

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



جامعة بجاية
Tasdawit n' Bgayet
Université de Béjaïa



Faculté de Technologie
Département d'Hydraulique
Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

ZEROUAL ABDE L'MOUNAIM

YAHY NAFAA

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

Option : Hydraulique Urbaine

INTITULE :

DIAGNOSTIC ET REHABILITATION DU RESEAU D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE TADJENANET (WILAYA DE MILA)

Soutenu le **25 /06 /2015** devant le jury composé de :

- Président : **Mr MERABET**
- Promoteur (s) : **Mr NASRI.K**
- Examineur (s) : **Mr YAKOUBI.M**



Remerciements



*Avant tout, nous remercions **DIEU** qui a illuminé notre chemin et qui nous a armé de courage et de patience pour achever nos études.*



*Puis, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à notre promoteur **M^r NASRI** pour avoir contribué à l'élaboration du présent mémoire et surtout on le remercie sur sa confiance durant tout le semestre.*



Nous remercions également tous nos professeurs de la 1^{ère} année primaire jusqu'à la cinquième année universitaire.

Sans oublier de remercier nos amis qui étaient à nos côtés à l'université au moins pour nous remonter la moral.

Aussi, je me permets d'exprimer tout mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'apprécier ce travail.



Dédicace

C'est avec une pensée pleine de reconnaissance inspirée par la générosité et la gentillesse que je dédie ce modeste travail, en remerciant d'abord le dieu tout puissant de m'avoir accordé le courage et la volonté ;

A ma très chère mère que j'aime beaucoup : je t'offre aujourd'hui cette pensée pour confirmer toute l'importance que tu revêts à mes yeux, la place unique que tu occupes dans ma vie.

Une douce pensée pour toi père, c'est une chance de t'avoir comme père, car tu as toujours été bien veillant et compréhensif envers nous.

A tous mes chers amis de l'université

A tous mes chers amis de la résidence

A notre promoteur Mr NASRI pour ces précieux conseils et aides

NAFAA

Dédicace

C'est avec une pensée pleine de reconnaissance inspirée par la générosité et la gentillesse que je dédie ce modeste travail, en remerciant d'abord le dieu tout puissant de m'avoir accordé le courage et la volonté ;

A ma très chère mère que j'aime beaucoup : je t'offre aujourd'hui cette pensée pour confirmer toute l'importance que tu revêts à mes yeux, la place unique que tu occupes dans ma vie.

Une douce pensée pour toi père, c'est une chance de t'avoir comme père, car tu as toujours été bien veillant et compréhensif envers nous.

A tous mes chers amis de l'université

A tous mes chers amis de la résidence

A notre promoteur Mr NASRI pour ces précieux conseils et aides

ABDE L'MOUNAIM

LISTE DES FIGURES

Figure (I.1) : Situation de la zone d'étude	2
Figure (I.2) : Schéma d'installation existante.....	4
Figure (I.3) : Répartition de linéaire du réseau d'adduction par nature de matériau.....	8
Figure (III.1) : Répartition de la population en différents horizons	27
Figure (III.2) : Evaluation des besoins en eau domestique en pour différents horizons....	29
Figure (III.3) : Evaluation des besoins en eau d'équipements pour différents horizons....	31
Figure (III.4) : Besoins journaliers en eau pour différents horizons.....	32
Figure (III.5) : Le bilan ressources-besoins	37
Figure (IV.1) : Choix d'emplacement d'un réservoir	39
Figure (IV.2) : Coupe transversale d'un réservoir de stockage de type semi-enterré.....	40
Figure (IV.3) : Coupe transversale d'un réservoir de stockage sur élevé.....	41
Figure (IV.4) : Conduite d'adduction.....	42
Figure (IV.5) : Conduite de distribution.....	42
Figure (IV.6) : Conduite de vidange.....	43
Figure (IV.7) : Conduite By-pass	43
Figure (IV.8) : Matérialisation d'un réservoir d'incendie.....	44
Figure (V.1) : Schéma d'adduction	54
Figure (VI.1) : Type de la pompe selon la forme de la roue	78
Figure (VI.2) : Courbe caractéristique de la conduite	79
Figure (VI.3) : Courbe caractéristique de la pompe centrifuge	81
Figure (VI.4) : Point de fonctionnement de la pompe	83
Figure (VI.5) : Point de fonctionnement par la modification de la vitesse de rotation	84
Figure (VI.6) : Réalisation du point de fonctionnement de la pompe par rognage	86
Figure (VI.7) : Caractéristiques de la pompe F1	87
Figure (VI.8) : Caractéristiques de la pompe et de la conduite (F2-R1)	90
Figure (VI.9) : Caractéristiques de la pompe et de la conduite R5-R1	92
Figure (VI.10) : Caractéristiques de la pompe et de la conduite R5-R7	93
Figure (VI.10) : Caractéristiques de la pompe et de la conduite R5-R7	93
Figure (VI.11) : Caractéristiques de la pompe et de la conduite F3-R2	94
Figure (VI.12) : Caractéristiques de la pompe et de la conduite R5-SR	95
Figure (VI.13) : Caractéristiques de la pompe et de la conduite SR-R8	98
Figure (VI.14) : Caractéristiques de la pompe et de la conduite R5-R6	101
Figure (VI.15) : Caractéristiques de la pompe et de la conduite R6-R4	102
Figure (VI.16) : Caractéristiques de la pompe et de la conduite R7-R2	103
Figure (VI.17) : Caractéristiques de la pompe et de la conduite R8-R3	104
Figure (VI.18) : Phénomène de cavitation sur les aubes d'une pompe centrifuge	105
Figure (VI.19) : Disposition d'une pompe aspirante	106
Figure (VII.1) : Divers moments du phénomène de coup de bélier.....	110
Figure (VII.2) : Volant d'inertie.....	112
Figure (VII.3) : Fonctionnement des cheminées d'équilibre.....	112
Figure (VII.4) : Fonctionnement des réservoirs d'air.....	112
Figure (VII.5) : Moyen d'étranglements.....	113
Figure (VII.6) : La soupape de décharge	114

LISTE DES FIGURES

Figure (VII.7) : Variation de la pression absolue en fonction de temps R5-R7.....	120
Figure (VII.8) : Epure de BERGERON pour le tronçon R5-R7	120
Figure (VII.9) : Variation de la pression absolue en fonction de temps R5-SR.....	122
Figure (VII.10) : Epure de BERGERON pour le tronçon R5-SR.....	122
Figure (VII.11) : Variation de la pression absolue en fonction de temps SR-R8	124
Figure (VII.12) : Epure de BERGERON pour le tronçon R5-SR	124
Figure (VII.13) : Variation de la pression absolue en fonction de temps R5-R6.....	126
Figure (VII.14) : Epure de BERGERON pour le tronçon R5-R6	126
Figure (VII.15) : Disposition des couche dans une tranchée	127
Figure (VII.16) : Traversée d'une route	128
Figure (VII.17) : Traversée d'une ravière ou d'un oued.....	128
Figure (VII.18) : Butée sur un branchement	129
Figure (VII.19) : Butée sur un coude horizontal.....	129
Figure (VII.20) : Butée sur un coude vertical	129
Figure (VII.21) : L'électro-soudage	130
Figure (VII.22) : Soudage bout à bout.....	131

Liste des tableaux

Tableau (I.1) : Répartition des conduites d'adduction existantes.....	7
Tableau (I.1) : Répartition de linéaire du réseau par nature de matériau.....	8
Tableau (III.1) : Données de la population selon RGPH.....	26
Tableau (III.2) : Données de taux d'accroissement de (2008-2014).....	27
Tableau (III.3) : Evaluation de la population pour différents horizons.....	27
Tableau (III.4) : Besoins domestique actuels et futures de la zone d'étude.....	29
Tableau (III.5) : Les besoins des équipements publics pour les différents horizons.....	30
Tableau (III.6) : Besoins journalières en eau pour différents horizons.....	31
Tableau (III.7) : Majoration de la consommation moyenne journalière	32
Tableau (III.8) : Majoration de la consommation moyenne journalière maximale	33
Tableau (III.9) : Majoration de la consommation moyenne journalière minimale.....	34
Tableau (III.10) : Valeur du coefficient β_{max} en fonction de nombre d'habitants.....	35
Tableau (III.11) : Débit horaire	35
Tableau (III.12) : La production des différentes sources	36
Tableau (III.13) : Le bilan (ressources-besoins).....	36
Tableau (IV.1) : Répartition de distribution pour chaque château d'eau.....	46
Tableau (IV.2) : Dimensionnement du réservoir R1.....	47
Tableau (IV.3) : Dimensionnement du réservoir R2.....	48
Tableau (IV.4) : Dimensionnement du réservoir R3.....	49
Tableau (IV.5) : Dimensionnement du réservoir R4.....	50
Tableau (V.1) : Prix des conduites.....	59
Tableau (V.2) : Calcul de l'HMT F1-R1.....	60
Tableau (V.3) : Calcul des frais d'exploitation.....	61
Tableau (V.4) : Calcul des frais d'amortissement.....	61

Tableau (V.5) : Calcul de bilan.....	61
Tableau (V.6) : Calcul de l’HMT	62
Tableau (V.7) : Calcul des frais d’exploitation F2-R1.....	62
Tableau (V.8) : Calcul des frais d’amortissement	62
Tableau (V.9) : Calcul de bilan	62
Tableau (V.10) : Calcul de l’HMT R5-R1	63
Tableau (V.11) : Calcul des frais d’exploitation	63
Tableau (V.12) : Calcul des frais d’amortissement	63
Tableau (V.13) : Calcul de bilan	64
Tableau (V.14) : Calcul de l’HMT	64
Tableau (V.15) : Calcul des frais d’exploitation R5-R7.....	64
Tableau (V.16) : Calcul des frais d’amortissement	65
Tableau (V.17) : Calcul de bilan	65
Tableau (V.18) : Calcul de l’HMT	66
Tableau (V.19) : Calcul des frais d’exploitation F3-R2.....	66
Tableau (V.20) : Calcul des frais d’amortissement	66
Tableau (V.21) : Calcul de bilan	66
Tableau (V.22) : Calcul de l’HMT F1-SR.....	67
Tableau (V.23) : Calcul des frais d’exploitation	67
Tableau (V.24) : Calcul des frais d’amortissement	67
Tableau (V.25) : Calcul de bilan	68
Tableau (V.26) : Calcul de l’HMT	68
Tableau (V.27) : Calcul des frais d’exploitation R5-SR.....	68
Tableau (V.28) : Calcul des frais d’amortissement	69
Tableau (V.29) : Calcul de bilan	69
Tableau (V.30) : Calcul de l’HMT	69
Tableau (V.31) : Calcul des frais d’exploitation SR-R8.....	70
Tableau (V.32) : Calcul des frais d’amortissement	70
Tableau (V.33) : Calcul de bilan	70

Tableau (V.34) : Calcul de l'HMT	71
Tableau (V.35) : Calcul des frais d'exploitation R5-R6.....	71
Tableau (V.36) : Calcul des frais d'amortissement	71
Tableau (V.37) : Calcul de bilan	71
Tableau (V.38) : Calcul de l'HMT	72
Tableau (V.39) : Calcul des frais d'exploitation R6-R4.....	72
Tableau (V.40) : Calcul des frais d'amortissement	72
Tableau (V.41) : Calcul de bilan	72
Tableau (V.42) : Calcul de l'HMT	73
Tableau (V.43) : Calcul des frais d'exploitation	73
Tableau (V.44) : Calcul des frais d'amortissement	73
Tableau (V.45) : Calcul de bilan R7-R2.....	74
Tableau (V.46) : Calcul de l'HMT	74
Tableau (V.47) : Calcul des frais d'exploitation R8-R3.....	75
Tableau (V.48) : Calcul des frais d'amortissement	75
Tableau (V.49) : Calcul de bilan	75
Tableau (V.50) : Calcul des pertes de charge totale du tronçon (F4-R4).....	76
Tableau (V.51) : Récapitulatif des résultats.....	76
Tableau (VII.1) : Récapitulatif des dépressions et de suppressions de différents tançons	114
Tableau (VII.2) : Développement des résultats du calcul des réservoirs d'air de la conduite R5-R7.....	119
Tableau (VII.3) : Développement des résultats du calcul des réservoirs d'air de la conduite R5-SR.....	121
Tableau (VII.4) : Développement des résultats du calcul des réservoirs d'air de la conduite SR-R8.....	123
Tableau (VII.5) : Développement des résultats du calcul des réservoirs d'air de la conduite R5-R6.....	125

Liste des symboles

- A : L'amortissement annuelle (anuité)
 a : La célérité de l'onde (m/s)
 CTN : Cote de terrain naturelle (m)
 CTP : Cote de trop plein (m)
 D : Diamètre du tuyau (m)
 d' : Diamètre de la veine liquide contracté dans la tuyère (m)
 E : Energie consommé par la pompe (KWh)
 e : Epaisseur de la conduite en (mm)
 g : Accélération de la pesanteur (m^2/s)
 Hasp : Hauteur d'aspiration en (m)
 Hg : Hauteur géométrique en (m)
 HMT : La hauteur manométrique totale en (m)
 Ho : Pression absolue de la conduite
 i : Taux d'anuité
 j : Perte de charge par frottement en (m/ml)
 ja : Perte de charge à l'aspiration en (m)
 K : Coefficient de la rugosité équivalente de la paroi
 K₀ : Rugosité absolue des tuyaux neufs
 K_{max.j} : Coefficient d'irrégularité maximale qui dépend de l'importance de l'agglomération
 K_{min.j} : Coefficient d'irrégularité minimal
 K_{max.h} : Coefficient de variation de consommation maximum horaire
 K_{min.h} : Coefficient de variation de consommation minimum horaire
 L : Longueur de la conduite en (m)
 Leq : Longueur équivalent du system
 m : Coefficient de rognage
 Ni : Nombre de consommateurs
 N : Vitesse de rotation de la pompe (tr/min)
 n : Nombre d'année sur lesquelles s'effectuera l'amortissement (n=26ans)
 [NPSH]_d : La charge nette minimale disponible à l'aspiration
 [NPSH]_r : La charge nette minimale requise à l'aspiration
 P : population futur
 Pa : Puissance absorbée par la pompe en (KW)
 P₀ : Pression absolue en (m)
 Pu : Le prix unitaire de la conduite (DA/ml)
 P% : Résidu maximal dans le réservoir (%)
 Q : Débit refouler dans la conduite en (m^3/s)
 Q_{max.h} : Débit entrant dans la station en (m^3/h)
 Q_{max.j} : Débit d'eau maximal du jour le plus chargé de l'année
 Q_{min.j} : Débit d'eau minimal du jour le moins chargé de l'année
 Q_{moy.j} : Consommation moyenne journalière des consommateurs en (m^3/s)
 Q_{max.j} : Consommation maximal journalière en (m^3/j)

q : Dotation moyenne journalière des consommateurs en (l/j/cons)
Re : Nombre de RAYLOADS
S : Section de la conduite
T : Prix unitaire du KWh en (DA)
Tv : La pression de vapeur maximum que l'aire peut supporter à une température donnée
t : taux d'accroissement (%)
tp : Nombre d'heures de pompage (h)
U₀ : Volume d'aire initiale (m³)
V₁ : Vitesse de l'eau dans la tuyère en (m/s)
V : Volume nouveau de l'aire (m³)
V_f : Vitesse de l'eau dans la conduite de refoulement en (m/s)
U_{max} : Volume d'air dans la cloche (m³)
Vsr : Volume de la station de refoulement (m³)
Vt : Volume totale du réservoir (m³)
Z : Pression dans le réservoir dans le réservoir d'aire
Z₀ : Pression absolue
Ω : Coefficient de vieillissement
α : Coefficient qui dépend du niveau de vie et du confort
β : Coefficient qui dépend du nombre d'habitant
ν : Viscosité cinématique de l'eau
ξ : Calcul du coefficient d'ouverture de la vanne (%)
ρ : Masse volumique de l'eau en (kg/ m³)
η : Rendement de la pompe (%)
λ : Coefficient de perte de charge
Ø : Diamètre normalisé (m)

SOMMAIRE

Introduction générale	1
Chapitre I : Description du site et l'état actuel du réseau d'AEP	
I.1. Présentation de la zone d'étude	2
I.1.1. Situation géographique	2
I.1.2. Topographie	3
I.1.3. Hydrologie	3
I.1.4. Géologie de site	3
I.1.5. Climatologie	3
I.1.5.1. Climat	3
I.1.5.2. L'humidité de l'air	3
I.1.5.3. Température	3
I.1.5.4. Le vent	4
I.1.5.5. Pluviométrie	4
I.2. Présentation du réseau d'AEP actuel	4
I.2.1. Ressources en eau	5
I.2.1.1. Eaux superficielles	5
I.2.1.2. Eaux souterraine	5
I.2.1.2.1. Caractéristique du forage F1	5
I.2.1.2.2. Caractéristique du forage F2	6
I.2.1.2.3. Caractéristique du forage F3	6
I.2.1.2.4. Caractéristique du forage F4	7
I.2.2. Répartition des conduites d'adduction existantes	7
I.2.2.1. Linéaire du réseau d'adduction	8
I.2.3. Caractéristique des réservoirs existants	8
I.2.3.1. Réservoir N°1	8
I.2.3.2. Réservoir N°2	9
I.2.3.3. Réservoir N°3	9
I.2.3.4. Réservoir N°4	9
I.2.3.4. Réservoir N°5(5000m3)	10
Chapitre II : Diagnostic physique	
II.1. Introduction	11
II.2. Diagnostic des points de captage	11
II.2.1. Forage F1	11
II.2.2. Forage F2	12
II.2.3. Forage F3	13
II.2.4. Forage F4	14
II.3. Diagnostic des conduites d'adduction	17
II.3.1. Adduction F1-R1	17
II.3.2. Adduction F1-R3	17
II.3.3. Adduction F2-R3	17
II.3.4. Adduction F3-R2	17
II.3.5. Adduction R5- (F2-R1)	18
II.3.6. Adduction R5-(F3-R2)	18
II.3.7. Adduction R5-R4	18
II.3.8. Adduction F4-R4	18

SOMMAIRE

II.4. Diagnostic des réservoirs de stockage	18
II.4.1. Le château d'eau R1	18
II.4.2. Le château d'eau R2	20
II.4.3. Le château d'eau R3	21
II.4.4. Le château d'eau R4	24

Chapitre III : Estimation des besoins

III.1. Introduction	26
III.2. Estimation de la population	26
III.3. Evaluation des besoins en eau	28
III.3.1. Détermination de la consommation moyen journalière	28
III.3.1.1. Choix de la norme de consommation	28
III.3.1.2. Besoin domestique	29
III.3.1.3. Besoin d'équipement	30
III.3.2. Répartition des besoins	31
III.3.3. Majoration de la consommation moyenne journalière	32
III.3.4. Variation de la consommation journalière	33
III.3.4.1. Consommation max journalière	33
III.3.4.2. Consommation minimale journalière	34
III.3.5. Variation de la consommation horaire	34
III.4. Bilan (ressources-besoins)	36
III.4.1. Production	36
III.4.2. Le bilan comparaison (besoins-production)	36
III.4.3. Interprétation et recommandation	37

Chapitre IV : Réservoirs

IV.1. Introduction	38
IV.2. Rôles des réservoirs	38
IV.3. L'emplacement des réservoirs	38
IV.4. Classification d'un réservoir	39
IV.5. Fontaineries et équipements des réservoirs	41
IV.5.1. Conduite d'adduction	41
IV.5.2. Conduite de distribution	42
IV.5.3. Conduite de trop-plein	43
IV.5.4. Conduite de vidange	43
IV.5.5. By-pass entre l'adduction et la distribution	43
IV.5.6. Matérialisation d'une réserve d'incendie	44
IV.6. Vérification de la capacité de stockage pour différents horizons	44
IV.6.1. Méthode analytique	45
IV.6.2. Méthode graphique	45
IV.7. Détermination du volume total d'un réservoir	45
IV.8. Dimensionnement des réservoirs	46
IV.8.1. Calcul de la capacité des réservoirs	46
IV.8.1.1. Dimensionnement du réservoir R1	47
IV.8.1.2. Dimensionnement du réservoir R2	48
IV.8.1.3. Dimensionnement du réservoir R3	49

SOMMAIRE

IV.8.1.4. Dimensionnement du réservoir R4	50
IV.8.1.5. Dimensionnement de la bache à eau de la station de reprise	51

Chapitre V : Adduction

V.1. Introduction	52
V.2. Choix du tracé	52
V.3. Choix du type des conduites	52
V.4. Profil en long d'une adduction	53
V.5. Schéma d'adduction	54
V.6. Etude technico-économique de la conduite	55
V.6.1. Calcul de diamètre économique	55
V.6.2. Calcul de la vitesse	55
V.6.3. Calcul des pertes de charge	56
V.6.3.1. Perte de charge linéaire	56
V.6.3.2. Perte de charge singulière	57
V.6.4. Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation (HMT)	57
V.6.5. Puissance absorbée par la pompe	58
V.6.6. Energie annuelle consommée la pompe	58
V.6.7. Frais d'exploitation	58
V.6.8. Frais d'amortissement	58
V.6.9. Calcul du bilan	59
V.7. Prix des conduites	59
V.8. Equipement de l'adduction	60
V.8.1. Vanne d'isolement et de charge	60
V.8.2. Ventouses	60
V.8.3. Clapets	60
V.9. Calcul des diamètres économiques pour les différents tronçons	60
V.9.1. Dimensionnement des conduites d'adduction par refoulement	60
V.9.2. Dimensionnement des conduites d'adduction gravitaire	75

Chapitre VI : Pompes et stations de pompage

VI.1. Définition	77
VI.2. Différents type de pompes	77
VI.2.1. Pompe volumétrique	77
VI.2.2. Les turbo-pompes	77
VI.3. Classification des turbo-pompes	77
VI.4. Choix de la pompe	78
VI.5. Courbe caractéristique de la pompe	79
VI.6. Les propriétés hydraulique des turbopompes	80
VI.6.1. Débit	80
VI.6.2. Hauteur	80
VI.6.3. Puissance absorbée par la pompe ou un groupe	80
VI.6.4. Courbe de rendement	80
VI.6.5. Courbe de NPSH requis	81
VI.7. Rappel théorique des lois similitude appliquées aux pompes centrifuges	81
VI.8. Le point de fonctionnement	82

SOMMAIRE

VI.8.1. Première variante : Réduction ou augmentation du temps de pompage	83
VI.8.2. Deuxième variante : le vannage.....	84
VI.8.3. Troisième variante : variation de la vitesse de rotation	84
VI.8.4. Quatrième variante : Rognage de roue	85
VI.9. Choix des pompes du projet	87
VI.9.1. La Pompe installée sur F1	87
VI.9.2. La Pompe installée sur F2	90
VI.9.3. La Pompe installée sur R5-R1	91
VI.9.4. La Pompe installée sur R5-R7	92
VI.9.5. La Pompe installée sur F3-R2	93
VI.9.6. La Pompe installée sur R5-SR	94
VI.9.7. La Pompe installée sur SR-R8	97
VI.9.8. La Pompe installée sur R5-R6	100
VI.9.9. La Pompe installée sur R6-R4	101
VI.9.10. La Pompe installée sur R7-R2	102
VI.9.11. La Pompe installée sur R8-R3	103
VI.10. La cavitation	105
VI.11. Conséquences de la cavitation	107
VI.12. Vérification de la cavitation des pompes choisies	107
VI.13. Equipement de la station de pompage	107
VI.13.1. Les équipements d'aspiration	107
VI.13.2. Les équipements de refoulement	108

Chapitre VII : Protection et pose des conduites

VII.1. Introduction	109
VII.2. Protection des conduites contre le coup de bélier	109
VII.2.1. Description du phénomène	109
VII.2.2. Valeur numérique de coup de bélier	111
VII.2.2.1. Cas de fermeture brusque d'une vanne	111
VII.2.2.2. Cas d'une fermeture lente d'une vanne	111
VII.2.3. Protection contre le coup de bélier	112
VII.2.3.1. Les volants d'inertie	112
VII.2.3.2. Les cheminées d'équilibre	112
VII.2.3.3. Les réservoirs d'air	113
VII.2.3.4. Soupapes de décharge	113
VII.2.3.5. Les ventouses	114
VII.2.4. Calcul des coups de bélier	114
VII.2.4.1. Calcul des valeurs des coups de bélier	114
VII.2.5. Dimensionnement des réservoirs d'air	116
VII.2.5.1. Principe de calcul	116
VII.2.5.2. Calcul des pertes de charge dans la tuyère	116
VII.2.5.2.1. Cas de la montée de l'eau	116
VII.2.5.2.2. Cas de la descente	117
VII.2.5.3. Calcul des pressions dans le réservoir d'air	118
VII.2.5.4. Variation du volume d'air	118
VII.2.6. Résultats de calcul du réservoir d'air	119

SOMMAIRE

VII.2.6.1. Tronçon R5-R7	119
VII.2.6.2. Tronçon R5-SR	121
VII.2.6.3. Tronçon SR-R8	123
VII.2.6.4. Tronçon R5-R6	125
VII.3. Pose des conduites	127
VII.3.1. Pose en tranchée (en terre)	127
VII.3.2. Traversé d'une route	128
VII.3.3. Traversé d'une rivière	128
VII.3.4. Traversé d'un tunnel	129
VII.3.5. Butées	129
VII.3.6. Mode d'assemblage des tubes en PE	130
VII.3.6.1. L'électro-soudage	130
VII.3.6.2. Soudage bout a bout	130
VII.3.6.3. Raccords mécaniques	131
VII.3.7. mise en service	131
CONCLUSION GENERALE	132

INTRODUCTION GENERALE

L'eau qui nous environne, fait parfois oublier que ce liquide qui nous est si familier s'avère en réalité, par ses propriétés si particulières, le fluide le plus indispensable à la vie et celui dont la complexité est la plus remarquable.

Avec l'accroissement de la population et l'amélioration du mode de vie des agglomération, les besoins en eau ne cessent de croître, ce qui pose un problème de manque d'eau potable, donc une nécessité de faire appel à d'autres ressources, par conséquent, les installations et les équipement hydrauliques ne répondent plus à une telle situation. Jusqu'à nos jours, ce problème reste la préoccupation majeure des services hydrauliques dont ceux de la wilaya de Mila.

Le sujet que nous aborderons dans ce présent projet intitulé « Diagnostic et réhabilitation du réseau d'alimentation de la ville de Tadjenat (Wilaya de Mila) », consiste à élaborer une étude détaillée du réseau, où les grands axes seront, le diagnostic physique de la totalité du réseau d'adduction d'une part, et une étude hydraulique du système à réhabiliter d'une autre part ; pour cela, notre travail s'articule autour des points suivants :

- Présentation de la zone concernée par notre étude et l'état actuel du système AEP (Captage, ouvrages de stockage, Adduction).
- Diagnostic physique des différents accessoires et installations qui composent le système en question.
- Estimation des différents besoins en eau, à savoir : actuel (2015), à court terme (2020), à moyen terme (2030), et à long terme (2040), qui nous permettront de dimensionner les conduites d'adduction et les ouvrages de stockage.
- Choisir les pompes des différentes stations de pompage, établir une protection de la chaîne de refoulement contre le phénomène transitoire et en suite étudier la pose des conduites.

I.1. Présentation de la zone d'Etude

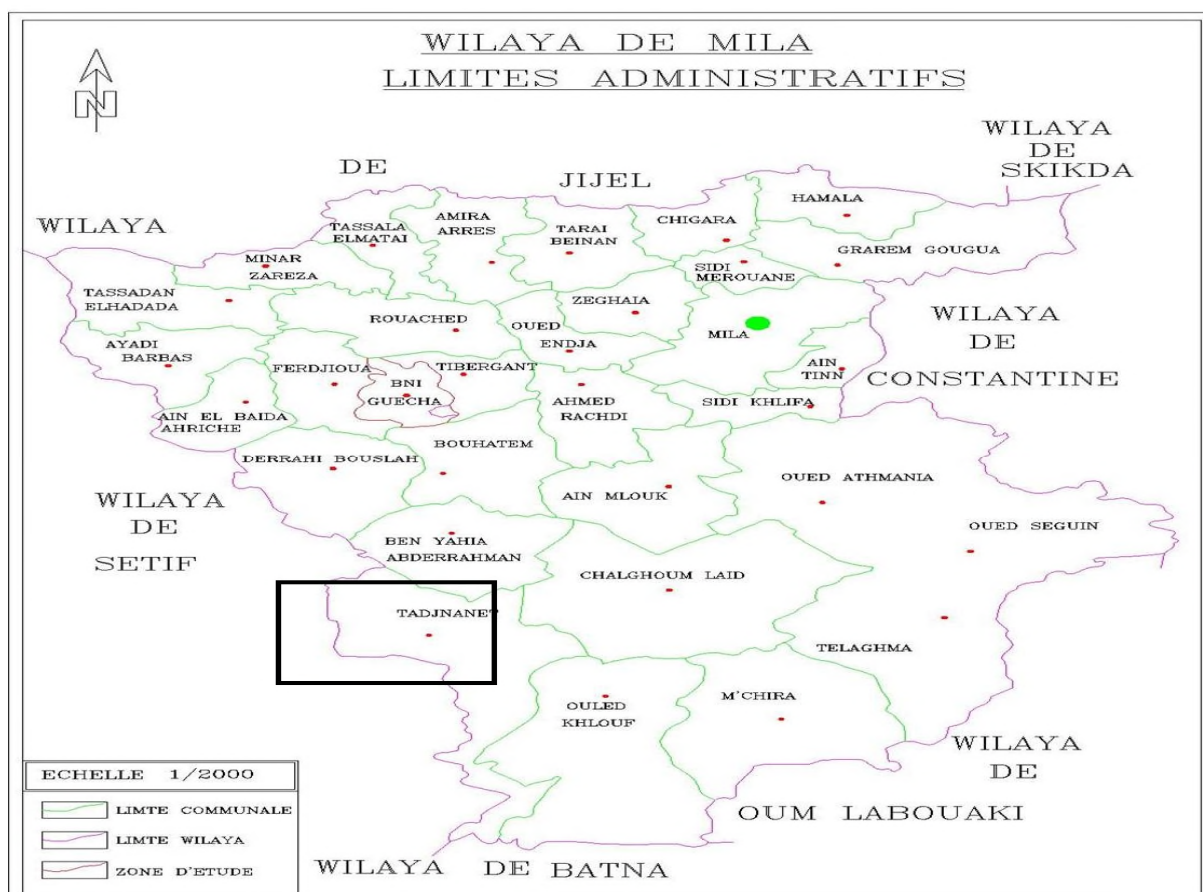
I.1.1. Situation géographique [1] [2]

La ville de TADJENANET est chef lieu de Commune et de Daïra faisant partie de la Wilaya de MILA. Elle est située au Sud Ouest de la wilaya de MILA, à Environ 70 Km, sur l'axe de la RN 05 et se trouve à 72 Km à l'Est de la ville de CONSTANTINE et à 55 Km de la ville de SETIF ce qui lui donne son appartenance à la région des hauts plateaux.

La commune de TADJENANET se compose de la ville de TADJENANET qui est le chef lieu de Commune et de deux agglomérations secondaires qui sont : MECHTA TINN et FEID NAFAA et une zone rurale composée d'habitations éparses.

La commune de TADJENANET est limitée :

- Au nord par la commune BENYAHIA ABDERRAHMANE
- A l'est par les communes de CHELGHOU M LAID et M'CHIRA
- A l'ouest par la commune de BIR EL ARCH (Wilaya de SETIF)
- Au sud par la Wilaya de OUM-EL BAUGHY



Figure(I.1) : Situation de zone d'étude

I.1.2. Topographie [2]

Le relief de la commune de **TADJENANET** est relativement plat, Il s'étend sur de vastes plaines au Nord qui deviennent plus étroites au Sud. La région est dominée par deux massifs montagneux qui sont Djebel Draa el Fertass et Djebel Edehs qui ont pour altitude respectivement (1161 m) et (1166 m).

I.1.3. Hydrologie

La principale source hydrographique de la Commune est OUED RHUMEL qui traverse la Commune d'Ouest en Est. Il atteint son niveau maximum en hiver tandis qu'en été il devient presque à sec. La faible profondeur des puits montre que la région est riche en eaux souterraines.

I.1.4. Géologie de site [2]

En analysant la feuille géologique de l'Algérie à l'échelle 1/50000 nous remarquons que Tadjenanet se situe dans les domaines géologiques des terrains sédimentaires d'Age villafranchien à quaternaire.

L'extrait de la carte géologique avec sa légende (Annexe(1)), montre que la région de Tadjenanet est installée dans une zone subsidence ayant favorisé la formation des dépôts quaternaire. Les reliefs assez éloignés constitués par des massifs de calcaire du crétacé sont le résultat d'une activité tectonique poste miocène.

I.1.5. Climatologie [2]

I.1.5.1. Climat

Le climat de la Commune de TADJENANET est un climat représentatif de la région des hauts plateaux, avec un hiver froid et un été chaud.

I.1.5.2. L'Humidité de l'air

Elle représente le rapport exprimé en (%) de la tension de vapeur d'eau observée à la tension de saturation pour une température donnée, les valeurs de l'humidité mensuelle moyenne interannuelle relevée à la station d'Ain Tine (MILA) sont mentionnées dans l'annexe(2)

L'humidité moyenne annuelle est de 67%, elle chute en été et atteint-les 49% au mois de Juillet à cause des vents secs du sud.

I.1.4.3. Température

La température moyenne annuelle est de 16,8 C°, la moyenne la plus élevée est enregistrée pendant la période sèche (juillet, et aout) avec un maximum de 27,6 C°, par contre la moyenne la plus basse se produit généralement en hiver avec 9 C°.

Il est à noter que la moyenne de températures maximums est de 22,3 C°, alors que celle des minimums est de 9,98 C° (annexe(3)).

I.1.5.4. Vents

Le vent est généralement à faible modération, parfois calme et parfois assez fort, sa direction est dans le secteur nord-ouest pendant la période hivernale et Sud Est en été.

La vitesse maximale est de (40km/h) à (70km/h).

La vitesse minimale est de (10km/h) à (20km/h).

I.1.5.5. Pluviométrie

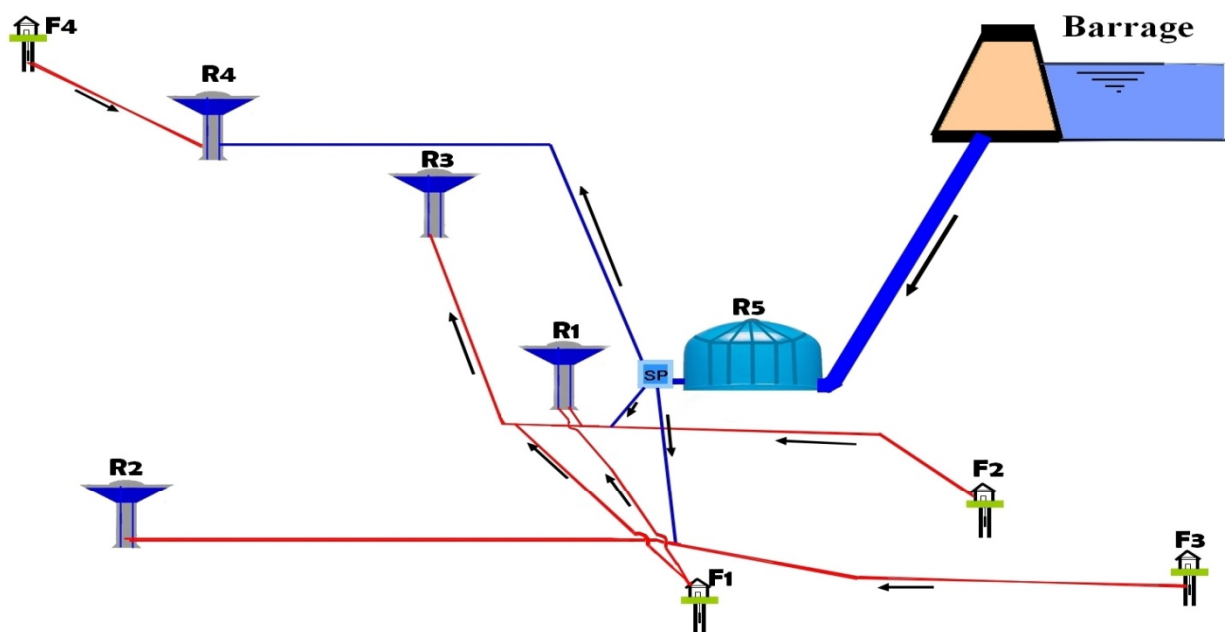
La pluviométrie annuelle moyenne est de 724,7 mm, d'après les mesures prises au niveau de la station pluviométrique d'Ain Tine (MILA) pour l'année 2010.

Les mois les plus pluvieux dans cette région sont : novembre, janvier, et mai, et les mois les plus secs sont : avril, juin, et juillet (annexe(4)).

I.2. Présentation du réseau d'AEP actuel

Tadjanet est alimentée par quatre forages F1, F2, F3, F4, avec un apport de barrage de Beni Haroun.

L'installation existante est illustrée dans la figure (I.2) suivante :



- R1** : Château d'eau 1000 m³
- R2** : Château d'eau 1000 m³
- R3** : Château d'eau 670 m³
- R4** : Château d'eau 1000 m³
- R5** : Réservoir semi enterré 5000 m³
- F1** : Forage F1
- F2** : Forage F2
- F3** : Forage C11-bis
- F4** : Forage bensror

Figure(I.2) : Schéma d'installation existante

I.2.1. Ressources en eau

I.2.1.1. Eaux superficielles

La Wilaya de Mila est alimentée en eaux superficielles, à partir du barrage de Beni Haroun.

Ce barrage est situé à la confluence des Oueds Endja et Rhumel. La capacité de 930.10^6 m^3 fera du barrage de Beni Haroun, le plus grand ouvrage réalisé en Algérie.

Plusieurs agglomérations bénéficieront des eaux régularisées par ce barrage et parmi elles; la commune de Tadjenanet par un apport de **6.874.848 m³/an**.

I.2.1.2. Eaux souterraine

La situation de l'alimentation en eau potable dans la ville de Tadjenanet, qui a connue une évolution notable en matière de satisfaction des besoins en eaux, risque d'être limitée à l'avenir, car malgré les efforts consentis, au titre des différents Programmes de développement, la mobilisation des ressources en eaux souterraines, à tendance à baisser. Ceci s'explique par un manque de données sur les aquifères connus pour une exploitation rationnelle d'une part, et le manque d'études appropriées pour localiser des nouveaux aquifères d'autre part. La mobilisation des ressources en eaux souterraines pour la ville de Tadjenanet est assurée par quatre (04) forages

I.2.1.2.1. Caractéristiques du forage F1

Le forage est constitué la première ressource souterraine pour l'alimentation en eau potable de la ville de Tadjenanet, il est situé au centre de la ville.

- Les coordonnées du forage :
 - N : 36°06'47.15''
 - E : 5°59'23.36''
 - Z (cote du terrain naturel) : 850.45 m
 - X=796.150
 - Y=319
- Profondeur du forage : 250 m
- L'année de réhabilitation : 2000
- La formation géologique (annexe (5))

L'eau est captée par un groupe électropompe immergé, puis refoulée vers les deux réservoirs (R1, R3)

- Niveau statique : 90 m
- Niveau dynamique : 116 m
- Débit : 17 l/s
- Débit exploité : 15 l/s (20heurs/jour)
- Hauteur manométrique (H.M.T) : 180 m

I.2.1.2.2. Caractéristiques du forage F2

Le forage constitue la deuxième ressource souterraine pour l'alimentation en eau potable de la ville de Tadjnanet.

- Les coordonnées du forage :
 - N : 36.113
 - E : 5.089
 - Z (cote du terrain naturel) : 844.5m
 - X=797
 - Y=317
- Profondeur du forage : 250m.
- L'année de réhabilitation : 2007.
- La formation géologique : (annexe (6)).

L'eau est captée par un groupe électropompe immergé, puis refoulée vers les deux réservoirs (R1, R3).

- Niveau statique : 111 m
- Niveau dynamique : 126m
- Débit : 15 l/s
- Débit exploité : 13 l/s (20heurs/jour)
- Hauteur manométrique (H.M.T) : 170 m

I.2.1.2.3. Caractéristique du forage F3 (c11-bis)

Le forage constitue la troisième ressource souterraine pour l'alimentation en eau potable de la ville de Tadjnanet.

- Les coordonnées du forage :
 - N : 36.111
 - E : 6.0097
 - Z (cote du terrain naturel) : 826.95 m
 - X= 888.350
 - Y= 316.60
- Profondeur du forage : 150 m.
- L'année de réalisation : 1999.
- La formation géologique : (annexe (7)).

L'eau est captée par un groupe électropompe immergé, puis refoulée vers réservoir (R2).

- Niveau statique : 29 m
- Niveau dynamique : 58.8 m
- Débit : 20 l/s
- Débit exploité : 17 l/s (20heurs/jour)

I.2.1.2.4. Caractéristiques du forage F4 (Ben Srour)

Le forage F4 constitue la quatrième ressource souterraine pour l'alimentation en eau potable de la ville de Tadjanet.

- Les coordonnées du forage :
 - N : 36°10'16.54''
 - E : 5°55'32.84''
 - Z (cote du terrain naturel) : 1014.9 m
 - X=790.9
 - Y=323.8
- Profondeur du forage : 200 m
- L'année de réhabilitation : 2012
- La formation géologique annexe (8)).

Les eaux sont d'une assez bonne qualité bactériologique d'après les analyses bactériologique et physico-chimiques qui ont été faites par l'organisme de l'ADE (unité de la wilaya de Mila), (annexe(9)).

L'eau est captée par un groupe électropompe immergé, puis refoulée vers le réservoir (R4).

- Niveau statique : 69 m.
- Niveau dynamique : 89 m.
- Débit : 20 l/s.
- Débit exploité : 13.3 l/s (20 heures/jour).
- Hauteur manométrique(H.M.T) : 142 m.

I.2.2. Répartition des conduites d'adduction existantes

Toutes les conduites d'adduction font le Transfer de l'eau par refoulement sauf la conduite (F4-R4) fait le Transfer de l'eau par gravité.

Le tableau (I.1) ci-dessous représente la répartition des conduites d'adduction existantes

Tableau (I.1) : Répartition des conduites d'adduction existantes

N°	Conduites	Nature	Diamètre (mm)	Longueur(m)
1	F4-R4	PVC	160	7000
2	F3-R2	PVC	160	5440
3	F1-R1	A.C	250	650
4	F1-R3	A.C	150	830
5	F2-R1	A.C	200	1075
6	F2-R3	PVC	160	1110
7	R5-R4	PEHD	400	3220
8	R5-R2	PEHD	250	400
9	R5-R3	PEHD	160	40

I.2.2.1. Linéaire du réseau d'adduction existant

Le tableau (I.2) ci-dessous représente la répartition du linéaire du réseau par nature du matériau

Tableau(I.2) : Répartition de linéaire du réseau par nature du matériau

Matériau	Longueur (m)
Réseau en amiante ciment	2555
Réseau PVC	13550
Réseau PEHD	3660
Totale	19765

La figure (I.3) :ci-dessous représente la répartition du linéaire du réseau par nature du matériau

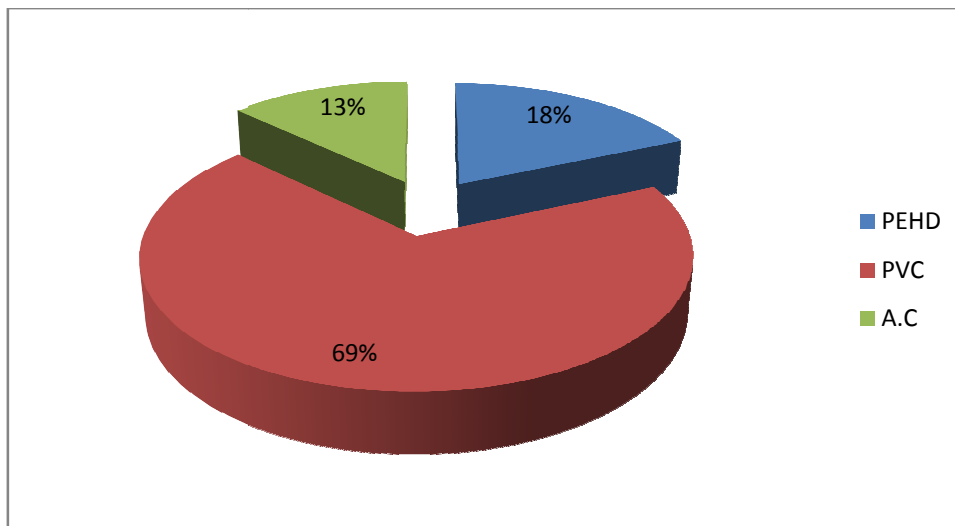


Figure (I.3) : Répartition du linéaire du réseau d'adduction par nature du matériau

I.2.3. Caractéristiques des réservoirs existants

I.2.3.1. réservoir N°1 (1000m³)

C'est un réservoir circulaire surélevé à paroi latérale en béton armé, avec une capacité de 1000 m³, l'arrivée d'eau à ce réservoir se fait à partir de deux forage F1 et F2. Il assure la distribution en eau potable d'une partie de la ville.

