573	-0,0001011
474,6689	0,1124657	9,1965968	246,34108	0,4338223	245,90725	0,5523149	245,35494	0,1026398	0,064892	0,1026266	1,2E-08
527,40989	0,0880058	9,2846026	243,54175	1,329E-05	243,54177	0,0001178	243,54188	-0,0003576	0,0507788	-0,0010691	0,0007115
580,15088	-0,0701596	9,214443	245,76866	0,0742351	245,8429	0,3473688	246,19027	-0,0799948	-0,0404816	-0,0798941	-0,0001007
632,89186	-0,085757	9,128688	248,54183	0,0042287	248,54605	0,0244608	248,57052	-0,0190115	-0,0494812	-0,0190683	5,673E-05
685,63285	0,0379051	9,1665911	247,30903	0,1624996	247,14653	0,222477	246,92406	0,0624914	0,021871	0,0628102	-0,0001833

Figure VI.20 : Epure de BERGERON pour le tronçon SP- Réservoir Vouloulou.

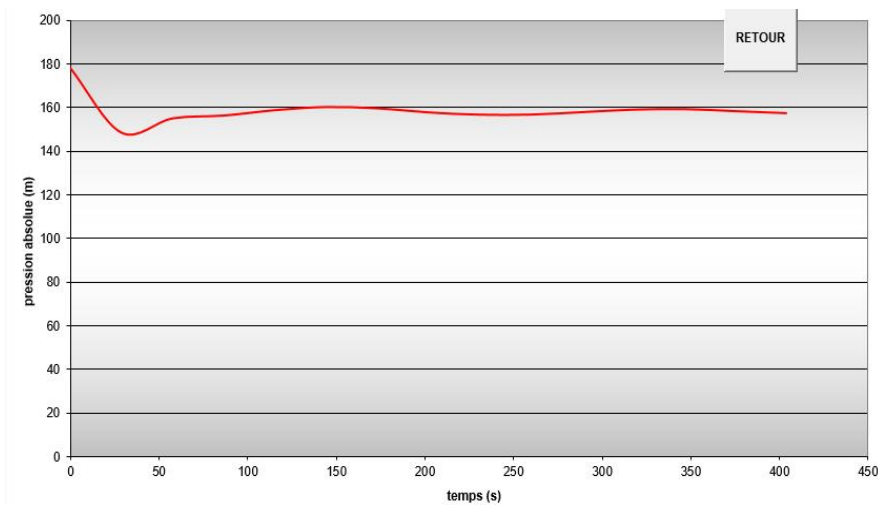


➤ **Interprétation de résultats ;**

On a enregistré une dépression maximale de 13,87 m, (volume d'aire de 9,50 m³). Et une surpression de 6,14 m (volume d'aire de 8 m³).

D'autre part, la figure (VI.22) indique de manière évidente que le phénomène du coup de bélier s'est amorti en fonction du temps.

Figure VI.21 : Variation de pression absolue pour le tronçon SP- Réservoir Vouloulou.



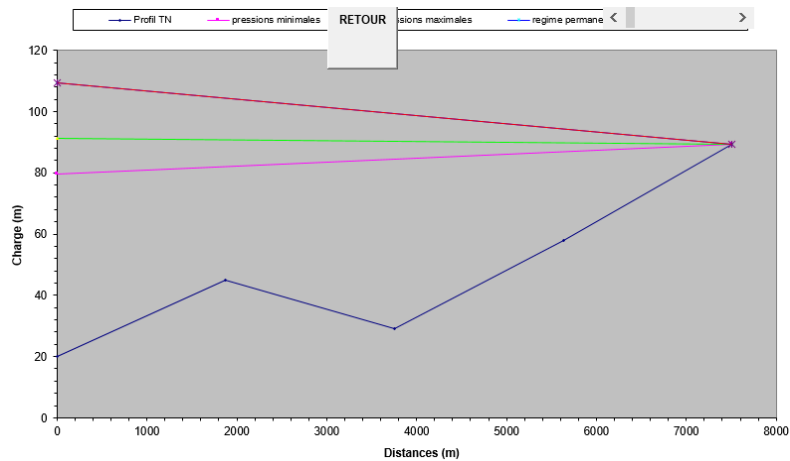
➤ **Dimensionnement du réservoir d'air ;**

Le calcul du volume total du réservoir anti bélier pour le tronçon SP-Réservoir Vouloulou ;

$$V_t = 1,2 \times U_{max} = 1,2 \times 9,50 = 11,14 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de volume normalisé de 11000 l.

Figure VI.22 : Profil de pressions pour le tronçon SP- Réservoir Vouloulou.



VI.5.3. Tronçons gravitaire :

Le tableau (VI.28) ci-dessous présente la période de retour de l'onde de déformation pour le tronçon (Réservoir Vouloulou-Réservoir M'Elaiel) ;

Tableau VI.28 : Valeur du temps de retour de l'onde de déformation.

Réservoir Vouloulou-Réservoir M'Elaiel	L (m)	a (m/s)	Tr
	2578	351,50	14,67

La vérification de la valeur du coup de bélier sera effectuée en cas de surpression et de dépression, pourvu que la vanne ferme en 14 secondes.

Le tableau (VI.29) ci-dessous présente la période de retour de l'onde de déformation pour le tronçon (Réservoir Vouloulou- Réservoir Ait Messaoud) ;

Tableau VI.29 : Valeur du temps de retour de l'onde de déformation.

Réservoir Vouloulou- Réservoir Ait Messaoud	L (m)	a (m/s)	Tr
	2344	353,60	13,26

La vérification de la valeur du coup de bélier sera effectuée en cas de surpression et de dépression, pourvu que la vanne ferme en 13 secondes.

VI. Conclusion :

L'objectif de ce chapitre consiste à exposer les méthodes et les structures liées à l'installation des conduites, ainsi que les dispositifs de protection visant à assurer la durabilité de ces installations

La protection des installations hydraulique contre le phénomène du coup de bélier est d'une importance considérable. Dans ce chapitre, on a opté pour la protection contre les régimes transitoires à la sortie de (SP-Réservoir Boussegassen, SP-Réservoir Ouehren, SR02(Hellil)-SR03(Ait Ali), SR03- réservoir Ait Boumaaza, SP- Réservoir Vouloulou) en installant des réservoirs d'air d'une capacité de ; 500l, 11000l, 1200l, 700l, 11000l , respectivement.

Conclusion Générale

Conclusion générale

A travers l'étude que nous avons présenté, nous estimons avoir identifié les diverses étapes impliquées dans la réalisation d'un projet visant à améliorer l'approvisionnement en eau potable de la commune de *FRIKAT*. Assurer la satisfaction des besoins en eau de la population jusqu'en 2048.

Les éléments fondamentaux qui conduisent à la concrétisation de ce projet en eau potable sont ;

- ❖ L'analyse des besoins en eau pour la région étudiée d'ici 2048 indique un débit calculé de 4211,95 m³/j.
- ❖ Les besoins en eau estimés pour la zone I examinée dans l'étude sont significativement supérieurs aux ressources actuelles, ce qui rend nécessaire l'envisagement d'un transfert de 2151,36 m³/j de la conduite de refoulement à partir de la station de pompage Tizi Larbaa (Transfert Tizi Ghenif).
- ❖ Pour la conception des conduites d'adduction par refoulement, nous avons opté pour des diamètres économiques tout en maintenant des vitesses appropriées. Dans le cas de l'adduction gravitaire, nous avons introduit des vannes afin d'augmenter les pertes de charge.
- ❖ Pour garantir le transport de l'eau jusqu'au réservoir, nous avons identifié les spécifications des pompes qui correspondent à chaque station de pompage dans le cadre de notre projet. A cette fin parmi les produits disponibles sur le marché, nous avons choisi ;
- ❖ Une évaluation du risque d'apparition du phénomène du coup de bélier a été effectuée, révélant que 06 tronçons par refoulement sont susceptibles d'être affectés par ce phénomène. Par conséquent nous avons conçu des réservoirs d'air pour les tronçons respectivement. Pour ce qui est des deux tronçons d'adduction gravitaire, l'utilisation des vannes à fermeture lente a été préconisée.

Références bibliographiques

- [1] : PDAU de la commune de FRIKAT, Mars 2018.
- [2] : Référence Web.
- [3] : Bonnin, J. : « Hydraulique urbaine », Collection de la direction des études et recherche d'électricité de France, Edition Eyrolles 1977.
- [4] : VALIRON F., « Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement Tome 1, » Edition technique et documentation Lavoisier, 1994
- [5] : DUPONT, A. : Hydraulique urbaine. Tome II, Ouvrages de transport Élévation et distribution des eaux, Edition Eyrolles, 1979.
- [6] : François G.Brière Distribution et collecte des eaux 571 pages. 2012
- [7] : RASSOUL YUCEF : “ALIMENTATION EN EAU POTABLE DU SECTEUR OUSSAMA (WILAYA DE BEJAIA) “Mémoire de fin d'étude UAMB 2019.
- [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] : SAOUDI, S : “ Dimensionnement du réseau d'AEP de la cité BEN YOUB, BARAKI (W. Alger) “Mémoire de fin d'étude ENSH 2022
- [10] : B. SALAH « Cours d'Alimentation en Eau Potable », cinquième année, p.11, 27, 29,72, 78, 78a, 140.
- [11] : Adduction et Distribution eau potable Tube PEHD, Groupe CHIALI.
- [12] : Armando LENCASTRE « HYDRAULIQUE GÉNÉRALE » Édition revue et augmentée, 1991.

Annexe III.1 : Régime de consommation des agglomérations.