Chambre des vannes (de manœuvre) est constituée de :

- Conduite d'arrivée de DN200 en fonte (à partir du F1 et F2)
- Conduite de vidange de DN150 en fonte.
- Conduite de trop-plein DN200
- Conduite de distribution de DN500 en fonte vers le réseau de distribution

I.2.3.2. Réservoir N°2 (1000m³)

C'est un réservoir circulaire surélevé à paroi latérale en béton armé, avec une capacité de 1000 m³, l'arrivée d'eau à ce réservoir se fait à partir du forage F3 et réservoir semi-enterré (5000 m³). Il assure la distribution en eau potable d'une partie de la ville.

Chambre des vannes (de manœuvre) est constituée de :

- Conduite d'arrivée de DN150 en fonte
- Conduite de vidange de DN200 en fonte.
- Conduite de trop-plein DN200
- Conduite de distribution de DN400 en fonte vers le réseau de distribution

I.2.3.3. réservoir N°3(670m³)

C'est un réservoir circulaire surélevé à paroi latérale en béton armé, avec une capacité de 670 m³, l'arrivée d'eau à ce réservoir se fait a partir de deux forage F1 et F2 et réservoir semi-enterré (5000 m³). Il assure la distribution en eau potable d'une partie de la ville.

Chambre des vannes (de manœuvre) est constituée de :

- Conduite d'arrivée de DN150 en fonte
- Conduite de vidange de DN200 en fonte.
- Conduite de trop-plein DN200
- Conduite de distribution de DN200 en fonte vers le réseau de distribution

I.2.3.4. réservoir N°4(1000m³)

C'est un réservoir circulaire surélevé à paroi latérale en béton armé, avec une capacité de 1000 m³, l'arrivée d'eau à ce réservoir se fait à partir de deux forage F4 et réservoir semi-enterré (5000 m³). Il assure la distribution en eau potable d'une partie de la ville.

Chambre des vannes (de manœuvre) est constituée de :

- Conduite d'arrivée de DN315en PEHD (à partir du barrage Beni Haroun)
- Conduite de vidange de DN200 en PEHD.
- Conduite de trop-plein DN200
- Conduite de distribution de DN500 en PEHD vers le réseau de distribution

I.2.3.5. Réservoir (5000 m³)

C'est un réservoir rectangulaire semi-enterré à paroi latéral en béton armé, avec une capacité de 5000 m³. L'arrivée d'eau à ce réservoir se fait à partir du barrage de Beni Haroun et assure l'alimentation des réservoirs R2, R3, R4.

La chambre des vannes (manœuvre) est équipée des conduites suivantes :

- Conduite d'arrivée DN500 en fonte a partir du barrage Beni Haroun
- Conduite de distribution DN500 en fonte vers la station de pompage SP1.
- Conduite de trop-plein DN500 en fonte
- Conduite de vidange DN200

I.3. Conclusion

L'objectif de cette étude est le renforcement en eau potable la ville de Tadjnanet. Ce présent chapitre nous a permis d'avoir une idée générale sur la caractéristique de la ville de Tadjnanet et ses ressources en eau.

Les pertes en eau, qui correspondent à la différence entre les volumes pompés et les volumes facturés, représentent ainsi près de 40 % d'eau potable de la ville.

Elles sont définies par l'ensemble des éléments suivants :

- Les défauts de comptage (dérive de compteur, mauvaise lecture...).
- Gaspillages (dysfonctionnement, erreur d'exploitation...).
- Les volumes détournés (branchement illicites ou inconnus des services d'eau).
- Les besoins des services des eaux (purges, nettoyage des réseaux,...).
- Les fuit (mauvaise étanchéité de canalisation).

Pour contrôler et limiter les pertes en eau potable, une bonne connaissance du réseau est indispensable.

II.1. Introduction

Le diagnostic des systèmes d'alimentation en eau potable de la commune de Tadjanet devient un préalable indispensable à la définition des programmes d'actions cohérents permettant d'optimiser la gestion des réseaux et de palier aux éventuelles insuffisances de qualité, de quantité ou de sécurité d'approvisionnement de cette ville, le diagnostic a pour but de présenter l'état des lieux du service d'alimentation d'eau potable et de proposer des solutions techniques appropriées qui répondent aux préoccupations de l'ingénieur :

- Garantir à la population actuelle et future des solutions durables pour une alimentation en eau en qualité et en quantité suffisante et préciser des aménagements compatibles avec la défense contre l'incendie.
- optimiser la gestion du service et des nouveaux investissements ou les renouvellements des équipements en place.

Des résultats obtenus à la suite de ces diagnostics doivent permettre aux responsables

de faire un choix justifié quant aux orientations futures de la gestion de l'alimentation en eau.

L'alimentation en eau potable de la collectivité est le résultat de l'addition de composantes disparates qui concourent toutes à des échelles variables à la satisfaction de ce besoin primordial. Une étude diagnostique du système AEP devra aborder toutes les composantes de ce système peuvent faire appel à plusieurs déclinaisons différentes.

II.2. Diagnostic des points de captage

II.2.1. Forage F1

Ce forage connaît plusieurs problèmes d'ordre technique et de gestion parmi lesquels :

- L'abri du forage est en état dégradé, par exemple manque de peinture à l'intérieur (photographie (II.4)).
- Pour ce qui est du génie civil, l'abri du forage est en état dégradé (photographie (II.4)).
- L'éclairage extérieur et intérieur n'est pas suffisant.
- Les connexions des câbles sont totalement dénudées et sans aucune protection (photographie (II.1)).
- L'inexistence des appareils de mesure de pression et de débit, tel que le débit mètre et le manomètre (photographie (II.4)).
- Absence d'une prise d'échantillon pour l'analyse d'eau.
- Manque de sondes qui donnent le niveau d'eau dans le forage.
- Manque de javellisation pour le traitement.
- La corrosion de la conduite de refoulement ainsi que ses accessoires due au manque d'entretien

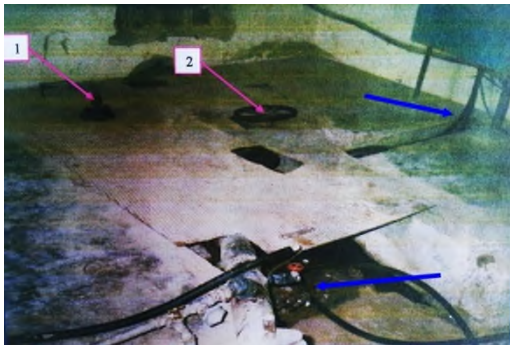
- Le câble d'alimentation du moteur de la pompe se trouve par terre ce qui présente un risque d'électrocution (photographie (II.3)).



Photographie (II.1)



Photographie (II.2)



Photographie (II.3)



Photographie (II.4)

II.2.2. Forage F2

D'après le diagnostic, il existe quelques défaillances qui sont essentiellement :

- La clôture délimitant l'abri du forage est en état dégradé (photographie (II.6)).
- L'abri du forage est en état dégradé.
- L'inexistence de débitmètre et le manomètre non fonctionnel.
- Les câbles d'électricité ne sont pas protégés (photographie (II.5)).
- Absence d'une prise d'échantillon pour l'analyse d'eau.
- Manque des sondes qui donnent le niveau d'eau dans le forage.
- Manque de javellisation pour le traitement de l'eau.
- Début de corrosion des équipements de ce forage.

- Le plat de forme de l'abri est complètement inondé a cause des fuites au niveau des joints de conduite de refoulement (photographie (II.5)).



Photographie (II.5)



Photographie (II.6)

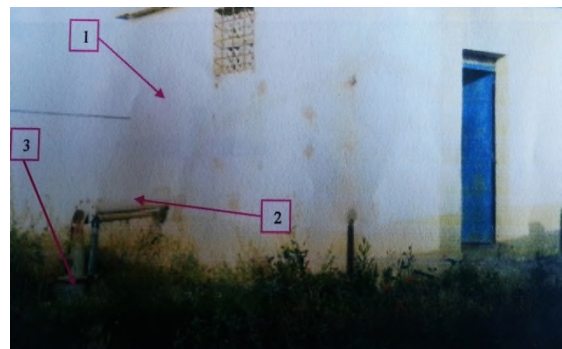
II.2.3. Forage F3

D'après le diagnostic, on constaté que :

- L'état de génie civil de l'abri de forage est en bon état (photographie (II.8)).
- La clôture délimitant l'abri du forage est en bon état (photographie (II.7)).
- La conduite d'adduction se trouve à l'air libre (photographie (II.8)).
- Les câbles d'électricité ne sont pas protégés (photographie(II.10)).
- L'éclairage extérieur et intérieur n'existe pas.
- Manque d'entretien de réservoir anti bélier (photographie (II.11)).
- Manque des sondes qui donnent le niveau d'eau dans le forage.



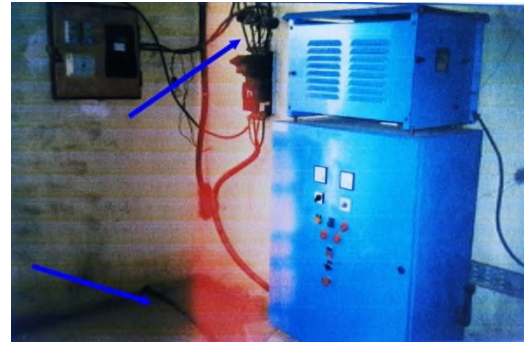
Photographie (II.7)



Photographie (II.8)



Photographie (II.9)



Photographie (II.10)



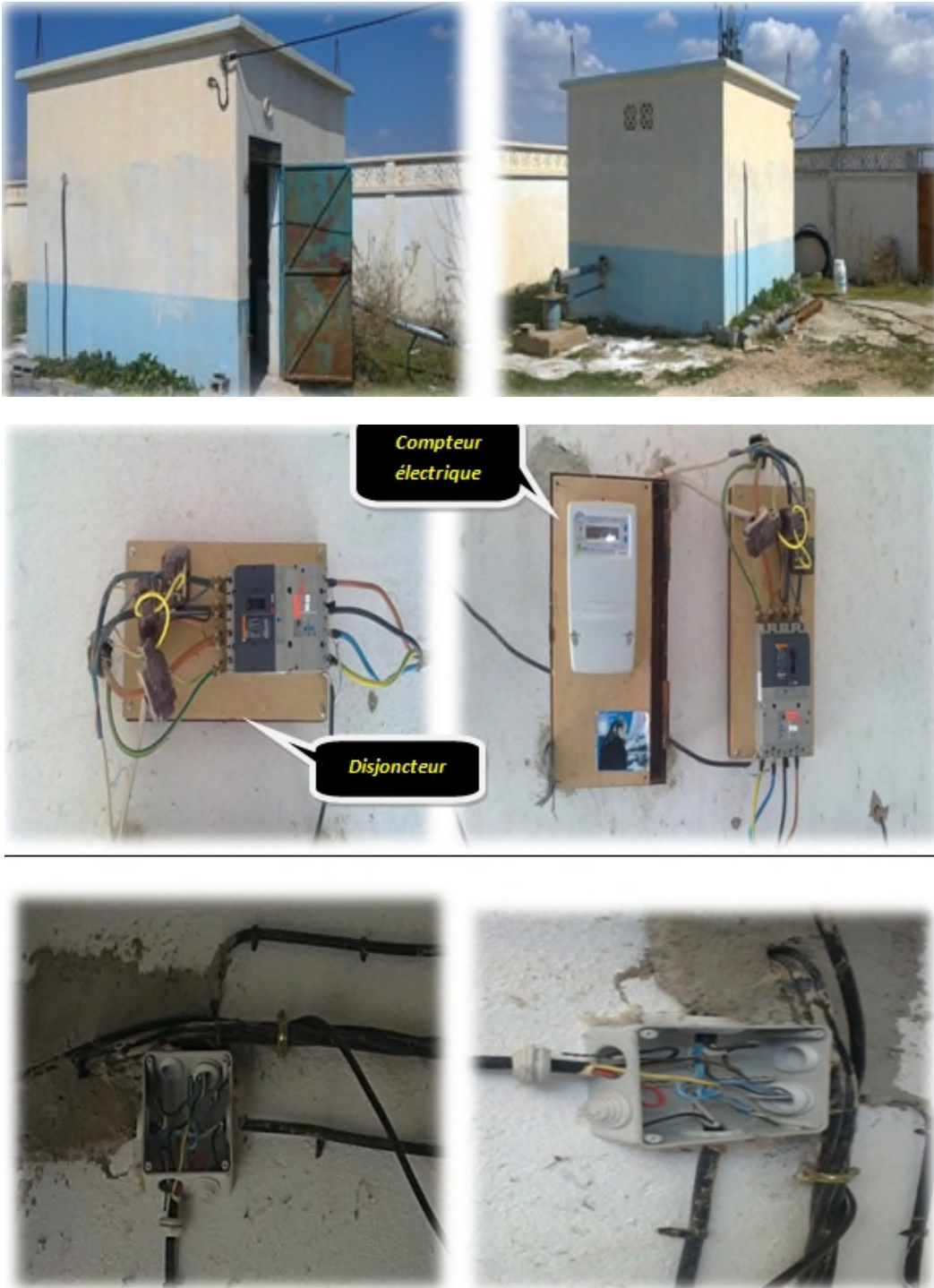
Photographie (II.11)

II.2.4. Forage F4

Ce forage a été réalisé en 2004, après il a subi des modifications en 2012

D'après le diagnostic :

- L'abri du forage est en bon état (photographie (II.12)).
- La clôture délimitant l'abri du forage est en bon état (photographie (II.15)).
- Le manque d'éclairage.
- L'inexistence du débitmètre.
- Absence d'une prise d'échantillon pour l'analyse d'eau.
- Manque des sondes qui donnent le niveau d'eau dans le forage.
- Les câbles d'électricité ne sont pas protégés (photographie (II.13)).



Photographie (II.12)



Photographie (II.13)

Remarque

- Les forages F1, F2, F3, F4 sont dotés d'un groupe électropompe immergé, donc on n'a pas pu voir l'état de ces dernières par leur définition, ne nécessitent pas d'entretien régulier, car elles sont conçues pour une utilisation à longue durée sans l'intervention de l'être humain, cette dernière est envisageable lors de pannes.
- Dans tous les forages, il nous a été signalé l'absence de la deuxième pompe immergée, malgré cette situation est inacceptable du point de vue hydraulique, puisque la pompe risque de tomber en panne à n'importe quel moment ce qui va provoquer une rupture d'alimentation.

II.3. Diagnostique des conduites d'adduction

II.3.1. Adduction F1 – R1

L'adduction (F1-R1) est en amiante ciment de diamètre Ø250 mm classe 30 et un linéaire de 650 m, prend naissance à partir du forage F1 et refoule directement vers le réservoir R1.

Plusieurs interventions des agents de l'ADE pour la réparation des fuites présentées le long de cette conduite, ils nous ont confirmé le mauvais état de cette dernière. Sa rénovation est impérative à court terme.

II.3.2. Adduction F1 - R3

Cette adduction prend naissance à partir du forage F1 et refoule vers R3 à travers une conduite composée de deux (02) tronçons :

- Tronçon en Amiante ciment de diamètre Ø150 mm classe 30 et un linéaire de 830 m, jusqu'au regard de vanne à proximité de siège de L'ONA.
- Tronçon en PVC de diamètre Ø160 mm et un linéaire de 870 m, du regard de vanne à proximité de siège de l'ONA jusqu'au R3.

Le tronçon en amiante ciment de diamètre 150 mm est en mauvais état à cause de plusieurs interventions des agents de l'ADE pour la réparation des fuites le long de cette conduite. Sa rénovation est impérative à court terme.

Le tronçon en PVC de diamètre 160 mm est aussi en mauvais état à cause de plusieurs interventions des agents de l'ADE pour la réparation des fuites le long de cette conduite. Sa rénovation est impérative à court terme.

II.3.3. Adduction F2 – R3

Cette adduction est composée par deux (03) tronçons, (Adduction F2- R1+ R1 jusqu'au regard de vanne à proximité de siège de L'ONA + le deuxième tronçon de l'adduction « SP1- R 670 »).

Plusieurs interventions des agents de l'ADE pour la réparation des fuites présentées le long de cette conduite, ils nous ont confirmé le mauvais état de cette dernière. Sa rénovation est impérative à court terme.

II.3.4. Adduction F3 – R2

L'adduction **F3 – R2** est en PVC de diamètre Ø160 mm et un linéaire de 5440 m, prend naissance à partir du forage F3 et refoule directement vers le réservoir R2.

L'état physique de cette conduite est dégradé, Il est à signaler que cette adduction présente des fuites, et ceci malgré les efforts fournis par l'entreprise de gestion des réseaux (ADE) dans le domaine de la réparation et le changement des tronçons défectueux.

II.3.5. Adduction R5 – (Adduction F2- R1)

Cette adduction prend naissance à partir de station de pompage SP1 et refoule vers le tronçon (F2-R1) à travers une conduite en PEHD de linéaire 40 m et 160mm de diamètre.

II.3.6. Adduction R5- (Adduction F3 – R2)

Cette adduction prend naissance à partir de station de pompage SP1 et refoule vers le tronçon (F3 – R2) à travers une conduite en PEHD de linéaire 400 m et 250mm de diamètre.

II.3.7. Adduction R5-R4

Cette adduction prend naissance à partir de station de pompage SP1 et refoule vers le réservoir R4 à travers une conduite en PEHD de linéaire 3220 m et 400mm de diamètre.

II.3.8. Adduction F4-R4

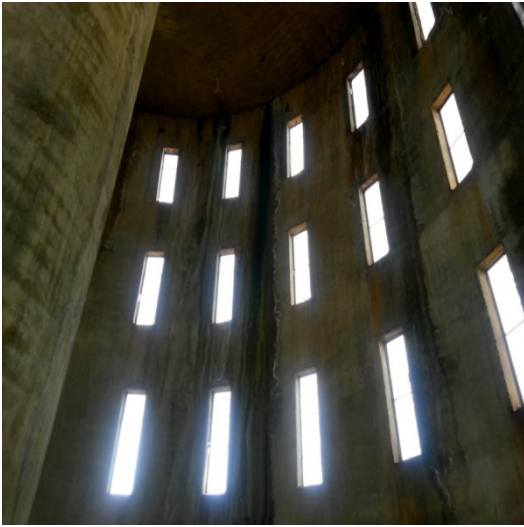
Cette adduction prend naissance à partir du forage F4 (bensor) vers le réservoir R4, elle se fait gravitairement à travers une conduite en PVC de linéaire 7000 m et 160mm de diamètre. Cette adduction est réalisée récemment elle sera maintenue pour l'horizon d'étude s'il répondra aux conditions d'écoulement.

II.4. Diagnostic des réservoirs de stockage

II.4.1. Le château d'eau (R1)

Les anomalies constatées sont les suivantes :

- Manque de capteur de niveau.
- Présence des différents matériels au pied du château d'eau (photographie (II.19)).
- Présence de beaucoup de poussière à l'intérieur de l'ouvrage ce qui représente un risque de contamination de l'eau potable.
- Altération de la peinture extérieure et intérieure du réservoir (photographie (II.14), (II.15)).
- Un tassement au niveau du château.
- Les différentes conduites sont en mauvais état (photographie (II.17)).
- Les accessoires de la chambre de vannes sont en mauvais état.
- Dégradation de l'état de l'échelle (photographie (II.16)).
- La clôture des réservoirs est en bon état.
- L'état de génie civil est en état dégradé avancé (photographie (II.14)).
- Le plat de forme est complètement inondé à cause des fuites au niveau des fissurations et des conduites (photographie (II.18)).



Photographie(II.15)



Photographie (II.14)



Photographie (II.16)



Photographie (II.17)



Photographie (II.18)



photographie (II.19)

II.4.2. Le château d'eau (R2)

Les constatations sont comme suit :

- Altération de peinture extérieure du réservoir (photographie (II.20)).
- Manque d'entretien de l'installation.
- Manque de capteur de niveau et un bassin de javellisation pour le traitement de l'eau.
- Présence des différents objets qui n'ont aucun rapport avec les appareils au niveau de la chambre des vannes (photographie (II.24)).
- Les accessoires de la chambre de vannes sont en bon état.
- Le génie civil est en bon état.
- La clôture des réservoirs est en bon état.



Photographie (II.21)



Photographie (II.20)



Photographie (II.23)



Photographie (II.22)



Photographie (II.24)

II.4.3. Le château d'eau (R3)

Les constatations sont les suivantes :

- Manque de capteur de niveau.
- La clôture de réservoir est en mauvais état (photographie (II.25)).
- Manque de javellisation pour le traitement.
- Présence des différents objets qui n'ont aucun rapport avec les appareils au niveau de la chambre des vannes.
- Manque d'entretien des installations
- Les accessoires de la chambre de vannes est en état dégradé avancé.
- Le génie civil est en état bon.

- Dégradation de l'état de l'échelle (photographie (II.26)).
- Les différentes conduites sont en état dégradé avancé.



Photographie (II.26)



Photographie (II.25)



Photographie(II.28)



Photographie (II.27)



Photographie (II.29)

II.4.4. Le château d'eau (R4)

Les anomalies constatées sont les suivantes :

- Le génie civil est en bon état
- Manque de javellisation pour le traitement
- L'état des différentes conduites est bon
- Les accessoires de la chambre de vannes sont en bon état
- La clôture de château d'eau est en bon état.



Photographie (II.30)



Photographie (II.31)



Photographie (II.32)

Conclusion

Après le diagnostic physique de notre réseau d'adduction, nous recommandons ensemble des changements, modifications et ajouts qu'on doit apporter aux installations afin d'éviter tout danger ou rupture d'alimentation.

- Revêtement intérieur et extérieur des abris en peinture.
- Il faudra doter des forages d'un éclairage intérieur et extérieur, afin d'avoir une meilleure visibilité.

- Equiper les forages avec des appareils de mesure tel que : le débitmètre, prise d'échantillon pour les analyses d'eau, des sondes qui donnent le niveau d'eau dans le forage, bassin de javellisation et un manomètre,
- Protection des câbles d'électricité, en les couvrant d'un isolant électrique (gaine ou un cache).
- Pour les conduites corrodées, une couche protectrice (antirouille ou une peinture spéciale est nécessaire).
- Pour les quatre forages doivent être équipés d'une deuxième pompe qui à pour role de fonctionner en alternance et constitue ainsi un remplacement de la pompe en service en cas de panne.
- Doter le château d'eau d'un éclairage intérieur et extérieur.
- Equiper les réservoirs d'un appareil essentiel tel que les sondes qui donnent le niveau d'eau.
- Peinture intérieur et extérieur.
- Réhabilitation de l'étanchéité de la coupole dans certain endroits.
- Entretien des installations.
- Installation d'un bassin de javellisation pour traitement des eaux.

III.1. Introduction

Compte tenu l'évolution démographique de la population et de l'amélioration du niveau de vie ainsi que l'extension de l'agglomération de la commune, l'estimation de nombre d'habitants ainsi que les différents besoins en eau, aux divers horizons s'avère nécessaire.

III.2. Estimation de la population

Du point de vue démographique et les renseignements recueillis localement se basant sur le recensement générale de la population (service d'alimentation en eau potable de la direction hydraulique de la ville de Mila), évaluent la population en 2014 à 45372 habitants [3].

Pour évaluer la population avenir à horizon de projet, soit **25ans** (à partir de l'année d'étude) on se réfère à la loi de l'accroissement géométrique donnée par la relation des intérêts composés suivante :

$$P = Pr (1 + T_{acc})^n \quad (III.1)$$

Avec :

- **P** : population à l'horizon considéré.
- **Pr** : population de l'année de référence(2014).
- **n** : le nombre d'années séparant les deux (2) horizons considérés.
- **T_{acc}** : le taux d'accroissement annuel de la population.

Taux d'accroissement

Les données de la population selon **RGPH** (1987 et 1998) représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau (III.1) : Les données de la population selon RGPH

Année	Population (hab.)	Taux d'accroissement(%)
RGPH 1987	19648	4.03
RGPH 1998	30342	

Le taux d'accroissement enregistré pendant la période 87/98 est relativement élevé cela est expliqué par l'afflux des populations rurales enregistrés pendant cette période.

Les données du taux d'accroissement de (2008 à 2014) selon la DPAT

Tableau (III.2) : Les données du taux d'accroissement de (2008 à 2014)

L'année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	moyen
Taux d'accroissement%	1.83	1.83	1.81	1.78	1.86	1.86	1.9	1.84

De 2008 à 2014 le taux d'accroissement à tendance à se stabiliser autour de **1.84**, cela est expliquer par l'amélioration des conditions de vie des populations rurales.

Par mesure de sécurité, nous prenons en considération la moyenne enregistrée entre le RGPH 98 et les années de 2008 à 2014 soit un taux moyen de **2.11%**.

Pour les différents horizons pris en compte dans notre étude, et sur la base de la loi précédente, les différentes populations sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau (III.3) : Evolution de la population pour différent horizons :

Localité	horizon	2015	2020	2030	2040
Tadjnanet	Population	46329	51427	63363	78084

L'évaluation de la population de la zone d'étude pour les différents horizons est illustrée dans la figure (III.1) ci-dessous :

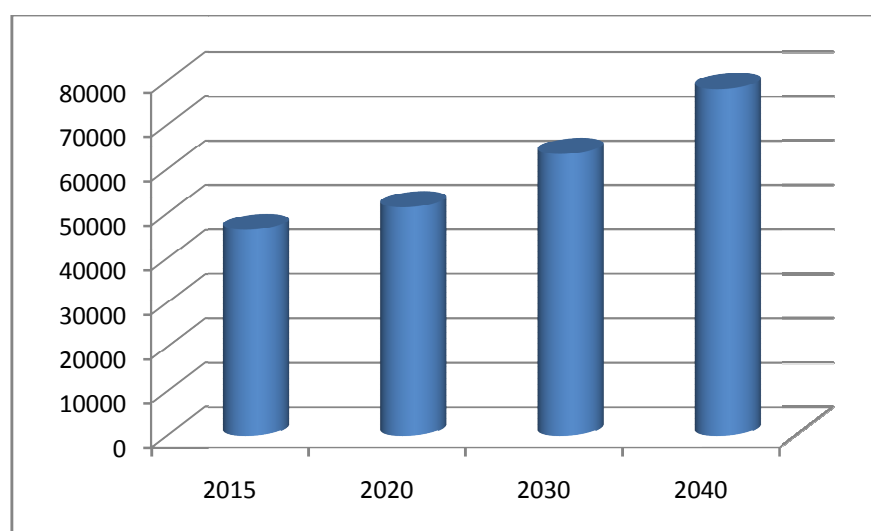


Figure (III.1) : Répartition de la population en différents horizons

III.3. Evaluation des besoins en eau

L'évaluation des besoins est très variable dans le temps, ces variations sont annuelles, saisonnières, mensuelles, hebdomadaires, journalières et horaires ; elles dépendent de plusieurs facteurs, tels que : le climat, le niveau de vie de la population, de type et degré de l'agglomération ainsi que la catégorie des consommateurs.

III.3.1 Détermination de la consommation moyenne journalière

Afin de déterminer la consommation moyenne journalière de la zone d'étude, Il faudra estimer tous les besoins existants à savoir : domestiques, administratifs, commerciaux et industriels, et cela on utilise la formule suivante :

$$Q_{\text{moy.j}} = \frac{q \times Ni}{1000} \quad (\text{III.2})$$

Avec :

- $Q_{\text{moy.j}}$: la consommation moyenne journalière en (m³/j).
- q : dotation moyenne journalière (l/j/hab.).
- Ni : le nombre de consommateurs.

III.3.1.1 Choix de la norme de consommation

La norme de consommation en eau dépend de nombre, du confort et des habitudes de la population. Pour la ville dont le nombre d'habitants est inférieur à 20 000 habitants on prend une dotation entre 150 et 200 l/j/hab [3].

a) Choix de la norme de consommation domestique

La zone d'étude représente une agglomération à caractère urbain, on opte pour une norme de consommation de **200** l/j/hab.

b) Choix de norme de consommation pour les différents équipements

La ville de Tadjanet est une agglomération dense, elle comporte des différents équipements ci-dessous :

- Equipement scolaires : quatorze (14) écoles primaires, sept (7) CEM, trois (3) lycées, (1) CFPA.
- Equipements administratifs : APC, daïra, (2) PTT, les subdivisions (hydraulique, agricole, ADE, ONA), brigade de gendarmerie, commissariat de police, centre téléphonique, recette postale.
- Equipement sanitaires : deux (2) centres de santé, polyclinique, salle de soin et maternité.
- Equipements socioculturels : six (6) mosquées, deux (2) bibliothèque.

- Equipements sportifs : deux (2) salles polyvalentes, stade, salle omni sport.
- Equipement commerciaux : composé de marché couvert, marché plein air, abattoir.

III.3.1.2 Besoins domestiques :

Les besoins en eau de la population aux divers horizons, sont obtenus en multipliant le nombre d’habitants par la norme de consommation de ces dernières, on aura les résultats suivants (tableau (III.4)) :

Tableau(III.4) : Besoins domestiques actuels et futur de la zone d’étude :

Horizon	Dotation (l/j/hab.)	Population	Q _{moy,j} (m ³ /j)	Q _{moy,j} (l/s)
2015	200	46329	9265.87	107.243864
2020	200	51427	10285.55	119.045733
2030	200	63369	12673.90	146.688678
2040	200	78084	15616.8	180.75

La figure (III.2) :ci-dessous représente l’évolution des besoins en eau pour différents horizons.

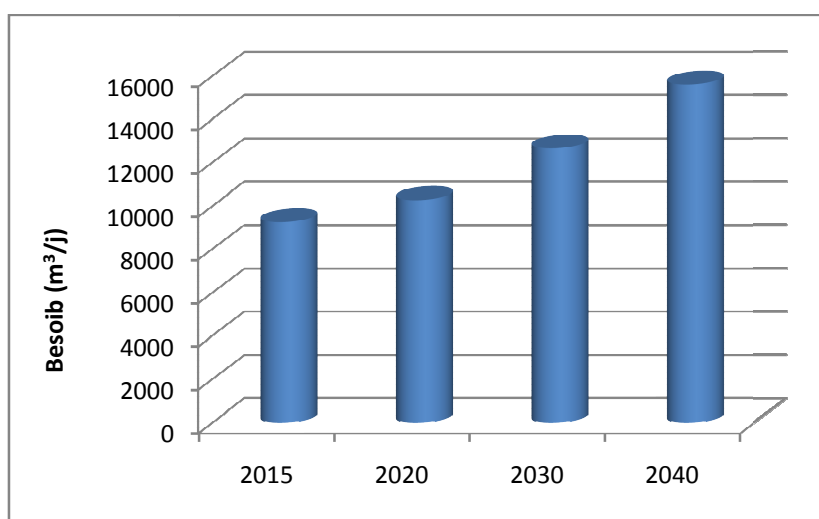


Figure (III.2) : Evaluation des besoins en eau domestiques pour différents horizons

III.3.1.3. Besoins des équipements

Les besoin des équipements publics pour les différents horizons sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau (III.5) : Les Besoin des équipements publics pour les différents horizons

horizon	Actuel 2015	Court terme 2020	Moyen terme 2030	Long terme 2040
Besoins Administratifs (m³/j)	8	9	9	9
Besoins Scolaires (m³/j)	244	267	283	283
Besoins Sanitaires (m³/j)	85	88	103	103
Besoin Culturels (m³/j)	73	114	131	131
Besoin cultuels (m³/j)	315	329	364	364
Besoin de Service (m³/j)	52	52	57	57
Besoin Commerciaux (m³/j)	473	488	511	511
Besoin Industriels (m³/j)	23	873	873	873
Total (m³/j)	1273	2220	2331	2331
Total (l/s)	14.73	25.69	26.97	26.97

La figure (III.3) ci-dessous représente l'évolution des besoins en eau des équipements pour différents horizons

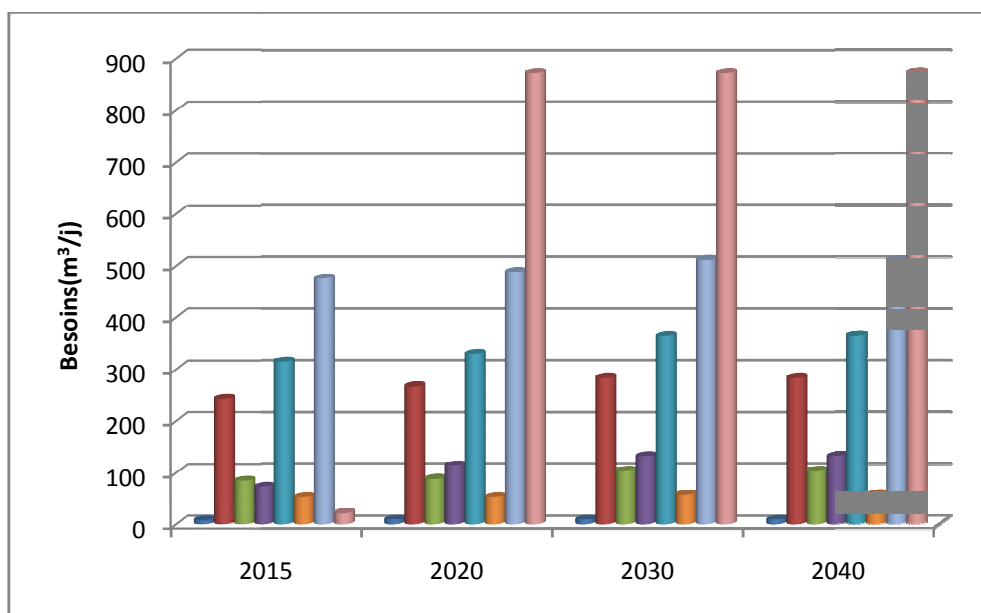


Figure (III.3) : Evolution des besoins en eau des équipements pour différents horizons

III.3.2. Répartition des besoins

Les différents besoins en eau de la ville Tedjn Janet sont regroupés dans le tableau (III.6) Ci-dessous.

Tableau (III.6) : Besoins journaliers en eau pour différents horizons

horizon	2015	2020	2030	2040
Besoins Domestique (m³/j)	9265.86984	10285.5513	12673.9018	15616.8
Besoins D'équipement (m³/j)	1273	2220	2331	2331
Totale	10538.8698	12505.5513	15004.9018	17947.8378

Les besoins journaliers en eau pour différents horizons sont illustrés dans la figure (III.4) ci-dessous.

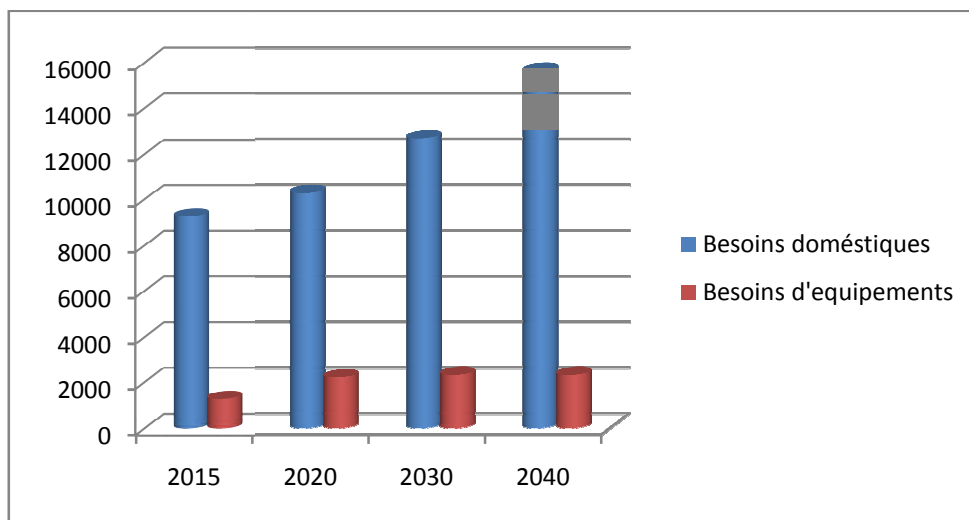


Figure (III.4) : Besoins journaliers en eau pour différents horizons.

III.3.3 Majoration de la consommation moyenne journalière

Les fuites au niveau de la conduite d’adduction et du réseau de la distribution sont fonction du type de conduite, leur vétusté, la nature du terrain, la qualité d’entretien et d’éventuels accidents. Pour compenser ces fuites, on effectue une majoration de 20%, c’est-à-dire :

$$Q_{moy,j \text{ majoré}} = Q_{moy,j} + (0.2 \times Q_{moy,j}) \tag{III.3}$$

La consommation moyenne journalière pour les différents horizons est représentée dans le tableau (III.7) suivant :

Tableau (III.7) : Majoration de la consommation moyenne journalière

horizon	2015	2020	2030	2040
$Q_{moy,j}$	10538.8698	12505.5513	15004.9018	17947.8378
$Q_{moy,j \text{ maj}}$ (m ³ /j)	12646.6438	15006.6616	18005.8822	21537.4054
$Q_{moy,j \text{ maj}}$ (l/s)	146.373192	173.688213	208.401414	249.275525

III.3.4. Variation de la consommation journalière

La consommation journalière de l'eau n'est pas régulière elle varie d'un jour à l'autre en fonction de plusieurs facteurs locaux, ces variations sont caractérisées par le coefficient d'irrégularité journalière, à savoir $K_{max,j}$ et $K_{min,j}$.

III.3.4.1 La consommation maximale journalière

Elle s'obtient comme suit :

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

D'où :

$$Q_{max,j} = K_{max,j} * Q_{moy,j} \quad (III.5)$$

Avec :

- $Q_{max,j}$: Débit d'eau maximal du jour le plus chargé de l'année.
- $K_{max,j}$: coefficient qui montre combien de fois le débit maximal journalier excède le débit moyen journalier, il tient compte entre autre, de l'augmentation de la consommation individuelle. Les statistiques et les études montrent que : $K_{max,j}$ varie entre 1.1 à 1.3 ; on prend la valeur moyenne $K_{max,j}=1.2$

La consommation journalière maximale est regroupée dans le tableau (III.8) ci-dessous :

Tableau (III.8) : Majoration de la consommation journalière maximale

Horizon	2015	2020	2030	2040
$Q_{moy,j}$ (m ³ /j)	12646.6438	15006.6616	18005.8822	21537.36
$Q_{max,j}$ (m ³ /j)	15175.9726	18007.9939	21607.0586	25844.832
$Q_{max,j}$ (l/s)	175.647831	208.425856	250.081697	299.18

III.3.4.2 Consommation minimale journalière

Elle se détermine comme suite :

$$K_{\min,j} = Q_{\min,j} / Q_{\text{moy } j} \tag{III.6}$$

Donc :

$$Q_{\min,j} = K_{\min,j} * Q_{\text{moy } j} \tag{III.7}$$

Avec :

- $Q_{\min,j}$: débit d'eau minimal du jour le moins chargé de l'année.
- $K_{\min,j}$: coefficient d'irrégularité minimal qui dépend de l'importance de l'agglomération, sa valeur est comprise entre **0.7** et **0.9**. dans notre cas, on prendra la valeur moyenne, Soit $K_{\min,j} = 0.8$

D'où, la consommation journalière minimale est regroupée dans le tableau (III.9) ci-dessous :

Tableau (III.9) : Majoration de la consommation minimal

Horizon	2015	2020	2030	2040
$Q_{\text{moy } j}$ (m3/j)	12646.6438	15006.6616	18005.8822	21537.36
$Q_{\min,j}$ (m3/j)	10117.315	12005.3293	14404.7057	17229.88
$Q_{\min,j}$ (l/s)	117.098554	138.95057	166.721131	199.42

III.3.5 Variation de la consommation horaire

Suivant les heures de la journée, le débit est soumis à des variations horaires, elles sont caractérisées par le coefficient de variation horaire $K_{\text{max } h}$, tel que :

$$K_{\text{max } h} = \alpha_{\text{max}} \times \beta_{\text{max}} \tag{III.8}$$

Ou :

- α_{max} : coefficient qui dépend du niveau de vie et du confort, il est compris entre **1.2** et **1.4**, on prendra $\alpha_{\text{max}} = 1.3$
- β_{max} : coefficient qui dépend du nombre d'habitants, sa valeur est donnée dans le tableau (III.10) suivant :

Tableau (III.10) : Valeur du coefficient β_{max} en fonctions du nombre d'habitants

Nombre d'habitants.	β_{max}
1000	2,0
1500	1,8
2500	1,6
4000	1,5
6000	1,4
10000	1,3
20000	1,2
30000	1,15
100000	1,1
300000	1,03
1000000	1,0

D'après le tableau (III.10) ci-dessus et après interpolation, on trouve les valeurs de β_{max} , puis on calculera les valeurs de $K_{max,h}$, qui nous permettent de choisir le régime de consommation de la zone d'étude, à partir de tableau de distribution de débit journalier (annexe(10)).

Alors nous pouvons déduire les consommations horaires par la relation suivante :

$$Q_{max,h} = \frac{P\% * Q_{max,j}}{100} \tag{III.9}$$

Avec :

- $P\%$: pourcentage horaire.

Les valeurs β_{max} , α_{max} et $K_{max,h}$ ainsi que les débits de pointe, sont représentés dans le tableau (III.11) ci-dessous :

Tableau (III.11) : Les débits horaire

Horizon	population	α_{max}	β_{max}	K_{max}	P %	$Q_{max,h}$ (m^3/h)	$Q_{max,h}$ (l/s)
2015	46329	1.3	1.138	1.48	6.25	948.498286	263.471746
2020	51427	1.3	1.134	1.475	6.25	1125.49962	312.638783
2030	63369	1.3	1.126	1.464	6.05	1307.22705	363.118624
2040	78084	1.3	1.115	1.450	6.05	1563.61	434.33

III.4. Bilan ressources-besoins

III.4.1. Production

La production de différentes sources est représentée dans le tableau (III.12) suivant :

Tableau (III.12) : la production de différentes sources

Sources	Production (m ³ /an)	Production (m ³ /j)	Production (l/s)
F2	341640	936	13
F4 (Ben Srour)	349524	957.6	13.3
Barrage de Beni Haroun	6874848	18835.2	218
F1	394200	1080	15
F3	446760	1224	17
Total (m³/J)	8406972	23032.8	276.3

III.4.2 Bilan de comparaison (besoin-production)

Le bilan ressources-besoins est représenté dans le tableau (III.13)

Tableau (III.13) : Le Bilan ressources-besoins

Horizon	Actuel 2015	court terme 2020	moyen terme 2030	long terme 2040
Q max j (m ³ /j)	15175.9726	18007.9939	21607.0586	25844.832
Production (m ³ /j)	23032.8	23032.8	23032.8	23032.8
Déficit (m ³ /j)	0	0	0	-2812.03

Le bilan ressources-besoins est représenté dans la figure (III.5)

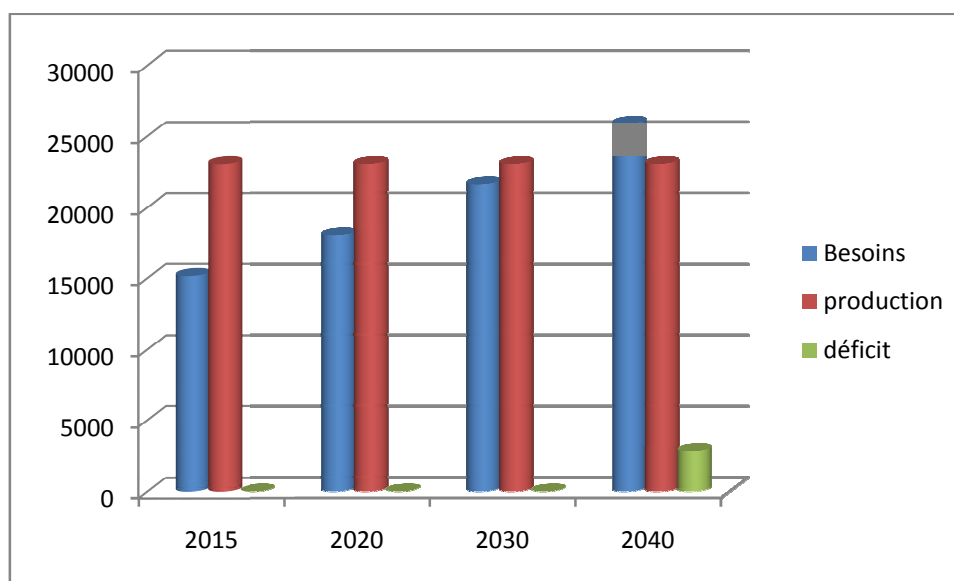


Figure (III.5) : Le Bilan ressources-besoins

III.4.2.1 Interprétation et recommandation :

D'après les résultats ci-dessus on constate que la quantité d'eau produite à partir des forages (F1, F2, F3, F4) et la production de Beni Haroun n'est pas suffisante pour répondre aux besoins de l'agglomération à long terme. Donc il est nécessaire de mobiliser : 3000 m³/j à long terme.

Conclusion

Vu la nécessité de satisfaire les besoins en eau de l'agglomération à long terme, et du fait que la zone d'étude dispose d'autres sources d'approvisionnement, donc on propose :

- Utiliser un forage de renforcement F5 (KARIR) qui se trouve à proximité du forage F3.
- Réaménager le forage **F6** qui a un problème de forte concentration de nitrâtes, donc on lui recommande un traitement afin de minimiser cette concentration.
- Le forage **F4** est doté de débits : **20 l/s** et par rapport au débit exploité, **13.3 l/s**, on propose alors de l'exploiter un peu plus, et dans une crainte d'affaiblir la nappe du forage, on doit garder le même débit exploité.

IV.1. Introduction :

Un réservoir est un ouvrage hydraulique de grande importance dans un réseau d'alimentation en eau potable, aménagé pour contenir de l'eau soit potable soit destiné à la consommation publique, soit pour l'usage industriel et il permet d'emmagasiner l'eau lorsque la consommation inférieure à la production, donc le réservoir est indispensable pour pouvoir restituer l'eau dans des heures de pointe.

IV.2. Rôles des réservoirs :

Les réservoirs jouent les rôles suivants :

- **Régulateur et accumulateur**

Le réservoir a le pouvoir de régulateur aux variations de la consommation. Pendant la période où la consommation excède la production, il se vide et il se remplit par contre, aux heures creuses où la consommation est inférieure à la production

- **Régulariser la pression et le débit dans le réseau de distribution**

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

- **Régulariser le fonctionnement de la pompe**

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

- **Utilité pour briser la charge**

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

- **Assurer la réserve d'incendie**

Le réservoir doit contenir en tout temps, une réserve suffisante pour faire face aux besoins instantanés très importants du service chargé de la lutte contre l'incendie.

IV.3. L'emplacement des réservoirs :

L'emplacement des réservoirs pose souvent un problème délicat à résoudre, car on doit tenir en compte des considérations suivantes :

- L'emplacement du réservoir doit être choisi de telle façon à pouvoir satisfaire les abonnés en pression suffisante.
- L'implantation doit se faire aussi de préférence, à l'extrémité de la ville ou au centre de la ville (pour diminuer la perte de charge).
- La distribution se fait par gravité, le réservoir doit être construit à un niveau supérieur à celui de l'agglomération.

La figure (IV.1) ci-dessous représente un schéma du choix d'emplacement d'un réservoir :

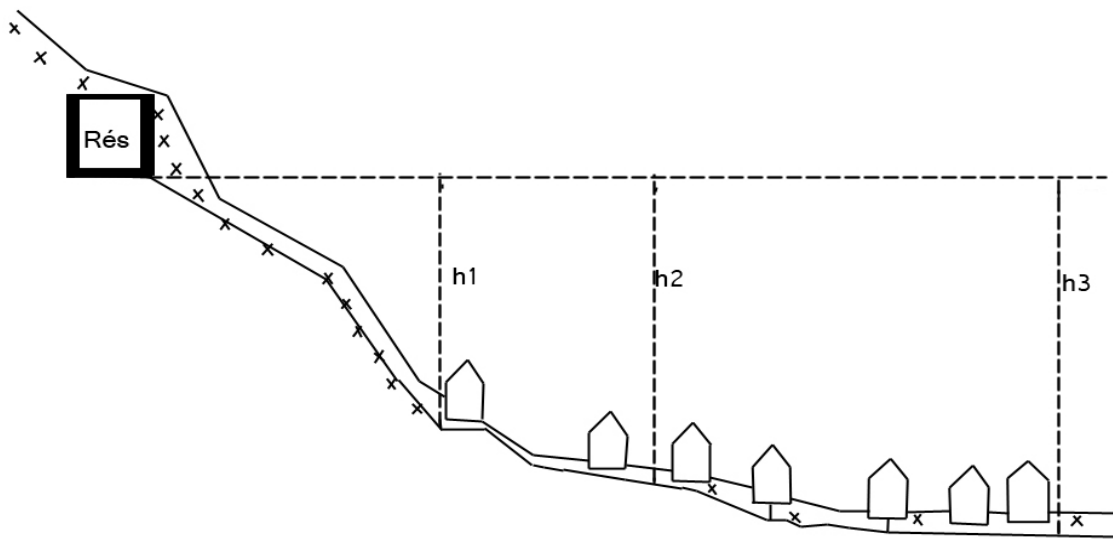


Figure (IV.1) : Choix d'emplacement d'un réservoir

IV.4. Classification d'un réservoir :

On peut classer les réservoirs selon [4,5] :

a) la position du réservoir par rapport au sol

- Enterrés.
- Semi-enterrés (figure(IV.2)).
- Surélevé (figure (IV.3)).

b) la forme de la cuve

- Réservoir carré.
- Réservoir rectangulaire.
- Réservoir circulaire.
- Réservoir de forme quelconque.

c) la nature des matériaux

- Réservoirs métalliques.
- Réservoirs en maçonnerie.
- Réservoirs en béton armée.

d) selon le mode de fermeture

- Réservoirs non couverts
- Réservoirs couverts

e) selon la complexité de la construction

- Réservoirs simples.
- Réservoirs multiples.
- Réservoirs superposés.
- Réservoirs superposés et multiples.

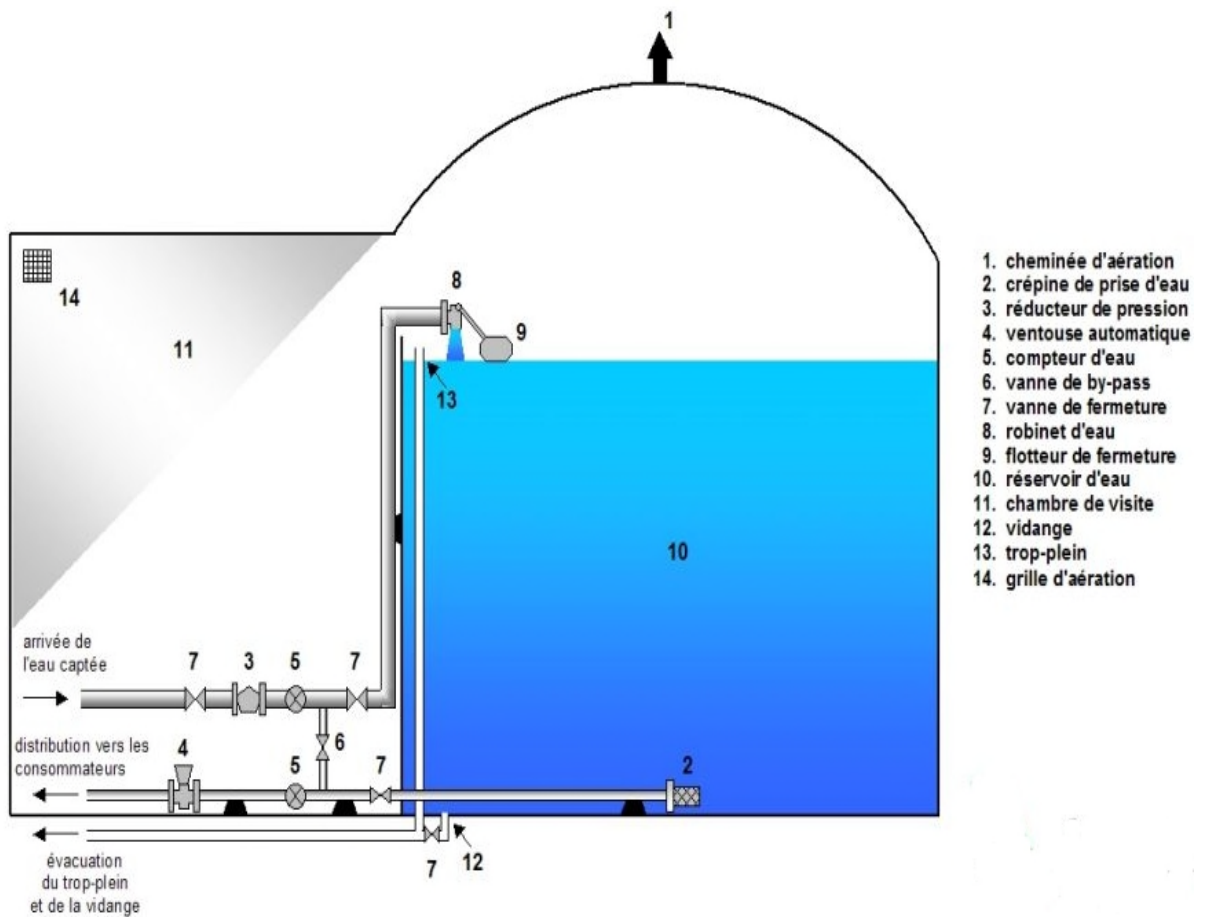
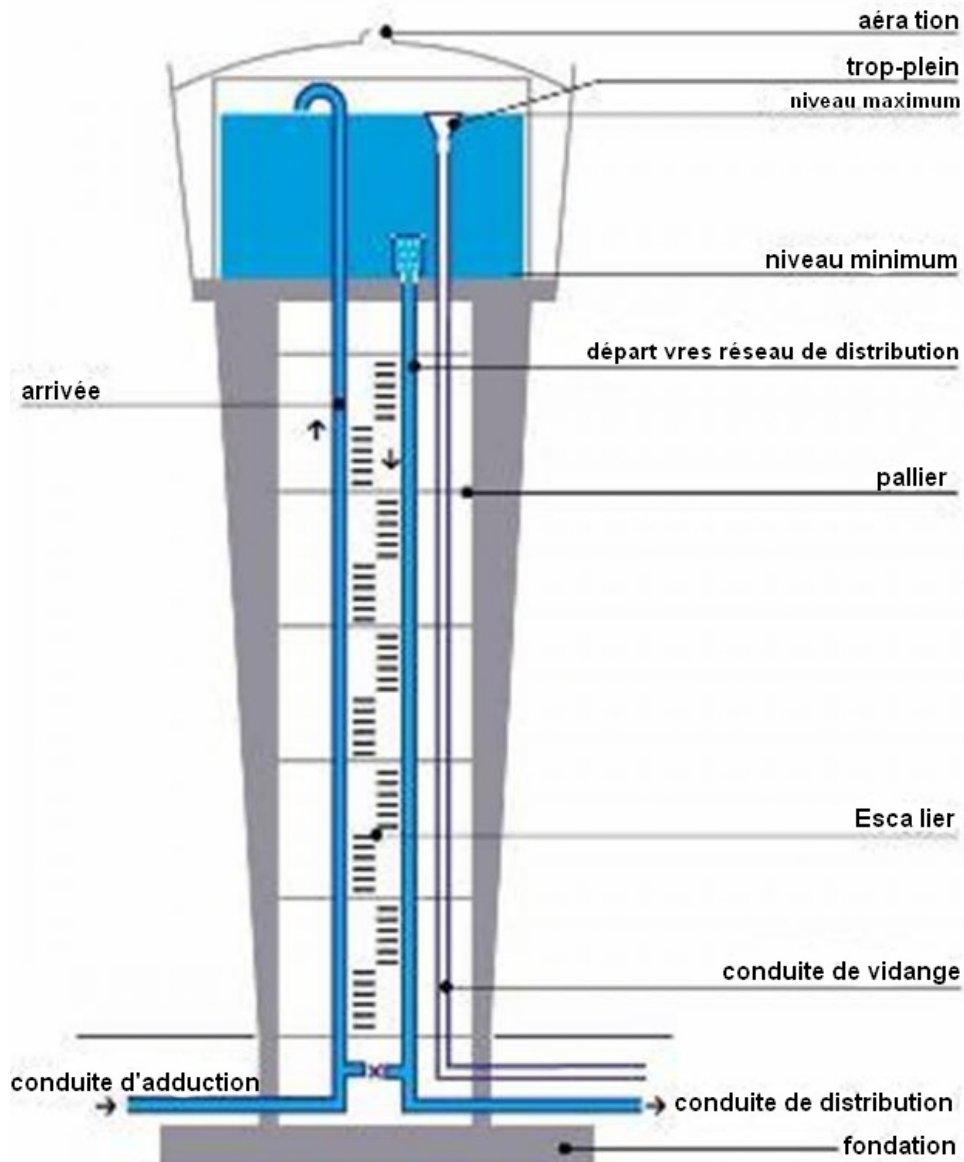


Figure (IV.2) : Coupe transversale d'un réservoir de stockage de type semi-enterré



Figure(IV.3) : Coupe transversale d'un réservoir de stockage surélevé

IV.5. Fontainerie et équipement des réservoirs

Les équipements du réservoir seront déposés avantageusement, dans une chambre de manœuvre accolée au réservoir, que leur permet de remplir les différentes fonctions que n'attendons d'eux : réception de l'adduction et départ de l'eau vers la distribution [4].

IV.5.1. Conduite d'adduction

La conduite d'adduction, à son débouché dans le réservoir, doit pouvoir s'obturer quand l'eau atteint dans la cuve son niveau maximal :

- obturation par robinet flotteur si l'adduction est gravitaire.
- Dispositif permettant l'arrêt des moteurs si l'adduction s'effectué par refoulement.

L'adduction peut s'effectuer soit par passage à travers le radier, ou se verser soit en chute libre qui provoque une oxygénation de l'eau, ce qui peut être favorable pour des eaux souterrains, soit en prolongeant la conduite de façon que son extrémité soit toujours noyée.

Le schéma de la conduite d'adduction est illustré dans la figure (IV.4) ci-dessous :

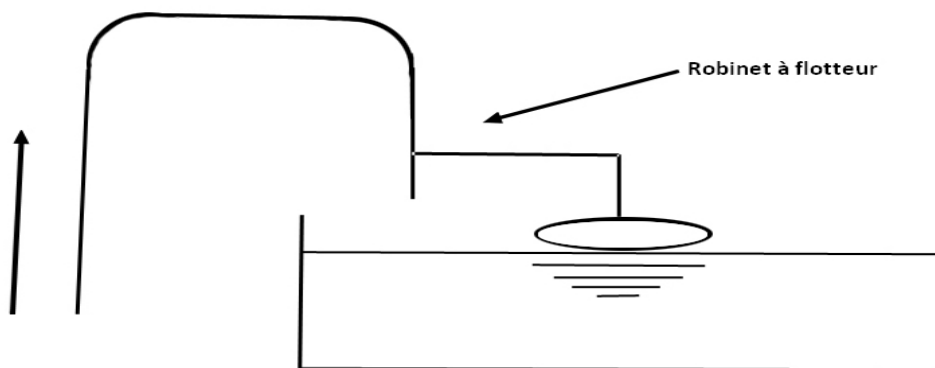
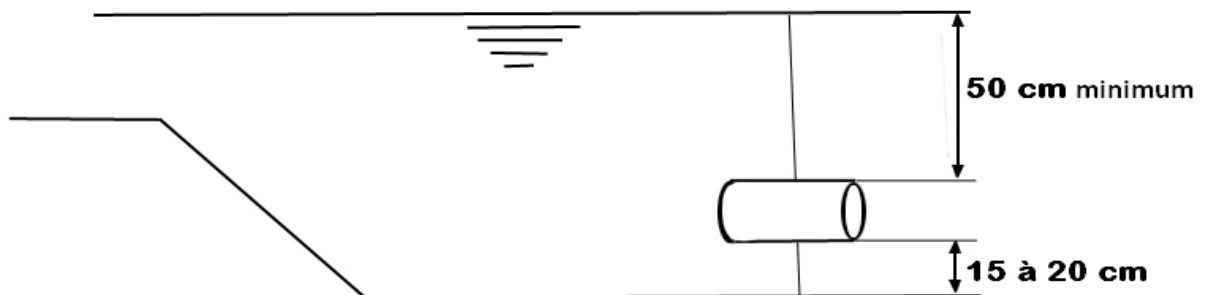


Figure (IV.4) : Conduite d'adduction

IV.5.2. Conduite de distribution

Pour faciliter le passage de l'eau dans le réservoir, l'orifice de départ de la conduite de distribution devra être situé au tant que possible à l'opposé de l'arrivé, et sera bien entendu placé près du fond, mais cependant à une faible hauteur au dessus de celui-ci (0.15 à 0.2 m) pour éviter d'entraîner dans la conduite de distribution d'éventuels dépôts décantés dans le réservoir (figure(IV.5)), il y a lieu aussi des réservoirs un minimum de 0.5 m au dessus de la génératrice supérieure de la conduite en cas d'abaissement maximal du plan d'eau et ce dans le but de conserver la réserve d'incendie.



Figure(IV.5) : Conduite de distribution

IV.5.3. Conduite du trop-plein

Le trop-plein a pour but d'assurer sans déversement du réservoir, l'évacuation du débit d'adduction, pour le cas où la pompe d'alimentation ne serait pas arrêtée. Il doit donc être dimensionné pour ce délai, et conduire l'eau à l'égout en tenant compte des pertes de charge et en limitant la vitesse dans la conduite de trop plein.

IV.5.4. Conduite de vidange

Peut permettre l'inspection et le nettoyage du réservoir, ainsi que d'éventuelles répartitions, et les nécessaires de pouvoir vidanger au moyen d'une conduite généralement raccordée à la conduite du trop-plein figure(IV.6).

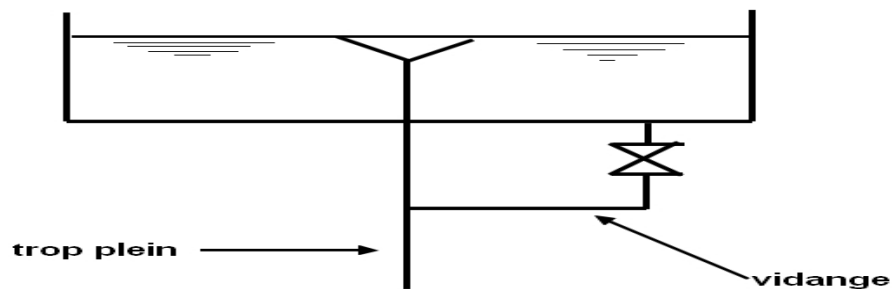


Figure (IV.6) : Conduite de vidange

IV.5.5. By-pass entre l'adduction et distribution

Lorsqu'on désire assurer la distribution pendant la vidange d'un réservoir non compartimenté, il suffit de disposer d'un by-pass reliant la conduite d'amenée à la conduite de distribution.

Elle s'effectue selon les schémas de la figure (IV.7)

- En temps normale : (1) et (3) sont ouverts et (2) fermé
- En by-pass : on ferme (1) et (3) et on ouvre (2)

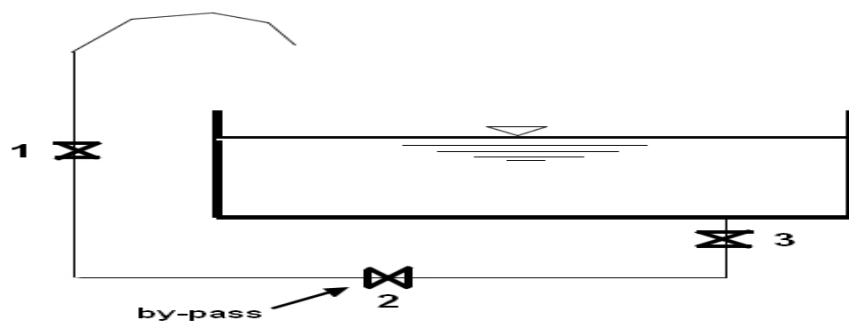


Figure (IV.7): Conduite by-pass

IV.5.6. Matérialisation d'une réserve d'incendie

C'est une déposition spatiale de la tuyauterie qui permet d'interrompre l'écoulement une fois le niveau de la réserve d'incendie atteint, pour cela, nous avons intérêt à équiper l'ouvrage d'un système à siphon permettant de transiter l'eau du réservoir tout en préservant la quantité destinée pour l'incendie. Cette interdiction sera bien entendu levée par une manœuvre manuelle effectuée sur place ou à distance en cas d'incendie. Autrement dit, un événement d'un siphon interdit l'utilisation de l'eau au dessus d'un niveau défini au préalable. Le système de fonctionnement est schématisé dans la figure le suivant (figure (IV.8)) ci-dessous.

- En temps normale : (1) et (3) sont ouverts et (2) fermé.
- Cas d'incendie : il suffit d'ouvrir (2).

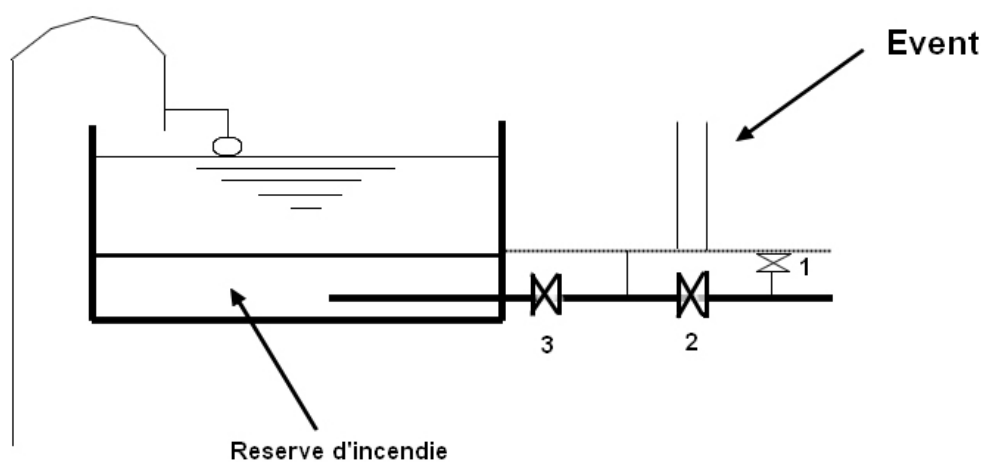


Figure (IV.8) : Matérialisation d'une réserve d'incendie

IV.6. Vérification de la capacité de stockage pour différents horizons

Les calculs dans ce volet nous permettront, de vérifier si la capacité de stockage des réservoirs existant, peut assurer une distribution normale en cas d'incendie au niveau de la partie amont de ces derniers

📊 Capacité des réservoirs

La capacité du réservoir est déterminée en fonction des variations du débit entrant et sortant, en d'autre terme, du mode d'adduction (apport) et de la consommation journalière de l'agglomération, le calcul de la capacité se fait de la manière suivante :

- Méthode analytique.
- Méthode graphique.

IV.6.1. Méthode analytique

Cette méthode consiste à calculer pour chaque heure de la journée, le résidu dans le réservoir, ce qui nous permettra ensuite de calculer le volume de régulation et le volume total. Le volume maximal de stockage du réservoir est déterminé à partir de la formule suivante :

$$V_{\max} = \frac{P\% \times Q_{\max j}}{100} \quad (\text{IV.1})$$

Avec :

- V_{\max} : volume maximal que peut contenir le réservoir (m^3).
- $Q_{\max j}$: débit maximal journalier (m^3/j).
- $P(\%)$: résidu maximal dans le réservoir.

Avec :

$$P(\%) = |R^+| + |R^-| \quad (\text{IV.2})$$

Avec :

- R^+ : valeur maximale dans le réservoir (%).
- R^- : valeur minimale dans le réservoir (%).

IV.6.2. Méthode graphique

Dans cette méthode, on portera sur un graphique les résultats de la variation de la consommation, en portant sur l'axe des abscisses les heures et sur l'axe des ordonnées le résidu cumulé.

IV.7. Détermination du volume totale d'un réservoir

La distribution du débit journalier sur les heures est déterminée par la connaissance du coefficient de variation horaire ($K_{\max,h}$). Le débit de pompage est réparti sur 20 heures le long de la journée. On détermine alors la différence entre l'apport et la distribution pour chaque heure de la journée, par suite on aura un déficit ou bien un surplus, ainsi la somme de la valeur maximale positive et la valeur minimale négative trouvée sera le volume maximal de stockage. Le volume total de réservoir est déterminé par la formule suivante :

$$V_t = V_{\text{inc}} + V_{\max} \quad (\text{IV.3})$$

Avec :

- V_t : volume totale du réservoir.
- V_{inc} : volume d'incendie.
- V_{\max} : volume maximal de stockage.

Ou :

$$V_{inc} = 120 \text{ m}^3$$

Il représente le volume nécessaire pour l'extinction d'incendie en un temps de deux heures ($60 \text{ m}^3/\text{h}$).

IV.8. Dimensionnement des réservoirs

IV.8.1. Calcul de la capacité des réservoirs

On a quatre châteaux d'eau (R1, R2, R3, R4) qui assurent l'alimentation de la ville de Tadjenamet en eau potable, chaque château d'eau alimente une partie de la ville.

La répartition de distribution pour chaque château avec le nombre d'habitants de chaque partie sont représentés dans le tableau (IV.1) suivant

Tableau (IV.1) : Répartition de distribution pour chaque réservoir

Château d'eau	Partie (quartiers)	Nombre d'habitants	$K_{Max.h}$	$Q_{max,j}(\text{m}^3/\text{j})$
R1	<ul style="list-style-type: none"> • cité 5 Juillet • cité 18 Février • cité 20 août • cité Bled khetat • cité Khetat Ahmed 	27329	1.5	9045,69
R2	<ul style="list-style-type: none"> • cité 246 lots • cité coop. el Islah • coop. el Amel • cité 275 Lots • cité 412 Lots • cité Reghai Bachir • cité 704 Lots 	21082	1.5	6978,105
R3	<ul style="list-style-type: none"> • cité les Combattants • cité 1^{er} Mai • cité 8 Mai • cité 1^{er} Novembre 	11713	1.7	3876,72
R4	<ul style="list-style-type: none"> • P.O.S N° 04 • P.O.S N° 02 • Cité Dalia • Cité 533 lots • P.O.S N° 08 	17960	1.5	5944,31

IV.8.1.1. Dimensionnement du réservoir R1 (1000 m³) :

Tableau 1(VI.2) : Dimensionnement du réservoir R1

apport	Distribution	Surplus	Déficit	Résidus
5	1,5	3,5	0	3,5
5	1,5	3,5	0	7
5	1,5	3,5	0	10,5
5	1,5	3,5	0	14
5	2,5	2,5	0	16,5
5	3,5	1,5	0	18
5	4,5	0,5	0	18,5
5	5,5	0	0,5	18
5	6,25	0	1,25	16,75
5	6,25	0	1,25	15,5
5	6,25	0	1,25	14,25
5	6,25	0	1,25	13
5	5	0	0	13
5	5	0	0	13
5	5,5	0	0,5	12,5
5	6	0	1	11,5
5	6	0	1	10,5
5	5,5	0	0,5	10
0	5	0	5	5
0	4,5	0	4,5	0,5
0	4	0	4	-3,5
0	3	0	3	-6,5
5	2	3	0	-3,5
5	1,5	3,5	0	0
100	100			

D'après le résultat du tableau (VI.2), on a :

- **R⁺** : 18.5 %
- **R⁻** : -6.5 %
- **P_{max}** : 25 %
- **V_r** : 2261.423 m³
- **V_t** : 2381.423 m³

Constatation :

On constate qu'il y a un déficit de **1381.423 m³**, il faut mentionner qu'il n'est pas nécessaire de projeter un autre réservoir pour pallier ce déficit, car il existe réservoir semi enterré R5 dont la capacité est 5000 m³ juste à coté, ce dernier est destiné pour alimenter les réservoirs R2,R3,R4 par les eaux du barrage de Beni Haroun.

IV.8.1.3. Dimensionnement du réservoir R2 (1000 m³) :

Tableau (VI.3) : Dimensionnement du réservoir R2

Refoulement	Distribution	Surplus	Déficit	Résidus
5	1,5	3,5	0	3,5
5	1,5	3,5	0	7
5	1,5	3,5	0	10,5
5	1,5	3,5	0	14
5	2,5	2,5	0	16,5
5	3,5	1,5	0	18
5	4,5	0,5	0	18,5
5	5,5	0	0,5	18
5	6,25	0	1,25	16,75
5	6,25	0	1,25	15,5
5	6,25	0	1,25	14,25
5	6,25	0	1,25	13
5	5	0	0	13
5	5	0	0	13
5	5,5	0	0,5	12,5
5	6	0	1	11,5
5	6	0	1	10,5
5	5,5	0	0,5	10
0	5	0	5	5
0	4,5	0	4,5	0,5
0	4	0	4	-3,5
0	3	0	3	-6,5
5	2	3	0	-3,5
5	1,5	3,5	0	0
100	100			

D'après les résultats du tableau (IV.3), on a :

- R^+ : 18.5 %.
- R^- : - 6.5 %.
- P_{max} : 25 %.
- V_r : 1744.526 m³
- V_t : 1864.526 m³

Constatation :

On constate qu'il y a un déficit de **864.526 m³**

Donc on va prendre un réservoir standard de **2000 m³**, le réservoir existant un une capacité de **1000 m³**, donc on va projeter un réservoir semi enterré dont la capacité est de **1000 m³**.

IV.8.1.3. Dimensionnement du réservoir R3 (670 m³) :

Tableau (IV.4) : Dimensionnement du réservoir R3

Refoulement	Distribution	Surplus	Déficit	Résidus
5	1	4	0	4
5	1	4	0	8
5	1	4	0	12
5	1	4	0	16
5	2	3	0	19
5	3	2	0	21
5	5	0	0	21
5	6,5	0	1,5	19,5
5	6,5	0	1,5	18
5	5,5	0	0,5	17,5
5	4,5	0,5	0	18
5	5,5	0	0,5	17,5
5	7	0	2	15,5
5	7	0	2	13,5
5	5,5	0	0,5	13
5	4,5	0,5	0	13,5
5	5	0	0	13,5
5	6,5	0	1,5	12
0	6,5	0	6,5	5,5
0	5	0	5	0,5
0	4,5	0	4,5	-4
0	3	0	3	-7
5	2	3	0	-4
5	1	4	0	0
100	100			

D'après les résultats du tableau (IV.4), on a :

- R^+ : 21 %
- R^- : -7 %
- P_{max} : 28 %
- V_r : 1085.483 m³
- V_t : 1205.483 m³

Constatation :

On constate qu'il y a un déficit de **535.483 m³**

Donc on va prendre un réservoir standard de 1270 m³, le réservoir existant un une capacité de **670 m³**, donc on va projeter un réservoir semi enterré dont la capacité est de **600 m³**.

IV.8.1.4. Dimensionnement du réservoir R4 (1000 m³) :

Tableau (IV.5) : Dimensionnement du réservoir R4

Refoulement	Distribution	Surplus	Déficit	Résidus
5	1,5	3,5	0	3,5
5	1,5	3,5	0	7
5	1,5	3,5	0	10,5
5	1,5	3,5	0	14
5	2,5	2,5	0	16,5
5	3,5	1,5	0	18
5	4,5	0,5	0	18,5
5	5,5	0	0,5	18
5	6,25	0	1,25	16,75
5	6,25	0	1,25	15,5
5	6,25	0	1,25	14,25
5	6,25	0	1,25	13
5	5	0	0	13
5	5	0	0	13
5	5,5	0	0,5	12,5
5	6	0	1	11,5
5	6	0	1	10,5
5	5,5	0	0,5	10
0	5	0	5	5
0	4,5	0	4,5	0,5
0	4	0	4	-3,5
0	3	0	3	-6,5
5	2	3	0	-3,5
5	1,5	3,5	0	0
100	100			

D'après les résultats du tableau (IV.5), on a :

- R^+ : 18.5 %
- R^- : -6.5 %
- P_{\max} : 25 %
- V_r : 1486.078 m³
- V_t : 1606.078 m³

Constatation :

On constate qu'il y a un déficit de **606.078 m³**

Donc on va prendre un réservoir standard de **1700 m³**, le réservoir existant un une capacité de **1000 m³**, donc on va projeter un réservoir de **700 m³**.

IV.8.1.5 Dimensionnement de la bête d'eau de station de reprise

Pour calculer le volume de la bête on utilise la formule suivante :

$$V_{sr} = Q_{max,h} \times T$$

Ou :

✓ $Q = 36 \text{ l/s}$;

✓ $T = 15 \text{ min}$

Donc :

$$V_{sr} = 36 \times 10^{-3} \times 15 \times 60$$

$$V_{sr} = 32.4 \text{ m}^3$$

Donc le volume de notre station de reprise sera : $V_{sr} = 35 \text{ m}^3$

Conclusion

La capacité totale des quatre réservoirs (**R1, R2, R3, R4**) existants est de **3670 m³**, alors que le volume calculé est estimé à **7057,51 m³** donc la capacité existante n'est pas suffisante pour répondre aux besoins de l'agglomération à l'horizon 2040.

Pour pallier à ce déficit de stockage, trois réservoirs semi enterrés R6, R7, R8 dont la capacité est respectivement de 700 m³ et 1000 m³ et 600 m³ seront projetés, le premier sera situé près du réservoir R4 et le deuxième à proximité du réservoir R2 et le troisième à proximité du réservoir R3.

V.1. Introduction

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

✓ Adduction par refoulement

Le système d'adduction par refoulement emploie un système de pompage pour créer une pression dans le réseau. Le captage se situe à un niveau inférieur à celui du réservoir d'accumulation.

✓ Adduction gravitaire

Le système d'adduction gravitaire ne fait intervenir qu'un seul travail qui est la pesanteur. En effet, l'écoulement des eaux dans les conduites dépend de la pente. Le lieu de captage se situe donc à une altitude supérieure à celle de réservoir de desserte.

V.2. Choix du tracé de l'adduction

Le choix du tracé se fait en tenant compte des paramètres technico-économiques, donc il faut respecter certaines règles suivantes notamment :

- ✓ Choisir le tracé le plus court pour réduire le coût de réalisation des conduites.
- ✓ Chercher un profil en long régulier (pentes) et éviter les contres pentes.
- ✓ Éviter les forêts et les zones marécageuses.
- ✓ Éviter la traversée des obstacles tels que les routes et voies ferrées, car cela nécessite la construction d'ouvrages spéciaux.

V.3. Choix de type des conduites

Le choix de type des conduites à utiliser repose sur certains critères qu'on doit respecter qui sont

- ✓ Le diamètre économique.
- ✓ La pression de l'eau.
- ✓ La nature de l'eau.
- ✓ La disponibilité sur le marché.

Il existe des différents types de conduite. Selon le matériau consultatif, on distingue :

- ✓ Conduite en acier,
- ✓ Conduite en fonte ductile,
- ✓ Conduite en PVC (chlorure de polyvinyle),
- ✓ Conduite en PEHD (polyéthylène haute densité).

- Dans notre adduction on a opté pour des conduites en **PEHD** vu les avantages qu'il représente.

- **Les avantages :**

- ✓ Facilité de pose (grande flexibilité), possibilité d'enroulement en couronne pour les petits diamètres.
- ✓ Fiable au niveau du branchement (pas de fuites).
- ✓ Repend parfaitement aux normes de potabilité.
- ✓ Durée de vie prouvée par l'expérience et le test de vieillissement (théoriquement de 50 ans à une température de 20°C).
- ✓ Bonnes caractéristiques hydrauliques (coefficient de rugosité très faible).
- ✓ Résiste à la corrosion interne, externe et microbiologique et à l'entartage.

V.4. Profil en long d'une adduction

Le profil de l'adduction est une donnée indispensable pour visualiser le fonctionnement de l'adduction. Il peut être établi à partir d'un relevé de terrain (annexe(11)).

V.5. Schéma d'adduction

Il est représenté dans la figure (V.1) suivante :

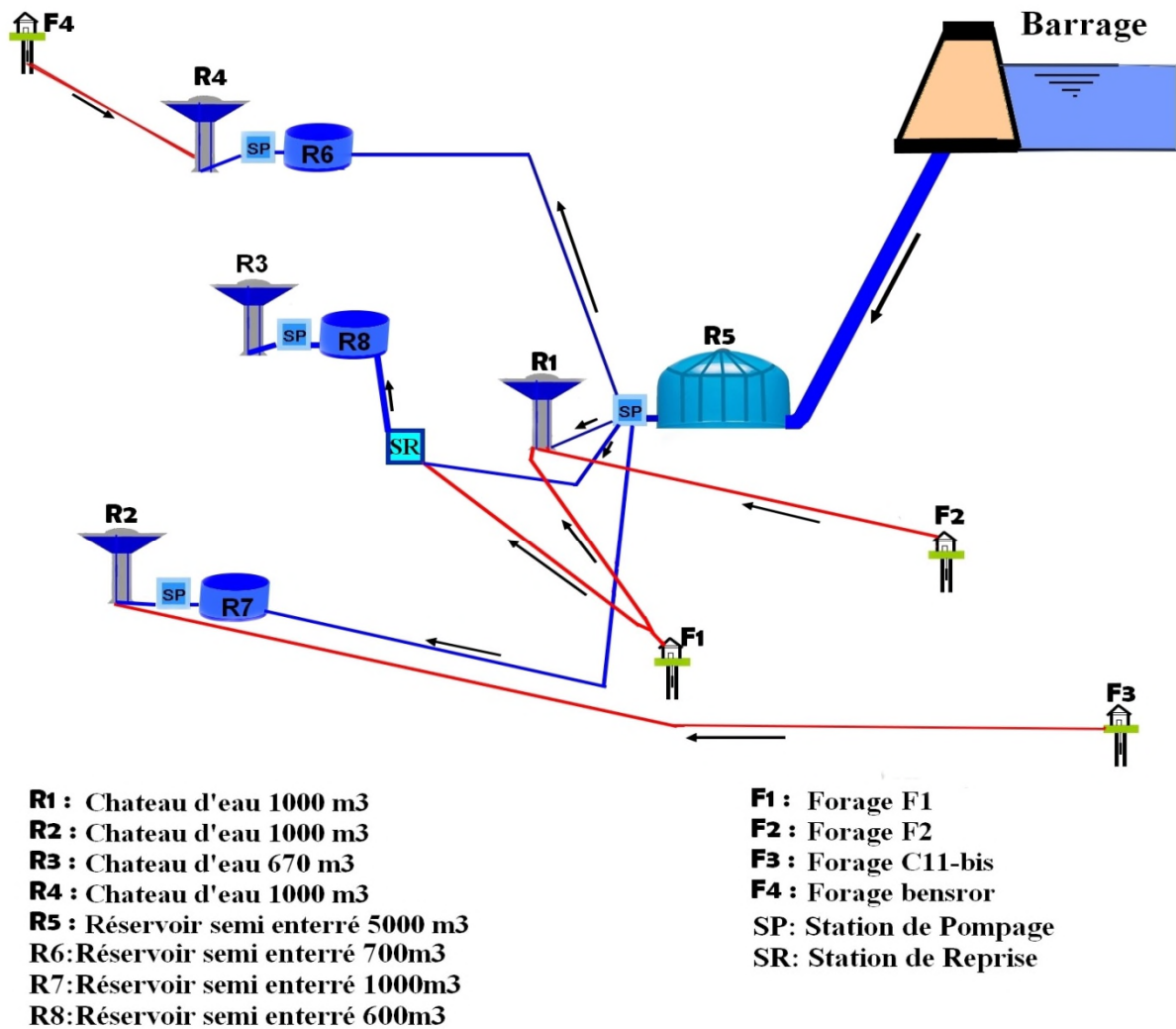


Figure (V.1) : Schéma d'adduction.

V.6. Etude technico-économique des conduites

Si on adopte un grand diamètre, le prix de la canalisation sera élevé et les pertes de charge diminuent, ce qui nous permet d'économiser sur le prix de la pompe à utiliser et aussi sur le prix de l'énergie nécessaire au pompage.

Par contre, si on adopte un petit diamètre on fait augmenter les pertes de charges, ce qui engendre plus de dépense sur l'énergie de pompage.

Donc, on a tout un intérêt à choisir un diamètre **D** appelé "diamètre économique" qui résulte d'un compromis entre les dépenses d'investissement et les dépenses d'exploitation.

Cependant la vitesse d'écoulement doit rester comprise entre **0.5** et **1.5** m/s.

Les paramètres qui interviennent dans les calculs des conduites sont :

- ✓ Le débit.
- ✓ Le diamètre.
- ✓ La vitesse.
- ✓ Les pertes de charge.

V.6.1. Calcul du diamètre économique

Le diamètre économique se calcul à partir des deux formules suivantes [6] :

- **Formule de BONNIN** : $D_1 = \sqrt{Q}$ (V-1)

- **Formule de BRESS** : $D_2 = 1.5 \times \sqrt{Q}$ (V-2)

Q : le débit transité dans la conduite (m³/s).

La valeur de diamètre économique sera comprise entre **D₁** et **D₂**, le choix final se portera sur le diamètre pour lequel le cout sera minimal et la vitesse d'écoulement sera comprise entre **0.5** et **1.5** m/s.

V.6.2 Calcul de la vitesse [6]

La vitesse de l'écoulement se calcul à partir de la formule suivante :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \quad (V-3)$$

Avec :

V : vitesse d'écoulement (m/s).

Q : débit dans la conduite (m³/s).

D : diamètre de conduite (m).

V.6.3. Calcul des pertes de charges

Les pertes de charge correspondent aux pertes d'énergie de l'eau sur son parcours.

On distingue :

- ✓ Les pertes de charge linéaire qui correspondent aux frottements de l'eau contre les parois de la tuyauterie, elles peuvent être calculées ou tirées à partir d'un abaque. Elles sont exprimées en (m/m) et varient avec le débit qui transite dans l'adduction.
- ✓ Les pertes de charges singulière correspondent à la présence d'un obstacle particulier, coude, vanne, etc. elles sont généralement données par le constructeur et exprimées en(m).

V.6.3.1. Les pertes de charge linéaire [6]

Données par la formule :

$$H_L = J * L \quad (V-4)$$

Telle que :

$$J = \frac{\lambda V^2}{2gD} \quad (V-5)$$

J : perte de charge linéaire (m/ml).

g : accélération de pesanteur : (9.81 m/s²).

L : Longueur de la conduite (m).

D : Diamètre de la conduite (m).

λ : Coefficient de **Darcy**, calculé par la formule de **Coolbrook**.

🔧 Calcule de (λ) :

En régime transitoire qui est souvent le cas dans les conduites d'adduction, λ est donnée par la formule suivante (annexe (12)) [6] :

$$1/\sqrt{\lambda} = -2\log[(K/3.75*D) + (2.51/Re*\sqrt{\lambda})] \quad (V-6)$$

K= Rugosité absolue (m).

D > 200, **K**=0.02 mm.

D < 200, **K**=0.01 mm, pour les conduite en PEHD.

Re : Nombre de Reynolds (sans dimension), donné par la formule de **COOLBROOK** :

$$\mathbf{Re} = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (\text{V-7})$$

Avec :

ν : viscosité cinématique de l'eau ($10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$).

V : la vitesse d'écoulement (m/s).

D : diamètre de la conduite (m).

V.6.3.2. Perte de charge singulière H_s [6]

Elles sont estimées à **15 %** des pertes de charges linéaire.

$$\mathbf{H_s = 0.15 \cdot H_L} \quad (\text{V-8})$$

Avec :

H_s : perte de charge singulière (m).

H_L : perte de charge linéaire (m).

V.6.3.3. Les pertes de charges totales [6]

$$H_t = H_s + H_L$$

$$H_t = 0.15 \cdot H_L + H_L$$

$$\mathbf{H_t = 1.15 \cdot H_L} \quad (\text{V-9})$$

V.6.4. Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation HMT [6]

Elle est donnée par la relation suivante :

$$\mathbf{HMT = H_g + H_t} \quad (\text{V-10})$$

Avec :

HMT : hauteur manométrique totale (m).

H_g : hauteur géométrique (m).

H_t : perte de charges totale (m).

V.6.5. Puissance absorbée par la pompe

Elle est exprimée par la formule suivante [7] :

$$P = g \cdot Q \cdot HMT / \eta ; [\text{kw}] \quad (\text{V-11})$$

Ou :

Q : débit transité (m^3/s).

η : rendement de la pompe.

g : accélération de la pesanteur (9.81 m/s^2).

V.6.6. Énergies annuelle consommées par la pompe

Elle est donnée par la relation suivante [7]:

$$E = P \times T \times 365 \quad (\text{V-12})$$

Avec :

E : énergie consommée par la pompe (kw.h).

T : nombre d'heures de pompage ($T=20\text{h}$).

P : puissance absorbée par la pompe (KW).

V.6.7. Frais d'exploitation

Le frais d'exploitation se calcul comme suit [7] :

$$F_{\text{exp}} = E \times e \quad [\text{DA}] \quad (\text{V-13})$$

Ou :

e: prix pour un KW.h ($e=4.67\text{DA/KW.h}$).

E : énergie annuelle consommée (KW.h).

V.6.8. Frais d'amortissement

Le frais d'amortissement se calcul par la formule suivante [7] :

$$F_{\text{amo}} = P_u \times L \times A \quad [\text{DA}] \quad (\text{V-14})$$

Avec :

P_u : prix unitaire de la conduite (DA/ml).

L : longueur de la conduite (m).

A : amortissement annuelle.

$$A = [i / ((i+1)^n - 1)] + i \quad [7] \quad (V-15)$$

$$A = (0.08 / ((0.08+1)^{25} - 1)) + 0.08.$$

$$A = 0.0936 = 9.36\%$$

$$A = 0.0936.$$

Avec :

n : nombre d'année d'amortissement la conduite (n=25 ans).

i : taux d'annuité ou d'actualisation (8%).

V.6.9. Calcul du bilan

Le bilan sera calculé par la formule suivante [7] :

$$B_L = F_{exp} + F_{amort} \quad (V-16)$$

Avec :

B_L : bilan (DA).