Heures	COEFFICIENT DE VARIATION MAXIMALE HORAIRE DE LA CONSOMMATION (KMAX h)											
	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,7	1,8	1,9	2	2,5
00_01	3,5	3,35	3,2	3	2,5	2	1,5	1	0,9	0,85	0,75	0,6
01_02	3,45	3,25	3,25	3,2	2,65	2,1	1,5	1	0,9	0,85	0,75	0,6
02_03	3,45	3,3	2,9	2,5	2,2	1,85	1,5	1	0,9	0,85	1	1,2
03_04	3,4	3,2	2,9	2,6	2,25	1,9	1,5	1	1	1	1	1,2
04_05	3,4	3,25	3,35	3,5	3,2	2,85	2,5	2	1,35	2,7	3	3,5
05_06	3,55	3,4	3,75	4,1	3,9	3,7	3,5	3	3,85	4,7	5,5	3,5
06_07	4	3,85	4,15	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5,2	5,35	5,5	4,5
07_08	4,4	4,45	4,65	4,9	5,1	5,3	5,5	6,5	6,2	5,85	5,5	10,2
08_09	5	5,2	5,05	4,9	5,35	5,8	6,25	6,5	5,5	4,5	3,5	8,8
09_10	4,8	5,05	5,4	5,6	5,85	6,05	6,25	5,5	5,85	4,2	3,5	6,5
10_11	4,7	4,85	4,85	4,9	5,35	5,8	6,25	4,5	5	5,5	6	4,1
11_12	4,55	4,6	4,6	4,7	5,25	5,7	6,25	5,5	6,5	7,5	8,5	4,1
12_13	4,55	4,6	4,5	4,4	4,6	4,8	5	7	7,5	7,9	8,5	3,5
13_14	4,45	4,55	4,3	4,1	4,4	4,7	5	7	6,7	6,35	6	3,5
14_15	4,6	4,75	4,4	4,1	4,6	5,05	5,5	5,5	5,35	5,2	5	4,7
15_16	4,6	4,7	4,55	4,4	4,6	5,3	6	4,5	4,65	4,8	5	6,2
16_17	4,6	4,65	4,5	4,3	4,9	5,45	6	5	4,5	4	3,5	10,4
17_18	4,3	4,35	4,25	4,1	4,6	5,05	5,5	6,5	5,5	4,5	3,5	9,4
18_19	4,35	4,4	4,45	4,5	4,7	4,85	5	6,5	6,3	6,2	6	7,3
19_20	4,25	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5,35	5,7	6	1,6
20_21	4,25	4,3	4,4	4,5	4,4	4,2	4	4,5	5	5,5	6	1,6
21_22	4,15	4,2	4,5	4,8	4,2	3,6	3	3	3	3	3	1
22_23	3,9	3,75	4,2	4,6	3,7	2,85	2	2	2	2	2	0,6
23_24	3,8	3,7	3,5	3,3	2,7	2,1	1,5	1	1	1	1	0,6
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Annexe III.2 : Capacité du réservoir Boussewassen.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
00_01	5,00	0,6	4,40		4,40
01_02	5,00	0,6	4,40		8,80
02_03	5,00	1,2	3,80		12,60
03_04	5,00	1,2	3,80		16,40
04_05	5,00	3,5	1,50		17,90
05_06	5,00	3,5	1,50		19,40
06_07	5,00	4,5	0,50		19,90
07_08	5,00	10,5		-5,5	14,40
08_09	5,00	8,8		-3,8	10,60
09_10	5,00	6,5		-1,5	9,10
10_11	5,00	4,1	0,90		10,00
11_12	5,00	4,1	0,90		10,90

12_13	5,00	3,5	1,50		12,40
13_14	5,00	3,5	1,50		13,90
14_15	5,00	4,7	0,30		14,20
15_16	5,00	6,2		-1,2	13,00
16_17	5,00	10,5		-5,5	7,50
17_18	0,00	9,5		-9,5	-2,00
18_19	0,00	7,3		-7,3	-9,30
19_20	0,00	1,6		-1,6	-10,90
20_21	0,00	1,6		-1,6	-12,50
21_22	5,00	1	4,00		-8,50
22_23	5,00	0,6	4,40		-4,10
23_24	5,00	0,6	4,40		0
Total	100	100			

Annexe III.3 : Capacité du réservoir Ath Boulgaghezar.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
00_01	5	4,17	0,83		0,83
01_02	5	4,17	0,83		1,67
02_03	5	4,17	0,83		2,50
03_04	5	4,17	0,83		3,33
04_05	5	4,17	0,83		4,17
05_06	5	4,17	0,83		5,00
06_07	5	4,17	0,83		5,83
07_08	5	4,17	0,83		6,67
08_09	5	4,17	0,83		7,50
09_10	5	4,17	0,83		8,33
10_11	5	4,17	0,83		9,17
11_12	5	4,17	0,83		10,00
12_13	5	4,17	0,83		10,83
13_14	5	4,17	0,83		11,67
14_15	5	4,17	0,83		12,50
15_16	5	4,17	0,83		13,33
16_17	5	4,17	0,83		14,17
17_18	0	4,17		-4,2	10,00
18_19	0	4,17		-4,2	5,83
19_20	0	4,17		-4,2	1,67
20_21	0	4,17		-4,2	-2,50
21_22	5	4,17	0,83		-1,67
22_23	5	4,17	0,83		-0,83
23_24	5	4,17	0,83		0
Total	100	100			

Annexe III.4 : Capacité du réservoir Chef-lieu.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
00_01	5	1,50	3,50		3,50
01_02	5	1,50	3,50		7,00
02_03	5	1,50	3,50		10,50
03_04	5	1,50	3,50		14,00
04_05	5	2,50	2,50		16,50
05_06	5	3,50	1,50		18,00
06_07	5	4,50	0,50		18,50
07_08	5	5,50		-0,50	18,00
08_09	5	6,25		-1,25	16,75
09_10	5	6,25		-1,25	15,50
10_11	5	6,25	-1,25		14,25
11_12	5	6,25	-1,25		13,00
12_13	5	5,00	0,00		13,00
13_14	5	5,00	0,00		13,00
14_15	5	5,50		-0,50	13,00
15_16	5	6,00		-1,00	12,00
16_17	5	6,00		-1,00	11,00
17_18	0	5,50		-5,50	5,50
18_19	0	5,00		-5,00	0,50
19_20	0	4,50		-4,50	-4,00
20_21	0	4,00		-4,00	-8,00
21_22	5	3,00	2,00		-6,00
22_23	5	2,00	3,00		-3,00
23_24	5	1,50	3,50		0,5
Total	100	100			

Annexe III.5 : Capacité du réservoir Ouehren.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)		Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
		Refoulement	Distribution			
00_01	5	3,42	0,47	1,11		1,11
01_02	5	3,42	0,47	1,11		2,21
02_03	5	3,42	0,47	1,11		3,32
03_04	5	3,42	0,47	1,11		4,43
04_05	5	3,42	0,79	0,79		5,22
05_06	5	3,42	1,11	0,47		5,69
06_07	5	3,42	1,42	0,16		5,85
07_08	5	3,42	1,74		-0,16	5,69
08_09	5	3,42	1,98		-0,40	5,29
09_10	5	3,42	1,98		-0,40	4,90
10_11	5	3,42	1,98		-0,40	4,50
11_12	5	3,42	1,98		-0,40	4,11

12_13	5	3,42	1,58	0,00		4,11
13_14	5	3,42	1,58	0,00		4,11
14_15	5	3,42	1,74		-0,16	3,95
15_16	5	3,42	1,90		-0,32	3,64
16_17	5	3,42	1,90		-0,32	3,32
17_18	0	0,00	1,74		-1,74	1,58
18_19	0	0,00	1,58		-1,58	0,00
19_20	0	0,00	1,42		-1,42	-1,42
20_21	0	0,00	1,26		-1,26	-2,69
21_22	5	3,42	0,95	0,63		-2,05
22_23	5	3,42	0,63	0,95		-1,11
23_24	5	3,42	0,47	1,11		0,00
Total	100	68,39	31,61	100		

Annexe III.6 : capacité du réservoir Hellil.

Heure	Apport (%)		Sortie (%)			Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
	Refoulemet	Zone 2	SR 03 (Ait Ali)	R-Ifetathen	Distribution			
00_01	2,83	1,81	0	1,20	0,003	3,44		3,44
01_02	2,83	1,81	0	1,20	0,003	3,44		6,87
02_03	2,83	1,81	3,78	0,00	0,01	0,86		7,73
03_04	2,83	1,81	3,78	0,00	0,01	0,86		8,58
04_05	2,83	1,81	3,78	0,00	0,02	0,84		9,43
05_06	2,83	1,81	3,78	0,00	0,02	0,84		10,27
06_07	2,83	1,81	3,78	1,20	0,02		-0,360	9,91
07_08	2,83	1,81	3,78	1,20	0,05		-0,387	9,52
08_09	2,83	1,81	3,78	1,20	0,04		-0,379	9,15
09_10	2,83	1,81	3,78	1,20	0,03		-0,369	8,78
10_11	2,83	1,81	3,78	1,20	0,02		-0,358	8,42
11_12	2,83	1,81	3,78	1,20	0,02		-0,358	8,06
12_13	2,83	1,81	3,78	1,20	0,02		-0,355	7,71
13_14	2,83	1,81	3,78	1,20	0,02		-0,355	7,35
14_15	2,83	1,81	3,78	1,20	0,02		-0,361	6,99
15_16	2,83	1,81	3,78	1,20	0,03		-0,367	6,62
16_17	2,83	1,81	3,78	1,20	0,05		-0,387	6,24
17_18	0,00	1,81	3,78	1,20	0,04		-3,214	3,02
18_19	0,00	1,81	3,78	1,20	0,03		-3,204	-0,18
19_20	0,00	1,81	3,78	1,20	0,01		-3,178	-3,36
20_21	0,00	1,81	3,78	1,20	0,01		-3,178	-6,54
21_22	2,83	1,81	3,78	1,20	0,005		-0,344	-6,88
22_23	2,83	1,81	0	1,20	0,003	3,436		-3,44
23_24	2,83	1,81	0	1,20	0,003	3,4		0,0
Total	56,63	43,37	75,56	23,99	0,46	100		