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

F_{amort} : frais d'amortissement (DA).

V.7. Prix des conduites

Le prix des conduites par mètre linéaire est représenté dans le tableau(V.1) suivants :

Tableau (V.1) : Prix de revient des conduites en PEHD(PN20) [8] :

Diamètre extérieur en (mm)	Epaisseur en (mm)	Prix d'achat (DA/ml)
90	10.1	685.36
110	12.3	1,014.85
125	14.0	1,304.81
160	17.9	2,121.96
200	22.4	3,321.35
250	27.9	5,166.53
315	35.2	8,051.49
400	44.7	12,967.47
500	55.8	20,218.93

V.8. Equipement de l'adduction [9]

V.8.1 Vanne d'isolement et de décharge

On utilise des robinets vannes pour isoler une conduite d'amenée, En particulier pour une éventuelle répartition, et des robinets, placés aux points bas, pour la vidange.

V.8.2. Ventouses

Lorsque la conduite présente des points hauts, il faut pouvoir éliminer l'air présent lors du remplissage, éventuellement entraîné par l'eau. On dispose alors aux points hauts des ventouses à boule flottante qui évacuent l'air et bouchent leur orifices dès que tout l'air est éliminé.

V.8.3. Clapets

Les clapets évitent le retour de l'eau vers l'amont (en particulier lors de l'arrêt des pompes).sur les conduites d'adduction, on utilise des clapets à bâton.

V.9. calcul des diamètres économiques pour les différents tronçons

V.9.1. Dimensionnement des conduites d'adduction par refoulement :

a) tronçon F1-R1 :

Données :

- ✓ Le débit : $Q= 0.015 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Cote du trop-plein : 876.95 m
- ✓ Cote du forage : 850.45 m
- ✓ Niveau dynamique : 116 m
- ✓ Hauteur géométrique $H_g=143 \text{ m}$
- ✓ Longueur du tronçon $L=650 \text{ m}$

D'après :

- ✓ **BONNIN** : $D_{\min}= 0.112 \text{ m}$
- ✓ **BERSS** : $D_{\max}= 0.1954 \text{ m}$

D'où les diamètres normalisés sont : 125, 160, 200 mm avec une pression nominale de **20bars (PN20)**.

➤ Calcul de la HMT :

Tableau (V.2) : Calcule de HMT (F1-R1) :

D(m)	V (m/s)	Re	λ	J (m/ml)	L	H_t	HMT
0.125	1.222	152866.242	0.0170	0.01038	650	8.10074	151.100
0.160	0.746	119426.74	0.0177	0.00314	650	2.45137	145.451
0.200	0.477	95541.40	0.01841	0.00107	650	0.835515	143.835

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

Tableau (V.3) : Calcul des frais d'exploitations (F1-R1) :

D(m)	P(KW)	E(KWh)	F_{exp}(Da)
0.125	31.7635	231873.81	1082850.703
0.160	30.5759	223204.47	1042364.915
0.200	30.2362	220724.84	1030785.027

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

Tableau (V.4) : Calcul des frais d'amortissement (F1-R1) :

D(m)	Prix ml (Da)	L(m)	F_{amort} (Da)
0.125	1304.81	650	79451.455
0.160	2121.96	650	129208.7043
0.200	3321.35	650	202241.008

➤ **Calcul du bilan :**

Tableau (V.5) : Calcul du bilan (F1-R1) :

φ_{en} [mm]	125	160	200
F_{amort}(Da)	79451.455	129208.704	202241.008
F_{exp}(Da)	1082850.703	1042364.915	1030785.027
Bilan(Da)	1162302.158	1171573.62	1233026.035

Le diamètre le plus économique est **125 mm(PN20)** avec une vitesse acceptable de **1.222 m/s** et une **HMT de 151.10m**

b) tronçon F2-R1 :

Données :

- ✓ Le débit : $Q = 0.013 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Cote du trop-plein : 876.95 m
- ✓ Cote du forage : 844.5 m
- ✓ Niveau dynamique : 126 m
- ✓ Hauteur géométrique $H_g = 158.95 \text{ m}$
- ✓ Longueur du tronçon $L = 1075 \text{ m}$

D'après :

- ✓ **BONNIN** : $D_{\min} = 0.1050732\text{m}$
- ✓ **BERSS**: $D_{\text{Max}} = 0.18199\text{ m}$

D'où les diamètres normalisés sont : **125, 160, 200** mm avec une pression nominale de **20bars** (PN20).

- **Calcul de la HMT :**

Tableau (V.6) : Calcule de HMT (F2-R1) :

D(m)	V (m/s)	Re	λ	J (m/ml)	L	H_t	HMT
0.125	1.0598	132484.076	0.01703	0.007800	1075	10.0629	169.012
0.160	0.6468	103503.185	0.01770	0.002360	1075	3.04514	161.995
0.200	0.4140	82802.5478	0.0184	0.00080457	1075	1.037895	159.9878

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

Tableau (V.7) : Calcul des frais d'exploitations (F2-R1) :

D(m)	P(KW)	E(KWh)	F_{exp} (Da)
0.125	30.839250	225126.52	105134.89
0.160	29.528594	215558.74	1006659.32
0.200	29.153041	212817.20	993856.349

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

Tableau (V.8) : Calcul des frais d'amortissement (F2-R1) :

D(m)	Prix ml (Da)	L(m)	F_{amort} (Da)
0.125	1304.81	1075	131400.48
0.160	2121.96	1075	213691.31
0.200	3321.35	1075	334475.51

- **Calcul du bilan :**

Tableau (V.9) : Calcul du bilan (F2-R1) :

ϕ_{en} [mm]	125	160	200
F_{amort}(Da)	131400.48	213691.31	334475.51
F_{exp}(Da)	1051340.89	1006659.32	993856.349
Bilan(Da)	1182741.374	1220350.64	1328331.86

Le diamètre le plus économique est **125mm(PN20)** avec une vitesse acceptable de **1.05m/s** et une **HMT** de **169.012m**

- c) **tronçon R5-R1:**

Données :

- ✓ Le débit : $Q= 0.047 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Cote du trop plein : 876.95 m
- ✓ Cote du radie : 855 m
- ✓ Hauteur géométrique $H_g= 22.25 \text{ m}$
- ✓ Longueur du tronçon $L= 50 \text{ m}$

D'après :

- ✓ **BONNIN** : $D_{\min}= 0.1997\text{m}$
- ✓ **BERSS** : $D_{\max}= 0.3460\text{m}$

D'où les diamètres normalisés sont : **250, 315, 400** mm avec une pression nominale de **20 bars (PN20)**.

➤ **Calcul de la HMT :**

Tableau (V.10) : Calcule de HMT (R5-R1) :

D(m)	V (m/s)	Re	λ	J (m/ml)	L	H_t	HMT
0.25	0.9579	239490.446	0.015795	0.002955	50	0.177315	22.42
0.315	0.6034	190071.782	0.016282	0.000959	50	0.055526	22.30
0.40	0.3742	149681.529	0.016899	0.000301	50	0.01809	22.26

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

Tableau (V.11) : Calcul des frais d'exploitations (R5-R1) :

D(m)	P(KW)	E(KWh)	F_{exp}(Da)
0.250	14.7722	107837.29	503600.16
0.315	14.6933	107261.43	500910.91
0.400	14.6673	107071.7	500024.83

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

Tableau (V.12) : Calcul des frais d'amortissement (R5-R1) :

D(m)	Prix ml (Da)	L(m)	F_{amort}(Da)
0.250	5166.53	50	24199.7112
0.315	8051.49	50	37712.6876
0.400	12967.47	50	60738.8378

➤ **Calcul du bilan :**

Tableau (V.13) : Calcul du bilan (R5-R1) :

ϕ en [mm]	250	315	400
$F_{amort}(Da)$	24199.7112	37712.6876	60738.83
$F_{exp}(Da)$	503600.164	500910.912	500024.8391
Bilan(Da)	527799.876	538623.600	560763.677

Le diamètre le plus économique est **315mm (PN20)** avec une vitesse acceptable de **0.603m/s** et une **HMT de 22.30m**

d) tronçon R5-R7:

Données :

- ✓ Le débit : $Q = 0.044 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Cote du trop-plein : 867.5 m
- ✓ Cote du radie : 855 m
- ✓ Hauteur géométrique $H_g = 12.8 \text{ m}$
- ✓ Longueur du tronçon $L = 1687.12 \text{ m}$

D'après :

- ✓ BONNIN : $D_{min} = 0.1933\text{m}$
- ✓ BERSS : $D_{max} = 0.3348\text{m}$

D'où les diamètres normalisés sont : **200, 250, 315 mm** avec une pression nominale de **20 bars (PN20)**.

➤ **Calcul de la HMT :**

Tableau (V.14) : Calcule de HMT (R5-R7) :

D(m)	V (m/s)	Re	λ	J (m/ml)	L	H_t	HMT
0.200	1.4012	280254.77	0.01558	0.00779	1687.12	15.78635	28.5863
0.250	0.8968	224203.822	0.01595	0.00261	1687.12	5.29816	18.0981
0.315	0.56488	177939.541	0.01646	0.00085	1687.12	1.72154	14.5215

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

Tableau (V.15) : Calcul des frais d'exploitations (R5-R7) :

D(m)	P(KW)	E(KWh)	$F_{exp}(Da)$
0.200	17.6271	11.15984	8.9543
0.250	11.1598	81466.87	380450.315
0.315	8.95433	65367.111	305264.40

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

Tableau (V.16) : Calcul des frais d'amortissement (R5-R7) :

D(m)	Prix ml (Da)	L(m)	F_{amort} (Da)
0.200	3321.35	1687.12	524930.53
0.250	5166.35	1687.12	816527.88
0.315	8051.49	1687.12	1272516.59

➤ **Calcul du bilan :**

Tableau (V.17) : Calcul du bilan (R5-R7) :

φ_{en} [mm]	200	250	315
F_{amort}(Da)	524930.538	816527.88	1272516.59
F_{exp}(Da)	600927.57	380450.3151	305264.4088
Bilan(Da)	1125858.11	1196978.199	1577781

Le diamètre le plus économique est **200mm (PN20)** avec une vitesse acceptable de **1.40m/s** et une **HMT de 28.5m**

e) tronçon F3-R2 :

Données :

- ✓ Le débit : $Q = 0.017 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Cote du trop-plein : 885.05 m
- ✓ Cote du forage : 826.95 m
- ✓ Niveau dynamique : 58.8 m
- ✓ Hauteur géométrique $H_g = 117.4 \text{ m}$
- ✓ Longueur du tronçon $L = 5440 \text{ m}$

D'après :

- ✓ BONNIN : $D_{\min} = 0.120 \text{ m}$
- ✓ BERSS : $D_{\max} = 0.208 \text{ m}$

D'où les diamètres normalisés sont : **125, 160, 200 mm** avec une pression nominale de **20 bars (PN20)**.

➤ Calcul de la HMT :

Tableau (V.18) : Calcule de HMT (F3-R2) :

D(m)	V (m/s)	Re	λ	J (m/ml)	L	H _t	HMT
0.125	1.3859	173248.40	0.0166	0.01305	5440	85.198	202.598
0.160	0.8459	135350.31	0.0172	0.00394	5440	25.739	143.139
0.200	0.5414	108280.25	0.0179	0.00134	5440	8.7637	126.163

➤ Calcule des frais d'exploitation :

Tableau (V.19) : Calcul des frais d'exploitations (F3-R2) :

D(m)	P(KW)	E(KWh)	F _{exp} (Da)
0.125	48.2675	352353.22	1645489.56
0.160	34.1020	248944.66	1162571.56
0.200	30.0576	219420.58	1024694.12

➤ Calcul des frais d'amortissement :

Tableau (V.20) : Calcul des frais d'amortissement (F3-R2) :

D(m)	Prix ml (Da)	L(m)	F _{amort} (Da)
0.125	1304.81	5440	664947.56
0.160	2121.95	5440	1081372.36
0.200	3321.35	5440	1692601.67

➤ Calcul du bilan :

Tableau (V.21) : Calcul du bilan (F3-R2) :

ϕ_{en} [mm]	125	160	200
F_{amort}(Da)	664947.56	1081372.36	1692601
F_{exp}(Da)	1645489.567	1162571.565	1024694.12
Bilan(Da)	2310437.129	2243943.932	2717295.79

Le diamètre le plus économique est **160 mm (PN20)** avec une vitesse acceptable de 0.84m/s et une HMT de 143.19m.

f) tronçon F1-SR:

Données :

- ✓ Le débit : $Q = 0.015 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Cote du trop-plein : 859.5m
- ✓ Cote du Forage : 850.45m
- ✓ Niveau dynamique : 116m
- ✓ Hauteur géométrique $H_g = 125.5 \text{ m}$
- ✓ Longueur du tronçon $L = 830 \text{ m}$

D'après :

- ✓ BONNIN $D_{\min} = 0.112 \text{ m}$
- ✓ BERSS : $D_{\max} = 0.1954 \text{ m}$

D'où les diamètres normalisés sont : **125, 160, 200** mm avec une pression nominale de **20** bars (PN20).

➤ Calcul de la HMT :

Tableau (V.22) : Calcul de HMT (F1-SR) :

D(m)	V (m/s)	Re	λ	J (m/ml)	L	H_t	HMT
0.125	1.222	152866.24	0.0170	0.0103	830	10.344	135.844
0.160	0.746	119426.75	0.0177	0.0031	830	3.1302	128.63
0.200	0.477	95541.40	0.0184	0.0010	830	1.0668	126.566

➤ Calcul des frais d'exploitation :

Tableau (V.23) : Calcul des frais d'exploitations (F1-SR) :

D(m)	P(Kw)	E(Kwh)	F_{exp} (Da)
0.125	28.556	208461.401	973541.743
0.160	27.0393	197391.329	921817.506
0.200	26.6061	194225.0277	907030.879

➤ Calcul des frais d'amortissement :

Tableau (V.24) : Calcul des frais d'amortissement (F1-SR) :

D(m)	Prix ml (Da)	L(m)	F_{amort} (Da)
0.125	1304.81	830	101453.3964
0.160	2121.96	830	164989.5763
0.200	3321.35	830	258246.2106

➤ **Calcul du bilan :**

Tableau (V.25) : Calcul du bilan (F1-SR) :

ϕ_{en} [mm]	125	160	200
$F_{amort}(Da)$	101453.3964	1649889.5763	258246.2106
$F_{exp}(Da)$	973514.7432	921817.5064	907030.8794
Bilan(Da)	1074968.14	1086807.083	1165277.09

Le diametre le plus économique est **125 mm (PN20)** avec une vitesse acceptable de 1.22m/s et une **HMT**de135.844 m

b) tronçon R5-SR:

Données :

- ✓ Le débit : $Q= 0.021 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Cote du trop-plein : 859.5 m
- ✓ Cote du radie : 855 m
- ✓ Hauteur géométrique $H_g= 4.8 \text{ m}$
- ✓ Longueur du tronçon $L= 280 \text{ m}$

D'après :

- ✓ **BONNIN** : $D_{min}= 0.133\text{m}$
- ✓ **BERSS** : $D_{max}= 0.231 \text{ m}$

D'où les diamètres normalisés sont **160, 200,250** mm avec une pression nominale de **20** bars (PN20).

➤ **Calcul de la HMT :**

Tableau (V.26) : Calcule de HMT (R5-SR) :

D(m)	V (m/s)	Re	λ	J (m/ml)	L	H_t	HMT
0.160	1.045	167197.452	0.0170	0.0059	280	1.9943	6.7943
0.200	0.668	133757.962	0.0175	0.0020	280	0.6725	5.4925
0.250	0.428	107006.369	0.0181	0.0006	280	0.2281	5.0281

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

Tableau (V.27) : Calcul des frais d'exploitations (R5-SR) :

D(m)	P(Kw)	E(Kwh)	$F_{exp}(Da)$
0.160	1.999	14596.9966	68167.9744
0.200	1.610	11757.0959	54905.6381
0.25	1.479	10802.3442	50446.9478

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

Tableau (V.28) : Calcul des frais d'amortissement (**R5-SR**) :

D(m)	Prix ml (Da)	L(m)	F_{amort} (Da)
0.160	2121.96	280	55659.134
0.200	3321.35	280	87119.203
0.250	5166.53	280	135518.382

➤ **Calcul du bilan :**

Tableau (V.29) : Calcul du bilan (**R5-SR**) :

φen [mm]	160	200	250
F_{amort}(Da)	55659.134	87119.203	135518.382
F_{exp}(Da)	68167.9744	54905.6381	50446.9478
Bilan(Da)	123827.1086	142024.8418	185965.3301

Le diamètre le plus économique est **160mm (PN20)** avec une vitesse acceptable de 1.045m/s et une **HMT** de 6.7943 m

b) tronçon SR-R8 :

Données :

- ✓ Le débit : $Q = 0.036 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Cote du trop plein : 863.78 m
- ✓ Cote du radie : 854.5 m
- ✓ Hauteur géométrique $H_g = 9.98 \text{ m}$
- ✓ Longueur du tronçon $L = 870 \text{ m}$

D'après :

- ✓ **BONNIN** : $D_{n1} = 174 \text{ m}$
- ✓ **BERSS** : $D_{n2} = 0.302 \text{ m}$

D'où les diamètres normalisés sont : **200, 250, 315** mm avec une pression nominale de **20bars (PN20)**.

➤ **Calcul de la HMT :**

Tableau (V.30) : Calcule de **HMT (SR-R8)** :

D(m)	V (m/s)	Re	λ	J (m/ml)	L	H_t	HMT
0.200	1.146	229299.363	0.0160	0.0053	870	5.617	15.597
0.250	0.733	183439.490	0.0165	0.0018	870	1.891	11.871
0.315	0.462	145586.897	0.0170	0.00059	870	0.616	10.596

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

Tableau (V.31) : Calcul des frais d'exploitations (SR-R8) :

D(m)	P(Kw)	E(Kwh)	F _{exp} (Da)
0.200	7.869	57443.721	268262.1784
0.250	5.989	43721.003	204177.0844
0.315	5.345	39025.156	182247.4808

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

Tableau (V.32) : Calcul des frais d'amortissement (SR-R8) :

D(m)	Prix ml (Da)	L(m)	F _{amort} (Da)
0.200	3321.35	870	270691.8111
0.250	5166.53	870	421074.9734
0.315	8051.49	870	656200.7649

➤ **Calcul du bilan :**

Tableau (V.33) : Calcul du bilan (SR1-R3) :

φ _{en} [mm]	200	250	315
F_{amort}(Da)	270691.8111	421074.9734	656200.7649
F_{exp}(Da)	268262.1784	204177.0844	182247.4808
Bilan(Da)	538953.9895	625252.0578	838448.2457

Le diamètre le plus économique est **200mm (PN20)** avec une vitesse acceptable de **1.146m/s** et une **HMT de 15.597m**

b) tronçon R5-R6 :

Données :

- ✓ Le débit : $Q = 0.11 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Cote du trop-plein 876m
- ✓ Cote du radie : 855m
- ✓ Hauteur géométrique $H_g = 21.3\text{m}$
- ✓ Longueur du tronçon $L = 3220\text{m}$

D'après :

- ✓ **BONNIN** : $D_{\min} = 0.3056\text{m}$
- ✓ **BERSS** : $D_{\max} = 0.5293\text{m}$

D'où les diamètres normalisés sont : **315, 400, 500 mm** avec une pression nominale de **20 bars (PN20)**.

➤ Calcul de la HMT :

Tableau (V.34) : Calcule de HMT (R5-R6) :

D(m)	V (m/s)	Re	λ	J (m/ml)	L	H _t	HMT
0.315	1.412	444848.852	0.0142	0.0045	3220	17.749	39.049
0.400	0.875	350318.471	0.0146	0.0014	3220	5.514	26.814
0.500	0.560	280254.777	0.0150	0.0004	3220	1.861	23.161

➤ Calcule des frais d'exploitation :

Tableau (V.35) : Calcul des frais d'exploitations (R5-R6) :

D(m)	P(Kw)	E(Kwh)	F _{exp} (Da)
0.315	60.197	439441.9783	2052194.039
0.400	41.336	301753.5655	1409189.151
0.500	35.705	260648.0637	1217226.458

➤ Calcul des frais d'amortissement :

Tableau (V.36) : Calcul des frais d'amortissement (R5-R6) :

D(m)	Prix ml (Da)	L(m)	F _{amort} (Da)
0.315	8051.49	3220	2428697.084
0.400	12967.47	3220	3911581.158
0.500	20218.93	3220	6098952.657

➤ Calcul du bilan :

Tableau (V.37) : Calcul du bilan (R5-R6) :

ϕ en [mm]	315	400	500
F_{amort} (Da)	2428697.084	3911581.158	6098952.657
F_{exp} (Da)	2052194.039	1409189.151	1217226.458
Bilan (Da)	4480891.123	5320770.309	7316179.115

Le diamètre le plus économique est **315 mm (PN20)** avec une vitesse acceptable de **1.412m/s** et une **HMT** de **39.049m**.

b) tronçon R6-R4 :

Données :

- ✓ Le débit : $Q = 0.11 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Cote du trop-plein : 907.5 m

- ✓ Cote du radie : 869 m
- ✓ Hauteur géométrique $H_g=38.8$ m
- ✓ Longueur du tronçon $L=50$ m

D'après :

- ✓ **BONNIN** : $D_{\min}= 0.305$ m
- ✓ **BERSS** : $D_{\max.} = 0.529$ m

D'où les diamètres normalisés sont : **315, 400, 500** mm avec une pression nominale de **20** bars (PN20).

➤ **Calcul de la HMT :**

Tableau (V.38) : Calcule de HMT (R6-R4) :

D(m)	V (m/s)	Re	λ	J (m/ml)	L	H_t	HMT
0.315	1.412	444848.852	0.0142	0.0045	50	0.2756	39.07
0.400	0.875	350318.471	0.0146	0.0014	50	0.0856	38.88
0.500	0.560	280254.777	0.0150	0.0004	50	0.0289	38.82

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

Tableau (V.39) : Calcul des frais d'exploitations (R6-R4) :

D(m)	P(Kw)	E(Kwh)	F_{\exp} (Da)
0.315	60.2378	439736.2914	2053568.481
0.400	59.944	437598.2725	2043583.933
0.500	59.857	436959.9884	2040603.146

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

Tableau (V.40) : Calcul des frais d'amortissement (R6-R4) :

D(m)	Prix ml (Da)	L(m)	F_{amort} (Da)
0.315	8051.49	50	37712.68764
0.400	12967.47	50	60738.8378
0.500	20218.93	50	94704.2338

➤ **Calcul du bilan :**

Tableau (V.41) : calcul du bilan (R6-R4) :

ϕ_{en} [mm]	315	400	500
F_{amort} (Da)	37712.68764	60738.8378	94704.2338
F_{exp} (Da)	2053568.481	2043583.933	2040603.146
Bilan (Da)	2091281.168	2104322.771	2135307.379

Le diamètre le plus économique est **400 mm (PN20)** avec une vitesse acceptable de **0.875m/s** et une **HMT de 38.88m**.

b) tronçon R7-R2 :

Données :

- ✓ Le débit : $Q = 0.044 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Cote du trop-plein : 885.05m
- ✓ Cote du radie : 860.5m
- ✓ Hauteur géométrique $H_g = 24.85\text{m}$
- ✓ Longueur du tronçon $L = 50\text{m}$

D'après :

- ✓ **BONNIN** : $D_{\min} = 0.1933\text{m}$
- ✓ **BERSS** : $D_{\max} = 0.334\text{m}$

D'où les diamètres normalisés sont : **200, 250, 315 mm** avec une pression nominale de **20 bars (PN20)**.

➤ **Calcul de la HMT :**

Tableau (V.42) : Calcule de HMT (R7-R2) :

D(m)	V (m/s)	Re	λ	J (m/ml)	L	H_t	HMT
0.200	1.401	280254.777	0.0158	0.007797	50	0.4678	25.317
0.250	0.896	224203.822	0.0159	0.002617	50	0.1570	25.007
0.315	0.564	177939.541	0.0164	0.00085	50	0.5102	24.901

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

Tableau (V.43) : Calcul des frais d'exploitations (R7-R2) :

D(m)	P(Kw)	E(Kwh)	$F_{\text{exp}}(\text{Da})$
0.200	15.611	113965.563	532219.179
0.250	15.420	112566.349	525684.851
0.315	15.354	112089.186	523456.502

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

Tableau (V.44) : Calcul des frais d'amortissement (R7-R2) :

D(m)	Prix ml (Da)	L(m)	$F_{\text{amort}}(\text{Da})$
0.200	3321.35	50	15557

0.250	5166.53	50	24199.711
0.315	8051.49	50	37712.687

➤ **Calcul du bilan :**

Tableau (V.45) : Calcul du bilan (R7-R2) :

ϕ_{en} [mm]	200	250	315
F_{amort}(Da)	15557	24199.711	37712.687
F_{exp}(Da)	532219.179	525684.851	523456.502
Bilan(Da)	547776.179	549884.563	561169.190

Le diamètre le plus économique est **250** mm (**PN20**) avec une vitesse acceptable de **0.896**m/s et une **HMT** de **25.007**m

b) tronçon R8-R3 :

Données :

- ✓ Le débit : $Q = 0.036 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Cote du trop-plein : 873.78m
- ✓ Cote du radie : 856.78m
- ✓ Hauteur géométrique $H_g = 17.3\text{m}$
- ✓ Longueur du tronçon $L = 50\text{m}$

D'après :

- ✓ **BONNIN** : $D_{\min} = 0.174\text{m}$
- ✓ **BERSS** : $D_{\max} = 0.302\text{m}$

D'où les diamètres normalisés sont : **200, 250, 315** mm avec une pression nominale de **20** bars (**PN20**).

➤ **Calcul de la HMT :**

Tableau (V.46) : Calcul de HMT (R8-R3) :

D(m)	V (m/s)	Re	λ	J (m/ml)	L	H_t	HMT
0.200	1.146	229299.363	0.0160	0.0053	50	0.322	17.622
0.250	0.733	183439.49	0.0165	0.0018	50	0.108	17.408
0.315	0.462	155586.897	0.0170	0.00059	50	0.035	17.335

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

Tableau (V.47) : Calcul des frais d'exploitations (R8-R3) :

D(m)	P(Kw)	E(Kwh)	F _{exp} (Da)
0.200	8.8909	64903.951	303101.452
0.250	8.7829	64115.360	299418.735
0.315	8.7459	63845.512	298158.544

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

Tableau (V.48) : Calcul des frais d'amortissement (R8-R3) :

D(m)	Prix ml (Da)	L(m)	F _{amort} (Da)
0.200	3321.35	50	15557
0.250	5166.53	50	24199.711
0.315	8051.49	50	37712.687

➤ **Calcul du bilan :**

Tableau (V.49) : Calcul du bilan (R8-R3) :

φ _{en} [mm]	200	250	315
F _{amort} (Da)	15557	24199.711	37712.687
F _{exp} (Da)	303101.452	299418.735	298158.544
Bilan(Da)	318658.4536	323618.446	335871.2317

Le diamètre le plus économique est **250 mm (PN20)** avec une vitesse acceptable de **0.733m/s** et une **HMT** de **17.408m**

V.9.2. Dimensionnement des conduites d'adduction gravitaire :

a) tronçon F4-R4 :

Données :

- ✓ Le débit : $Q = 0.0133 \text{ m}^3/\text{s}$.
- ✓ Hauteur géométrique $H_g = 107.4 \text{ m}$.
- ✓ Longueur du tronçon $L = 7000 \text{ m}$.

On fixe la vitesse maximale et minimale à **1.5m/s** et **0.5m/s** respectivement, par suite on détermine les diamètres maximum et minimum, qui sont : **D=0.10627m** et **D=0.184m**.

Alors, les diamètres normalisés sont : **110, 125, 160 mm** avec une pression de **20 bars (PN20)**.

Les résultats du calcul sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau (V.50) : Calcul des pertes de charge totales du tronçon (F4-R4) :

D_{ext} (mm)	D_{int} (mm)	V (m/s)	Re	λ	J (m/ml)	H_t
110	97.7	1.4	154024.32	0.0170	0.0155	130.323
125	111	1.084	135541.401	0.0174	0.0083	70.072
160	142.1	0.661	105891.72	0.0181	0.0025	21.236

On optera pour un diamètre de **125 mm**, car **H_t= 70.072**mest inférieure à Hg=**107.4**m, avec une vitesse acceptable de **1.084 m/s**

🚦 Voici le tableau récapitulatif qui regroupe les résultats :

Tableau (V.51) : Récapitulatif des résultats

Conduites d'adduction par refoulement					
Tronçon	Q (l/s)	L (m)	V (m/s)	Hmt (m)	Φ eq (mm)
F1-R1	0.015	650	1.22	151.1	125
F2-R1	0.013	1075	1.05	169.012	125
R5-R1	0.047	50	0.603	22.30	315
R5-R7	0.044	1687.12	1.40	28.5	200
F3-R2	0.017	5440	0.84	143.19	160
F1-SR	0.015	830	1.22	135.844	125
R5-SR	0.021	280	1.045	6.76	160
SR-R8	0.036	870	1.14	15.59	200
R5-R6	0.110	3220	1.41	39.049	315
R6-R4	0.110	50	0.875	38.88	400
R7-R2	0.044	50	0.896	25.007	250
R8-R3	0.036	50	0.733	17.408	250

Conduites d'adduction gravitaire					
Tronçon	Q (m3/s)	L(m)	V (m/s)	H_t	Φ eq(mm)
F4-R4	0.0133	7000	1.08	70.072	125

Conclusion

Afin d'établir un diamètre économique, nous avons calculé les différentes paramètres, à savoir, la vitesse d'écoulement, les pertes de charge, l'énergie consommée, ainsi que les frais d'exploitation, le chapitre suivant sera consacré au choix du types de pompes à utiliser dans notre projet.

VI.1. Définition

Les pompes sont des machines destinées à accroître l'énergie des fluides pompés en vue de provoquer leur déplacement dans des circuits comportant généralement une élévation de niveau (hauteur géométrique), une augmentation de pression (hauteur de charge), par conséquent on peut dire que la présence d'une pompe dans un circuit a pour rôle de transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique.

VI.2. Différents type de pompes

On distingue deux types principaux de pompes [10] :

VI.2.1. Pompe volumétrique

Dans les quelles l'accroissement d'énergie est obtenu par la variation ou déplacement du volume. Elles sont surtout réservées aux petits débits, grandes hauteurs et au transport de liquide visqueux.

VI.2.2. Les turbopompes

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

- Pompes centrifuges et hélico-centrifuge.
- Pompes hélices.

VI.3. Classification des turbopompes

On classe les turbopompes comme suit [11]:

✓ **suivant la forme de la roue**

- ***les pompes centrifuges proprement dites où à écoulement radiale*** : Dans ces pompes, la pression est développée principalement par l'action de la force centrifuge. Le liquide entre axialement par le centre et sort radialement par la périphérie. Ce type de pompes s'adapte principalement aux grandes hauteurs d'élévation (figure (VI.1)).
- ***Pompe à écoulement semi-axiale*** : La pression est développée en partie par la force centrifuge et en partie par l'action d'aspiration des aubes sur le liquide. Ce type de pompes est spécialement indiqué pour des hauteurs d'élévation moyenne (figure (VI.1)).
- ***Pompes à écoulement axial*** : La pression est développée surtout par l'action d'aspiration. Ce type de pompe s'adapte bien aux faibles hauteurs d'élévation (figure (VI.1)).

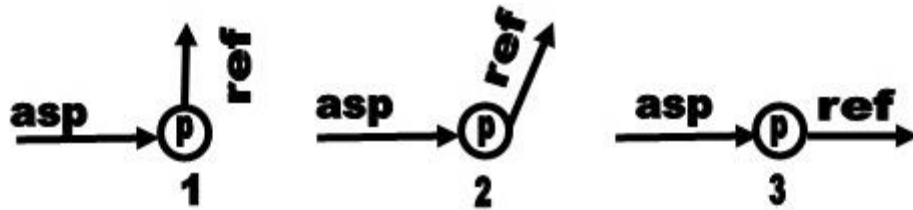


Figure (VI.1) : Type de la pompe selon la forme de la roue

✓ **suivant le nombre de roue**

En ce qui concerne le nombre de roues, on peut classer les pompes en deux catégories :

- **Pompes monocellulaires** : lorsque il n'y a qu'une roue.
- **Pompes multicellulaires** : lorsque il y a plus d'une roue.

✓ **Suivant la forme du corps de la pompe :**

- **Pompe à volute ou colimaçon** : corps de pompe dessiné de façon à maintenir les vitesses égales autour de la roue et à réduire la vitesse de l'eau dans le passage à la section de sortie.
- **A diffuseur circulaire ou de type turbine** : corps de la pompe à section constante et concentrique à la roue, qui est dans ce cas entourée d'aubes fixes qui dirigent l'écoulement et réduisent la vitesse de l'eau, transformant l'énergie cinétique en énergie potentielle de pression.

✓ **Suivant la position de l'axe**

Les pompes sont classées en pompes à axe horizontal, à axe vertical et à axe incliné. Elles peuvent être classées aussi suivant le domaine d'utilisation, la nature du fluide et l'importance de la pression produite.

VI.4. Choix de la pompe

Les critères qui agissent sur le choix des pompes sont [11]:

- Le débit à refouler.
- Hauteur d'élévation d'eau
- Le temps mis par la pompe pour élever un certain volume d'eau.

- Pour avoir un cout d'un mètre cube d'eau à élever minimum, le rendement de la pompe doit être acceptable. Pour la station de pompage sur forage on adoptera un groupe électropompes immergé pour les raisons suivantes :
 - Installation extrêmement simple.
 - Amorçage automatique, la pompe étant toujours immergée.
 - Rendement élevé.
 - Entretien pratiquement nul.
 - Fonctionnement très silencieux.

VI.5. Courbe caractéristique de la conduite de refoulement

Connaissant les caractéristique d'une conduite (longueur, diamètre, rugosité, épaisseur et les accessoires qui se trouvent intercalé), il est possible de calculer pour différents débits la perte de charge totale **J** qui en résulte pour l'ensemble de la conduite d'aspiration et de refoulement, on peut traduire ces résultats en traçant sur deux axes de coordonnées **H-Q** leur courbes correspondantes. L'ordonnée à l'origine représente la hauteur géométrique (OA) (figure (VI.2)). L'équation caractéristique de la conduite est [4]:

$$H_c = h_g + a_r Q^2 \tag{VI.1}$$

Avec :

- **H_g** : hauteur géométrique en (m).
- **a_r** : résistance totale de la conduite (aspiration et refoulement) en (m), avec :

$$a_r = \frac{8 \cdot \lambda \cdot L}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5} \tag{VI.2}$$

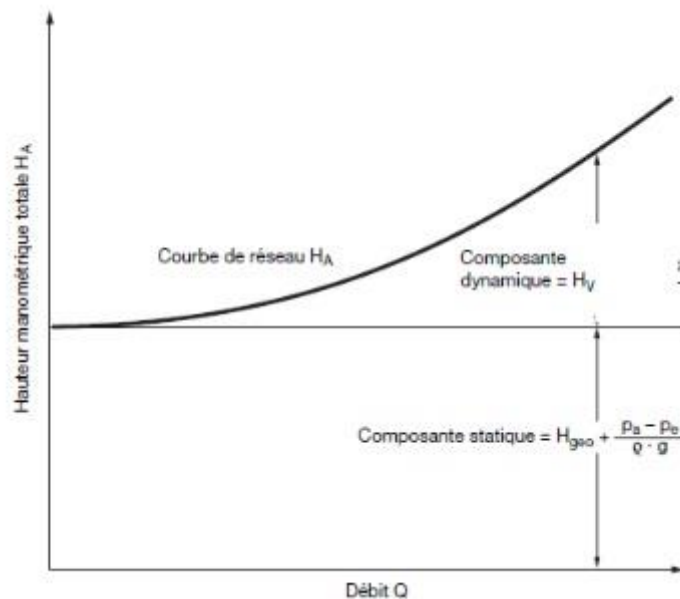


Figure (VI.2) : Courbe caractéristique de la conduite

VI.6. Les propriétés hydrauliques des turbopompes

L'installation d'une turbopompe dans un système de pompage exige la connaissance de ces paramètres nominaux suivants [10] :

Le débit Q fournit par une pompe centrifuge est le volume refoulé pendant unité de temps. Il s'exprime en mètre cube par seconde (m^3/s) ou plus pratiquement en mètre cube par heure (m^3/h).

VI.6.2. Hauteur

La hauteur engendrée par une pompe centrifuge représente l'énergie par unité de poids communiquée au liquide pompé, elle s'exprime en mètre (m). La hauteur varie avec le débit, elle est représentée par la courbe caractéristique $H=f(Q)$, cette courbe est d'allure parabolique (figure (VI.3)).

VI.6.3. Puissance absorbée par la pompe ou un groupe

La puissance absorbée est le travail par l'unité de temps fourni à la pompe ou au groupe. Elle s'exprime en kilowatts (KW) et elle est donnée par la relation suivante :

$$P_a = \frac{9.81 \cdot HMT \cdot Q}{\eta} \quad (VI.3)$$

Avec :

- P_a : puissance absorbée (KW).
- Q : le débit à refouler (m^3/s).
- HMT : hauteur manométrique totale (m).
- η : rendement de la pompe.

La courbe de la puissance absorbée par la pompe est également d'allure parabolique. Elle exprime les variations de la puissance absorbée par la pompe en fonction du débit $P=f(Q)$.

VI.6.4. Courbe de rendement

Le rendement η est le rapport de la puissance utile communiquée au liquide pompé à la puissance absorbée par la pompe (en bout d'arbre) ou par le groupe (aux bornes du moteur). Le rendement de la pompe varie avec le débit et passe par un maximum pour le débit nominal autour duquel la pompe doit être utilisée, sa courbe est d'une allure parabolique, passe par l'origine 0 , et par un maximum pour le débit de meilleur rendement de la pompe $\eta=f(Q)$ (figure (VI.3)).

VI.6.5. Courbe de NPSH requis (hauteur de charge nette absolue)

Le **NPSH** requis d'une pompe représente l'énergie nécessaire à la bride d'aspiration pour assurer le débit à la hauteur normale, il s'exprime en mètres. Le NPSH requis est d'allure parabolique, varié avec le débit et il est représenté par la courbe **NPSHr = f(Q)** (figure (VI.3)).

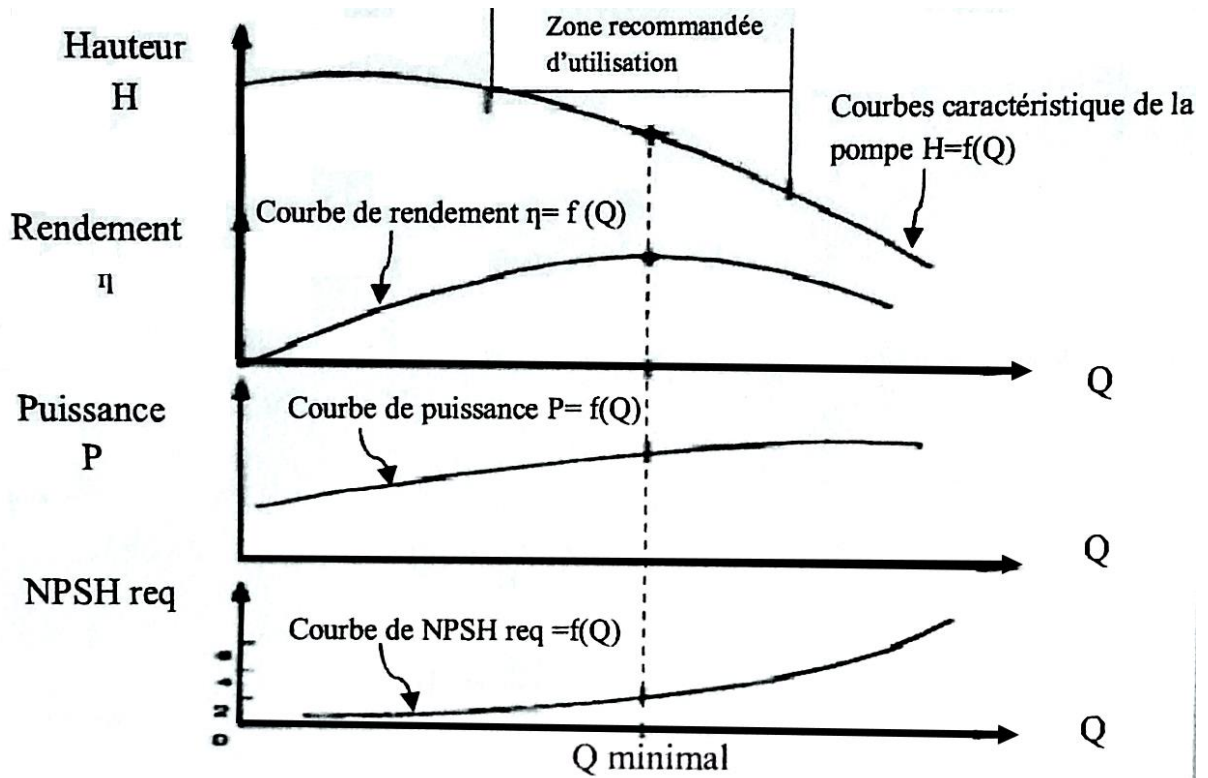


Figure (VI.3) : Courbes caractéristique de la pompe centrifuge

VI.7. Rappel théorique des lois de similitude appliquées aux pompes centrifuges

Les courbes caractéristiques des pompes centrifuges sont tracées pour un fonctionnement à une vitesse donnée, les vitesses généralement retenues sont celles données par les moteurs.

La même pompe centrifuge tournant à différentes vitesse de rotation à des courbes caractéristiques différentes, ces courbes caractéristiques sont reliées par la loi de similitude.

Les lois de similitudes qui s'appliquent aux pompes centrifuges sont comme suit [10]:

➤ le débit varie linéairement

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \tag{VI.4}$$

➤ la hauteur varie avec le carré de la vitesse

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad (\text{VI.5})$$

➤ la puissance varie avec le cube de la vitesse

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \quad (\text{VI.6})$$

- L'indice **1** est réservé aux éléments connus.
- L'indice **2** est réservé aux éléments recherchés.

Lorsque la vitesse varie de **N1** tr/min, les points en **O₁**, **H₁**, **P₁** des courbes de fonctionnement à la vitesse **N1** deviennent à la vitesse **N2**.

$$Q_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right) Q_1 \quad (\text{VI.7})$$

$$H_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right) H_1 \quad (\text{VI.8})$$

$$P_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right) P_1 \quad (\text{VI.9})$$

VI.8. Le point de fonctionnement

Le point de fonctionnement du system pompe-conduite est déterminé par la comparaison des deux courbes caractéristiques suivantes :

- la courbe caractéristique Hauteur-Débit de pompe considérée.
- La courbe caractéristique de la conduite reliée à la pompe.

Le point d'intersection A (Q, H) est appelé le point de fonctionnement (figure(VI.4)).

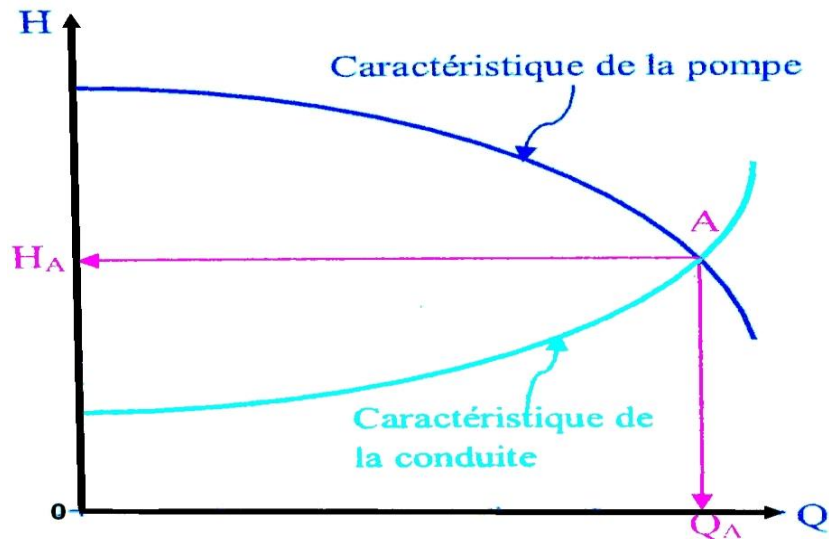


Figure (VI.4) : Point de fonctionnement de la pompe

La caractéristique **Q-H** de la pompe devra passer par le point **A**, mais il se trouve qu'il est vraiment rare que **Q-H** passe exactement par ce point car il s'agit généralement d'une pompe qui appartient à une série bien déterminée ou encore une pompe spécialement construite pour ses caractéristiques. Par ailleurs, la caractéristique **Q-H** devra cependant passer à droite de **A**, car si **Q-H** passe à gauche le débit ne pourra être fourni.