Annexe III.7 : Capacité du réservoir Ifetathen.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
-------	------------	------------	-------------	------------	-----------

00_01	5	1,50	3,50		3,50
01_02	5	1,50	3,50		7,00
02_03	5	1,50	3,50		10,50
03_04	5	1,50	3,50		14,00
04_05	5	2,50	2,50		16,50
05_06	5	3,50	1,50		18,00
06_07	5	4,50	0,50		18,50
07_08	5	5,50		-0,50	18,00
08_09	5	6,25		-1,25	16,75
09_10	5	6,25		-1,25	15,50
10_11	5	6,25		-1,25	14,25
11_12	5	6,25		-1,25	13,00
12_13	5	5,00		0,00	13,00
13_14	5	5,00		0,00	13,00
14_15	5	5,50		-0,50	12,50
15_16	5	6,00		-1,00	11,50
16_17	5	6,00		-1,00	10,50
17_18	0	5,50		-5,50	5,00
18_19	0	5,00		-5,00	0,00
19_20	0	4,50		-4,50	-4,50
20_21	0	4,00		-4,00	-8,50
21_22	5	3,00	2,00		-6,50
22_23	5	2,00	3,00		-3,50
23_24	5	1,50	3,50		0,00
Total	100	100			

Annexe III.8 : Capacité du réservoir Ait Ali avec (SR 03)

Heure	Apport (%)	Sortie (%)			Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
		R-Ait Ali	R-Ait Boumaaza	R-Tayeb			
00_01	5	0	0,914	1,71	2,376		2,38
01_02	5	0	0,914	1,71	2,376		4,75
02_03	5	2,034	0	1,71	1,256		6,01
03_04	5	2,034	0	1,71	1,256		7,26
04_05	5	2,034	0	1,71	1,256		8,52
05_06	5	2,034	0	1,71	1,256		9,78
06_07	5	2,034	0,914	1,71	0,342		10,12
07_08	5	2,034	0,914	1,71	0,342		10,46
08_09	5	2,034	0,914	1,71	0,342		10,80
09_10	5	2,034	0,914	1,71	0,342		11,14
10_11	5	2,034	0,914	1,71	0,342		11,49
11_12	5	2,034	0,914	1,71	0,342		11,83

12_13	5	2,034	0,914	1,71	0,342		12,17
13_14	5	2,034	0,914	1,71	0,342		12,51
14_15	5	2,034	0,914	1,71	0,342		12,85
15_16	5	2,034	0,914	1,71	0,342		13,20
16_17	5	2,034	0,914	1,71	0,342		13,54
17_18	0	2,034	0,914	1,71		-4,658	8,88
18_19	0	2,034	0,914	1,71		-4,658	4,22
19_20	0	2,034	0,914	1,71		-4,658	-0,44
20_21	0	2,034	0,914	1,71		-4,658	-5,09
21_22	5	2,034	0,914	1,71	0,342		-4,75
22_23	5	0	0,914	1,71	2,376		-2,38
23_24	5	0	0,914	1,71	2,376		0
Total	100	40,68	18,28	41,04	100		

Annexe III.9 : Capacité du réservoir Tayeb.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
00_01	5	1,50	3,50		3,50
01_02	5	1,50	3,50		7,00
02_03	5	1,50	3,50		10,50
03_04	5	1,50	3,50		14,00
04_05	5	2,50	2,50		16,50
05_06	5	3,50	1,50		18,00
06_07	5	4,50	0,50		18,50
07_08	5	5,50		-0,50	18,00
08_09	5	6,25		-1,25	16,75
09_10	5	6,25		-1,25	15,50
10_11	5	6,25		-1,25	14,25
11_12	5	6,25		-1,25	13,00
12_13	5	5,00		0,00	13,00
13_14	5	5,00		0,00	13,00
14_15	5	5,50		-0,50	12,50
15_16	5	6,00		-1,00	11,50
16_17	5	6,00		-1,00	10,50
17_18	0	5,50		-5,50	5,00
18_19	0	5,00		-5,00	0,00
19_20	0	4,50		-4,50	-4,50
20_21	0	4,00		-4,00	-8,50
21_22	5	3,00	2,00		-6,50
22_23	5	2,00	3,00		-3,50
23_24	5	1,50	3,50		0,00
Total	100	100			

Annexe III.10 : capacité du réservoir Ait Boumaaza.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
00_01	5	1,50	3,50		3,50
01_02	5	1,50	3,50		7,00
02_03	5	1,50	3,50		10,50
03_04	5	1,50	3,50		14,00
04_05	5	2,50	2,50		16,50
05_06	5	3,50	1,50		18,00
06_07	5	4,50	0,50		18,50
07_08	5	5,50		-0,50	18,00
08_09	5	6,25		-1,25	16,75
09_10	5	6,25		-1,25	15,50
10_11	5	6,25		-1,25	14,25
11_12	5	6,25		-1,25	13,00
12_13	5	5,00		0,00	13,00
13_14	5	5,00		0,00	13,00
14_15	5	5,50		-0,50	12,50
15_16	5	6,00		-1,00	11,50
16_17	5	6,00		-1,00	10,50
17_18	0	5,50		-5,50	5,00
18_19	0	5,00		-5,00	0,00
19_20	0	4,50		-4,50	-4,50
20_21	0	4,00		-4,00	-8,50
21_22	5	3,00	2,00		-6,50
22_23	5	2,00	3,00		-3,50
23_24	5	1,50	3,50		0,00
Total	100	100			

Annexe III.11 : Capacité du réservoir Ait Ali 01

Heure	Apport (%)	Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
00_01	5	4,17	0,83		0,83
01_02	5	4,17	0,83		1,67
02_03	5	4,17	0,83		2,50
03_04	5	4,17	0,83		3,33
04_05	5	4,17	0,83		4,17
05_06	5	4,17	0,83		5,00
06_07	5	4,17	0,83		5,83
07_08	5	4,17	0,83		6,67
08_09	5	4,17	0,83		7,50
09_10	5	4,17	0,83		8,33
10_11	5	4,17	0,83		9,17
11_12	5	4,17	0,83		10,00

12_13	5	4,17	0,83		10,83
13_14	5	4,17	0,83		11,67
14_15	5	4,17	0,83		12,50
15_16	5	4,17	0,83		13,33
16_17	5	4,17	0,83		14,17
17_18	0	4,17		-4,2	10,00
18_19	0	4,17		-4,2	5,83
19_20	0	4,17		-4,2	1,67
20_21	0	4,17		-4,2	-2,50
21_22	5	4,17	0,83		-1,67
22_23	5	4,17	0,83		-0,83
23_24	5	4,17	0,83		0
Total	100	100			

Annexe III.12 : Capacité du réservoir Ait Ali 02.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
00_01	5	1,50	3,50		3,50
01_02	5	1,50	3,50		7,00
02_03	5	1,50	3,50		10,50
03_04	5	1,50	3,50		14,00
04_05	5	2,50	2,50		16,50
05_06	5	3,50	1,50		18,00
06_07	5	4,50	0,50		18,50
07_08	5	5,50		-0,50	18,00
08_09	5	6,25		-1,25	16,75
09_10	5	6,25		-1,25	15,50
10_11	5	6,25		-1,25	14,25
11_12	5	6,25		-1,25	13,00
12_13	5	5,00		0,00	13,00
13_14	5	5,00		0,00	13,00
14_15	5	5,50		-0,50	12,50
15_16	5	6,00		-1,00	11,50
16_17	5	6,00		-1,00	10,50
17_18	0	5,50		-5,50	5,00
18_19	0	5,00		-5,00	0,00
19_20	0	4,50		-4,50	-4,50
20_21	0	4,00		-4,00	-8,50
21_22	5	3,00	2,00		-6,50
22_23	5	2,00	3,00		-3,50
23_24	5	1,50	3,50		0,00
Total	100	100			

Annexe III.13 : Capacité du réservoir au niveau du piquage Tizi Ghenif.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
-------	------------	------------	-------------	------------	-----------

00_01	4,17	5		-0,83	-0,83
01_02	4,17	5		-0,83	-1,67
02_03	4,17	5		-0,83	-2,50
03_04	4,17	5		-0,83	-3,33
04_05	4,17	5		-0,83	-4,17
05_06	4,17	5		-0,83	-5,00
06_07	4,17	5		-0,83	-5,83
07_08	4,17	5		-0,83	-6,67
08_09	4,17	5		-0,83	-7,50
09_10	4,17	5		-0,83	-8,33
10_11	4,17	5		-0,83	-9,17
11_12	4,17	5		-0,83	-10,00
12_13	4,17	5		-0,83	-10,83
13_14	4,17	5		-0,83	-11,67
14_15	4,17	5		-0,83	-12,50
15_16	4,17	5		-0,83	-13,33
16_17	4,17	5		-0,83	-14,17
17_18	4,17	0	4,17		-10,00
18_19	4,17	0	4,17		-5,83
19_20	4,17	0	4,17		-1,67
20_21	4,17	0	4,17		2,50
21_22	4,17	5		-0,83	1,67
22_23	4,17	5		-0,83	0,83
23_24	4,17	5		-0,83	0,00
Total	100	100			

Annexe III.14 : Capacité du réservoir Vouloulou.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)				Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
		R-Imarzak	R-Aomar	R-M'elaiel	R-Ait Messaoud			
00_01	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		0,83
01_02	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		1,67
02_03	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		2,50
03_04	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		3,33
04_05	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		4,17
05_06	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		5,00
06_07	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		5,83
07_08	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		6,67
08_09	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		7,50
09_10	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		8,33
10_11	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		9,17
11_12	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		10,00
12_13	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		10,83
13_14	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		11,67
14_15	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		12,50
15_16	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		13,33
16_17	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		14,17
17_18	0	0,73	2,39	0,75	0,29		-4,17	10,00
18_19	0	0,73	2,39	0,75	0,29		-4,17	5,83

19_20	0	0,73	2,39	0,75	0,29		-4,17	1,67
20_21	0	0,73	2,39	0,75	0,29		-4,17	-2,50
21_22	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		-1,67
22_23	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		-0,83
23_24	5	0,73	2,39	0,75	0,29	0,83		0,0
Total	100	17,45	57,47	18,07	7,01	100		

Annexe III.15 : Capacité du réservoir Imarzak.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
00_01	4,17	0,6	3,57		3,57
01_02	4,17	0,6	3,57		7,13
02_03	4,17	1,2	2,97		10,10
03_04	4,17	1,2	2,97		13,07
04_05	4,17	3,5	0,67		13,73
05_06	4,17	3,5	0,67		14,40
06_07	4,17	4,5		-0,33	14,07
07_08	4,17	10,5		-6,33	7,73
08_09	4,17	8,8		-4,63	3,10
09_10	4,17	6,5		-2,33	0,77
10_11	4,17	4,1	0,07		0,83
11_12	4,17	4,1	0,07		0,90
12_13	4,17	3,5	0,67		1,57
13_14	4,17	3,5	0,67		2,23
14_15	4,17	4,7		-0,53	1,70
15_16	4,17	6,2		-2,03	-0,33
16_17	4,17	10,5		-6,33	-6,67
17_18	4,17	9,5		-5,33	-12,00
18_19	4,17	7,3		-3,13	-15,13
19_20	4,17	1,6	2,57		-12,57
20_21	4,17	1,6	2,57		-10,00
21_22	4,17	1	3,17		-6,83
22_23	4,17	0,6	3,57		-3,27
23_24	4,17	0,6	3,57		0
Total	100	100			

Annexe III.16 : Capacité du réservoir M'Elaiel.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
00_01	4,17	0,6	3,57		3,57
01_02	4,17	0,6	3,57		7,13
02_03	4,17	1,2	2,97		10,10
03_04	4,17	1,2	2,97		13,07

04_05	4,17	3,5	0,67		13,73
05_06	4,17	3,5	0,67		14,40
06_07	4,17	4,5		-0,33	14,07
07_08	4,17	10,5		-6,33	7,73
08_09	4,17	8,8		-4,63	3,10
09_10	4,17	6,5		-2,33	0,77
10_11	4,17	4,1	0,07		0,83
11_12	4,17	4,1	0,07		0,90
12_13	4,17	3,5	0,67		1,57
13_14	4,17	3,5	0,67		2,23
14_15	4,17	4,7		-0,53	1,70
15_16	4,17	6,2		-2,03	-0,33
16_17	4,17	10,5		-6,33	-6,67
17_18	4,17	9,5		-5,33	-12,00
18_19	4,17	7,3		-3,13	-15,13
19_20	4,17	1,6	2,57		-12,57
20_21	4,17	1,6	2,57		-10,00
21_22	4,17	1	3,17		-6,83
22_23	4,17	0,6	3,57		-3,27
23_24	4,17	0,6	3,57		0
Total	100	100			

Annexe III.17 : Capacité du réservoir Ait Messaoud.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)		Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
		Distribution 01	Distribution 02			
00_01	4,17	0,38	0,22	3,57		3,57
01_02	4,17	0,38	0,22	3,57		7,13
02_03	4,17	0,77	0,43	2,97		10,10
03_04	4,17	0,77	0,43	2,97		13,07
04_05	4,17	2,23	1,27	0,67		13,73
05_06	4,17	2,23	1,27	0,67		14,40
06_07	4,17	2,87	1,63		-0,33	14,07
07_08	4,17	6,70	3,80		-6,33	7,73
08_09	4,17	5,61	3,19		-4,63	3,10
09_10	4,17	4,15	2,35		-2,33	0,77
10_11	4,17	2,62	1,48		0,07	0,83
11_12	4,17	2,62	1,48		0,07	0,90
12_13	4,17	2,23	1,27		0,67	1,57
13_14	4,17	2,23	1,27		0,67	2,23
14_15	4,17	3,00	1,70		-0,53	1,70
15_16	4,17	3,96	2,24		-2,03	-0,33
16_17	4,17	6,70	3,80		-6,33	-6,67
17_18	4,17	6,06	3,44		-5,33	-12,00

18_19	4,17	4,66	2,64		-3,13	-15,13
19_20	4,17	1,02	0,58		2,57	-12,57
20_21	4,17	1,02	0,58		2,57	-10,00
21_22	4,17	0,64	0,36	3,17		-6,83
22_23	4,17	0,38	0,22	3,57		-3,27
23_24	4,17	0,38	0,22	3,57		0
Total	100	63,6	36,09	100		

Annexe III.18 : Capacité du réservoir Aomar.

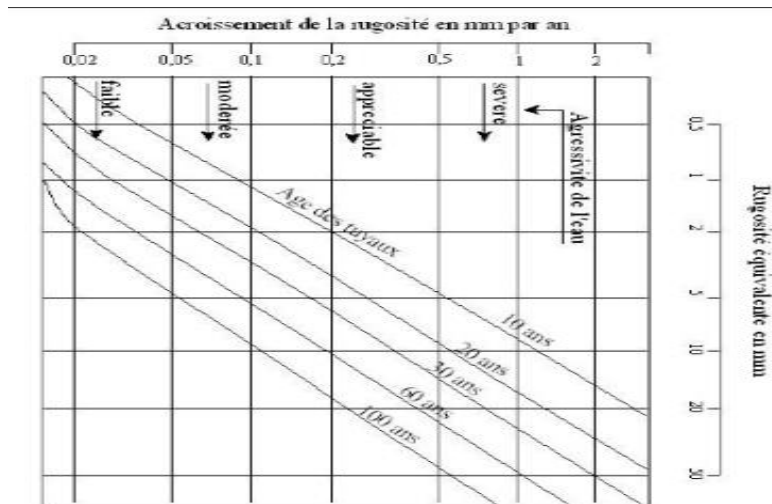
Heure	Apport (%)	Sortie (%)			Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit(%)
		Ver la zone I	Distribution	R-Iaarbithen			
00_01	4,17	3,41	0,06	0,31	0,38		0,38
01_02	4,17	3,41	0,06	0,31	0,38		0,76
02_03	4,17	3,41	0,13	0,31	0,32		1,08
03_04	4,17	3,41	0,13	0,31	0,32		1,40
04_05	4,17	3,41	0,37	0,31	0,07		1,47
05_06	4,17	3,41	0,37	0,31	0,07		1,54
06_07	4,17	3,41	0,48	0,31		-0,04	1,50
07_08	4,17	3,41	1,12	0,31		-0,68	0,82
08_09	4,17	3,41	0,94	0,31		-0,50	0,33
09_10	4,17	3,41	0,69	0,31		-0,25	0,08
10_11	4,17	3,41	0,44	0,31	0,01		0,08
11_12	4,17	3,41	0,44	0,31	0,01		0,09
12_13	4,17	3,41	0,37	0,31	0,07		0,16
13_14	4,17	3,41	0,37	0,31	0,07		0,23
14_15	4,17	3,41	0,50	0,31		-0,06	0,18
15_16	4,17	3,41	0,66	0,31		-0,22	-0,04
16_17	4,17	3,41	1,12	0,31		-0,68	-0,72
17_18	4,17	3,41	1,02	0,31		-0,57	-1,29
18_19	4,17	3,41	0,78	0,31		-0,34	-1,63
19_20	4,17	3,41	0,17	0,31	0,27		-1,35
20_21	4,17	3,41	0,17	0,31	0,27		-1,08
21_22	4,17	3,41	0,11	0,31	0,34		-0,74
22_23	4,17	3,41	0,06	0,31	0,38		-0,36
23_24	4,17	3,41	0,06	0,31	0,38		0,0
Total	100	81,89	10,66	7,43	100		

Annexe III.19 : capacité du réservoir Iaarbithen.

Heure	Apport (%)	Sortie (%)	Surplus (%)	Déficit(%)	Résidu(%)
00_01	4,17	0,6	3,57		3,57
01_02	4,17	0,6	3,57		7,13
02_03	4,17	1,2	2,97		10,10
03_04	4,17	1,2	2,97		13,07
04_05	4,17	3,5	0,67		13,73
05_06	4,17	3,5	0,67		14,40

06_07	4,17	4,5		-0,33	14,07
07_08	4,17	10,5		-6,33	7,73
08_09	4,17	8,8		-4,63	3,10
09_10	4,17	6,5		-2,33	0,77
10_11	4,17	4,1	0,07		0,83
11_12	4,17	4,1	0,07		0,90
12_13	4,17	3,5	0,67		1,57
13_14	4,17	3,5	0,67		2,23
14_15	4,17	4,7		-0,53	1,70
15_16	4,17	6,2		-2,03	-0,33
16_17	4,17	10,5		-6,33	-6,67
17_18	4,17	9,5		-5,33	-12,00
18_19	4,17	7,3		-3,13	-15,13
19_20	4,17	1,6	2,57		-12,57
20_21	4,17	1,6	2,57		-10,00
21_22	4,17	1	3,17		-6,83
22_23	4,17	0,6	3,57		-3,27
23_24	4,17	0,6	3,57		0
Total	100	100			

Annexe IV.1 : Abaque de PETER LAMON



Annexe IV.2 : les prix de revient des conduites en PEHD.