Dans le but d'obtenir le débit recherché, un certain nombre de solutions sont possible à savoir :

VI.8.1. Première variante : Réduction ou augmentation du temps de pompage

On opte pour le point de fonctionnement (**Q**, **H**) obtenu et par ailleurs on aura un débit supérieur à celui désiré et un temps de pompage par conséquent réduit. Pour conserver le même volume pompé, on applique l'équation suivante :

$$Q' T' = Q_{pr} T \quad (VI.10)$$

Ou :

- **Q_{pr}** : débit de projet avec lequel on a fait le choix de la pompe.
- **T'** : nouveau temps de pompage.
- **T** : temps de pompage

Alors :

$$T' = \left(\frac{Q_{pr}}{Q'} \right) T \quad (VI.11)$$

VI.8.2. Deuxième variante : le vannage

On accepte la caractéristique de la pompe $H=f(Q)$, et on vanne sur le refoulement pour créer des pertes de charge de façon à obtenir le débit désiré. La puissance absorbée sera :

$$P_a = \frac{g \cdot H' \cdot Q}{\eta} \quad (VI.12)$$

Avec :

$$H' = H + h \quad (VI.13)$$

Ou :

- h : perte de charge engendrée par le vannage en (m).
- η : le rendement en (%)
- H' : la distance qui sépare le point désiré et l'intersection de la verticale passant par le même point avec la caractéristique de la pompe.

VI.8.3. Troisième variante : variation de la vitesse de rotation

Cette solution est adoptée dans le cas où on aurait la possibilité de faire varier la vitesse de rotation. Cela consiste à chercher la vitesse souhaitable (N') pour que la caractéristique de la pompe $H=f(Q)$ passe par le point désiré ; à cette effet, nous tracerons la parabole $H=aQ^2$ qui passe par l'origine du graphe (figure (VI.5)).

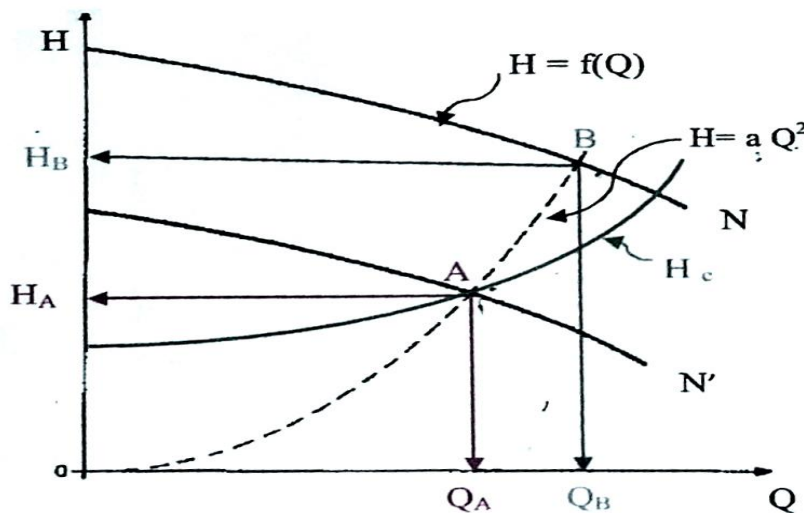


Figure (VI.5) : Point de fonctionnement par la modification de la vitesse de rotation

La valeur du facteur (**a**) est obtenue en utilisant les lois de similitude suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{Q}{Qa} = \frac{N}{N'} \\ \frac{H}{Ha} = \left(\frac{N}{N'}\right)^2 \end{array} \right. \iff \frac{H}{Ha} = \left(\frac{Q}{Qa}\right)^2 \iff H = \frac{Ha}{Qa^2} Q^2 \quad (VI.14)$$

La parabole tracée par le point **A** (**H_a**, **Q_a**) coupe la caractéristique de la pompe au point homologue **B** (**H_b**, **Q_b**) (figure (VI.6)), nous aurons alors d'après les lois de similitude :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{Q}{Qa} = \frac{N}{N'} \\ \frac{H}{Ha} = \left(\frac{N}{N'}\right)^2 \end{array} \right. \iff N' = N * \frac{Qa}{Qb} \quad (VI.15)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{Q}{Qa} = \frac{N}{N'} \\ \frac{H}{Ha} = \left(\frac{N}{N'}\right)^2 \end{array} \right. \iff N' = N * \sqrt{\frac{Ha}{Hb}} \quad (VI.16)$$

VI.8.4. Quatrième variante : Rognage de la roue

Cette variante consiste à modifier le diamètre de la roue, ce qui est difficile à réaliser car elle nécessite une grande précision, et cela dans le but de ramener le point de fonctionnement au point désiré.

Le rognage de roue est obtenu en gardant la même vitesse de rotation (**N**) et cela, en traçant une droite à partir de l'origine et qui passe par le point désiré **A**. L'équation (**H=a Q**) coupe la caractéristique **H=f(Q)** au point **B** (**Q_b**, **H_b**) qui est l'homologue du point **A** (**Q_a**, **H_a**), ce qui est illustré par la figure (VI.6) ci-après :

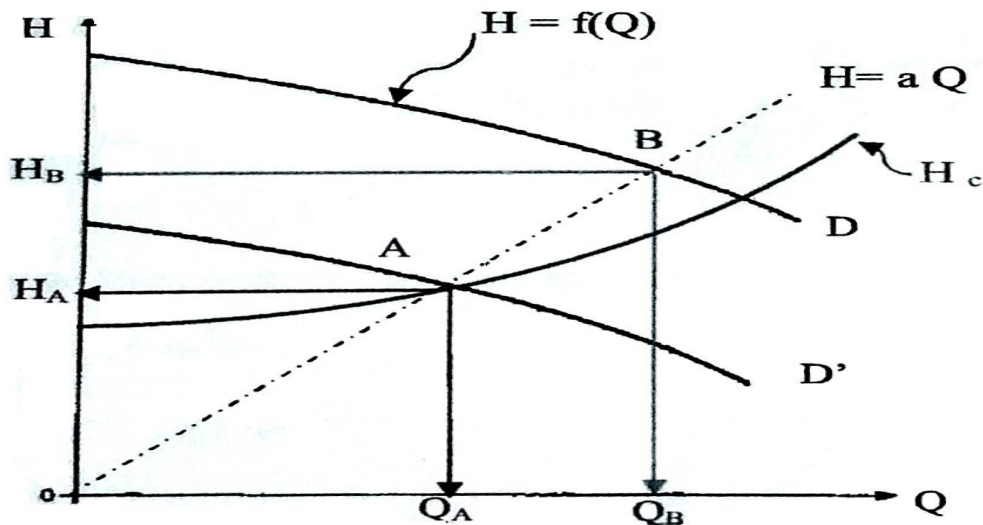


Figure (VI.6) : Réalisation du point de fonctionnement de la pompe par rognage

La valeur du facteur (a) est obtenue en utilisant les lois de similitude suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{Q}{Qa} = \frac{D}{D'} \\ \frac{H}{Ha} = \left(\frac{D}{D'}\right)^2 \end{array} \right. \iff \frac{H}{Ha} = \frac{Q}{Qa} \iff H = \frac{Ha}{Qa} * Q \quad (VI.17)$$

En appliquant les lois de similitude entre le point A et B, on aura :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{Qb}{Qa} = \left(\frac{D}{D'}\right)^2 \iff D' = D \sqrt{\frac{Qa}{Qb}} \end{array} \right. \quad (VI.18)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{Hb}{Ha} = \left(\frac{D}{D'}\right)^2 \iff D' = D \sqrt{\frac{Ha}{Hb}} \end{array} \right. \quad (VI.19)$$

Le pourcentage de rognage (r) sera tel que : $r = 1 - \sqrt{\frac{Qa}{Qb}}$ (VI.20)

Ou bien $r = 1 - \sqrt{\frac{Ha}{Hb}}$ (VI.21)

VI.9. Choix des pompes du projet

Pour le choix des pompes à installer sur les différents point de refoulement, nous utiliserons le logiciel PUMP TUROR ((CAPRARI)) au lieu des catalogue car il est plus pratique et plus précis, il suffit d'introduire les caractéristiques requises de la pompe et on aura tout ce qui est disponible, à savoir des caractéristiques de la pompe, du moteur et le point de fonctionnement.

VI.9.1. la pompe installée sur F1:

➤ *Caractéristiques de la conduite :*

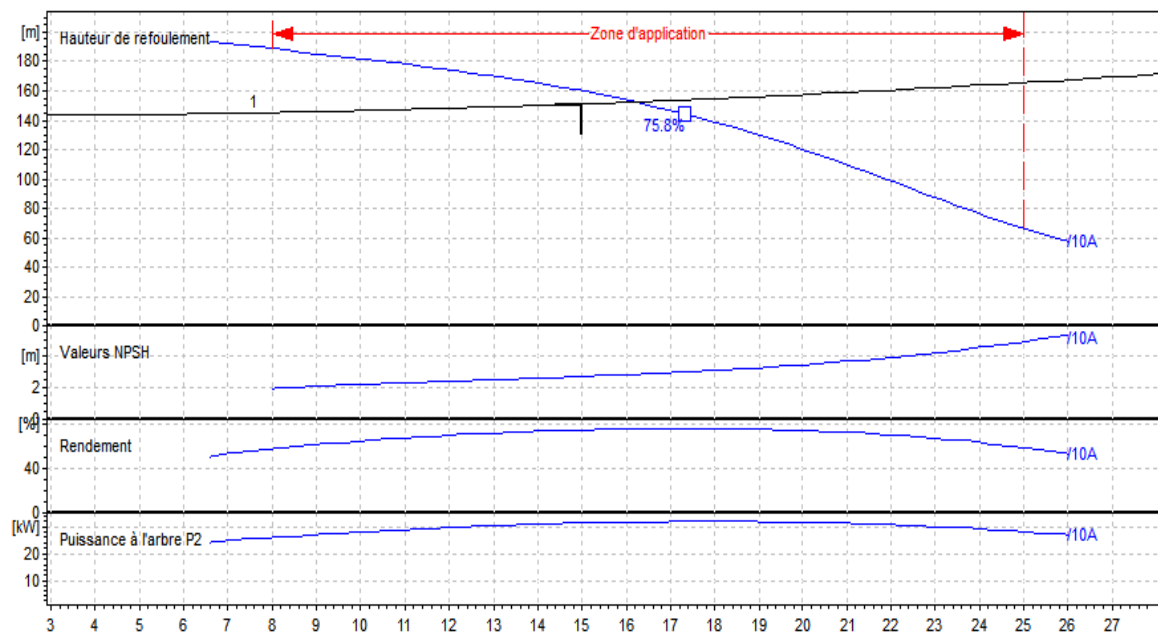
$$Q = 15 \text{ l/s}$$

$$H_g = 143 \text{ m}$$

$$HMT = 151.1 \text{ m}$$

➤ *Caractéristiques de la pompe :*

Les courbes caractéristiques de la pompe du forage **F1** sont représentées dans la figure (VI.7) ci-dessous (les détails sont donnés dans l'annexe (13)) :



Fuguer (VI.7) : Caractéristiques de la pompe F1

Pompe : E8S50/10A+Mc850

$N = 2900 \text{ tr/min}$

$\eta = 75.5 \%$

$NPSH_{\text{requis}} = 2.88 \text{ m}$

$P = 37 \text{ kW}$

Le point de fonctionnement : **P1** (16.2 l/s ; 152 m)

Le pont de fonctionnement désiré : **P2** (15 l/s ; 151 m)

Le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré **P** (15 l/s ; 151 m), donc cette pompe nécessite une modification.

Afin d'adopter la pompe aux conditions de travail désirées, des modifications s'avèrent nécessaires :

➤ **Réduction du temps de pompage :**

Le principe est accepter le point de fonctionnement tel qu'il est et de réduire le temps de pompage :

$$V_1=V_2 \quad \Longrightarrow \quad Q_1 \cdot T_1 = Q_2 \cdot T_2 \quad \Longrightarrow \quad T_2 = \frac{Q_1}{Q_2} \times T_1$$

Avec : $T_1=20 \text{ h}$.

$$T_2 = \frac{15}{16.2} \times 20$$

D'où $T_2=18.51 \text{ h}$.

La puissance absorbée sera :

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

Donc: $P = \frac{0.0162 \times 152 \times 9.81}{0.755} = 31.99 \text{ KW}$

➤ **Le vannage :**

Créer des pertes de charge dans la conduite afin d'obtenir le point de fonctionnement désiré.

$$H = H' - H_{mt} = 160 - 151 = 9 \text{ m}$$

Les coordonnées du point H' sont : $H' = 160 \text{ m}$, $Q' = 15 \text{ l/s}$ et $\eta = 74.6 \%$.

La puissance absorbée sera :

$$P = \frac{g \cdot Q \cdot H'}{\eta}$$

$$\text{Donc : } P = \frac{0.015 \cdot 160 \cdot 9.81}{0.746} = 31.56 \text{ KW}$$

➤ **Le rognage :**

Le rognage n'est pas une solution pour des pompes multicellulaire, vu le nombre de cellule qu'il faut rogner.

➤ **Modification de la vitesse de rotation de pompe :**

La nouvelle vitesse de rotation de la pompe s'écrit comme suit :

$$N' = N \cdot \frac{QA}{QB} \text{ (tr/mn)}$$

✚ l'équation de la courbe iso-rendement s'écrit :

$$H = Q^2 \cdot \frac{HA}{QA^2} = \frac{151}{15^2} \cdot Q^2$$

$$H = 0.6711 Q^2$$

Cette courbe $H = 0.6711 Q^2$ est appelée courbe iso-rendement, donc tous les points homologues appartiennent à celle-ci

✚ l'équation de la pompe est donnée comme suit :

$$H_p = aQ^2 + b$$

$$\text{Pour: } \begin{cases} Q = 0.0 \text{ l/s, } H_p = 220 \text{ m.} \\ Q = 16.2 \text{ l/s, } H_p = 152 \text{ m.} \end{cases}$$

$$\text{D'où, } 152 = a \times 16.2^2 + 220, \text{ donc } a = -0.259$$

$$\text{Ce qui donne : } H_p = -0.259 Q^2 + 220$$

Elle coupe la caractéristique de la pompe au point P_B (). Les coordonnées du point P_B sont (15.37 l/s, 158.73 m).

$$\text{D'où : } N' = 2900 \cdot \left(\frac{15}{15.37}\right) = 2830.18 \text{ tr/mn}$$

La puissance absorbée sera :

$$P_B = \frac{9.81 * 0.015 * 151}{0.755}$$

$$P_B = 29.43 \text{ kW}$$

VI.9.2. la pompe installée sur F2 vers R1 :

➤ **Caractéristiques de la conduite :**

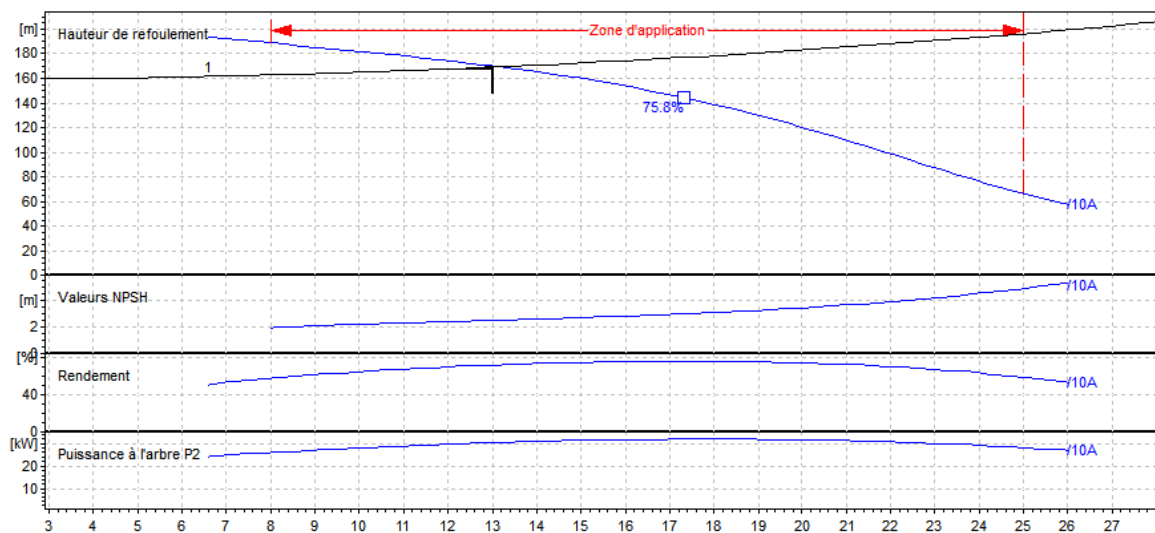
$$Q = 13 \text{ l/s.}$$

$$H_g = 158.95 \text{ m.}$$

$$HMT = 169.012 \text{ m.}$$

➤ **Caractéristiques de la pompe :**

Les courbes caractéristiques de la pompe du forage F2 sont représentées dans la figure (VI.8) ci-dessous (les détails sont donnés dans l'annexe (14)) :



Fuguer (VI.8) : Caractéristiques de la pompe et la conduite (F2-R1).

On opte pour le choix d'une pompe de type électropompe immergé **E8S50/10A+MC850**.

- **N** = 2900 tr/min.
- **H** = 72 %.
- **NPSHr** = 2.56 m
- **P** = 37 kw.

Le point de fonctionnement : **P1** (13 l/s ; 169 m)

Le point de foncièremnt désiré : **P2** (13 l/s ; 169 m)

Le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré figure (VI.8), donc il est inutile d'appliquer les lois de similitude

VI.9.3. La pompe installée sur R5-R1 :

➤ *Caractéristiques de la conduite :*

$$Q = 0.047 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_g = 22.25 \text{ m}$$

$$H_{mt} = 22.3 \text{ m}$$

➤ *Caractéristiques de la pompe :*

D'après le logiciel **CAPRARI** [12], on opte pour une pompe monobloc et les références sont présentées dans l'annexe (15).

Pompe : M E C - A Z 1 / 1 0 0 A

$$N = 2850 \text{ tr/min}$$

$$\eta = 81.3 \%$$

$$NPSH_{\text{requis}} = 4.44 \text{ m}$$

$$P = 15 \text{ kw}$$

Le point de fonctionnement : **P1** (47 l/s ; 22.3 m)

Le point de fonctionnement désiré : **P2** (47 l/s ; 22.3 m)

Le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré (47 l/s ; 22.3 m), donc cette pompe ne nécessite aucune modification.

Les courbes caractéristiques de la pompe (**R5-R1**) sont représentées dans la figure (VI.9) suivante:

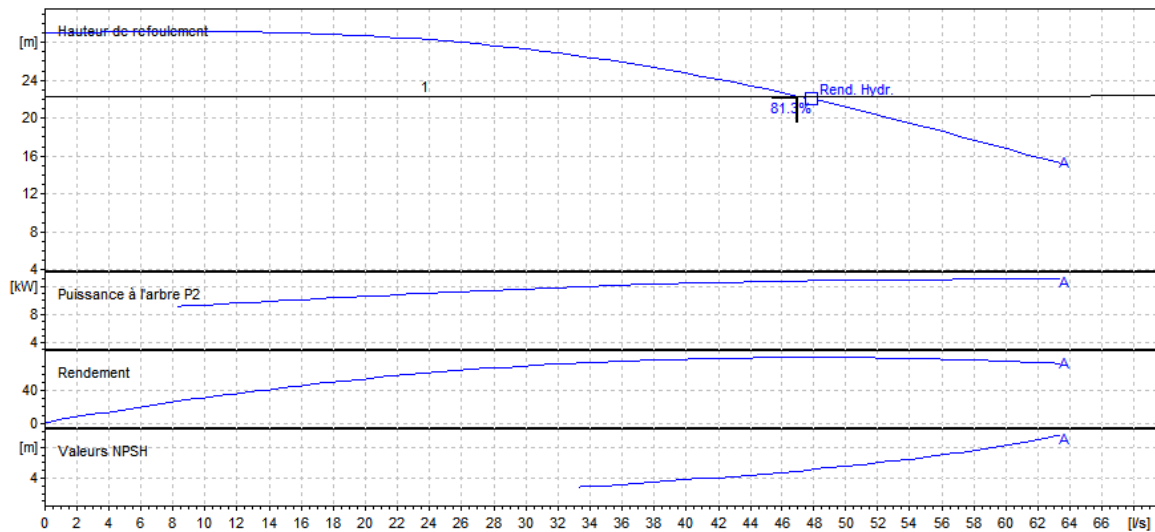


Figure (VI.9) : Caractéristiques de la pompe et la conduite (R5-R1)

VI.9.4. La pompe installée sur R5-R7 :

➤ *Caractéristiques de la conduite :*

$$Q = 44 \text{ l/s}$$

$$H_g = 12.8 \text{ m}$$

$$H_{mt} = 28.5 \text{ m}$$

➤ *Caractéristiques de la pompe :*

D'après le logiciel **CAPRARI** [12], on opte pour une pompe monobloc et les références sont présentées dans l'annexe (16).

Pompe : M E C - A 2 / 8 0 D

$$N = 2900 \text{ tr/min}$$

$$\eta = 72.1\%$$

$$NPSH_{requis} = 4.99\text{m}$$

$$P = 22 \text{ kW}$$

Le point de fonctionnement : **P1** (44 l/s ; 28.5 m)

Le pont de fonctionnement désiré : **P1** (44 l/s ; 28.5 m) Le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré (44l/s ; 28.5 m), donc cette pompe ne nécessite aucune modification.

Les courbes caractéristiques de la pompe (**R5-R7**) sont représentées dans la figure (VI.10) suivante :

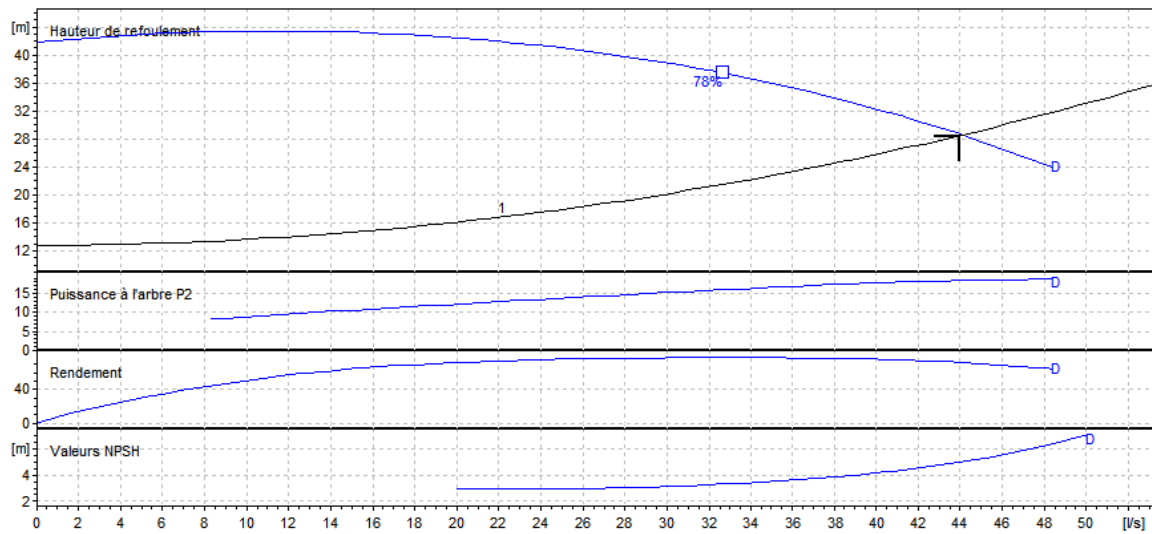


Figure (VI.10) : Caractéristiques de la pompe et la conduite (R5-R7)

VI.9.5. La pompe installée sur F3-R2 :

➤ *Caractéristiques de la conduite :*

$$Q = 17 \text{ l/s}$$

$$H_g = 117.4 \text{ m}$$

$$H_{mt} = 143.19 \text{ m}$$

➤ *Caractéristiques de la pompe :*

D'après le logiciel **CAPRARI** [12], on opte pour une pompe monobloc et les références sont présentées l'annexe(17).

Pompe : E8S55/8K+MC850

$$N = 2900 \text{ tr/min}$$

$$\eta = 73.1\%$$

$$NPSH_{requis} = 2.5\text{m}$$

$$P = 37 \text{ kW}$$

Le point de fonctionnement : **P1** (17 l/s ; 143 m)

Le pont de fonctionnement désiré : **P2** (17 l/s ; 143 m)

Le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré (17 l/s ; 143 m), donc cette pompe ne nécessite aucune modification.

Les courbes caractéristiques de la pompe (F3-R2) sont représentées dans la figure (VI.11) suivante :

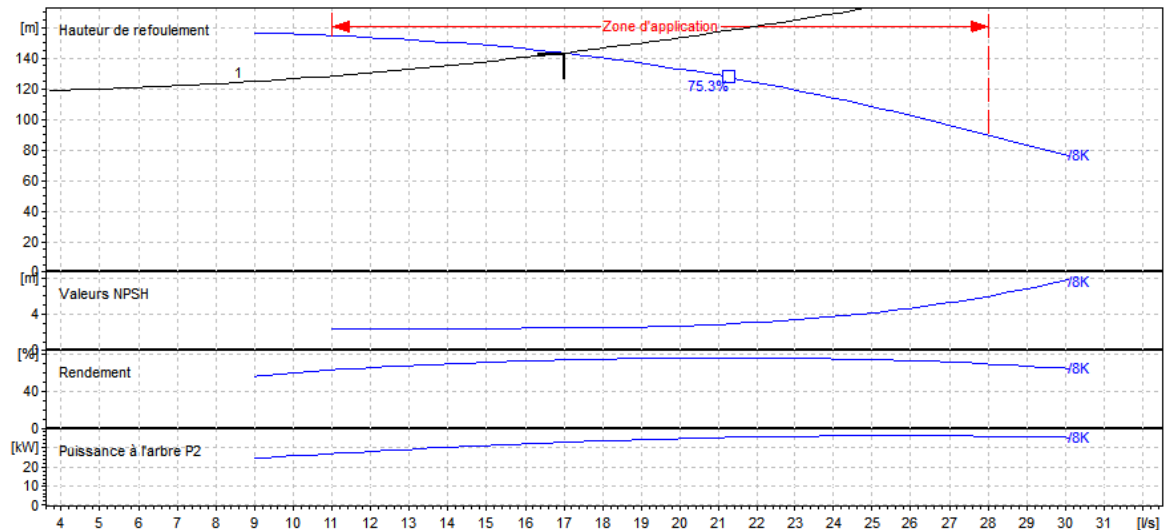


Figure (VI.11) : Caractéristiques de la pompe et la conduite (F3-R2)

VI.9.6. La pompe installée sur R5-SR :

➤ Caractéristiques de la conduite :

$$Q = 21 \text{ l/s}$$

$$H_g = 4.8 \text{ m}$$

$$H_{mt} = 6.79 \text{ m}$$

➤ Caractéristiques de la pompe :

D'après le logiciel **CAPRARI** [12], on opte pour une pompe monobloc et les références sont présentées dans l'annexe (18).

Pompe : M E C - A Z 2 / 8 0 D

$$N = 1450 \text{ tr/min}$$

$$\eta = 74.9 \%$$

$$NPSH_{requis} = 2.19 \text{ m}$$

$$P = 3 \text{ kw}$$

Le point de fonctionnement : **P1** (21.6 l/s ; 6.92 m)

Le pont de fonctionnement désiré : **P2** (21 l/s ; 6.79 m)

Le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré (21 l/s ; 6.79m), donc cette pompe nécessite une modification.

Les courbes caractéristiques de la pompe (**R5-SR**) sont représentées dans la figure (VI.12) suivante :

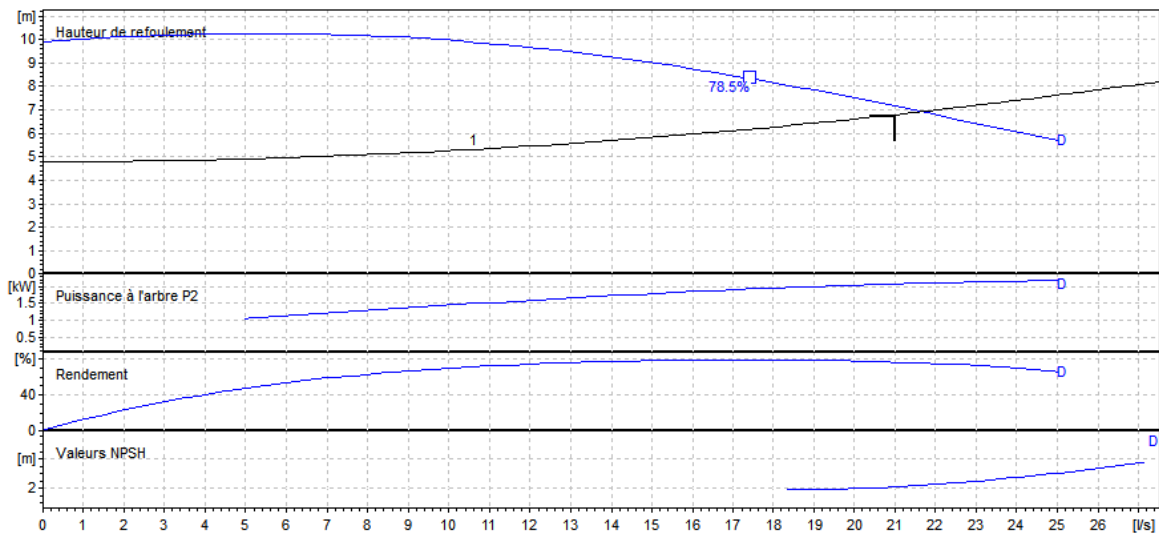


Figure (VI.12) : Caractéristiques de la pompe et la conduite (R5-SR)

Afin d’adopter la pompe aux conditions de travail désirées, des modifications s’avèrent nécessaires :

➤ **Réduction du temps de pompage :**

Le principe est accepter le point de fonctionnement tel qu’il est et de réduire le temps de pompage :

$$V1=V2 \implies Q1 \times T1 = Q2 \times T2 \implies T2 = \frac{Q1}{Q2} \times T1$$

Avec : **T1=20h.**

$$T2 = \frac{21}{21.6} \times 20$$

D’où **T2=19.44h.**

La puissance absorbée sera :

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

$$P = \frac{0.0216 \times 6.92 \times 9.81}{0.749} = 1.957 \text{ KW}$$

➤ **Le vannage :**

Créer des pertes de charge dans la conduite afin d'obtenir le point de fonctionnement désirer.

$$H = H' - H_{mt} = 7.15 - 6.79 = 0.36 \text{ m}$$

Les coordonnées du point H' sont : H'= 7.15 m, Q'=21 l/s et η = 76%.

La puissance absorbée sera :

$$P = \frac{g \cdot Q \cdot H'}{\eta}$$

$$P = \frac{0.021 \cdot 7.15 \cdot 9.81}{0.76} = 1.938 \text{ KW}$$

➤ **Le rognage :**

Le rognage n'est pas une solution pour des pompes multicellulaire, vu le nombre de cellule qu'il faut rogner.

➤ **Modification de la vitesse de rotation de pompe**

La nouvelle vitesse de rotation de la pompe s'écrit comme suit :

$$N^2 = N \cdot \frac{Q_A}{Q_B} \text{ (tr/mn)}$$

✚ l'équation de la courbe iso-rendement s'écrit :

$$H = Q^2 \cdot \frac{H_A}{Q_A^2} = \frac{6.79}{21^2} \cdot Q^2$$

$$H = 0.01539 Q^2$$

Cette courbe $H = 0.01539 Q^2$ est appelée courbe iso-rendement, donc tous les points homologues appartiennent à celle-ci

✚ l'équation de la pompe est donnée comme suit :

$$H_p = aQ^2 + b$$

$$\text{Pour } \begin{cases} Q = 0.0 \text{ l/s, } H_p = 9.91 \text{ m.} \\ Q = 21.6 \text{ l/s, } H_p = 6.92 \text{ m.} \end{cases}$$

$$\text{D'où : } 6.92 = a \times 21.6^2 + 9.91, \text{ donc } a = -0.006408$$

$$\text{Ce qui donne : } H_p = -0.006408 Q^2 + 9.91$$

Elle coupe la caractéristique de la pompe au point P_B (). Les coordonnées du point P_B sont (21.32 l/s, 6.99 m).

$$\text{D'où : } N' = 1450 * \left(\frac{21}{21.32} \right) = 1428.23 \text{ tr/mn}$$

La puissance absorbée sera :

$$P_B = \frac{9.81 * 0.021 * 6.79}{0.749}$$

$$P_B = 1.86 \text{ Kw}$$

VI.9.7. La pompe installée sur SR-R8 :

➤ *Caractéristiques de la conduite :*

$$Q = 36 \text{ m/s}$$

$$H_g = 9.98 \text{ m}$$

$$H_{mt} = 15.59 \text{ m}$$

➤ *Caractéristiques de la pompe :*

D'après le logiciel **CAPRARI** [12], on opte pour une pompe monobloc et les références sont présentées dans l'annexe (19).

Pompe : M E C - A Z 3 / 1 0 0 B

$$N = 1420 \text{ tr/min}$$

$$\eta = 77.7 \%$$

$$NPSH_{requis} = 1.99 \text{ m}$$

$$P = 9 \text{ kW}$$

Le point de fonctionnement : **P1** (36.9 l/s ; 15.9 m)

Le pont de fonctionnement désiré : **P2** (36 l/s ; 15.6 m)

Le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré (36 l/s ; 15.6 m), donc cette pompe nécessite une modification.

Les courbes caractéristiques de la pompe (**SR-R8**) sont représentées dans la figure (VI.13) suivante :

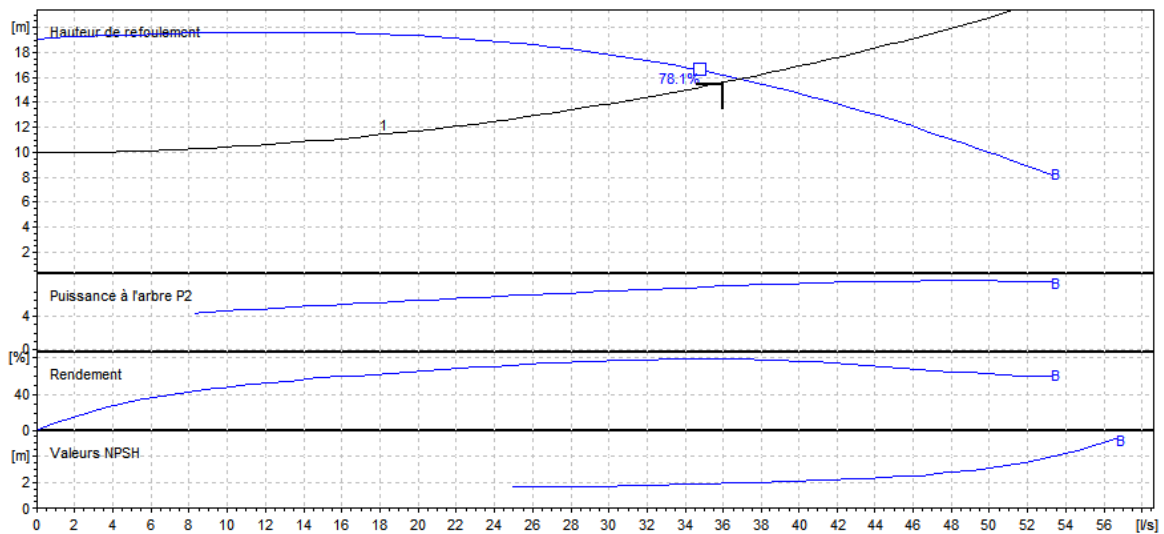


Figure (VI.13) : Caractéristiques de la pompe et la conduite (SR-R8)

Afin d’adopter la pompe aux conditions de travail désirées, des modifications s’avèrent nécessaires :

➤ **Réduction du temps de pompage :**

Le principe est accepter le point de fonctionnement tel qu’il est et de réduire le temps de pompage :

$$V_1 = V_2 \implies Q_1 \cdot T_1 = Q_2 \cdot T_2 \implies T_2 = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot T_1$$

Avec : **T1=20h.**

$$T_2 = \frac{36}{36.9} \times 20$$

D’où **T2=19.51h.**

La puissance absorbée sera :

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

$$P = \frac{0.0369 \times 15.9 \times 9.81}{0.777} = 7.407 \text{ KW}$$

➤ **Le vannage :**

Créer des pertes de charge dans la conduite afin d'obtenir le point de fonctionnement désiré.

$$H = H' - H_{mt} = 16.2 - 15.6 = 0.6 \text{ m}$$

Les coordonnées du point H' sont : H'= 16.2 m, Q'=36 l/s et η = 77.9%.

La puissance absorbée sera :

$$P = \frac{g * Q * H'}{\eta}$$

$$P = \frac{0.036 * 16.2 * 9.81}{0.779} = 7.344 \text{ KW}$$

➤ **Le rognage :**

Le rognage n'est pas une solution pour des pompes multicellulaire, vu le nombre de cellule qu'il faut rogner.

➤ **Modification de la vitesse de rotation de pompe :**

La nouvelle vitesse de rotation de la pompe s'écrit comme suit :

$$N' = N * \frac{Q_A}{Q_B} \text{ (tr/mn)}$$

✚ l'équation de la courbe iso-rendement s'écrit :

$$H = Q^2 \times \frac{HA}{Qa^2} = \frac{15.6}{36^2} \times Q^2$$

$$H = 0.0120 Q^2$$

Cette courbe **H = 0.0120 Q²** est appelée courbe iso-rendement, donc tous les points homologues appartiennent à celle-ci

✚ l'équation de la pompe est donnée comme suit :

$$H_p = aQ^2 + b$$

$$\text{Pour } \begin{cases} Q = 0.0 \text{ l/s, } H_p = 19.1 \text{ m.} \\ Q = 36.9 \text{ l/s, } H_p = 15.9 \text{ m.} \end{cases}$$

$$\text{D'où : } 15.9 = a \times 36.9^2 + 19.1, \text{ donc } a = -3.044 \times 10^{-3}$$

$$\text{Ce qui donne : } H_p = -0.00235 Q^2 + 19.1$$

Elle coupe la caractéristique de la pompe au point **P_B**. Les coordonnées du point **P_B** sont (36.48 l/s, 15.97 m).

$$\text{D'où : } N' = 1420 \times \left(\frac{36}{36.48} \right) = 1401.31 \text{ tr/mn}$$

La puissance absorbée sera :

$$P_B = \frac{9.81 \times 0.036 \times 15.6}{0.777}$$

$$P_B = 7.09 \text{ kw}$$

VI.9.8. La pompe installée sur R5-R6 :

➤ *Caractéristiques de la conduite :*

$$Q = 110 \text{ l/s}$$

$$H_g = 21.3 \text{ m}$$

$$H_{mt} = 39.049 \text{ m}$$

➤ *Caractéristiques de la pompe :*

D'après le logiciel **CAPRARI [12]**, on opte pour un couplage de deux pompes semblable en parallèle pour avoir un débit et un Hmt désiré,

Une pompe monobloc et les références sont présentées l'annexe (20).

Pompe : M E C - A 4 / 125

$$N = 1450 \text{ tr/min}$$

$$\eta = 75.5\%$$

$$NPSH_{\text{requis}} = 1.98 \text{ m}$$

$$P = 37 \text{ kw}$$

Le point de fonctionnement : **P1** (110 l/s ; 39 m)

Le point de fonctionnement désiré : **P2** (110l/s ; 39 m)

Le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré (110l/s ; 39 m), donc cette pompe ne nécessite aucune modification.

Les courbes caractéristiques de la pompe (**R5-R6**) sont représentées dans la figure (VI.14) suivante :

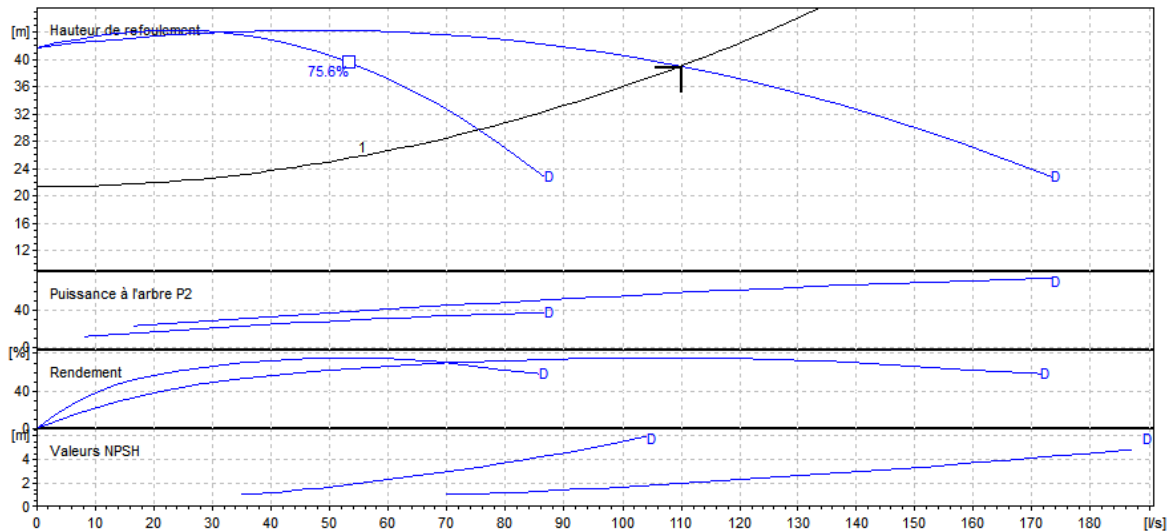


Figure (VI.14) : Caractéristiques de la pompe et la conduite (R5-R6)

VI.9.9. La pompe installée sur R6-R4 :

➤ *Caractéristiques de la conduite :*

$$Q = 110 \text{ m/s}$$

$$H_g = 38.8 \text{ m}$$

$$H_{mt} = 38.88 \text{ m}$$

➤ **Caractéristiques de la pompe :**

D'après le logiciel **CAPRARI** [12], on opte pour une pompe monobloc et les références sont présentées l'annexe (21).

Pompe : MEC-AZRBH 2/125E

$$N = 2900 \text{ tr/min}$$

$$\eta = 69.1\%$$

$$NPSH_{\text{requis}} = 5.23\text{m}$$

$$P = 75 \text{ kW}$$

Le point de fonctionnement : **P1** (110 l/s ; 38.9 m)

Le point de fonctionnement désiré : **P1** (110 l/s ; 38.9 m)

Le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré (110 l/s ; 38.9 m), donc cette pompe ne nécessite aucune modification.

Les courbes caractéristiques de la pompe (**R6-R4**) sont représentées dans la figure (VI.15) suivante :

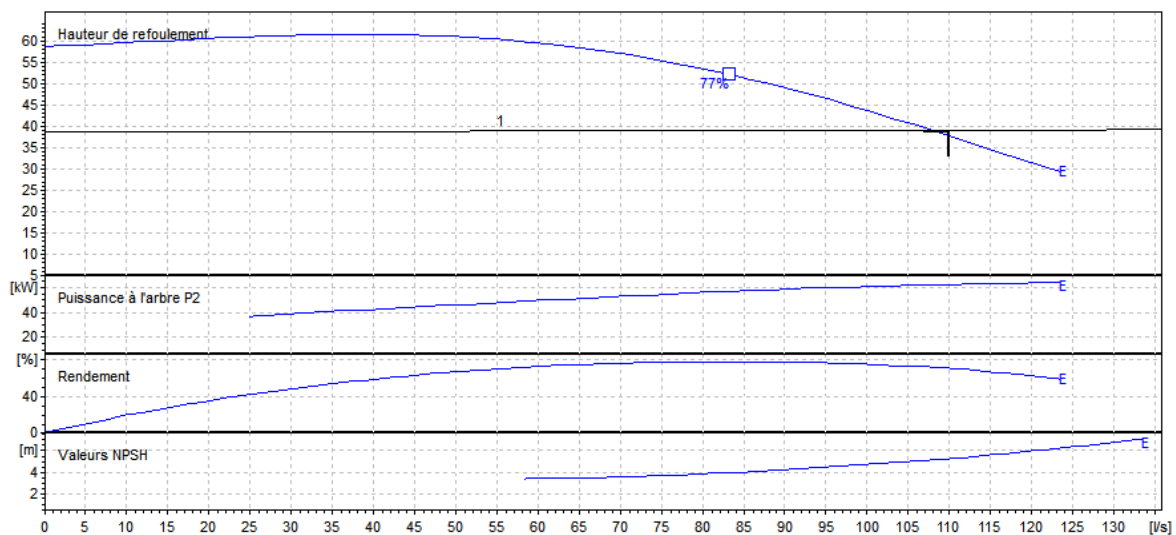


Figure (VI.15) : Caractéristiques de la pompe et la conduite (R6-R4)

VI.9.10. La pompe installée sur R7-R2 :

➤ *Caractéristiques de la conduite :*

$$Q = 44 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_g = 24.85 \text{ m}$$

$$H_{mt} = 25.007 \text{ m}$$

➤ *Caractéristiques de la pompe :*

D'après le logiciel **CAPRARI** [12], on opte pour une pompe monobloc et les références sont présentées l'annexe (22).