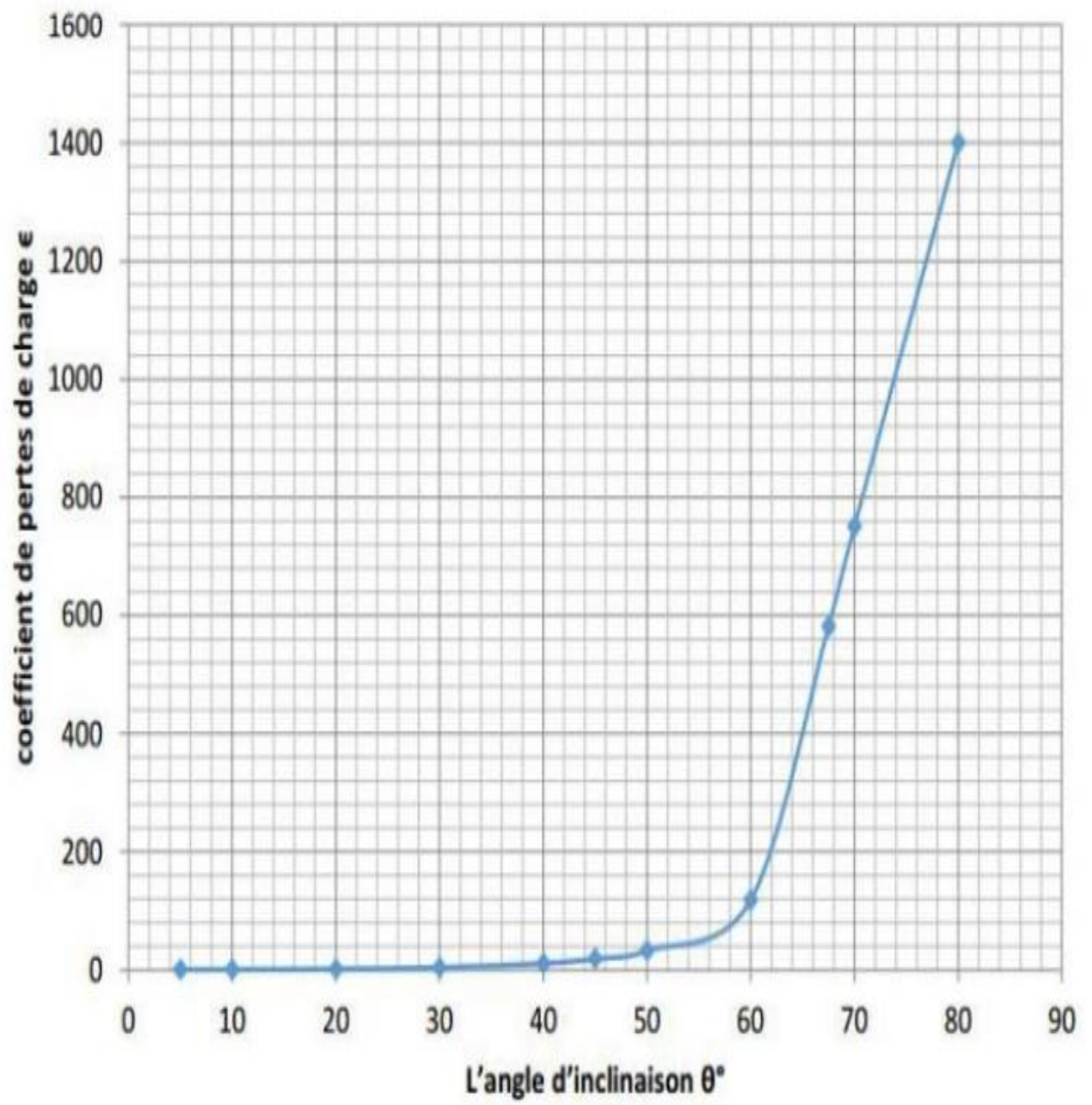
DESIGNATION		PN 10		PN 16		PN 20	
		PRIX HT	PRIX TTC	PRIX HT	PRIX TTC	PRIX HT	PRIX TTC
TUBE PEHD DN	25	45,60	54,26	48,45	57,66	59,85	71,22
TUBE PEHD DN	32	57,00	67,83	79,80	94,96	92,63	110,22
TUBE PEHD DN	40	85,50	101,75	122,55	145,83	208,62	248,26
TUBE PEHD DN	50	142,50	169,58	190,95	227,23	223,73	266,23
TUBE PEHD DN	63	205,20	244,19	299,25	356,11	357,11	424,95
TUBE PEHD DN	75	313,50	373,07	418,95	498,55	502,17	597,58
TUBE PEHD DN	90	421,80	501,94	604,20	719,00	741,00	881,79
TUBE PEHD DN	110	615,60	732,56	897,75	1 068,32	1 083,00	1 288,77
TUBE PEHD DN	125	803,70	956,40	1 182,75	1 407,47	1 396,50	1 661,84
TUBE PEHD DN	160	1 282,50	1 526,18	1 915,20	2 279,09	2 280,00	2 713,20
TUBE PEHD DN	200	1 995,00	2 374,05	2 964,00	3 527,16	3 562,50	4 239,38
TUBE PEHD DN	250	2 992,50	3 561,08	4 560,00	5 426,40	5 529,00	6 579,51
TUBE PEHD DN	315	4 987,50	5 935,13	7 324,50	8 716,16	8 778,00	10 445,82
TUBE PEHD DN	400	7 980,00	9 496,20	11 827,50	14 074,73	14 535,00	17 296,65
TUBE PEHD DN	500	12 540,00	14 922,60	18 525,00	22 044,75	22 144,50	26 351,96
TUBE PEHD DN	630	19 665,00	23 401,35	29 070,00	34 593,30	35 169,00	41 851,11
TUBE PEHD DN	710	25 222,50	30 014,78	37 335,00	44 428,65	45 030,00	53 585,70
TUBE PEHD DN	800	32 005,50	38 086,55	47 880,00	56 977,20	56 686,50	67 456,94

SERVICE COMMERCIAL



Annexe IV.3 : Evolution du coefficient de singularité ξ d'une vanne à papillon en fonction de son degré d'ouverture.

Angle d'inclinaison du papillon θ (°)	0	5	10	20	30	40	45	50	60	70	80
ξ	0,25	0,25	0,52	1,54	3,91	10,8	18,7	32,6	118	751	1400



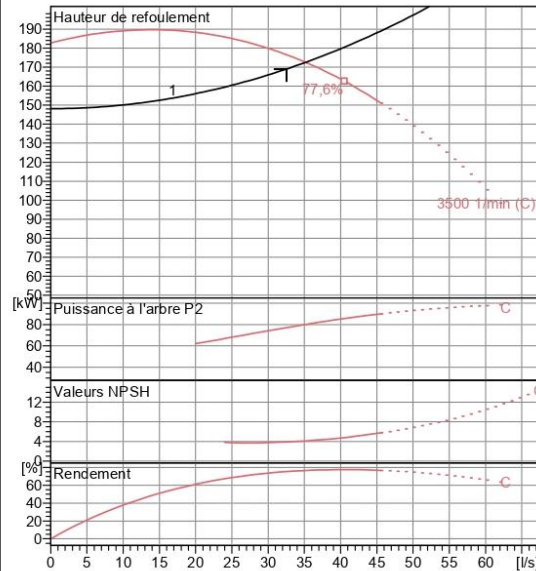
Annexe V.1: Courbes caractéristiques de la pompe (A).



Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

PM 100/ 2 C	
Caractéristiques requises	
Débit	32,6 l/s
Hauteur de refoulement	169 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	35,2 l/s
Hauteur de refoulement	172 m
Puissance absorbée	80,1 kW
Rendement	76,6%
Hauteur manométrique H(Q=0)	183 m
Orif. de refoulement	100 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	60 Hz
Tension nominale	460 V
Vitesse nominale	3500 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	90 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	219 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements à billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

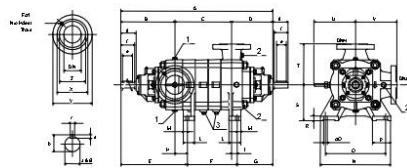


Caractéristiques de fonctionnement Courbes des performances indicatives

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]
0	183	50,5		11,2
32,6	176	77,2	75,4	3,91
57,6	187	50,5	23,7	7,97
32,6	176	77,2	75,4	3,91

Dimensions mm

- a = 35
- A = 828
- B = 365
- b = 38
- c = 10
- C = 170
- D = 293
- d = 8
- d_d = 22
- d_s = 22
- DN_a = 125
- DN_m = 100
- E = 419
- e = 70
- F = 149
- f = 90
- g = 104
- G = 260
- H = 54
- I = 33
- L = 85
- M = 32
- N = 460
- No = 8
- O = 400
- P = 117
- Q = 24



Notes:			
Date 18.10.2023	Page 1	Offre n°	Pos.N°

Annexe V.1: Courbes caractéristiques de la pompe (B).

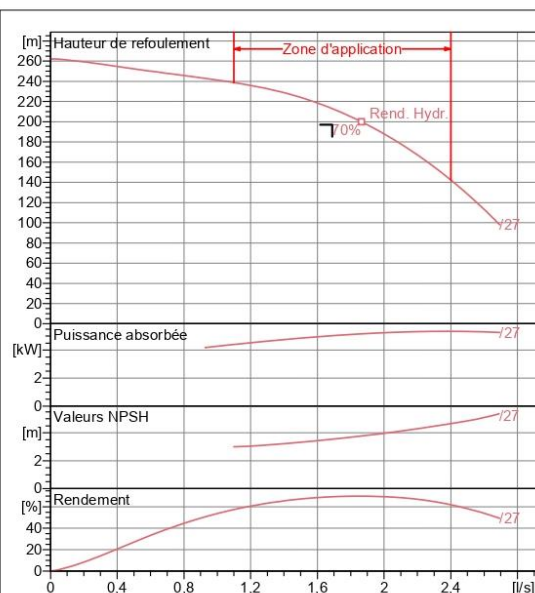


Caractéristiques techniques

COMPANY WITH INTEGRATED
MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV
= ISO 9001:2000 =
ISO 14001:2004

E4XED35/27 + MCR475-8	
Caractéristiques requises	
Débit	1,69 l/s
Hauteur de refoulement	197 m
Fluide	Eau potable
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	1,81 l/s
Hauteur de refoulement	204 m
Puissance absorbée	5,12 kW
Rendement	69,9%
Hauteur manométrique H(Q=0)	262 m
Orif. de refoulement	G1 1/4"
Caractéristiques moteur	
Fréquence	60 Hz
Tension nominale	460 V
Vitesse nominale	3440 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance P2	5,5 kW
Intensité nominale	11,8 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	B
Degré de protection	IP 68
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	15
Température maxi. du liquide pompé	303 K
Teneur maximum en matières solides	300 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	32,7 kg

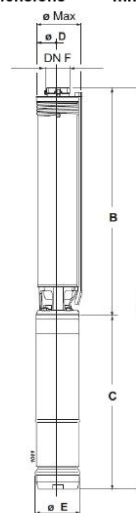
Matériaux	
CONSTRUCTION POMPE	
Corps du clapet	Acier inox
Chemise externe	Acier inox
Arbre	Acier inox
Coussinet	Aluminium
Roue	Technopolymer
Diffuseur	Technopolymer
Manchons	Acier inox
Gouttière protection câbles	Acier inox
Clapet	Acier inox
Clapet (E4XPD)	Technopolymer
Defender(R)	-
Corps aspiration	Acier inox
Crépine	Acier inox
Para-sable	Acier inox
Corps d'étage	Acier inox/Caoutchouc
CONSTRUCTION MOTEUR	
Arbre	Acier inox
Para-sable	Caoutchouc
Support supérieur	Fonte
Garniture mécanique	Graphite/Céramique
Roulement à billes supérieur	Acier
Rotor	Feuille magnétique
Stator	Feuille magnétique



Caractéristiques de fonctionnement				
UNI/ISO 9906 Grade 3B				
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

A = 1674,5
B = 989,5
C = 685
D = 93
E = 96
F = G1 1/4"
Ø Max = 98

Dimensions mm



Notes:

Date 30/10/2023	Page 1	Offre n°	Pos.N°
---------------------------	------------------	----------	--------

Annexe V.1: Courbes caractéristiques de la pompe (C).

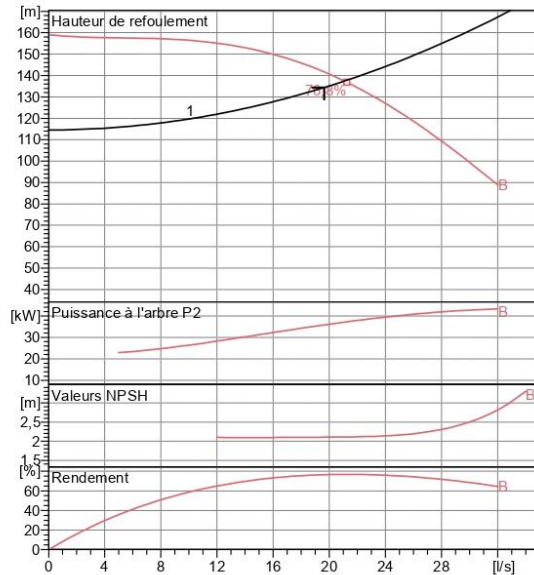


Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

PM 100/ 6 B	
Caractéristiques requises	
Débit	19,6 l/s
Hauteur de refoulement	134 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	21,1 l/s
Hauteur de refoulement	137 m
Puissance absorbée	37,1 kW
Rendement	76,8%
Hauteur manométrique H(Q=0)	159 m
Orif. de refoulement	100 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	60 Hz
Tension nominale	460 V
Vitesse nominale	1750 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	45 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	320 kg

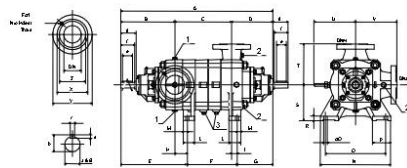
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements à billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



Caractéristiques de fonctionnement				
UNI/ISO 2548/C				
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]
19,6	142	35,8	76,5	2,1

Dimensions mm

- A = 1128
- a = 35
- B = 365
- b = 38
- c = 10
- C = 470
- D = 293
- d = 8
- d_d = 22
- d_s = 22
- DNa = 125
- DNm = 100
- E = 419
- e = 70
- F = 449
- f = 90
- g = 104
- G = 260
- H = 54
- I = 33
- L = 85
- M = 32
- N = 460
- No = 8
- O = 400
- P = 117
- Q = 24



Notes:

Date 18.10.2023	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

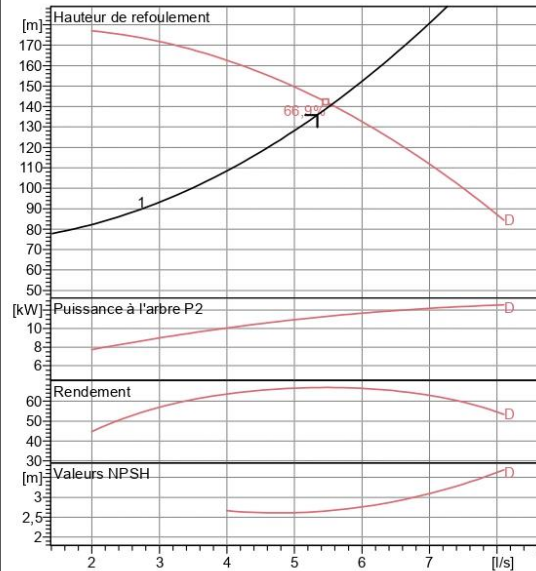
Annexe V.1: Courbes caractéristiques de la pompe (D).

caprari

Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO 9001 ==

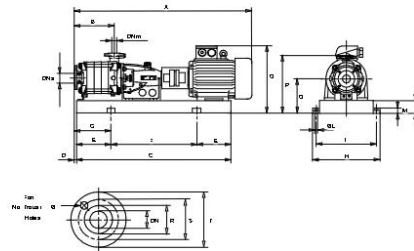
HMU40-1/ 5D	
Caractéristiques requises	
Débit	5,34 l/s
Hauteur de refoulement	136 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	5,55 l/s
Hauteur de refoulement	141 m
Puissance absorbée	11,4 kW
Rendement	66,9%
Hauteur manométrique H(Q=0)	176 m
Orif. de refoulement	40 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	60 Hz
Tension nominale	460 V
Vitesse nominale	3500 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	15 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	10
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	Sur dem. kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Alliage de cuivre
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



UNI/ISO 2548/C				
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]
5,34	144	11,2	66,9	2,64

Dimensions mm

- A = 1360
- B = 351
- C = 1207
- D = 13
- E = 200
- F = 807
- G = 213
- H = 430
- I = 390
- L = 16
- M = 38
- N = 80
- O = 240
- P = 415
- Q = 490



Notes:

Date 18.10.2023	Page 1	Offre n°	Pos.N°
---------------------------	------------------	----------	--------

Annexe V.1: Courbes caractéristiques de la pompe (E).