Pompe : M E C - A 4 / 1 00 D

$N = 1450 \text{ tr/min}$

$\eta = 75.7\%$

$NPSH_{\text{requis}} = 2.58 \text{ m}$

$P = 18.5 \text{ kw}$

Le point de fonctionnement : **P1** (44 l/s ; 25 m)

Le point de fonctionnement désiré : **P2** (44 l/s ; 25 m)

Le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré (44 l/s ; 25 m), donc cette pompe ne nécessite aucune modification.

Les courbes caractéristiques de la pompe (**R7-R2**) sont représentées dans la figure (..) suivante :

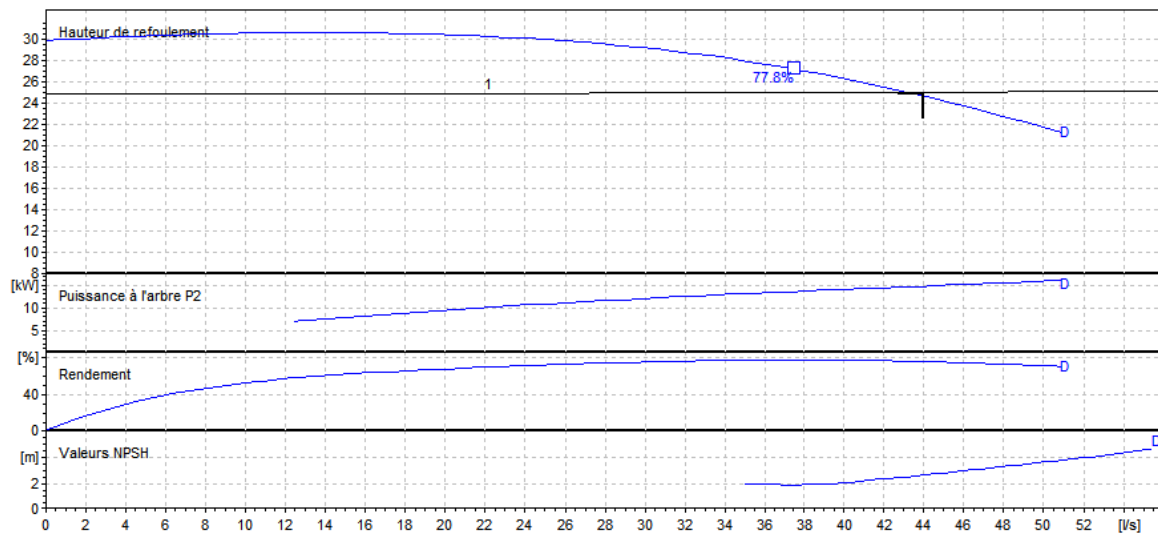


Figure (VI.16) : caractéristiques de la pompe et la conduite (R7-R2)

VI.9.11. La pompe installée sur R8-R3 :

➤ *Caractéristiques de la conduite :*

$Q = 36 \text{ L/s}$

$H_g = 17.3 \text{ m}$

$H_{mt} = 17.408 \text{ m}$

➤ *Caractéristiques de la pompe :*

D'après le logiciel **CAPARI** [12], on opte pour une pompe monobloc et les références sont présentées l'annexe (23).

Pompe : M E C - A 1 / 100 C

$N = 2850$ tr/min

$\eta = 71.5\%$

$NPSH_{requis} = 3.58$ m

$P = 11$ kW

Le point de fonctionnement : P (36 l/s ; 17.4 m)

Le point de fonctionnement désiré : P 36 l/s ; 17.4 m)

Le point de fonctionnement coïncide avec le point désiré P (36 l/s ; 17.4 m), donc cette pompe ne nécessite aucune modification.

Les courbes caractéristiques de la pompe (**R8-R3**) sont représentées dans la figure (VI.17) suivante :

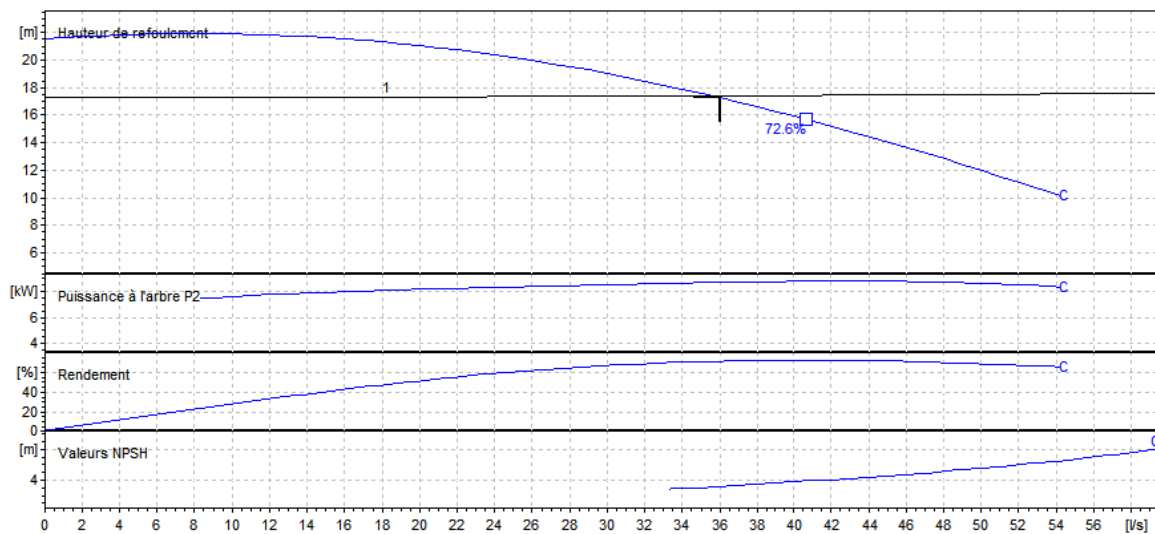


Figure (VI.17) : Caractéristiques de la pompe et la conduite (R8-R3)

VI.10. la cavitation

La cavitation est formation de cavités remplies de vapeur ou de gaz dans un liquide en mouvement, un phénomène complexe qui peut se produire dans une installation de pompage. Quand un liquide coule dans un tuyau d'aspiration et qu'il entre dans l'œil de l'impulseur, sa vitesse augmente, ce qui réduit la pression. Si cette pression descend en dessous de la tension de vapeur correspondant à la température du liquide, celui-ci va se vaporiser et le courant qui s'écoule sera constitué à la fois de liquide et de poches de vapeur. Constituant son mouvement dans l'impulseur, le liquide arrive à une zone de pression plus élevée et les cavités de vapeur disparaissent. C'est cette disparition de poches de vapeur qui provoque le bruit lié à la cavitation (figure (VI.18)) [13].



Figure (VI.18) : Phénomène de cavitation sur les aubes d'une pompe centrifuge

Les possibilités d'aspiration sont définies par le **NPSH** (net positive suction head).

- **NPSH requis** : chaque constructeur possède pour chaque type de pompe et pour une vitesse de rotation déterminée, une courbe donnant la valeur du **NPSH** requis en fonction du débit de la pompe considérée.
- **NPSH disponible** : permet de quantifier la hauteur manométrique d'aspiration à l'entrée de la pompe pour éviter la vaporisation (figure (VI.19)).elle est égale à :

$$\text{NPSH}_{\text{dispo}} = \frac{P_{\text{atm}} - P_v}{\rho g} \pm H_a - \Delta H$$

Pour éviter la cavitation on doit avoir :

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} > \text{NPSH}_{\text{requis}}$$

Ou :

- P_{atm} : pression atmosphérique en N/m^2

Soit : $P_{atm} = 10.33 - 0.0012 (x)$

x : cote du point considère.

- P_v : valeur de tension de vapeur d'eau en N/m^2
- H_a : hauteur d'aspiration, différence entrée plan d'eau et l'axe de la roue de la pompe en (m).
 - H_a est positif lorsque le plan d'eau est au-dessus de centre de la bride d'aspiration de la pompe (figure (VI.19)).
 - H_a est négatif lorsqu'il est en dessous de centre de la bride d'aspiration de la pompe (figure (VI.19)).
- ΔH : les pertes de charge

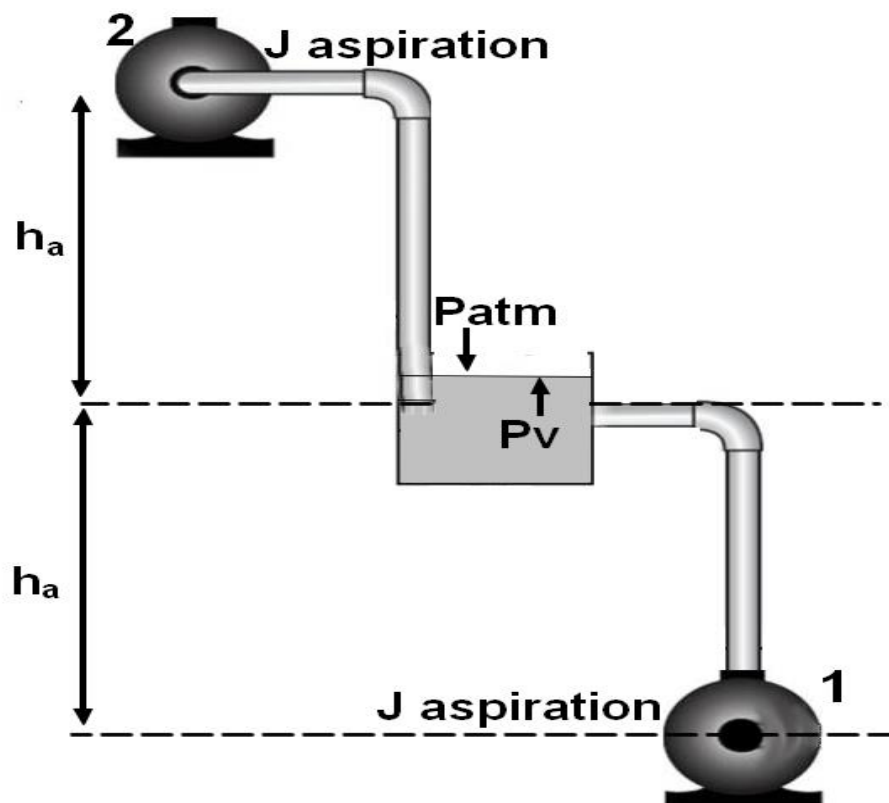


Figure (VI.19) : Disposition d'une aspirante

VI.11. Conséquences de la cavitation

La cavitation peut avoir plusieurs conséquences néfastes pour le bon fonctionnement des groupes de pompage, parmi elles on cite [14]:

- **Bruit de cavitation** : la première manifestation d'une pompe est le bruit, qui révèle la présence de microbulles dans l'écoulement. ce bruit hydraulique généré par la cavitation excite ensuite les parois de la pompe et des tuyauteries, à leur tour, rayonnent ce bruit dans le milieu aérien ambiant. De cette façon, lorsqu'une pompe cavite de manière importante, on enregistre un bruit caractéristique de crépitement et claquement quelquefois assimilé au bruit d'agrégats dans une bétonnière ou de concasseur.
- **Pertes de performances** : pour des poches de vapeur encore plus développées, les pompes subissent des chutes de leurs performances (hauteur totale d'élévation, rendement et puissance), ce phénomène est souvent décrit comme la chute de caractéristiques ou improprement comme le $(NPSH)_{requis}$ de la pompe.
- **Vibration** : lorsque les poches de vapeur à l'entrée de la pompe atteignent une dimension importante vis-à-vis de la taille de la pompe, du niveau de pression ou du $(NPSH)$ disponible à l'entrée de la roue, une augmentation du niveau vibratoire due à la cavitation peut se rencontrer.

VI.12. Vérification de la cavitation des pompes choisies

Par mesure de sécurité, les pompes immergées seront placées à 1 m au-dessous du niveau dynamique des forages, aussi pour les autres pompes des stations de reprise travaillent en charge et par conséquent il n'y a pas de cavitation.

VI.13. Equipements de la station de pompage

Les équipements hydrauliques d'une station de pompage comprennent :

- ✓ Les équipements d'aspiration.
- ✓ Les équipements de refoulement.

VI.13.1. Les équipements d'aspiration

- **Crépine** :

La crépine est placée à l'extrémité de la conduite d'aspiration, son rôle est d'éviter l'entrée des corps solides dans cette dernière.

- **Clapet anti retour :**

Le clapet anti retour est un dispositif placée sur la canalisation d'aspiration permettant de contrôler le sens de circulation d'eau, il permet le passage de l'eau dans un sens et empêche le retour de l'eau au sens inverse, il est ménagé dans les station de pompage ou les pompes travaillent en dépression.

- **Vanne**

La vanne est utilisée comme organe de réglage dans différents boucles de régulation. Son rôle est d'isoler la pompe en cas de besoin, cette vanne doit être placée dans les stations de pompage ou les pompes travaillent en charge.

IV.13.2. Les équipements de refoulement

- **Joint de raccordement**

Son rôle est de raccorder la conduite de refoulement à la pompe.

- **Clapet de refoulement**

En cas de l'arrêt de la pompe, le clapet de refoulement empêche l'inversion du débit.

- **Vanne de refoulement**

Son rôle est d'isoler la pompe lors des entretiens ou des démontages, elle est placée après la pompe.

❖ **Conclusion**

L'étude de la partie pompage nous a permis de choisir le type de pompes qui conviennent à nos tronçons. Nous avons utilisé le logiciel **CAPRARI**, afin de déterminer le type de pompes qui garantira le refoulement de l'eau, dans la station de pompage. Des modifications sont apportées sur les pompes afin d'assurer un fonctionnement dans les conditions de travail désirée.

VII.1. Introduction

la conduite a pour but de transporter un débit désiré en résistant à des contraintes éventuelles comme la surpression et la dépression ainsi que l'agressivité du sol et la flexion longitudinale due à son propre poids, au poids du sol et celui du terrain.

L'un des problèmes majeurs des conduites et la variation des pressions due au changement des régimes, pour cela il est toujours d'examinées le point de vue de protection contre ces variations.

VII.2. Protection des conduites contre le coup de bélier

VII.2.1. Description du phénomène

Le coup de bélier est un phénomène de choc apparaissant au moment d'une brusque variation de vitesse et de pression, se traduit par des oscillations de pression, surpression et dépression alternatives. Provoquées par la modification rapide du régime d'écoulement dans une conduite [13], ces oscillations parcourent la canalisation, d'une extrémité à l'autre, en un mouvement aller-retour périodique.

Les causes les plus fréquentes sont :

- L'arrêt brutal, par disjonction inopinée, d'un groupe motopompe alimentant une canalisation de refoulement.
- La fermeture instantanée d'une vanne

Dans de nombreux cas, de tels arrêts peuvent provoquer la rupture de la canalisation ou un ensemble de perturbations et de désordres importants dans la conduite et sur l'installation de pompage, dont il devient difficile de comprendre et d'appréhender toutes les conséquences.

La figure (VII.1) représente le schéma de divers moments du phénomène en tente d'en donner une explication vulgarisée afin de permettre de mieux comprendre le phénomène en question.

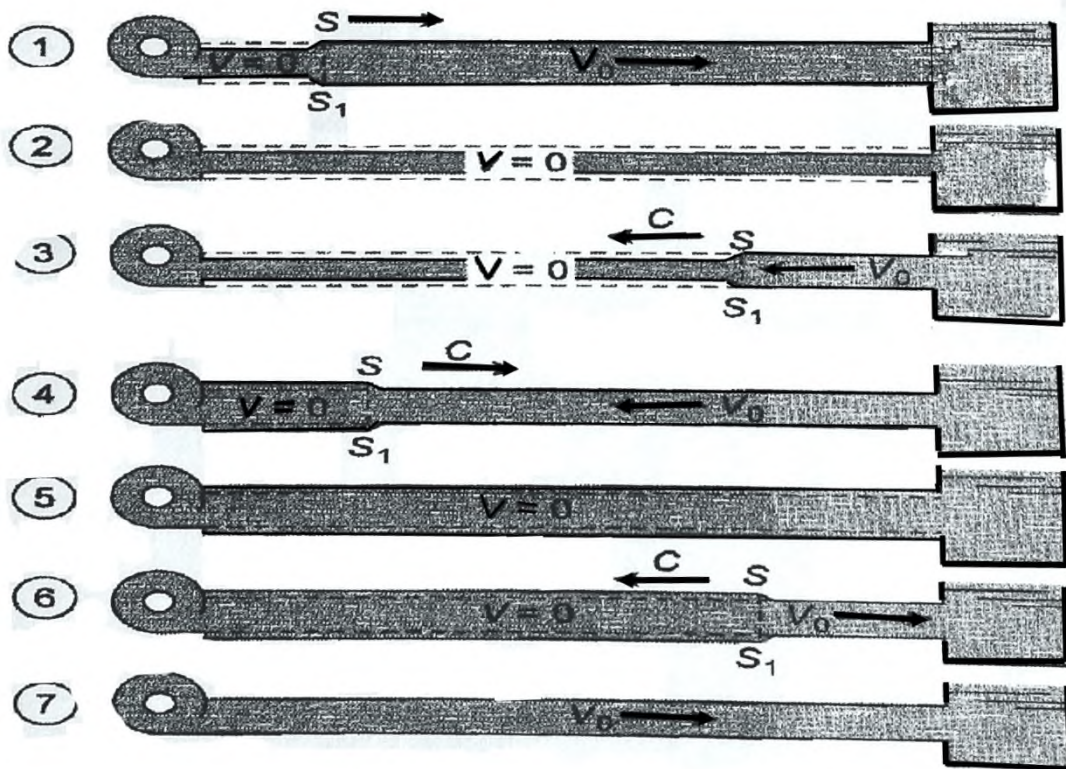


Figure (VII.1) : divers moments du phénomène de coup de bélier

On constate que :

1. A l'arrêt des pompes, la colonne d'eau tend à se décoller du point d'origine ; cela entraîne une dépression qui se propage du départ jusqu'à l'extrémité de la conduite à la vitesse 'a', appelée vitesse de propagation de l'onde ou célérité, en laissant derrière elle une partie du tuyau qui se resserre et une partie du liquide se détend du fait de l'abaissement de la pression.
2. Au moment où l'onde arrive à l'extrémité, la dépression gêne dans toute les conduite ; mais un tel état n'est pas un état d'équilibre.
3. Sous l'action de la dépression, les particules d'eau se précipitent vers l'origine et la section S-S1 revient à la vitesse "a" en ayant devant elle une région de dépression.
4. Dans ce cas, la vitesse des particules liquide qui viennent buter est annihilée et leur énergie cinétique se transforme en travail de déformation du tuyau et des organes en extrémité.
5. Les parois du tuyau d'allongent et l'eau se comprime sous l'effet de la pression. Sur ces particules de liquides viennent buter d'autres particules voisines qui perdent leur vitesse. Il en résulte que la section S-S1 se meut à la vitesse "a" et comprime toute la conduite.
6. Maintenant, la section S-S1 revient vers l'origine à la vitesse "a" en laissant derrière elle une pression sensiblement égale à la pression d'origine.
7. De nouveau, la veine liquide tend à se décoller à l'origine et le cycle tout entier de coup de bélier se reproduit.

VII.2.2. Valeur numérique de coup de bélier

La vitesse de propagation de ces onde ou (ou célérité ‘a’) est calculée par la formule d’ALLIEVI comme suit [13] :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}} \quad (\text{VII.1})$$

Avec :

- ✓ **a** : Célérité de l’onde (m/s).
- ✓ **D** : Diamètre intérieur de la conduite.
- ✓ **e** : Epaisseur (dans la même unité en mètre).
- ✓ **K** : Coefficient dépendant du matériau constituant la canalisation, pour notre cas (k (PEHD)=83)

VII.2.2.1. Cas d’une fermeture brusque d’une vanne

Dans ce cas la valeur de coup de bélier devient plus importante ($T < \frac{2L}{a}$) et donc égale à :

$$b = \frac{a \cdot V_0}{g} \quad (\text{VII.2})$$

VII.2.2.2. Cas d’une fermeture lente d’une vanne

Elle est caractérisé par un temps de fermeture supérieur à un aller-retour de l’onde c’est-à-dire ($T > \frac{2L}{a}$). Dans ce cas, le coup de bélier est :

$$b = \frac{2 \cdot V_0 \cdot L}{g \cdot T} \quad (\text{VII.3})$$

Ou :

- ✓ **b** : valeur de coup de bélier en (m).
- ✓ **V₀** : vitesse de l’eau en régime permanent en (m/s).
- ✓ **L** : longueur de la conduite en (m).
- ✓ **T** ; temps de fermeture de la vanne en (s).

Nous constatons que le coup de bélier est :

- Proportionnel à la vitesse de l’eau dans la conduite.
- Proportionnel à la longueur de la conduite.
- Indépendant de la pression statique.

Le coup de bélier est moins important dans le cas de la fermeture lente. C’est pour cette raison que nos calculs seront fait pour le cas de fermeture brusque ou la valeur maximale du coup de bélier est atteinte.

La valeur de la surpression maximale en (m.c.e) dans la conduite est donnée comme suit :

$$H_s = Z_0 + b \quad (\text{VII.4})$$

$$Z_0 = H_0 + 10 \quad (\text{VII.5})$$

Et la valeur de dépression maximale :

$$H_d = Z_0 - b \quad (\text{VII.6})$$

VII.2.3. Protection contre le coup de bélier

Les coups de béliers peuvent entraîner des ruptures de canalisation, en cas de surpression ou phénomène de cavitation, en cas de dépression au niveau du point haut de la conduite. Les principaux dispositifs de protection utilisés sont [13]:

VII.2.3.1. Les volants d'inerties

Ces volants figure ((VII.2)) à forte masse permettent d'augmenter l'inertie des pompes et de prolonger la durée de la période d'arrêt en cas de coupure d'alimentation des moteurs ; Cela traduit la dépression.

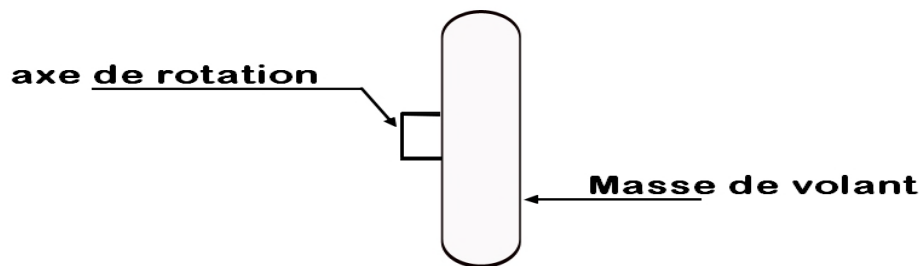


Figure (VII.2) : volant d'inertie

VII.2.3.2. Les cheminées d'équilibre

Il s'agit d'un réservoir ouvert à l'air, en cas de coup de bélier ce réservoir va alimenter la conduite en eau lors de la dépression et récupérer l'eau à partir de la conduite lors de la surpression (figure (VII.3)). Les cheminées ne nécessitent que peu d'entretien mais sont en général assez volumineuses.

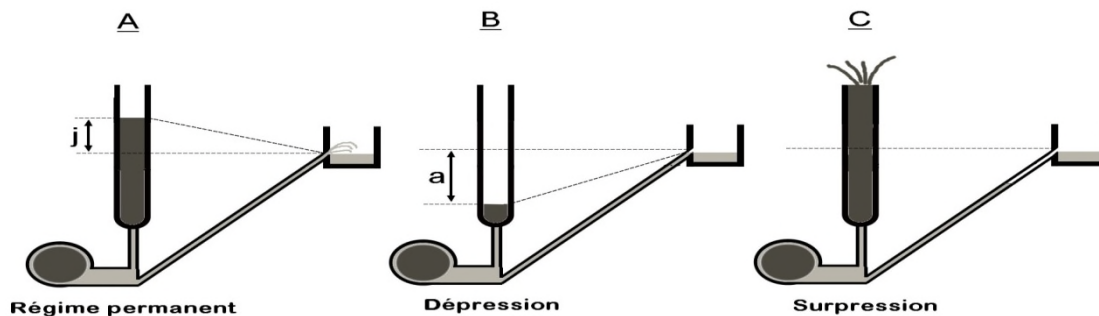


Figure (VII.3) : fonctionnement des cheminées d'équilibre

VII.2.3.3. Les réservoirs d'air

Il fonctionne selon le même principe qu'une cheminée d'équilibre mais sont fermés et retiennent un volume d'air qui va se détendre et se comprimer au cours du phénomène (figure (VII.4)). La dissipation d'énergie de l'eau peut être obtenue par le passage de celle-ci à travers d'un organe d'étranglement déposé à la base de la cloche. Cet étranglement peut être un diaphragme, une tuyère ou un clapet à battant percé (figure (VII.5)).

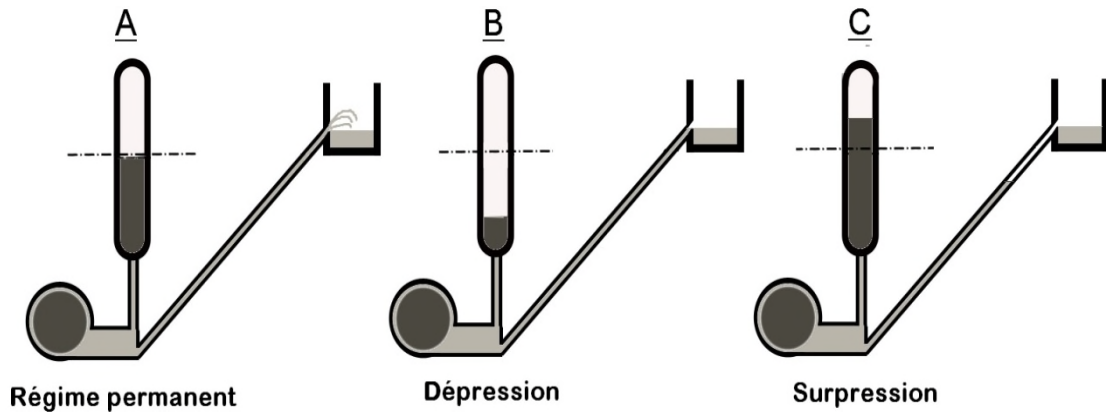


Figure (VII.4) : fonctionnement des réservoirs d'air

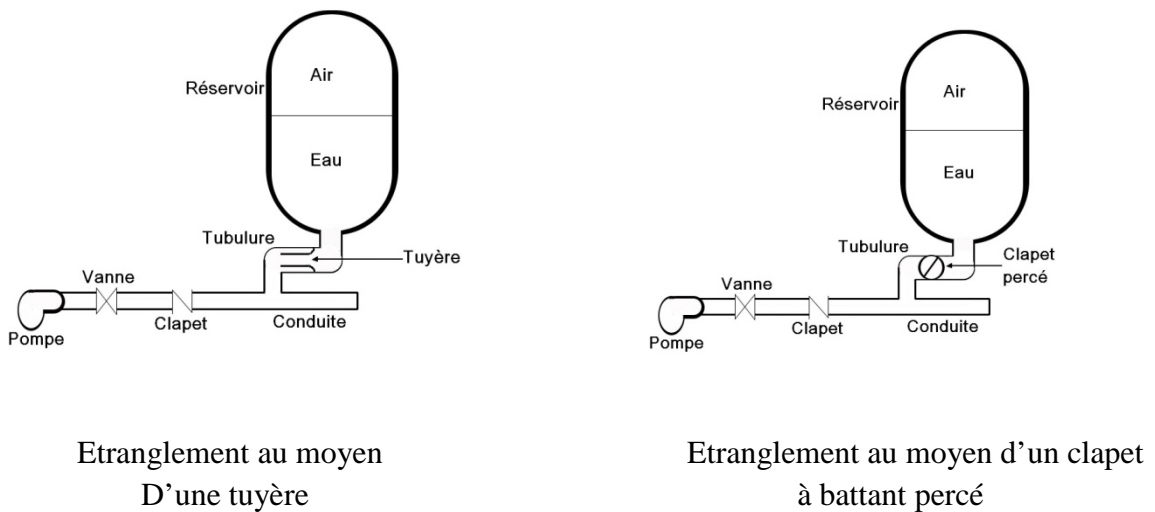


Figure (VII.5) : moyens d'étranglements

VII.2.3.4. Soupapes de décharge

Le rôle d'une soupape (figure (VII.6)) consiste à déverser un certain débit à l'extérieur de la conduite à protéger dès que la pression atteint une certaine valeur de réglage estimée généralement en environ 1.04 à 1.01 de la pression maximal admissible. L'ouverture doit pouvoir s'effectuer très rapidement pour que l'opération soit efficace.

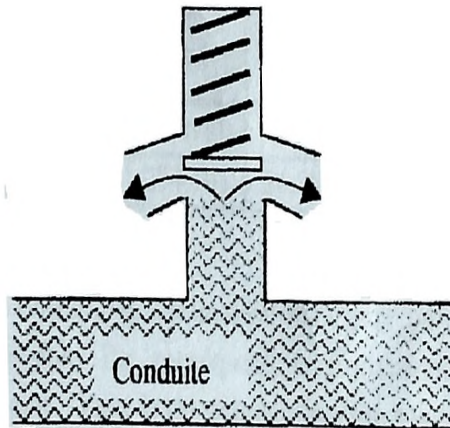


Figure (VII.6) : la soupape de décharge

VII.2.3.5. les ventouses

Ils ont pour rôle principale l'évacuation de l'air contenu dans les conduites et permettent en outre l'admission de l'air dans ces conduites lorsqu'on procède à leur vidange ou dans le cas général, lorsqu'il y a apparition de la cavitation en un point haut (d'où leur installation en des points hauts). Une ventouse est constituée en principe d'un flotteur sphérique en caoutchouc logé dans un corps d'une fonte.

VII.2.4. Calcul des coups de bélier

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

VII.2.4.1. Calcul des valeurs des coups de bélier

Les valeurs numériques du coup de bélier pour notre adduction sont représentées dans le Tableau (VII.1) suivant :

Tableau (VII.1) : tableau récapitulatif des dépressions et surpressions de différents Tronçons :

Tronçon	Dint (mm)	e (mm)	V(m/s)	L (m)	Z0=Hg+10	Célérité a (m/s)	Valeur de coup de bélier	Dépression	Surpression	PN
F1-R1	0.111	0.014	1.22	650	153	372.493443	46.3243629	106.6756	199.324363	200

F2-R1	0.111	0.014	1.05	1075	168.95	372.493443	39.8693288	129.0806	208.819329	200
R5-R1	0.2798	0.0352	0.603	50	32.25	372.050154	22.8691379	9.380862	55.1191379	200
R5-R7	0.1776	0.0224	1.4	1687	22.8	372.493443	53.159105	-30.359	75.959105	200
F3-R2	0.1421	0.0179	0.84	5440	127.4	372.275315	31.8767854	95.52321	159.276785	200
F1-SR	0.111	0.014	1.22	830	135.5	372.493443	46.3243629	89.17563	181.824363	200
R5-SR	0.1421	0.0179	1.045	280	14.8	372.275315	39.656239	- 24.85623	54.456239	200
SR-R8	0.1776	0.0224	1.14	870	19.98	372.493443	43.2866998	23.30669	63.2666998	200
R5-R6	0.2798	0.0352	1.41	3220	31.3	372.050154	53.4750986	22.17509	84.7750986	200
R6-R4	0.3553	0.0447	0.875	50	48.8	372.057084	33.1855197	15.61448	81.9855197	200
R7-R2	0.2221	0.0279	0.896	50	34.85	371.795068	33.9580409	0.891959	68.8080409	200
R8-R3	0.2221	0.0279	0.733	50	27.3	371.795068	27.7804062	0.48040	55.0804062	200
F4-R4	0.111	0.014	1.08	7000	117.4	372.493443	41.0084524	76.3915	158.408452	200

Remarque :

D'après les résultats obtenus sur le tableau on remarque que dans notre adduction il n'existe pas des surpressions qui dépassent la majoration des conduites qui est de 10 à 30%, on obtient une résistance de (22 bar) avec une majoration de 10%, on prend comme exemple le tronçon (F2-R1) sa valeur de surpression égale à (20.8 bars), par conséquent il n'ya pas de risque de destruction de la conduite par le coup de bélier, par contre il existe des dépressions au niveau des tronçons (R5-R7), (R5-SR), (SR-R8), (R5-R6), pour cela on optera pour la protection au moyen des réservoirs d'air.

VII.2.5. Dimensionnement des réservoirs d'air

Dans notre étude on opte pour un réservoir d'air pour les avantages qu'il présente en termes d'économie et d'efficacité.

VII.2.5.1. Principe de calcul

Le calcul consiste à déterminer la surpression et dépression maximales par approximation à l'aide de la méthode graphique de Louis BERGERON, en fixant au préalable le volume d'air initial U_0 (en fonctionnement normal) et de son dispositif d'étranglement. La méthode nécessite quelques tâtonnements mais assure une bonne précision.

VII.2.5.2. Calcul des pertes de charge dans la tuyère

VII.2.5.2.1. Cas de la montée de l'eau

A la montée de l'eau, la tuyère a un coefficient de débit de l'ordre de 0.92, le diamètre de la tuyère est pris aussi de la manière à avoir le rapport de vitesse K compris entre 15 et 20.

$$\frac{V_1}{V_f} = \frac{\phi^2}{d'^2} = K \tag{VII.7}$$

Avec :

- ϕ : Diamètre de la conduite en (m).
- d' : diamètre de la veine liquide contracté dans la tuyère en (m).

$$d' = 0.92 * d \tag{VII.8}$$

- V_1 : vitesse de l'eau dans la tuyère (m/s).
- V_f : vitesse de l'eau dans la conduite de refoulement (m).
- d : diamètre de la tuyère (m).

Le diamètre de la tubulure sera :

$$D_t = \frac{\phi}{2} \tag{VII.9}$$

Le diamètre de la tuyère sera, pour **K** pris entre 15 et 20 :

$$15 < \frac{\phi^2}{d^2} < 20 \quad (\text{VII.10})$$

L'expression de la perte de charge ΔH_1 à la monté de l'eau est donnée par la relation suivante :

$$\Delta H_1 = C \frac{v^2_1}{2g} \quad (\text{VII.10})$$

La perte de charge ΔH_1 s'évalue en fonction du rapport **m** des sections et de la veine liquide contractée (d') et de la tubulure (D_t), qui détermine à partir de l'abaque donné en annexe(24) le coefficient **C**, tel que :

$$m = \frac{d'^2}{D_t^2} \quad (\text{VII.11})$$

VII.2.5.2.2. Cas de descente

Lors de la descente de l'eau, la tuyère joue le rôle d'un ajutage rentrant de type BORDA, avec un coefficient de contraction de 0.5.

Le rapport des vitesses sera donné par le rapport inverse des sections :

$$\frac{v_2}{v_f} = 2 \cdot \frac{\phi^2}{d^2} = K' \quad (\text{VII.12})$$

Avec :

- **V₂** : la vitesse de l'eau dans la tuyère en (m/s).
- **V_f** : la vitesse de l'eau dans la conduite (m/s).
- **φ** : Diamètre de la conduite (m).
- **D** : diamètre de la tuyère (m).

Dans la tuyère, le coefficient **K** et **K'** sont liés, **K'** est environ égale 1.7 **K**, d'où :

L'expression de la perte de charge dans ce cas sera donnée par la relation :

$$\Delta H_2 = C' \frac{v^2_2}{2g} \quad (\text{VII.13})$$

Avec :

- **V₂** : vitesse de l'eau dans la tuyère (m/s)
- **C'** : coefficient de perte de charge.

Le coefficient de perte de charge C se détermine à partir de l'abaque donné en annexe(24). Il s'écrit en fonction du rapport m' tel que :

$$m' = \frac{1}{2} \times \left(\frac{d}{Dt}\right)^2 \quad (\text{VII.14})$$

Avec :

- D_t : diamètre de la tubulure (m).

VII.2.5.3. Calcul des pressions dans le réservoir d'air

La pression absolue

$$Z_0 = Hg + 10 \quad (\text{VII.15})$$

La pression dans le réservoir d'air est donnée par la relation de POISSON [4]

$$Z = \frac{(Z_0 + \delta) \cdot U_0^{1.4}}{U^{1.4}} \quad (\text{VII.16})$$

Ou :

- δ : Perte de charge dans la conduite en régime normal (m).
- U_0 : volume d'air initial de la cloche (m^3).
- U : volume d'air dans la cloche à l'intervalle θ .

VII.2.5.4. Variation du volume d'air

Elle est donnée par :

$$\Delta U = S \cdot \theta \cdot V_m \quad (\text{VII.17})$$

Avec :

- ΔU : variation du volume d'air (m^3).
- S : section de la conduite (m^2).
- θ : Le temps d'un aller-retour de l'onde (s).

$$\theta = \frac{2L}{a}$$

D'où :

$$\Delta U = 0.541 \times V_m$$

Ou :

V_m : vitesse moyenne dans un intervalle donné (m/s).

$$V_m = \frac{V_0 + V_f}{2} \tag{VII.18}$$

VII.2.6. Résultats de calcul du réservoir d'air

VII.2.6.1. Tronçon R5-R7 :

On a :

- ✓ $\phi = 200 \text{ mm}$
- ✓ $Q = 0.044 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ $H_g = 12.8 \text{ m}$
- ✓ $L = 1687.012 \text{ m}$
- ✓ $K = 83$
- ✓ $e = 0.0224 \text{ m}$

Les résultats du calcul du réservoir d'air sont donnés dans le tableau (VII.2) ci-dessous [15] :

Tableau (VII.2) : le développement de résultats de calcul du réservoir d'air de la conduite R5R7

Données de l'Adductic				Résultats				Données du Réservoir d'air			
Diametre	0.2	m	Vitesse	1.4012739	m/s	Volume U _a	1.5	m ³	K PDC entr	28.47	Vf ²
Débit	0.044	m ³ /s	Section	0.0314	m ²	K PDC sort	16.65	Vf ²	Exposant	1.2	
H géomet	12.8	m	Célérité a	352.3664	m/s	B	50.332501	m			
Long. Cond	1687.012	m	B	63.132501	m	Hmax	50.332501	m			
coef. K	83		Hmin	-37.532501	m	periode θ	9.5753283	s			
Epaisseur	0.0224	m	H ₀	22.8	m	PDC δ	15.765997	m			
C Haz Will	135.7		a/g	35.919103	s						
Résultats des variations du volume d'air				Pression de l'air				Résultats des pression			
U _{max}	2.430173	m ³	pres. air Z	62.735603	/U ^A	Surpressio	0.5447797	m			
U _{min}	1.5	m ³			Dépressio	8.1711248	m				

temps	ΔU	U	Z	$\Delta h_1 ; \Delta h_2$	Z- $\Delta h ; Z+\Delta h$	δ	Z -> $\Delta h - \delta$	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	1.5	38.565997	0	38.565997	15.765997	22.8	1.4012739	0	0	
9.5753283	0.3546108	1.8546108	29.895838	15.266963	14.628875	7.7890801	6.8397951	0.9569364	1.1794205	0.9575671	-0.0006307
19.150657	0.2126078	2.0672187	26.24523	3.4725003	22.772729	1.9768148	20.795915	0.4568044	0.7071246	0.4566821	0.0001223
28.725985	0.1221422	2.1893609	24.498148	2.1077526	22.390396	1.245054	21.145342	0.3549438	0.4062397	0.3557973	-0.0008535
38.301313	0.0938399	2.2832007	23.294917	1.199599	22.095318	0.738786	21.356532	0.2686909	0.3121074	0.2684176	0.0002733
47.876642	0.069222	2.3524227	22.47479	0.6140489	21.860741	0.397381	21.46336	0.1912917	0.2302294	0.1920412	-0.0007494
57.45197	0.0467691	2.3991918	21.950081	0.2360288	21.714052	0.1639445	21.550107	0.1192818	0.1555519	0.1190626	0.0002192
67.027298	0.0255984	2.4247902	21.672304	0.0436741	21.62863	0.0343699	21.59426	0.0509161	0.0851393	0.0512159	-0.0002998
76.602627	0.0053828	2.430173	21.614712	0.0067608	21.621473	0.0037169	21.62519	-0.0153592	0.0179029	-0.0154101	5.088E-05
86.177955	-0.0131261	2.4170469	21.755646	0.1471925	21.902838	0.0644259	21.967264	-0.07125	-0.0436567	-0.0719034	0.0006534
95.753283	-0.0264036	2.3906433	22.044302	0.3063429	22.350644	0.1270066	22.477651	-0.1034079	-0.0878174	-0.1037314	0.0003235
105.32861	-0.032107	2.3585363	22.4049	0.3434954	22.748395	0.1412085	22.889603	-0.1098876	-0.1067865	-0.1098416	-4.606E-05
114.90394	-0.0311483	2.327388	22.765204	0.269836	23.03504	0.1129267	23.147966	-0.0977055	-0.1035981	-0.0973545	-0.000351
124.47927	-0.0257755	2.3016125	23.071479	0.1563304	23.227809	0.0681212	23.29593	-0.0742112	-0.0857281	-0.0741017	-0.0001095
134.0546	-0.0178506	2.2837619	23.288049	0.056731	23.34478	0.0266462	23.371426	-0.0444956	-0.0593704	-0.0446392	0.0001436

L'explication graphique est figurée sur la courbe de la (figure(VII.7)), qui montre d'une façon claire la dissipation progressive du front d'onde tout en protégeant la conduite.

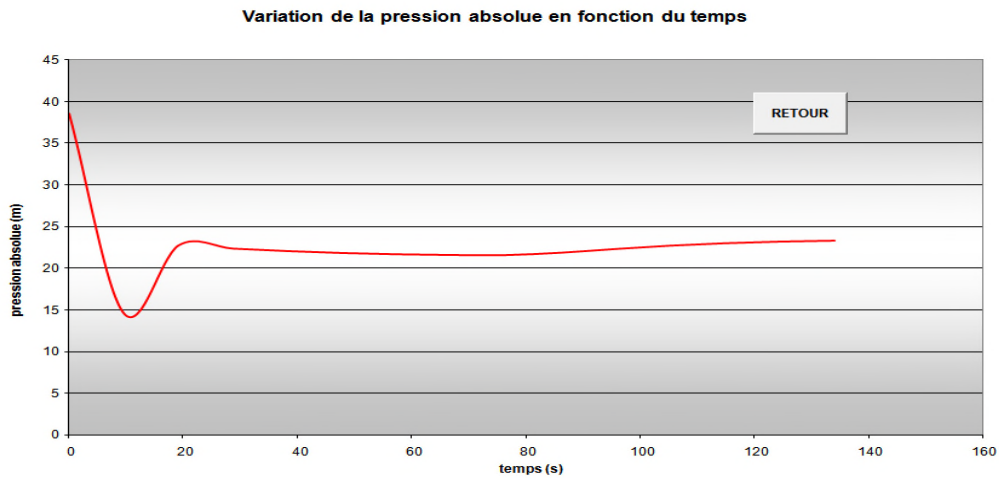


Figure (VII.7) : variation de la pression absolue en fonction du temps

Sur le diagramme $H=f(v)$, on mène une horizontale $H_0=22.8\text{m}$ correspondant au régime normal et sur laquelle on fixe la vitesse initiale (figure(VII.8))

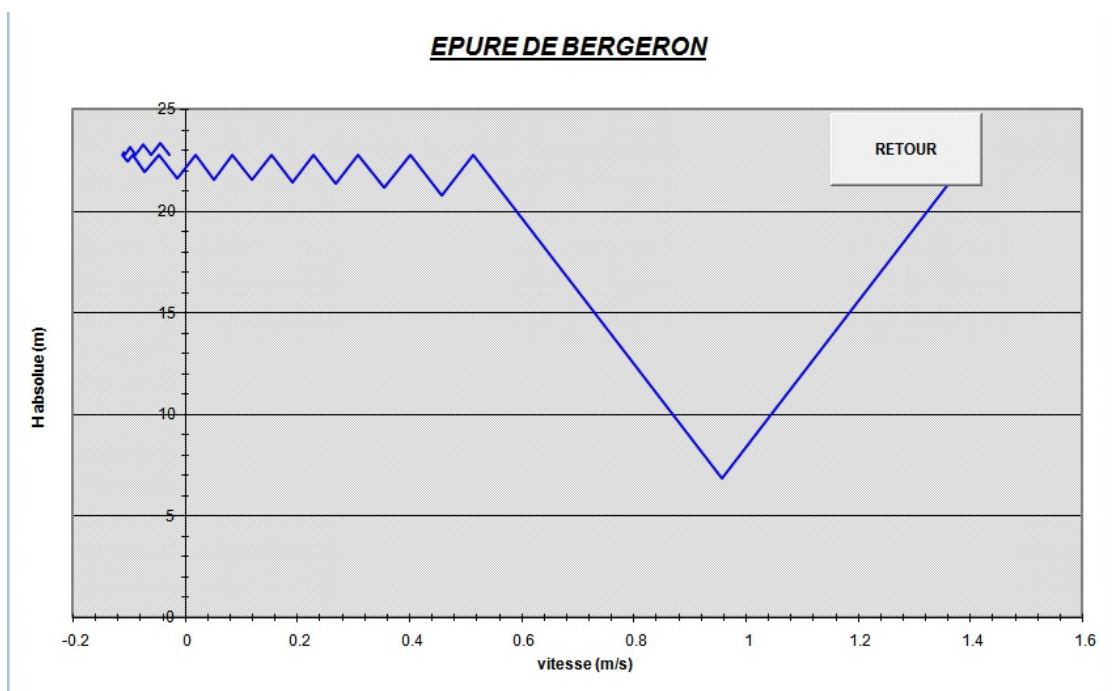


Figure (VII.8) : épure de BERGERON pour le tronçon R5-R7

Il ressort du calcul que le volume d'air est de ($U_{\text{max}}= 2.43 \text{ m}^3$) qui sera majoré d'environ 20% pour assurer une sécurité vis-à-vis de la vidange, ainsi le volume du réservoir d'air sera de 2.916 m^3 .