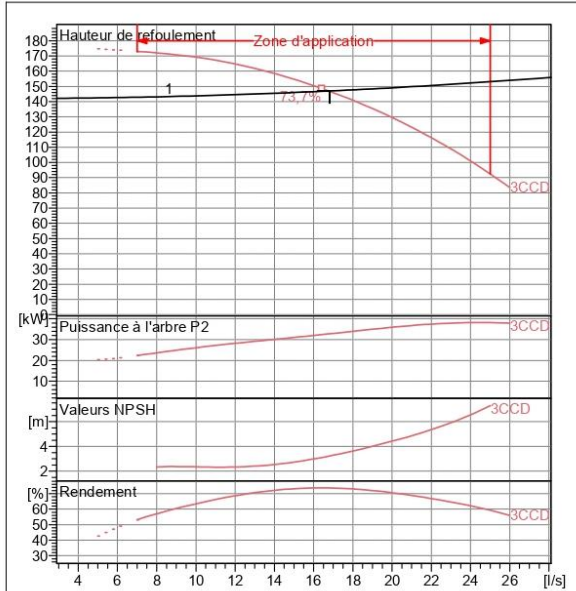


Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
— ISO 9001 —

HVUS50 /3CCD+50	
Caractéristiques requises	
Débit	16,8 l/s
Hauteur de refoulement	147 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N. be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	16,8 l/s
Hauteur de refoulement	147 m
Puissance absorbée	32,8 kW
Rendement	73,7%
Hauteur manométrique H(Q=0)	195 m
Orif. de refoulement	50 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	60 Hz
Tension nominale	460 V
Vitesse nominale	3500 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	37 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3-
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	265 kg

Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Alliage de cuivre
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Lanterne de liaison	Fonte
Accouplement	Acier
Accouplement rigide	Fonte/Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

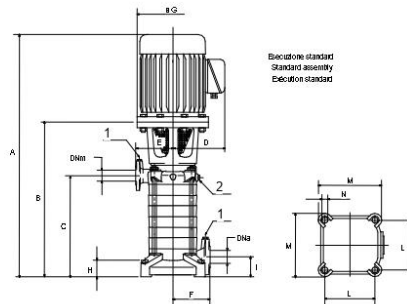


Caractéristiques de fonctionnement

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

Dimensions mm

- 1 = G3#
- 2 = G3#
- A = 1334
- B = 580
- C = 294
- D = 382
- E = 200
- F = 200
- G = 400
- H = 75
- I = 95
- L = 320
- M = 374
- N = 22



Notes:

Date 18.10.2023	Page 1	Offre n°	Pos.N°
---------------------------	------------------	----------	--------

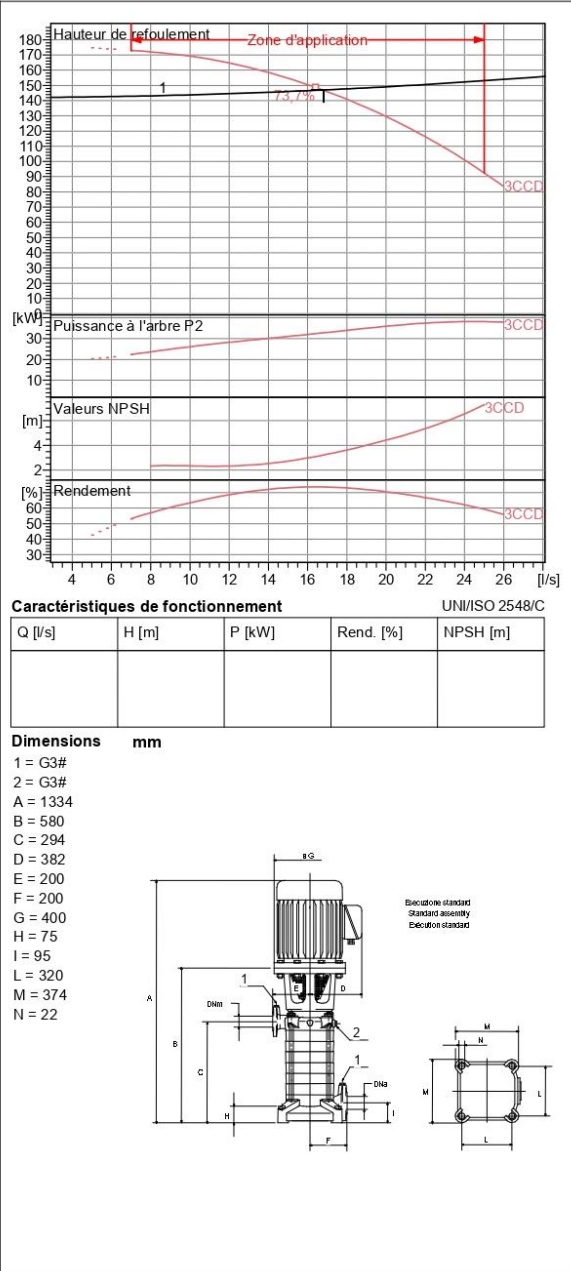
Annexe V.1: Courbes caractéristiques de la pompe (F).



Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

HVUS50 /3CCD+50	
Caractéristiques requises	
Débit	16,8 l/s
Hauteur de refoulement	147 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	16,8 l/s
Hauteur de refoulement	147 m
Puissance absorbée	32,8 kW
Rendement	73,7%
Hauteur manométrique H(Q=0)	195 m
Orif. de refoulement	50 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	60 Hz
Tension nominale	460 V
Vitesse nominale	3500 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	37 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	265 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Alliage de cuivre
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Lanterne de liaison	Fonte
Accouplement	Acier
Accouplement rigide	Fonte/Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



Notes:

Date 18.10.2023	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

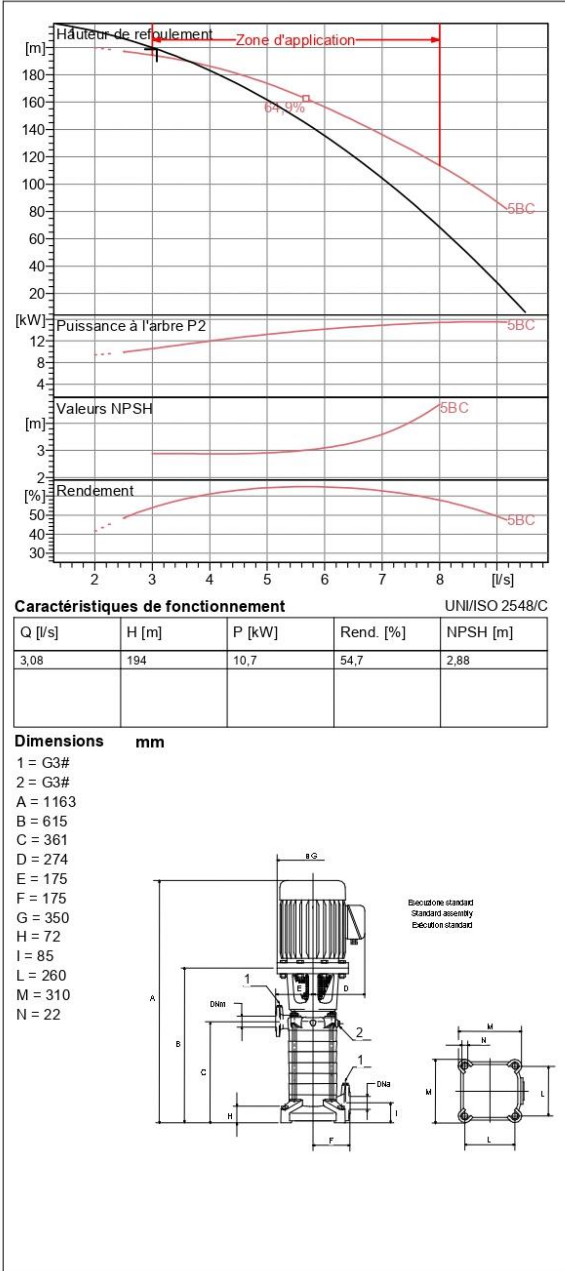
Annexe V.1: Courbes caractéristiques de la pompe (G).

caprari

Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

HVUS18 /5BC+20	
Caractéristiques requises	
Débit	3,08 l/s
Hauteur de refoulement	199 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	3,64 l/s
Hauteur de refoulement	190 m
Puissance absorbée	11,5 kW
Rendement	59%
Hauteur manométrique H(Q=0)	229 m
Orif. de refoulement	40 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	60 Hz
Tension nominale	460 V
Vitesse nominale	3500 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	15 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	10
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	192 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Alliage de cuivre
Corps d'étagé	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Lanterne de liaison	Fonte
Accouplement	Acier
Accouplement rigide	Fonte/Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



Notes:

Date 04.11.2023	Page 1	Offre n°	Pos.N°
---------------------------	------------------	----------	--------

Annexe V.1: Courbes caractéristiques de la pompe (H).

caprari

Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

PM 80/ 12 D Caractéristiques requises Débit 6,85 l/s Hauteur de refoulement 153 m Fluide Eau potable Température 290 K Type d'installation Pompe seule N.be de pompes 1																									
Caractéristiques de la pompe Débit 7,94 l/s Hauteur de refoulement 164 m Puissance absorbée 21,9 kW Rendement 60,4% Hauteur manométrique H(Q=0) 171 m Orif. de refoulement 80 mm																									
Caractéristiques moteur Fréquence 60 Hz Tension nominale 460 V Vitesse nominale 1750 1/min Nombre de pôles 4 Puissance nominale P2 30 kW Courant nominal - A Type de moteur 3~ Classe d'isolation F Degré de protection IP 55																									
Limites opérationnelles Démarrages / h max. 5 Température maxi. du liquide pompé 363 K Teneur maximum en matières solides 40 g/m ³ Densité max. 998 kg/m ³ Viscosité maxi. 1 mm ² /s																									
Caractéristiques générales Poids 384 kg																									
Matériaux <table border="1"> <tr> <td>Corps de pompe</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Corps d'aspiration</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Roue</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Bague d'usure</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Corps d'étage</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Chemise</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Arbre</td> <td>Acier inox</td> </tr> <tr> <td>Douille arbre</td> <td>Acier inox</td> </tr> <tr> <td>Anneau d'étanchéité</td> <td>Caoutchouc au nitrile</td> </tr> <tr> <td>Roulements à billes</td> <td>Acier</td> </tr> <tr> <td>Presse-Etoupe</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Etoupe</td> <td>Tresse graphitée</td> </tr> </table>		Corps de pompe	Fonte	Corps d'aspiration	Fonte	Roue	Fonte	Bague d'usure	Fonte	Corps d'étage	Fonte	Chemise	Fonte	Arbre	Acier inox	Douille arbre	Acier inox	Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile	Roulements à billes	Acier	Presse-Etoupe	Fonte	Etoupe	Tresse graphitée
Corps de pompe	Fonte																								
Corps d'aspiration	Fonte																								
Roue	Fonte																								
Bague d'usure	Fonte																								
Corps d'étage	Fonte																								
Chemise	Fonte																								
Arbre	Acier inox																								
Douille arbre	Acier inox																								
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile																								
Roulements à billes	Acier																								
Presse-Etoupe	Fonte																								
Etoupe	Tresse graphitée																								

Caractéristiques de fonctionnement UNI/ISO 2548/C				
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]
6,85	167	21,5	55,3	1,38

Dimensions mm A = 1504 a = 35 B = 360 b = 38 c = 10 C = 870 D = 274 d = 8 d_d = 18 d_s = 22 DNa = 100 DNm = 80 E = 421 e = 70 F = 838 f = 90 g = 104 G = 245 H = 61 I = 29 L = 70 M = 25 N = 420 No = 8 O = 370 P = 102 Q = 24	

Notes:

Date 18/10/2023	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

Annexe V.1: Courbes caractéristiques de la pompe (I).

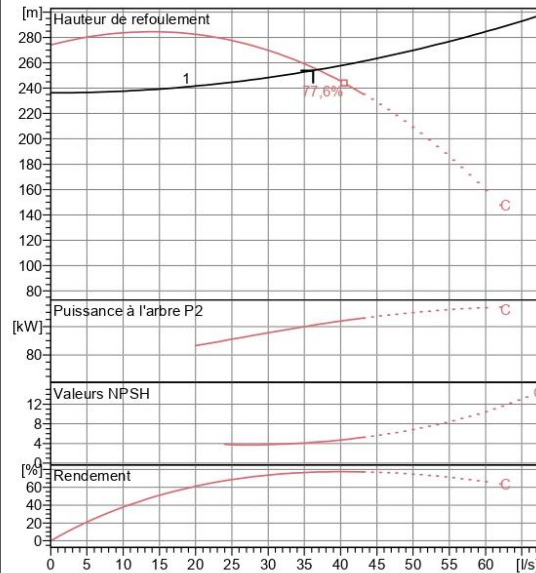


Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

PM 100/ 3 C	
Caractéristiques requises	
Débit	36,2 l/s
Hauteur de refoulement	254 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	36,8 l/s
Hauteur de refoulement	255 m
Puissance absorbée	123 kW
Rendement	77,1%
Hauteur manométrique H(Q=0)	274 m
Orif. de refoulement	100 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	60 Hz
Tension nominale	460 V
Vitesse nominale	3500 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	132 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	244 kg

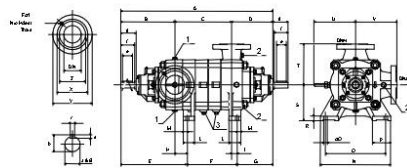
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements à billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



Caractéristiques de fonctionnement				
UNI/ISO 2548/C				
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]
36,2	256	122	76,9	4,23

Dimensions mm

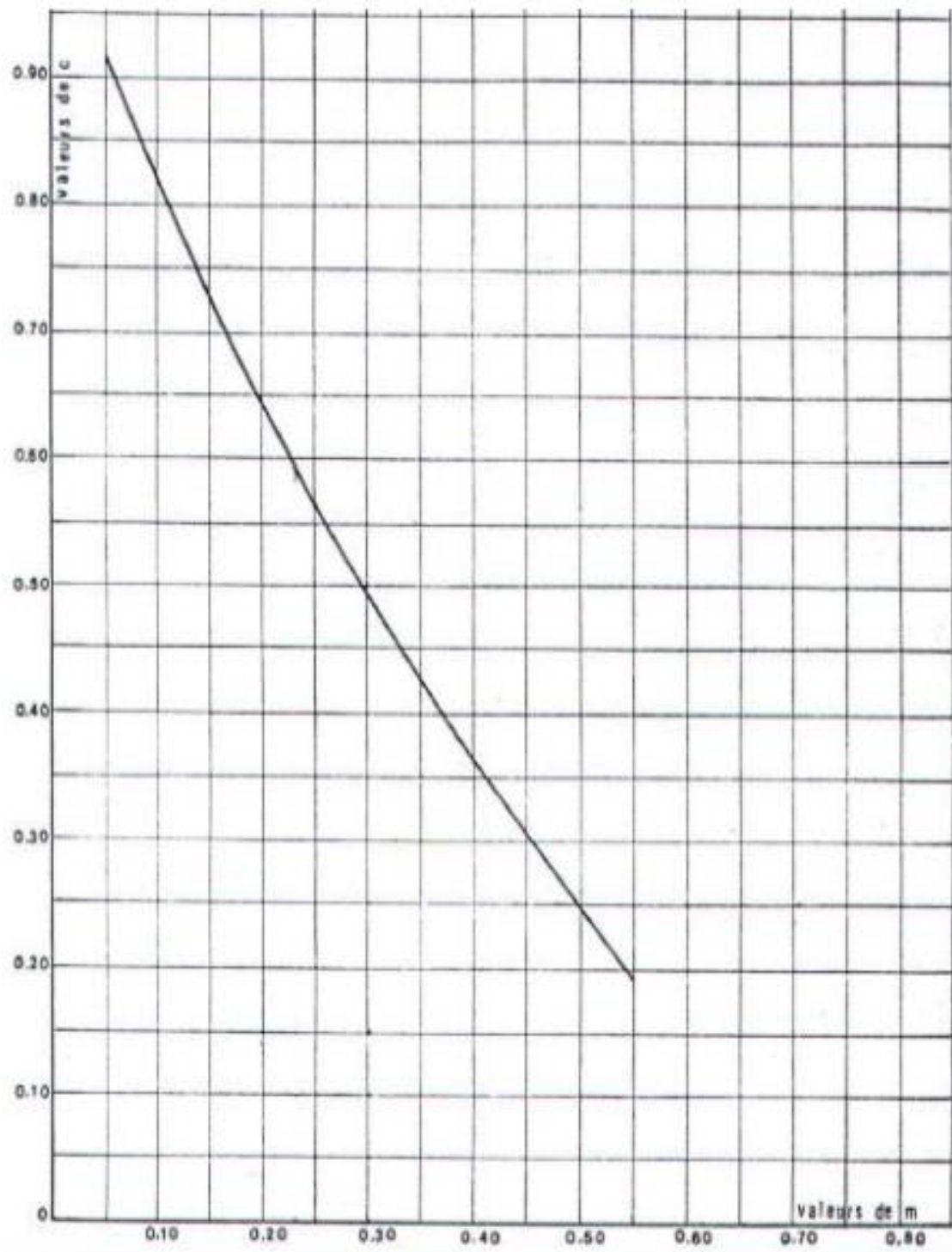
- a = 35
- A = 903
- B = 365
- b = 38
- c = 10
- C = 245
- D = 293
- d = 8
- d_d = 22
- d_s = 22
- DN_a = 125
- DN_m = 100
- E = 419
- e = 70
- F = 224
- f = 90
- g = 104
- G = 260
- H = 54
- I = 33
- L = 85
- M = 32
- N = 460
- No = 8
- O = 400
- P = 117
- Q = 24



Notes:

Date 18/10/2023	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

Annexe VI.1 : Coefficient de pertes de charge c dans une tuyère



Résumé

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, nous avons défini les différentes étapes requises pour l'étude du renforcement de l'approvisionnement en eau potable de la commune de *FRIKAT*. Cette initiative vise à pallier un déficit de 2151,46 m³/j

Le projet a débuté par la présentation du site, suivi par une évaluation des besoins en eau pour diverses utilisations jusqu'en 2048. Ensuite, nous avons conçue et vérifié les réservoirs. Une étude technico-économique a été menée pour déterminer le diamètre des conduites d'adduction. Nous avons également pris en charge la partie pompage en sélectionnant les pompes adéquates pour chaque tronçon de refoulement. Enfin, afin de prévenir les phénomènes d'oscillation, nous avons effectué une vérification exhaustive contre le coup de bélier pour protéger le réseau.

Mots clés : Renforcement, adduction, conduites, coup de bélier, pompe.

Abstract

As part of our final year project, we have outlined the various steps necessary for the study of enhancing the drinking water supply in the municipality of *FRIKAT*. This initiative aims to address a deficit of 2151.46 m³/day.

The project began with the site presentation, followed by an assessment of water needs for various uses up to 2048. Subsequently, we designed and verified the reservoirs. A techno-economic study was conducted to determine the diameter of the conveyance pipes. We also managed the pumping aspect by selecting suitable pumps for each discharge section. Finally, to safeguard the network against oscillatory phenomena, we performed a comprehensive check against water hammer effects.

Keywords : reinforcement, adduction, driving, water hammer, pump.

ملخص

في إطار مشروعنا في نهاية الدراسة، قمنا بتحديد الخطوات المختلفة اللازمة لدراسة تعزيز إمداد المياه الصالحة للشرب في بلدية *فريكات*. تهدف هذه المبادرة إلى التصدي لعجز بحجم 2151.46 متر مكعب في اليوم.

بدأ المشروع بعرض الموقع، تلاه تقييم لاحتياجات المياه لأغراض متنوعة حتى عام 2048. بعد ذلك، قمنا بتصميم والتحقق من الخزانات ومحطات الضخ. أجريت دراسة تكنولوجية اقتصادية لتحديد قطر الأنابيب المنقولة. قمنا أيضًا بإدارة عمليات الضخ من خلال اختيار مضخات مناسبة لكل جزء من القسائم. وأخيرًا، من أجل الحماية من ظواهر التذبذب، قمنا بإجراء فحص شامل ضد ظاهرة المطرقة المائية لحماية الشبكة.

الكلمات الرئيسية: التعزيز، القيادة؛ مضخة؛ مطرقة الماء.