VII.2.6.2. Tronçon R5-SR :

On a :

- ✓ $\phi = 160$ mm
- ✓ $Q = 0.021$ m³/s
- ✓ $H_g = 4.8$ m
- ✓ $L = 280$ m
- ✓ $K = 83$
- ✓ $e = 0.0179$ m

Les résultats du calcul du réservoir d'air sont donnés dans le tableau (VII.3) ci-dessous [15] :

Tableau (VII.3) : le développement de résultats de calcul du réservoir d'air de la conduite R5-SR

Données de l'Adductif		Résultats		Données du Réservoir d'air	
Diametre	0.16 m	Vitesse	1.0449841 m/s	Volume U ₀	0.6 m ³
Débit	0.021 m ³ /s	Section	0.020096 m ²	K PDC entr	29.02 Vf ²
H géomet	4.8 m	Célérité a	352.18174 m/s	K PDC sort	16.83 Vf ²
Long. Cond	280 m	B	37.51522 m	Exposant	1.2
coef. K	83	Hmax	42.31522 m	Pression de l'air	
Epaisseur	0.0179 m	Hmin	-32.71522 m	pres. air Z	
C Haz Will	135	periode θ	1.5900881 s	rés. air Z	
Résultats des variations du volume d'air		Ho	14.8 m	Résultats des pression	
Umax	0.6876911 m ³	PDC δ	1.9904377 m	Supressioic	
Umin	0.6 m ³	a/g	35.900279 s	Dépressioic	
				-0.1877426 m	
				8.8430298 m	

temps	ΔU	U	Z	$\Delta h1 ; \Delta h2$	Z- $\Delta h ; Z+\Delta h$	δ	Z -> $\Delta h \rightarrow \delta$	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	0.6	16.790438	0	16.790438	1.9904377	14.8	1.0449841	0	0	
1.5900881	0.0289562	0.6289562	15.867154	9.9101842	5.9569702	1.1235057	4.8334646	0.7673669	0.9061717	0.7673594	7.485E-06
3.1801762	0.0188723	0.6478285	15.314099	2.8824208	12.431678	0.3580461	12.073632	0.4138068	0.5906017	0.413844	-3.712E-05
4.7702643	0.0113551	0.6591836	14.998086	1.4831716	13.514915	0.1935204	13.321394	0.2966776	0.3553527	0.2968613	-0.0001838
6.3603525	0.0083738	0.6675574	14.772607	0.8691439	13.903464	0.1179784	13.785485	0.2272319	0.2620556	0.2272499	-1.808E-05
7.9504406	0.0064587	0.6740162	14.602901	0.5272486	14.075652	0.074266	14.001386	0.1767273	0.2021234	0.1769969	-0.0002696
9.5405287	0.0050019	0.679018	14.473913	0.3115882	14.162325	0.045631	14.118694	0.1354485	0.1565313	0.1360656	-0.0006171
11.130617	0.0037632	0.6827813	14.378236	0.1665268	14.211709	0.0255445	14.186165	0.0993167	0.1177687	0.0994718	-0.0001551
12.720705	0.0026564	0.6854376	14.311395	0.0750743	14.236321	0.0122154	14.224106	0.0661769	0.0831303	0.0667888	-0.0006119
14.310793	0.0016224	0.68706	14.270853	0.0203269	14.250526	0.0036432	14.246883	0.0347283	0.0507709	0.0347531	-2.479E-05
15.900881	0.0006311	0.6876911	14.255139	0.000379	14.25476	9.121E-05	14.254669	0.0041311	0.0197493	0.0047455	-0.0006144
17.490969	-0.0003179	0.6873732	14.26305	0.0176199	14.28067	0.0019271	14.282597	-0.0254713	-0.0099476	-0.0246407	-0.0008306
19.081057	-0.0012181	0.6861551	14.293439	0.0772603	14.3707	0.0075744	14.378274	-0.0516307	-0.0381191	-0.0515976	-3.31E-05
20.671145	-0.0019772	0.684178	14.34302	0.1510706	14.494091	0.0140935	14.508184	-0.0715064	-0.0618742	-0.0721508	0.0006445
22.261234	-0.0024993	0.6816787	14.406147	0.2061108	14.612257	0.0187913	14.631049	-0.084341	-0.0782132	-0.0842755	-6.546E-05

L'explication graphique est figurée sur la courbe de la (figure(VII.9)), qui montre d'une façon claire la dissipation progressive du front d'onde tout en protégeant la conduite.

Variation de la pression absolue en fonction du temps

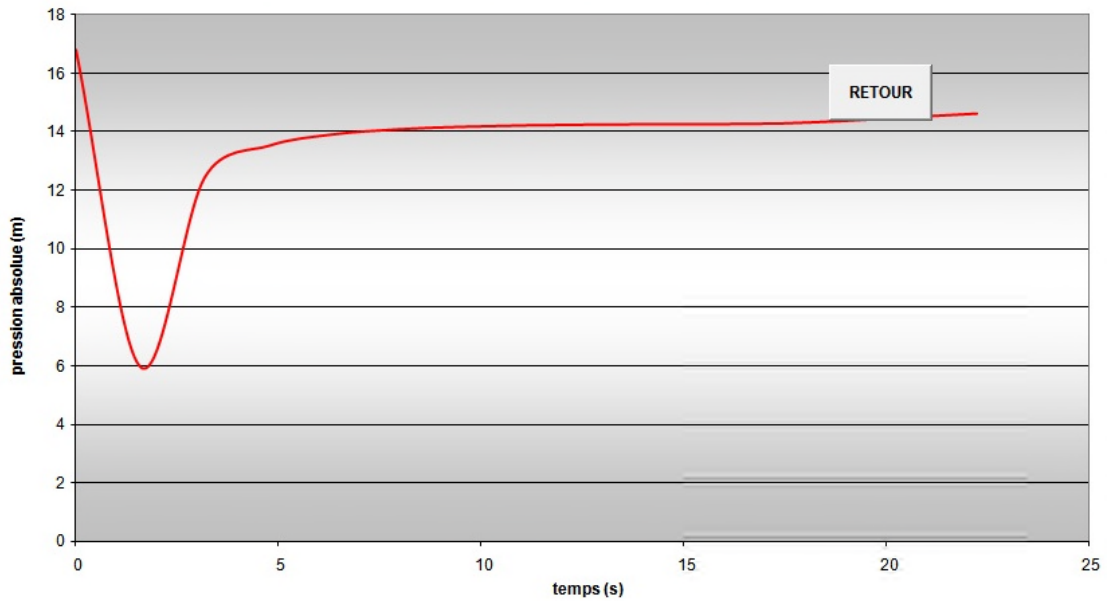


Figure (VII.9) : Variation de la pression absolue en fonction du temps

Sur le diagramme $H=f(v)$, on mène une horizontale $H_0=14.8m$ correspondant au régime normal et sur laquelle on fixe la vitesse initiale (figure(VII.10))

EPURE DE BERGERON

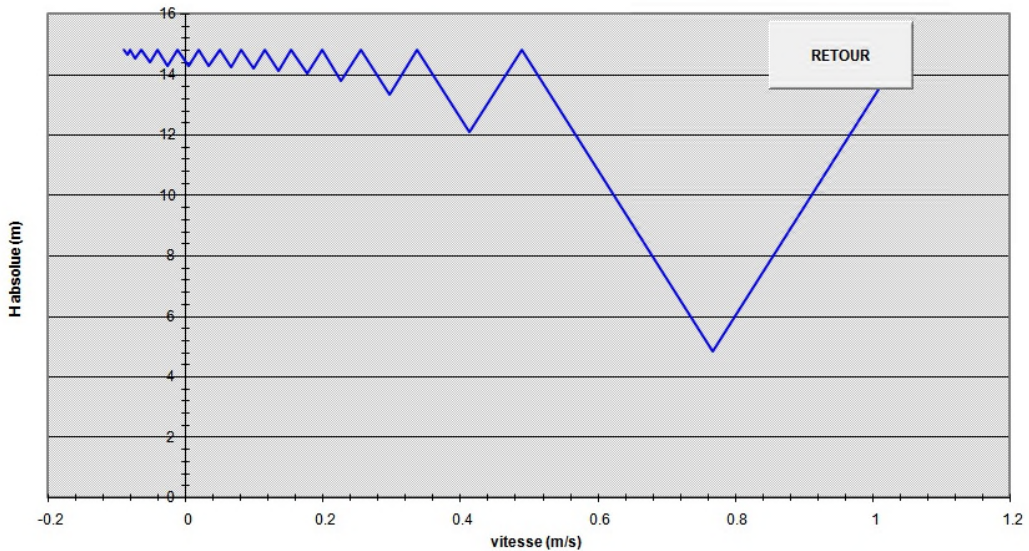


Figure (VII.10) : épure de BERGERON pour le tronçon R5-SR

Il ressort du calcul que le volume d'air est de $(U_{max}=0.687m^3)$ qui sera majoré d'environ 20% pour assurer une sécurité vis-à-vis de la vidange, ainsi le volume du réservoir d'air sera de $0.824 m^3$.

Variation de la pression absolue en fonction du temps

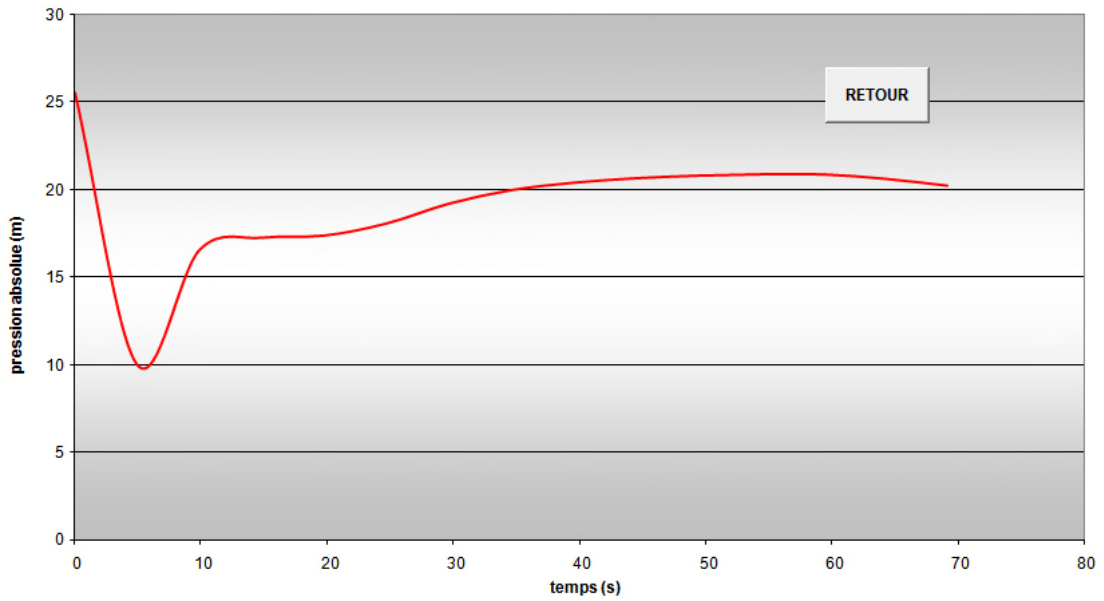


Figure (VII.11) : Variation de la pression absolue en fonction du temps

Sur le diagramme $H=f(v)$, on mène une horizontale $H_0=19.98m$ correspondant au régime normal et sur laquelle on fixe la vitesse initiale (figure(VII.12))

EPURE DE BERGERON

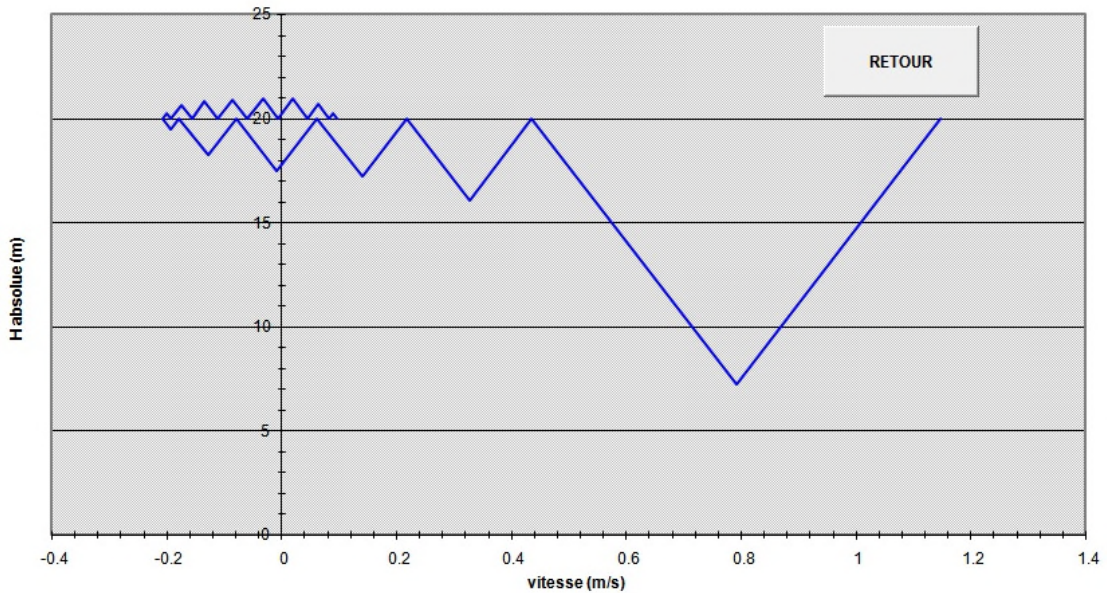


Figure (VII.12) : Epure de BERGERON pour le tronçon SR-R8

Il ressort du calcul que le volume d'air est de $(U_{max}=1.034m^3)$ qui sera majoré d'environ 20% pour assurer une sécurité vis-à-vis de la vidange, ainsi le volume du réservoir d'air sera de $1.24m^3$.

VII.2.6.4. Tronçon R5-R6 :

On a :

- ✓ $\phi = 315$ mm
- ✓ $Q = 0.110$ m³/s
- ✓ $H_g = 21.3$ m
- ✓ $L = 3220$ m
- ✓ $K = 83$
- ✓ $e = 0.0352$ m

Les résultats du calcul du réservoir d'air sont donnés dans le tableau(VII.5) ci-dessous [15]:

Tableau (VII.5) : le développement de résultats de calcul du réservoir d'air de la conduite R5-R6

Données de l'Adductif		Résultats		Données du Réservoir d'air	
Diametre	0.315 m	Vitesse	1.4122186 m/s	Volume U _i	4 m ³
Débit	0.11 m ³ /s	Section	0.0778916 m ²	K PDC entr	28.8 Vf ²
H géomet	21.3 m	Célérité a	351.99109 m/s	K PDC sort	17.17 Vf ²
Long. Cond	3220 m	B	50.671596 m	Exposant	1.2
coef. K	83	Hmax	71.971596 m		
Epaisseur	0.0352 m	Hmin	-29.371596 m	Pression de l'air	
C Haz Will	136.65	periode θ	18.295918 s	pres. air Z	258.86118 /U ⁴
		H ₀	31.3 m	Résultats des pression	
		PDC δ	17.745023 m	Surpression	1.7930977 m
		a/g	35.880845 s	Dépression	11.928064 m
Résultats des variations du volume d'air					
U _{max}	6.5282848 m ³				
U _{min}	4 m ³				

temps	ΔU	U	Z	$\Delta h1 ; \Delta h2$	Z- $\Delta h ; Z+\Delta h$	δ	Z $\rightarrow \Delta h + \delta$	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	4	49.045023	0	49.045023	17.745023	31.3	1.4122186	0	0	
18.295918	1.6303042	5.6303042	32.540836	13.1689	19.371936	7.3242597	12.047676	0.8756559	1.1439938	0.8757691	-0.0001132
36.591836	0.7729355	6.4032397	27.886064	0.7498416	27.136222	0.5155641	26.620658	0.2086798	0.5423733	0.2089775	-0.0002978
54.887753	0.1250451	6.5282848	27.246331	0.0322974	27.278628	0.01736	27.295988	-0.0333255	0.0877448	-0.0334878	0.0001623
73.183671	-0.161149	6.3671358	28.07592	1.0691112	29.145031	0.4435432	29.588574	-0.1926149	-0.1130792	-0.1926705	5.56E-05
91.479589	-0.2984803	6.0686555	29.741026	1.4738563	31.214882	0.5971043	31.811987	-0.2260433	-0.2094453	-0.2262202	0.0001769
109.77551	-0.2840003	5.7846552	31.501698	0.8554817	32.357179	0.3608177	32.717997	-0.1722546	-0.1992847	-0.1723491	9.456E-05
128.07142	-0.1832685	5.6013867	32.742532	0.2073559	32.949888	0.0971271	33.047015	-0.0840456	-0.1286006	-0.084852	0.0008064
146.36734	-0.0500081	5.5513786	33.096793	0.0036952	33.093098	0.0037644	33.089333	0.0145125	-0.035091	0.0146701	-0.0001576
164.66326	0.0764654	5.627844	32.557906	0.1473633	32.410543	0.1142851	32.296258	0.092147	0.0536562	0.0926424	-0.0004954
182.95918	0.1485389	5.776383	31.555841	0.2303187	31.325522	0.1728135	31.152709	0.1158077	0.1042306	0.1158189	-1.119E-05
201.2551	0.144378	5.920761	30.634719	0.1293714	30.505347	0.1013032	30.404044	0.0867324	0.1013109	0.0868028	-7.046E-05
219.55101	0.0823685	6.0031294	30.131009	0.0142356	30.116774	0.0131246	30.103649	0.0284197	0.0577984	0.028794	-0.0003743
237.84693	-0.0050685	5.998061	30.161566	0.0371326	30.198698	0.019754	30.218452	-0.0350653	-0.0035566	-0.0359072	0.0008419
256.14285	-0.0800153	5.9180456	30.651587	0.1680484	30.819635	0.079949	30.899584	-0.0763677	-0.0561472	-0.0763873	1.955E-05

L'explication graphique est figurée sur la courbe de la (figure (VII.13)), qui montre d'une façon claire la dissipation progressive du front d'onde tout en protégeant la conduite.

Variation de la pression absolue en fonction du temps

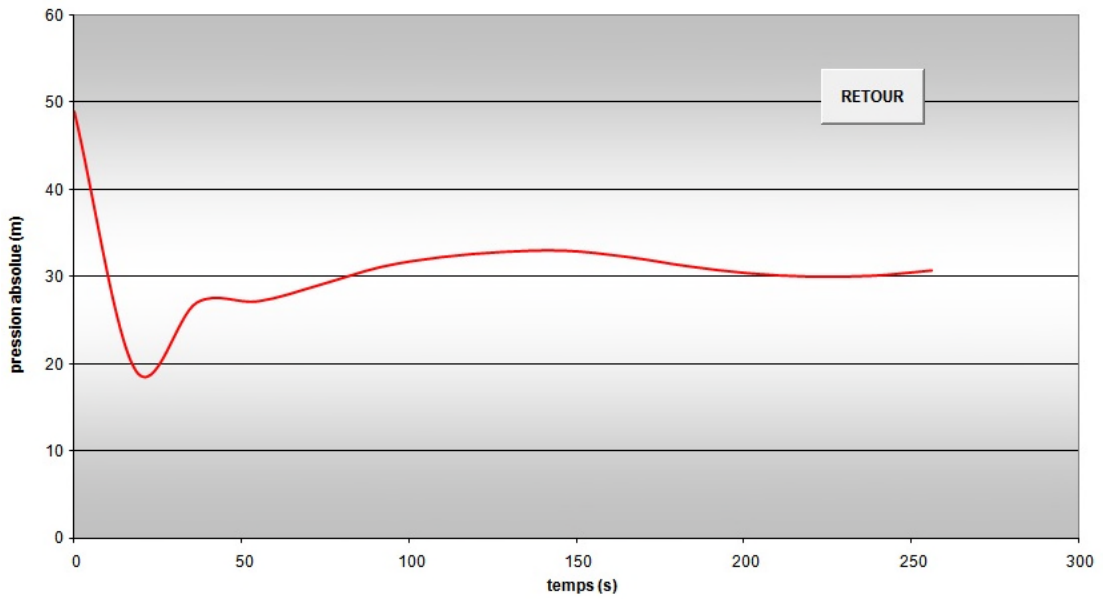


Figure (VII.13) : variation de la pression absolue en fonction du temps

Sur le diagramme $H=f(v)$, on mène une horizontale $H_0=31.3$ m correspondant au régime normal et sur laquelle on fixe la vitesse initiale (figure(VII.14))

EPURE DE BERGERON

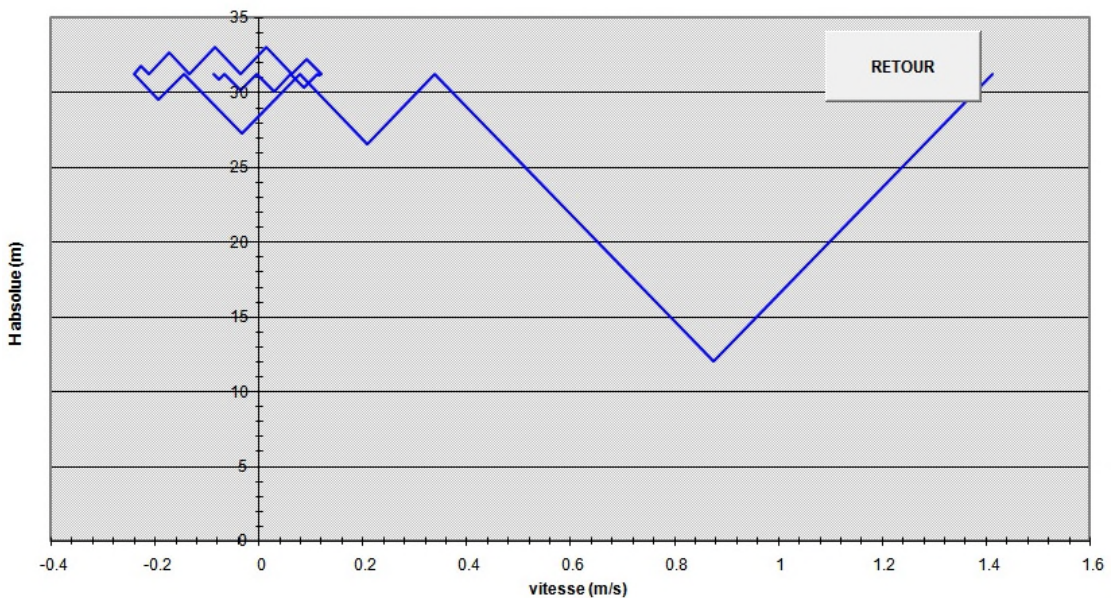


Figure (VII.14) : épure de BERGERON pour le tronçon R5-R6

Il ressort du calcul que le volume d'air est de ($U_{max}=6.5281m^3$) qui sera majoré d'environ 20% pour assurer une sécurité vis-à-vis de la vidange, ainsi le volume du réservoir d'air sera de $7.83m^3$.

VII.3. Pose des conduites

Le rôle de la conduite ce n'est pas seulement de transiter certain débit, mais elle doit aussi résister à la surpression et à la dépression, aux flexions longitudinales, aux efforts dues à son propre poids et au poids de l'eau ainsi qu'à l'agressivité du sol.

La pose de la conduite est la deuxième partie du projet, elle a une grande importance, pour cela on doit tenir compte certaines impératives, Lors de l'aménagement de la fouille et la pose de la conduite.

Les différents modes de pose des conduites sont[16] :

- La pose en tranchée (enterre).
- La pose en galerie.
- En évaluation en dessous de sol, sur l'ouvrage d'art.

VII.3.1. Pose en tranchée (en terre)

La pose en terre s'effectue dans des tranchées de largeur dépendante du diamètre de la conduite avec un établissement de niche (élargissement) aux droits des joints pour faciliter leur exécution (0.6 au maximum)[16]. La profondeur de la tranchée est déterminée de telle sorte à avoir une distance 0.6 m à 1.2 m au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite de façon à éviter le risque de gel (figure (VII.15)). Le fond des fouilles est recouvert d'un lit de pose dont l'épaisseur varie entre 0.15 à 0.20 m bien pilonné et bien nivelé suivant les cotes de profil en long.

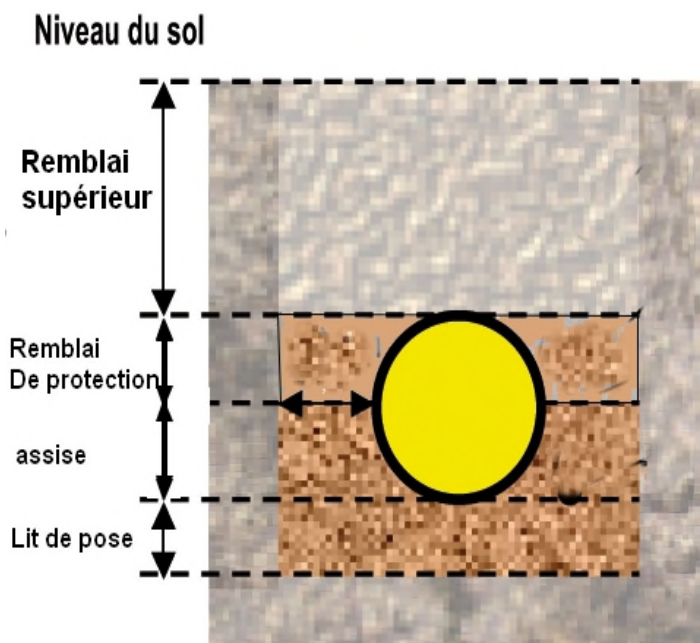


Figure (VII.15) : disposition des couches dans une tranchée

VII.3.2. Traversée d'une route

Compte tenu des charge à supporter qui peuvent provoquer des ruptures et par conséquent des infiltrations nuisibles à la conduite comme à la route, la pose des conduites sera faite à l'intérieure des buses de diamètres supérieurs pour qu'elles soient protégées contre la vibration et les charges provoquées de l'extérieur (figure (VII.16))[14].

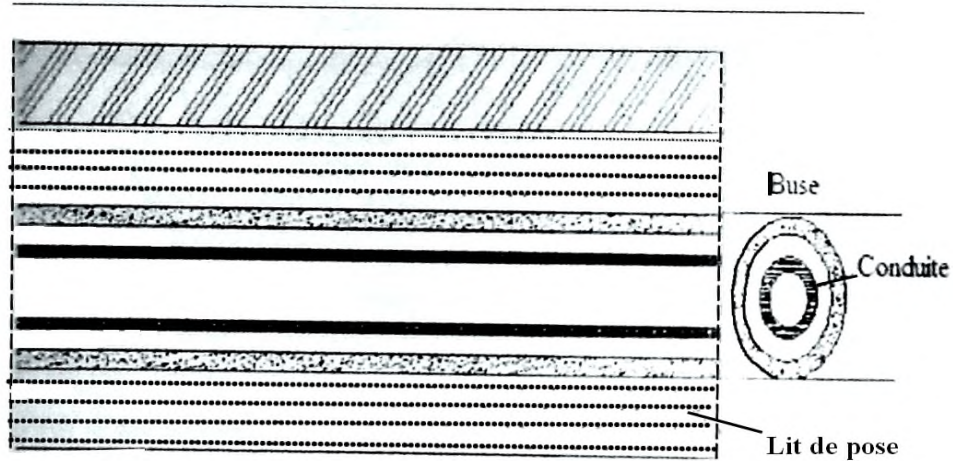


Figure (VII.16) : traversée d'une route

VII.3.3. Traversée d'une rivière ou d'un oued

En fonction de la traversée et de l'importance de l'adduction, la pose de la conduite à la traversée de la rivière demande certains travaux confortatifs. Deux cas peuvent se présenter[14] :

- ✓ **Premier cas :** L'existence d'un pont-route servira de support à la conduite d'adduction.
- ✓ **Deuxième cas :** si le pont n'existe pas, la canalisation pourra suivre le lit de la rivière, et sera posée alors sur des ouvrages spéciaux (les tasseaux par exemple) et pour leur protection, on utilise des conduites de diamètre supérieur, ou des gabions sur les deux côtés de la conduite (figure (VII.17)).

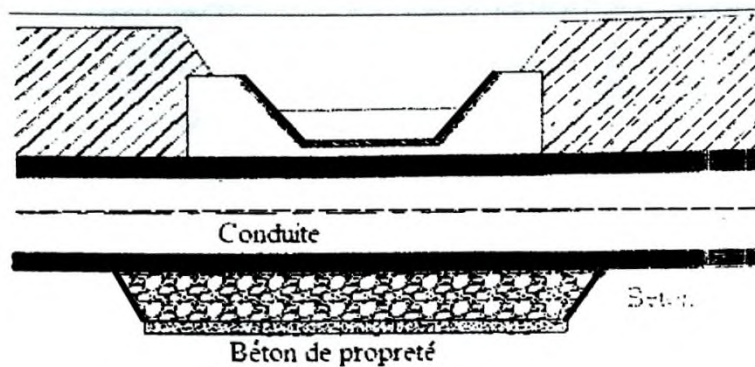


Figure (VII.17) : traversée d'une rivière ou d'un oued

VII.3.4. Traversée d'un tunnel

Dans le tunnel, la conduite d'adduction sera surélevée à trois mètres. La pose s'effectue sur un support en acier encastré dans le mur du tunnel[14].

VII.3 .5. Butées

Les conduites sont constituées par une suite de tuyaux réunis par des joints, il y aura donc tendance sous la poussée exercée par l'eau, à un déboitement dans les coudes, les branchements et les pièces coniques, il faut alors des massifs de béton pour s'opposer au déboitement. On peut distinguer [14]:

- ✓ Butée sur un branchement (figure (VII.18)).
- ✓ Butée sur un coude horizontal (figure (VII.19)).
- ✓ Butée sur un coude vertical (figure (VII.20)).

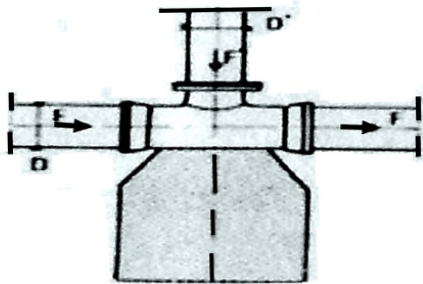


Figure (VII.18) : Butée sur un branchement

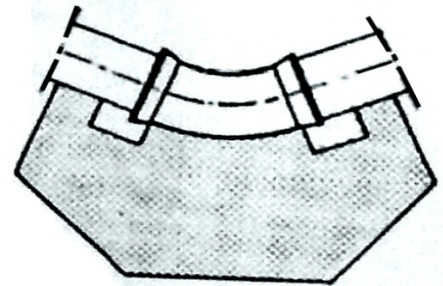


Figure (VII.19) : Buté sur un coude Horizontal

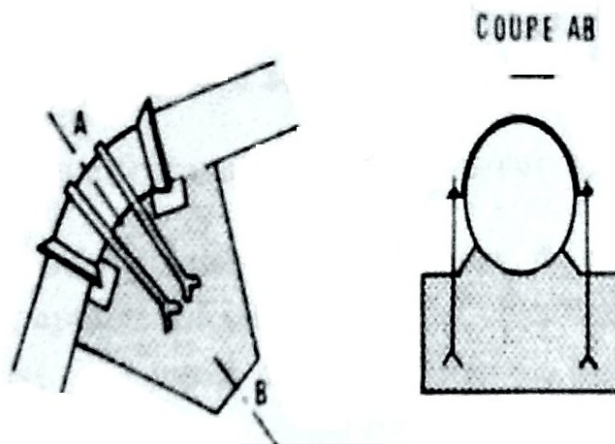


Figure (VII.20) : Butée sur un coude vertical

VII.3.6. Mode d'assemblage des tubes en PE

Les différents types d'assemblages des types sont les suivants [17] :

VII.3.6.1. L'électro-soudage

Les raccords électro-soudage (figure (VII.21)) sont équipés d'un fil résistant intégré au voisinage de la surface qui, après assemblage, se trouvera en contact de du tube.

Des bornes situées à l'extérieur de la zone de soudage permettant le raccordement de cette résistance à une source d'énergie.

Après grattage, nettoyage et positionnement des pièces à raccorder, la tension est appliquée aux bornes du raccord.

La dissipation par effet joule, de la puissance électrique provoque une fusion de surface des deux pièces à assembler. Un mélange, intime entre PE du tube et du raccord assure la cohésion et l'étanchéité parfaite entre le raccord et le tube.



Figure (VII.21) : l'électro-soudage

VII.2.6.2. Soudage bout à bout

Le soudage bout à bout est une technique d'assemblage des thermoplastique par fusion des extrémités de deux éléments tubulaires au moyen d'une plaque chauffante.

L'assemblage est réalisé en effectuant les opérations suivantes (figure(VII.22)) :

- ✓ Fusion des extrémités, préalablement rabotées, de tube ou de pièces de formes en polyéthylène par application sur un élément chauffant.
- ✓ Soudage par mise au contact des extrémités en fusion après retrait de l'élément chauffant.
- ✓ Refroidissement de l'assemblage réalisé.

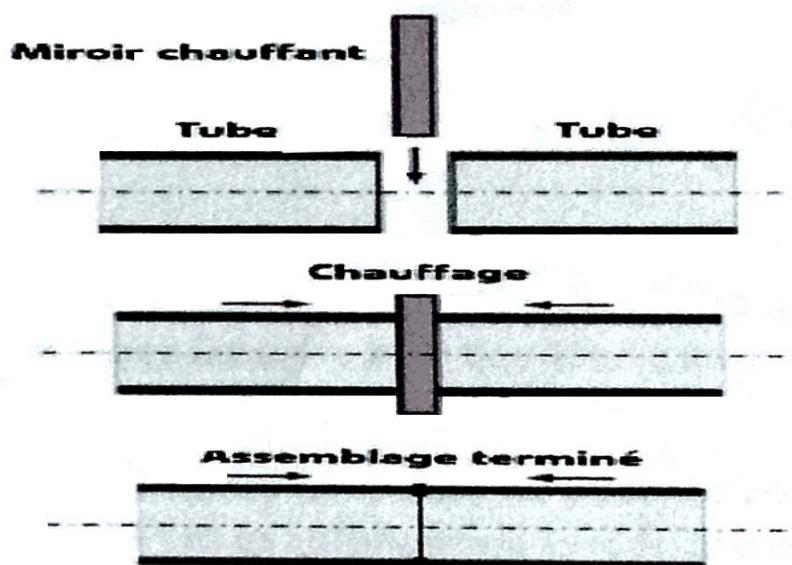


Figure (VII.22) : soudage bout à bout

VII.3.6.3. Raccords mécaniques

Ces raccords sont soit en matière plastique soit métallique, ils sont couramment utilisés jusqu'au DN 63 et existent dans des diamètres supérieurs. Leur domaine d'emploi est essentiellement celui du branchement (eau potable).

Après coupe, ébavurer et chanfreiner du tube, le montage s'effectue tout simplement par emboîtement et serrage du raccord.

VII.3.7. Mise en service :

Lors du remplissage des conduites d'eau il faut veiller à l'évacuation complète de l'air.

Avant la mise en service, une purge intensive avec une vitesse aussi élevée que possible doit renouveler au moins trois fois le volume d'eau de la conduite.

Après les essais généraux du réseau et la mise en place du remblai, les opérations de désinfection du réseau sont entreprises en collaboration avec le laboratoire concerné, avant de livrer l'eau aux usagers, les produits utilisés sont le chlore ou le permanganate de potassium et ils doivent atteindre l'ensemble du réseau.

Conclusion

D'après les résultats obtenus nous remarquons que les valeurs de coup de bélier est importante notamment en dépression et la protection contre celle-ci ne peut se faire qu'à l'aide des réservoirs d'air.

La pose des conduites une opération qui doit se faire d'une manière qui assure l'équilibre des du réseau et sur les conduites, en cas d'une mauvaise pose, ce dernier influe sur le rendement et sur les frais d'entretien.

Une pose convenable permet une stabilité très importante et une durée d'exploitation allongée.

CONCLUSION GENERALE

A la lumière de tout ce qui a été entamé dans notre démarche, nous sommes arrivés à tirer les conclusions suivantes :

Le réseau d'AEP de Tadjenanet chef lieu est complètement dépourvu du strict minimum de contrôle et de gestion. Sur la base de plusieurs visites sur terrain, nous avons pu cerner un certain nombre de problèmes dont souffre le système d'alimentation en eau potable de Tadjenanet chef lieu.

Après avoir estimé les besoins en eau potable aux divers horizons, et après l'élaboration du bilan ressources-besoins, on a constaté que le débit fourni par le barrage de Beni Haroun et les quatre forages (**F1, F2, F3, F4**) qui est **276.3** l/s répond aux besoins actuels, à court terme, à moyen terme mais ne répond pas aux besoins à long terme de la population, par conséquent, les besoins sont loin d'être satisfaits, cette situation nous a incité de recommander quelques solutions :

- Utiliser un forage de renforcement **F5** (KARIR).
- Réaménager le forage **F6** qui a un problème de forte concentration de nitrâtes.
- Exploiter un peu plus le forage **F4**.

Par la suite, on a dimensionné les ouvrages de stockage et les conduites d'adduction, on a trouvé que les réservoirs existants ne sont pas suffisants pour répondre aux besoins futurs de la population, et en ce qui concerne l'adduction on a proposé d'adopter de nouvelles canalisations avec des nouveaux diamètres pour mettre fin à des fuites et de véhiculer le débit nécessaire à une alimentation optimale. De même nous avons préconisé au remplacement de l'amiante ciment et le PVC par des conduites en PEHD.

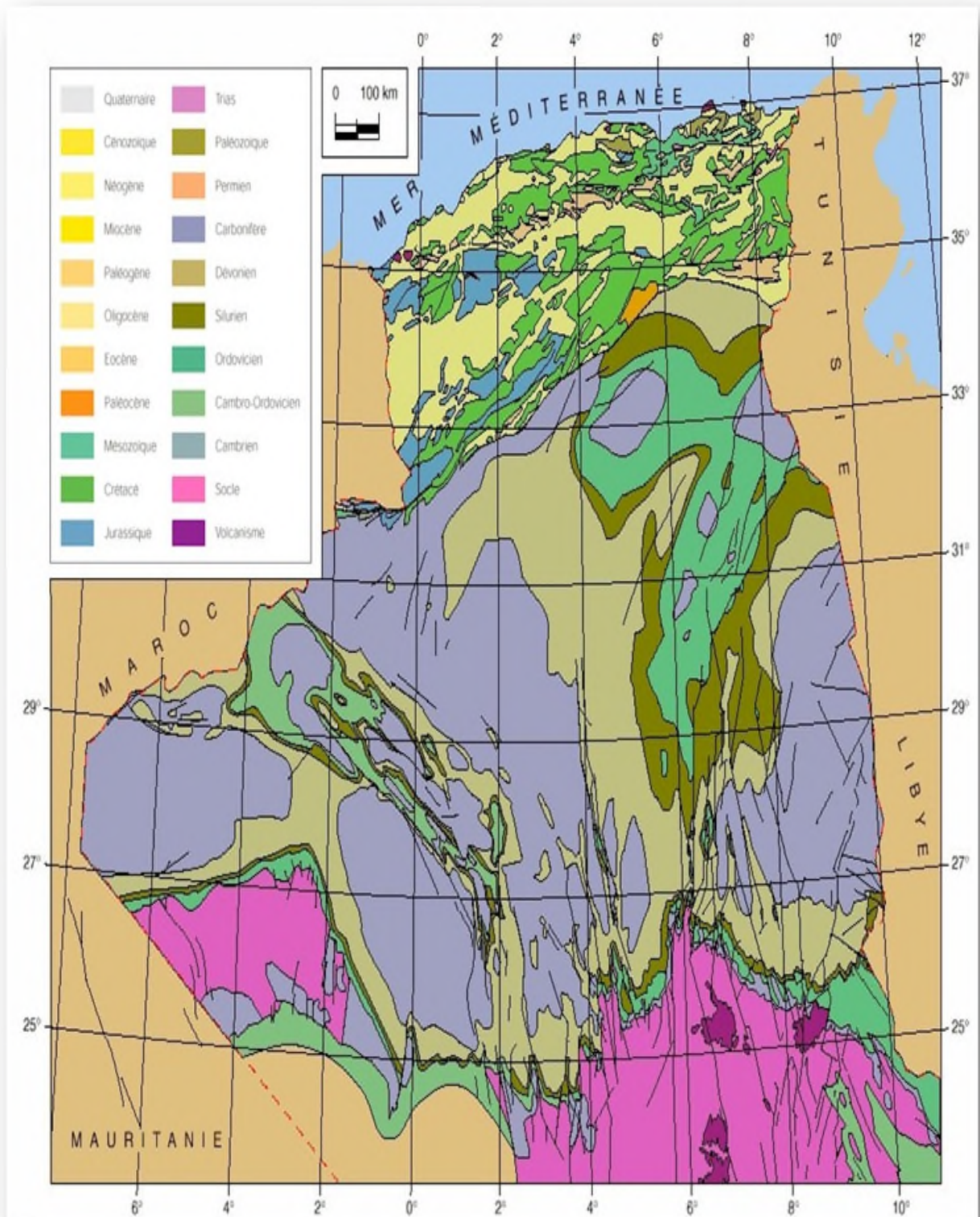
Par ailleurs et à l'aide du logiciel CAPRARI nous avons choisi les pompes des stations de pompage, puis on a projeté quatre réservoirs d'air de : **2.916** m³, **0.824** m³, **1.24** m³, **7.83** m³ pour les conduites de refoulement (**R5-R7**), (**R5-SR**), (**SR-R8**), (**R5-R6**) respectivement. Afin de sécuriser les installations ainsi que la conduite contre le coup de bélier.

Pour terminer, nous estimons que nous avons, à travers ce modeste travail, cerné l'ensemble des anomalies que connaît la ville de Tadjenanet et que nous avons apporté une contribution à la problématique posée par ce sujet. Espérant aussi qu'il servira d'un mémoire guide pour les promotions à venir.

Références Bibliographiques

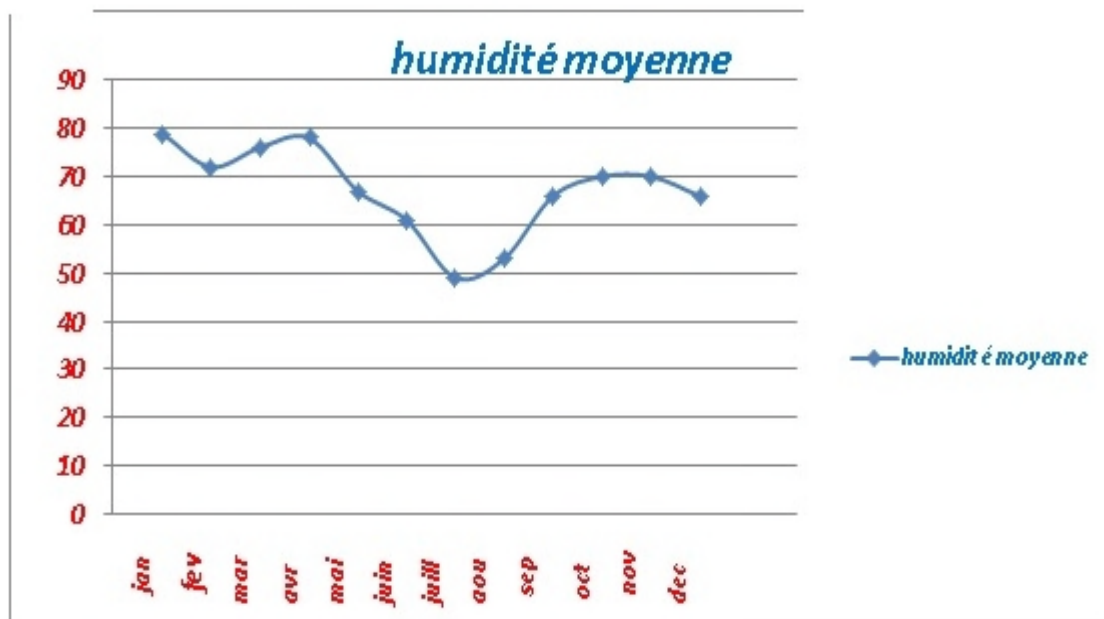
- [1] Données RGPH de la commune de tadjenanet
- [2] P.D. A.U de la commune de tadjenanet
- [3] données : bureau d'étude Engineering de l'Hydraulique et de L'environnement
- [4] DUPONT, A. : ((Hydraulique urbaine)). Tom II, Edition, 1978
- [5] ANDRE, C. et GEORGES, D. : ((Distribution d'eau dans les agglomérations))
- [6] CARLIER.M : Hydraulique générale, Edition Eyrolles, Paris (1979).
- [7] Mémoire de fin d'étude : raccordement de l'alimentation en eau potable de là commune de seddouk à partir du transfert akbou-bejaia à partir du barrage tachi-haf 2010.
- [8] Catalogue PAM de Saint-Gobain Algérie.
- [9] BONNIN.J : Hydraulique urbaine appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance. Edition Eyrolles (1977).
- [10] Catalogue ((introduction des pompes centrifuges)).
- [11] BELALAOUI, G. et BOURASSE, A ((étude d'AEP de la ville d'Akbou (wilaya de Bejaïa), lot : forage et piquage sur conduite barrage vers un réservoir de 3000 m3)) projet de fin d'étude, université de Bejaïa 2012.
- [12] Catalogue CAPRARI (logiciel)
- [13] **BOURIER, R.** et **SELMI, B.** : ((techniques de gestion et de distribution de l'eau)). Edition le Moniteur, 2011
- [14] HAMANI , S et Y AHI AOUI, S. ((étude d'alimentation en eau potable de là ville d'Elourici A (Wilaya de Sétif). Projet de fin d'étude, université de Bejaïa 2010.
- [15] **Note de calcul** AM AR A Lyes sur les réservoirs anti bélier, 2008.
- [16] **MER ABET, A** et **BAU ALI, K.** ((diagnostic et réhabilitation du réseau d'AEP de la rive droite de la commune de kherrata)). Projet de fin d'étude, université de Bejaïa 2010.
- [17] Catalogue STPM Chiali Bejaïa.

Annexe (1) : Extrait de la carte géologique de l'Algérie



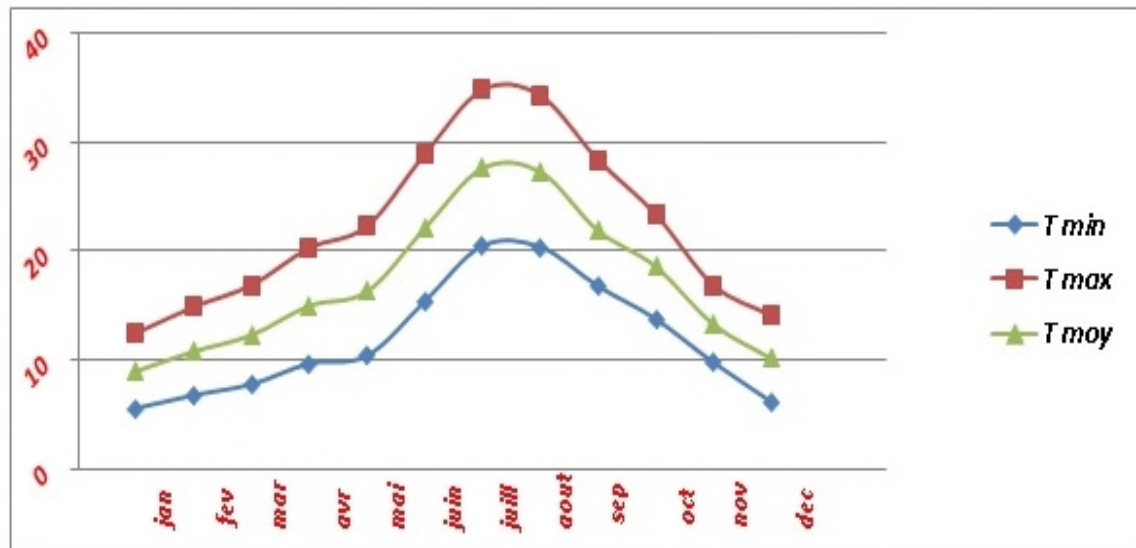
Annexe (2) : les valeurs de l'humidité mensuelle moyenne interannuelle

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juill	aout	sep	oct	nov	déc	Moyenne générale
humidité moyenne	79	72	76	78	67	61	49	53	66	70	70	66	67%



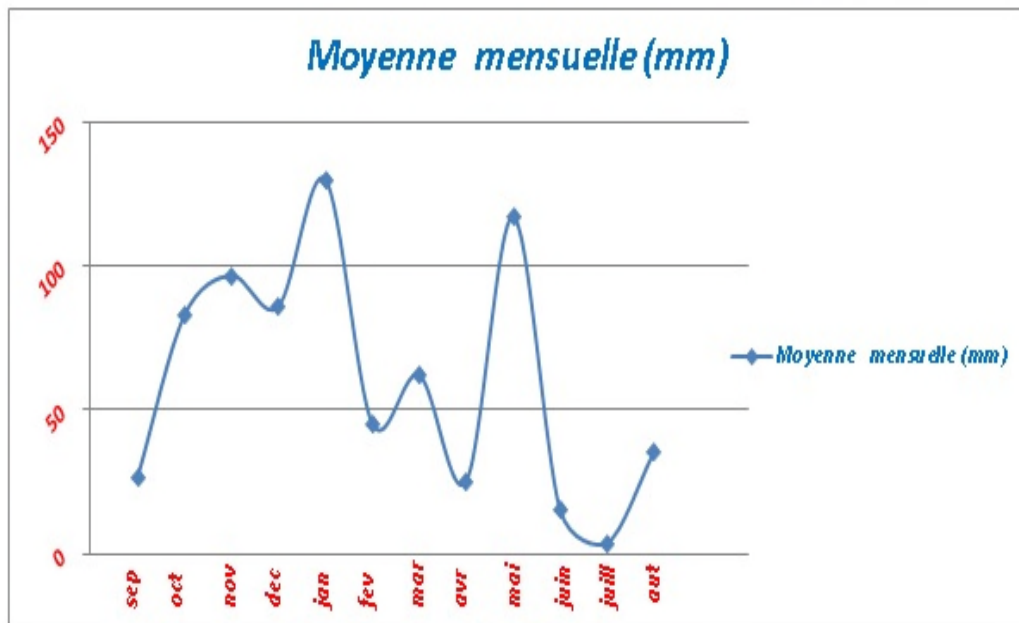
Annexe (3) : Température

Mois	Jan	fev	mar	avr	mai	juin	juill	Aout	sep	oct	nov	dec	Moyenne anuelle
T_{min}	5,6	6,8	7,8	9,7	10,4	15,4	20,5	20,4	16,8	13,8	9,8	6,2	11,9 C°
T_{max}	12,5	14,9	16,9	20,3	22,3	28,9	34,8	34,3	28,4	23,4	16,9	14,1	22,3 C°
T_{moy}	9	10,8	12,3	15	16,3	22,1	27,6	27,3	21,9	18,6	13,3	10,15	16,8 C°

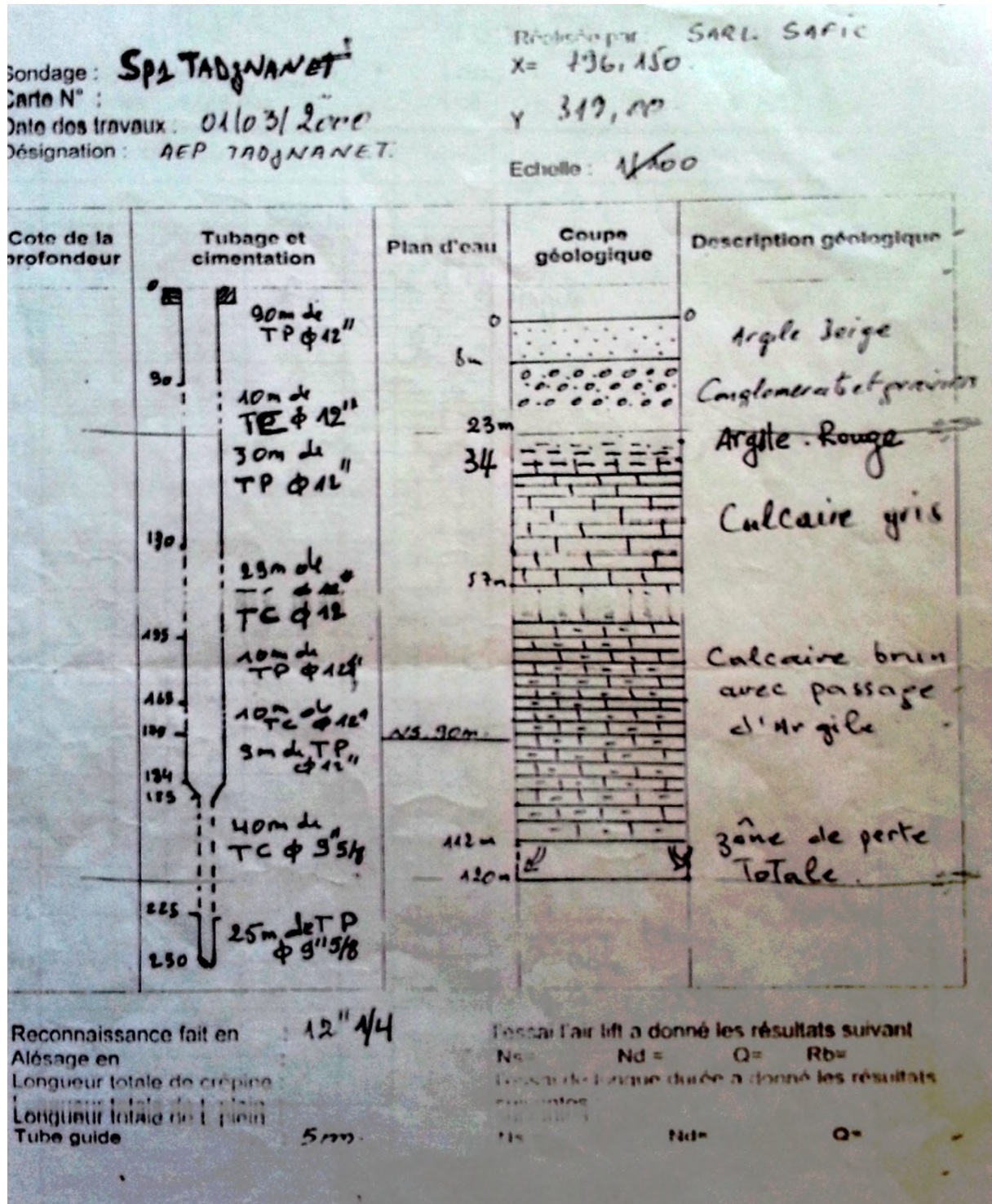


Annexe (4) : la pluviométrie

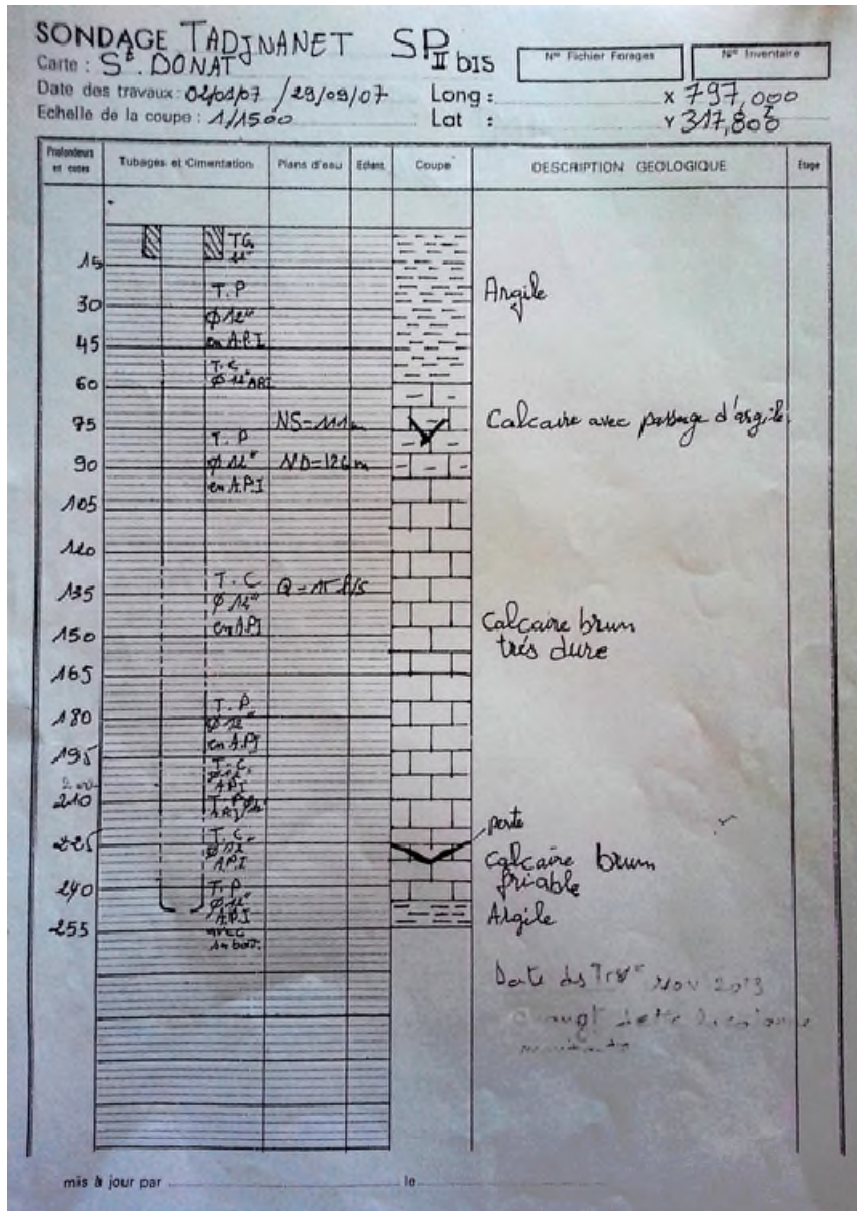
Mois	sep	oct	Nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai	juin	Juill	aut	Σ Mois
Moyenne mensuelle (mm)	26,3	82,7	96,6	85,8	129,9	45,3	62	25,1	116,9	15,1	3,7	35,3	60,4



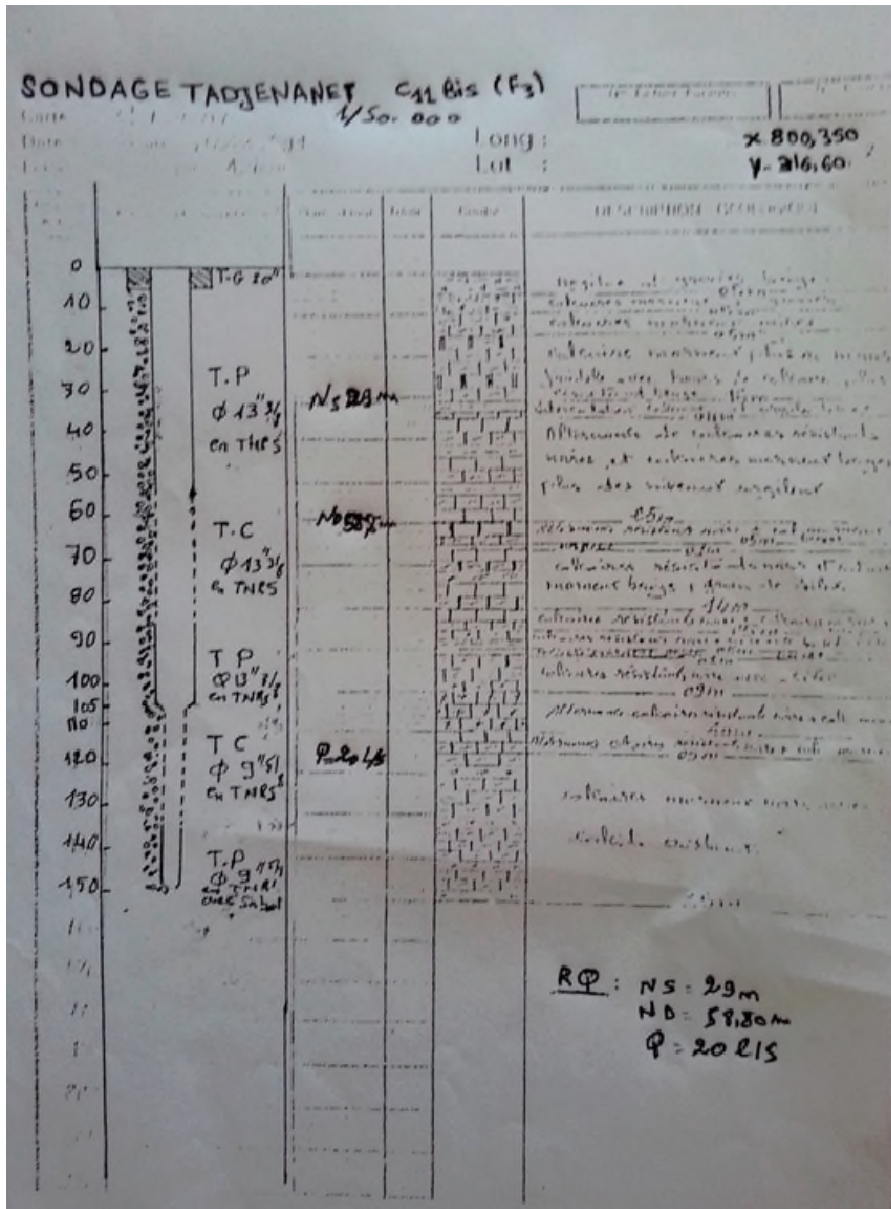
Annexe (5) : Formation géologique du forage F1



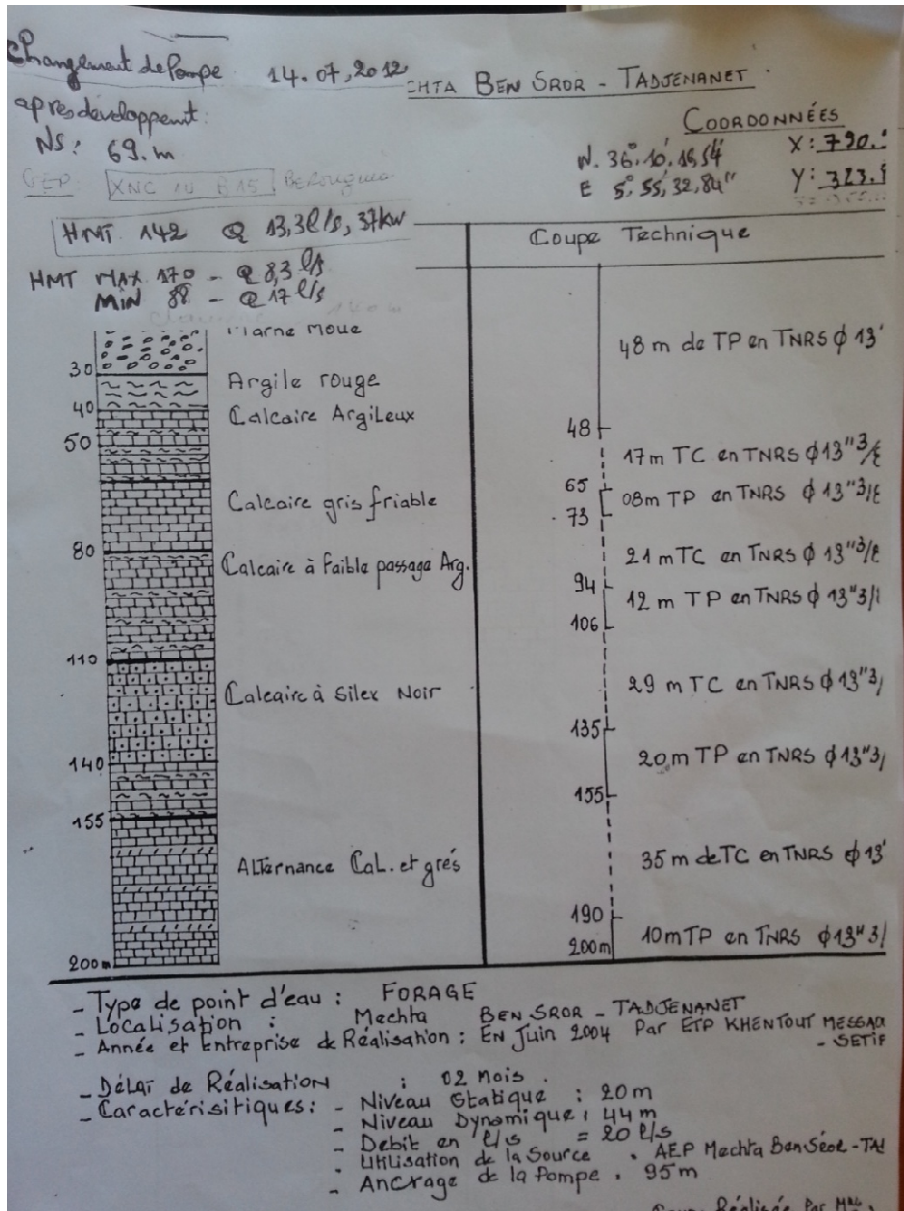
Annexe (6) : Formation géologique du forage F2



Annexe (7) : Formation géologique du forage F3



Annexe (8) : Formation géologique du forage F4



Annexe (9) : les analyses bactériologique et physico-chimiques F4

MINISTÈRE DES RESSOURCES EAU
ALGÉRIENNE DES EAUX (MRE)

Zone de Constantine
Unité de Mila
Laboratoire de contrôle de qualité

BULLETIN D'ANALYSES

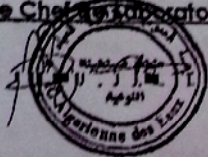
Code: 673
Origine de l'eau : Forage
Lieu de prélèvement : Forage Ben Serour Tadjenanet
Date de prélèvement : 02/11/2009

Paramètres	Unité	Résultats	Normes algériennes
Physico-chimie			
Température	°C	19,2	-
pH	-	7,28	-
Turbidité	NTU	1,02	<5
Conductivité	µS/cm	2070	<2800
Salinité	‰	1,1	-
TDS	mg/l	1037	-
Chlore résiduel	mg/l	0,0	-
Nitrites	mg/l	0,000	<0,1
Nitrates	mg/l	0,000	<50
Ammonium	mg/l	0,000	<0,5
sulfates	mg/l	80,115	<400
Phosphates	mg/l	0,028	<0,5
Dureté totale	mgCaCO ₃ /l	488	<500
Calcium	mg/l	-	<200
Magnésium	mg/l	-	<150
Sodium	mg/l	230	<200
Potassium	mg/l	01	<20
Carbonates	mg/l	-	-
hydrogénocarbonates	mg/l	-	-
Matières Oxydables	mg/l	6,8	<3
Chlorures	mg/l	-	<500
Microbiologie			
Germe totaux à 37 ° C	ge/ml	-	-
Coliformes totaux	ge/100 ml	-	<10
Coliformes fécaux (E.Coli)	ge/100 ml	-	00
Streptocoques fécaux	ge/100 ml	-	00
Clostridium sulfitoréducteurs	ge/20 ml	-	00

La dureté et les matières oxydables sont effectuées au niveau du laboratoire de la station de traitement de Ain Tinn.

Observation : Matières Oxydables et Sodium Hors normes algériennes.

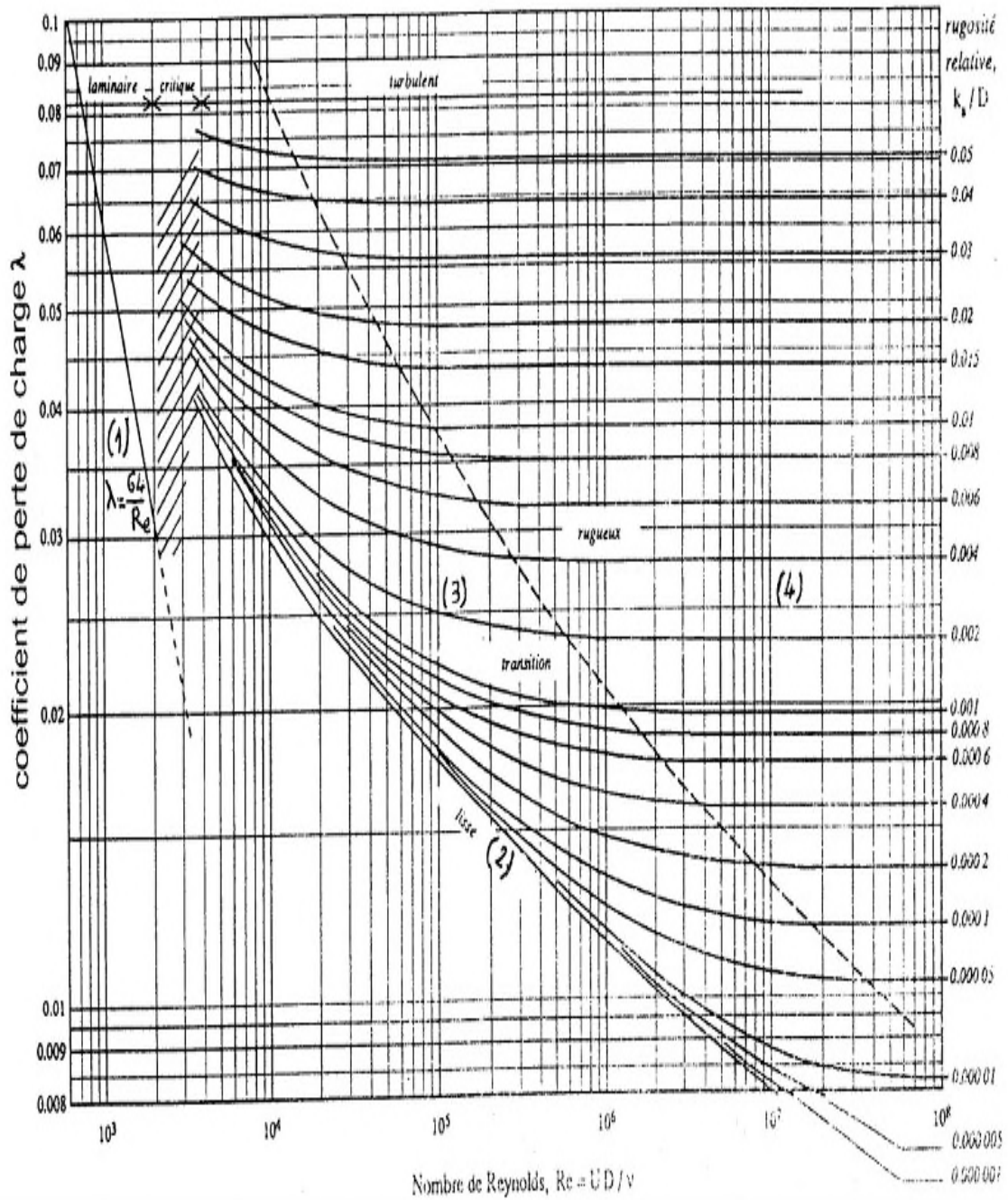
Le Chef du laboratoire



Annexe (11) : profil en long

Annexe (12) : Diagramme de Moody

Diagramme de Moody



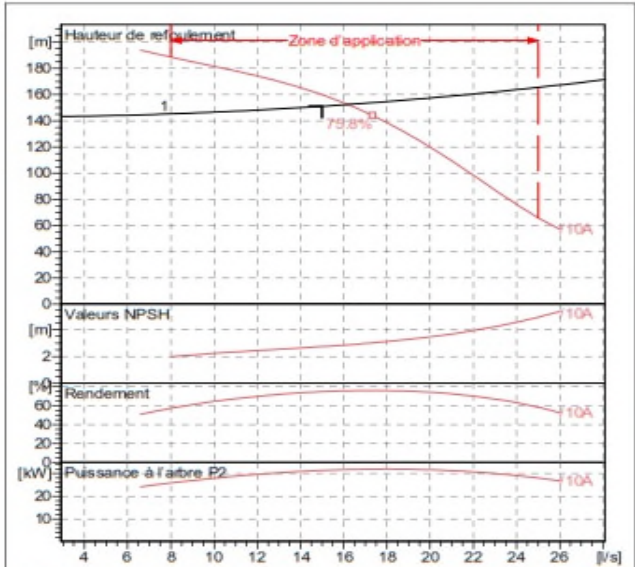
Annexe (13) : caractéristiques de la pompe de F1



COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

E 8 S 5 0 / 1 0 A + M C 8 5 0	
Caractéristiques requises	
Débit	15 l/s
Hauteur de refoulement	151 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	16.2 l/s
Hauteur de refoulement	152 m
Puissance absorbée	31.7 kW
Rendement	75.5%
Hauteur manométrique H(Q=0)	220 m
Orif. de refoulement	100 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2900 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	37 kW
Courant nominal	74 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	Y
Degré de protection	IP 68
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	10
Température maxi. du liquide pompé	
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	282 kg

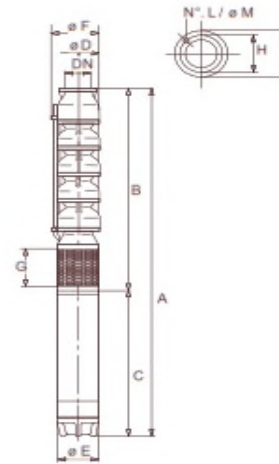
Matériaux	
CONSTRUCTION POMPE	
Corps du clapet	Fonte
Clapet	Fonte/Acier inox
Corps d'aspiration	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Arbre	Acier inox
Roue	Fonte
Bague d'usure	Caoutchouc
Crépine	Acier inox
Gouttière protection câbles	Acier inox
Accouplement	Acier inox
CONSTRUCTION MOTEUR	
Support supérieur	Fonte
Support inférieur	Fonte
Chemise stator	Acier inox
Arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Acier-caoutchouc
Para-sable	Caoutchouc
Bobinage	Cuivre isolé
Bulée	Type Michell



Caractéristiques de fonctionnement					UNI/ISO 2548/C
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]	

Dimensions mm

- A = 2887
- B = 1740
- C = 1147
- D = 188
- DN = 100
- E = 191
- F = 195
- G = 160
- H = 145
- I = 166
- L = 6
- M = 11.5



Notes:

Date 20.06.2015	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

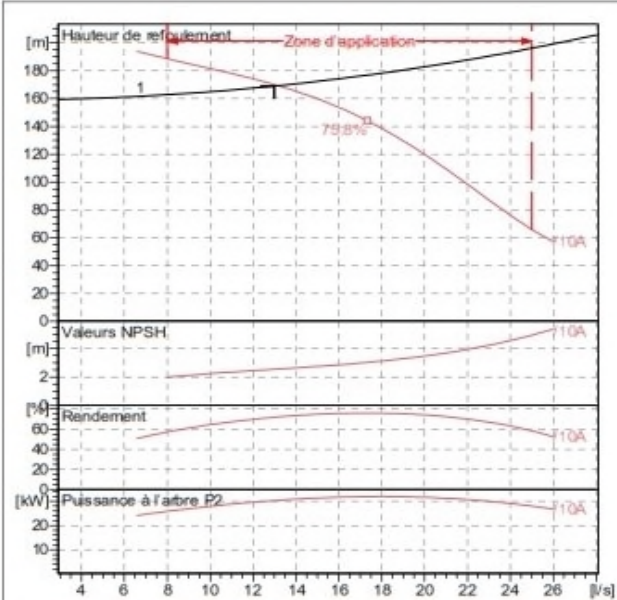
Annexe (14) : caractéristiques de la pompe de F2



Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

EBS50/10A + MC850	
Caractéristiques requises	
Débit	13 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	13 l/s
Hauteur de refoulement	169 m
Puissance absorbée	30.4 kW
Rendement	72%
Hauteur manométrique H(Q=0)	220 m
Orif. de refoulement	100 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2900 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	37 kW
Courant nominal	74 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	Y
Degré de protection	IP 68
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	10
Température max. du liquide pompé	
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité max.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	282 kg
Matériaux	
CONSTRUCTION POMPE	
Corps du clapet	Fonte
Clapet	Fonte/Acier inox
Corps d'aspiration	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Arbre	Acier inox
Roue	Fonte
Bague d'usure	Caoutchouc
Crépine	Acier inox
Gouttière protection câbles	Acier inox
Accouplement	Acier inox
CONSTRUCTION MOTEUR	
Support supérieur	Fonte
Support inférieur	Fonte
Chemise stator	Acier inox
Arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Acier-caoutchouc
Para-sable	Caoutchouc
Bobinage	Cuivre isolé
Buée	Type Michell

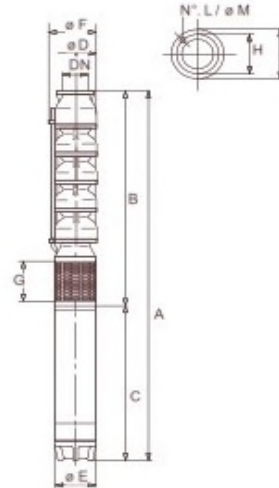


Caractéristiques de fonctionnement UNI/ISO 2548/C

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

Dimensions mm

- A = 2887
- B = 1740
- C = 1147
- D = 188
- DN = 100
- E = 191
- F = 195
- G = 160
- H = 145
- I = 166
- L = 6
- M = 11.5



Notes:

Date	Page	Offre n°	Pos.N°
20.06.2015	1		

Annexe (15) : caractéristiques de la pompe de R5-R1

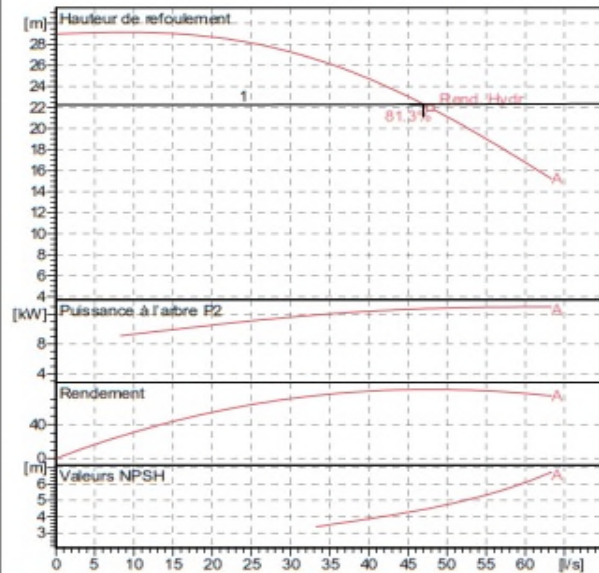


Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

M E C -AZ 1/100 A	
Caractéristiques requises	
Débit	47 l/s
Hauteur de refoulement	22.3 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	47 l/s
Hauteur de refoulement	22.3 m
Puissance absorbée	12.8 kW
Rendement	81.3%
Hauteur manométrique H(Q=0)	29 m
Orif. de refoulement	100 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 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	207 kg

Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Fonte
Roue (04/80)	Fonte sphéroidale
Arbre (.Z.)	Acier inox
Douille arbre	Acier cromé
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

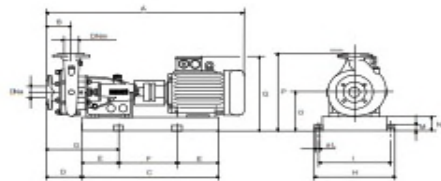


Caractéristiques de fonctionnement UNI/ISO 2548/C

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

Dimensions mm

- A = 1130
- B = 135
- C = 828
- D = 199
- DNa = 125
- DNm = 100
- E = 150
- F = 528
- G = 349
- H = 430
- I = 390
- L = 16
- M = 38
- N = 80
- O = 240
- P = 515
- Q = 534



Notes:

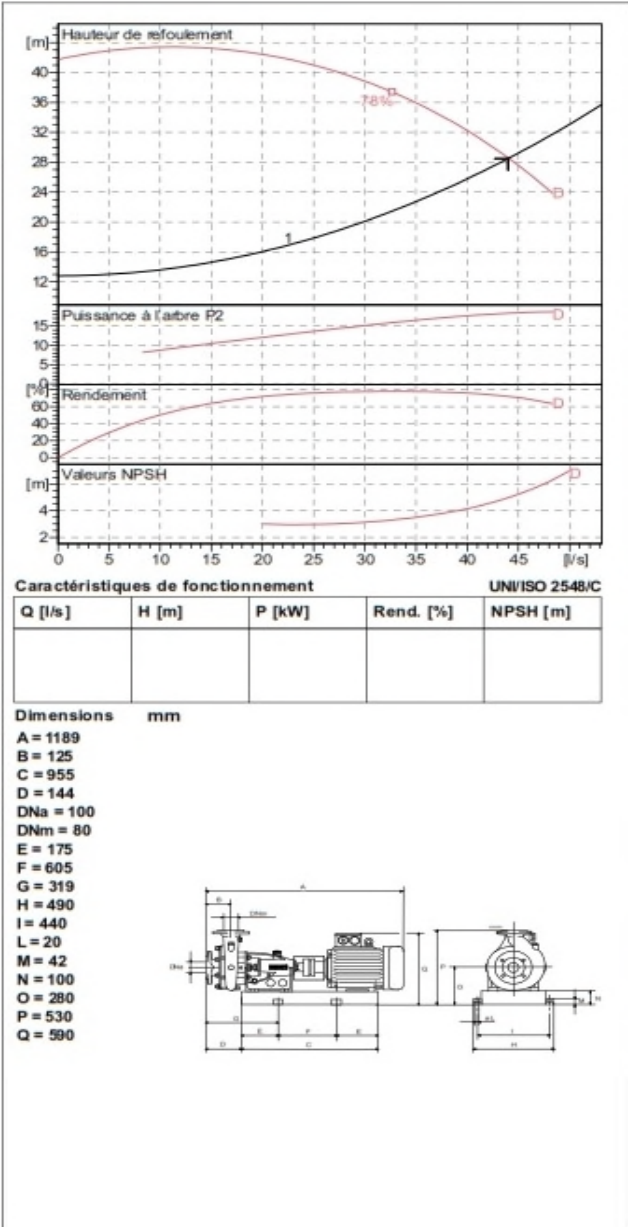
Date 20.06.2015	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

Annexe (16) : caractéristiques de la pompe de R5-R7



COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

M E C - A 2 / 8 0 D	
Caractéristiques requises	
Débit	44 l/s
Hauteur de refoulement	28.5 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	44 l/s
Hauteur de refoulement	28.5 m
Puissance absorbée	18.4 kW
Rendement	72.1%
Hauteur manométrique H(Q=0)	41.7 m
Orif. de refoulement	80 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	22 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	267 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Fonte
Arbre	Acier traité
Douille arbre	Acier cromé
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



Notes:

Date	Page	Offre n°	Pos.N°
20.06.2015	1		

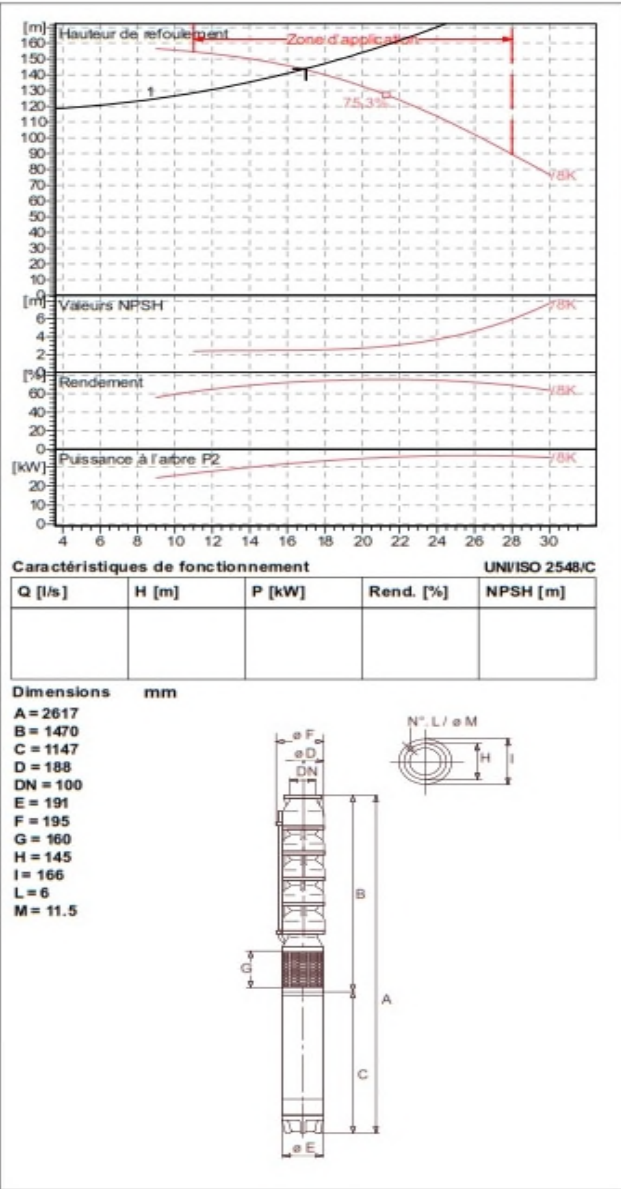
Annexe (17) : caractéristiques de la pompe de F3



Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

E 8 S 5 / 8 K + M C 8 5 0	
Caractéristiques requises	
Débit	17 l/s
Hauteur de refoulement	144 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	17 l/s
Hauteur de refoulement	143 m
Puissance absorbée	32.4 kW
Rendement	73%
Hauteur manométrique H(Q=0)	172 m
Orif. de refoulement	100 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2900 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	37 kW
Courant nominal	74 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	Y
Degré de protection	IP 68
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	10
Température maxi. du liquide pompé	
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	263 kg
Matériaux	
CONSTRUCTION POMPE	
Corps du clapet	Fonte
Clapet	Fonte/Acier inox
Corps d'aspiration	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Arbre	Acier inox
Roue	Fonte
Bague d'usure	Caoutchouc
Crépine	Acier inox
Gouttière protection câbles	Acier inox
Accouplement	Acier inox
CONSTRUCTION MOTEUR	
Support supérieur	Fonte
Support inférieur	Fonte
Chemise stator	Acier inox
Arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Acier-caoutchouc
Para-sable	Caoutchouc
Bobinage	Cuivre isolé
Buée	Type Michell



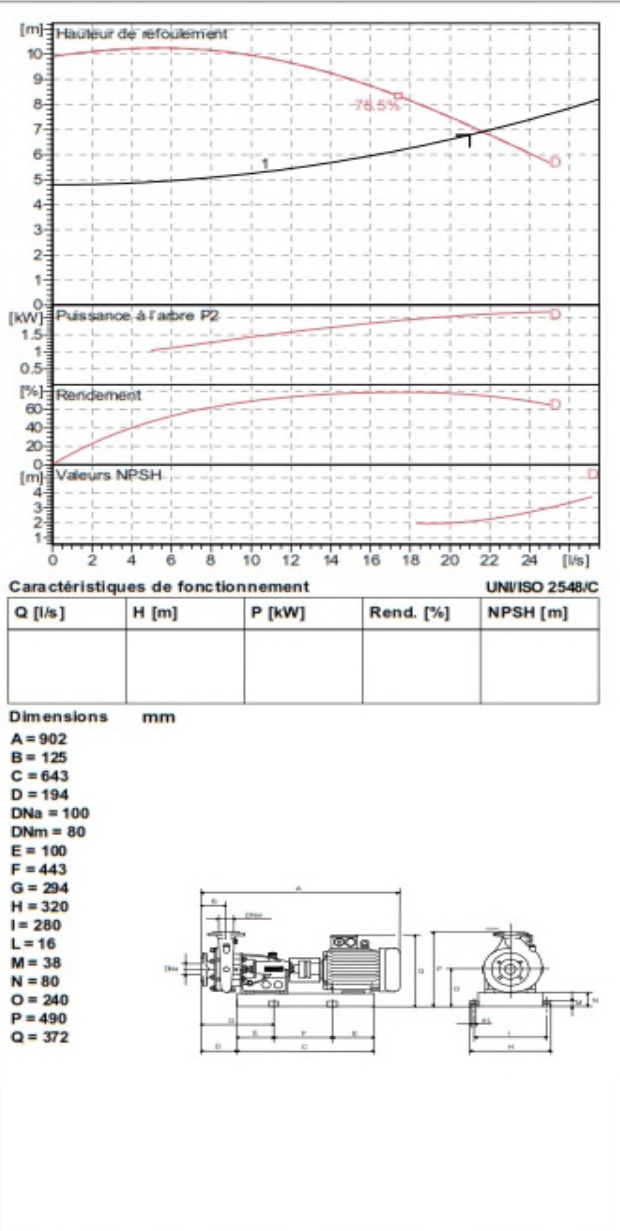
Notes:			
Date 20.06.2015	Page 1	Offre n°	Pos.N°

Annexe (18) : caractéristiques de la pompe de R5-SR



COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

M E C - A Z 2 / 8 0 D	
Caractéristiques requises	
Débit	21 l/s
Hauteur de refoulement	6.79 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	21.6 l/s
Hauteur de refoulement	6.92 m
Puissance absorbée	2.11 kW
Rendement	74.9%
Hauteur manométrique H(Q=0)	9.91 m
Orif. de refoulement	80 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	3 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3-
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	20
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	99 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Fonte
Roue (04/80)	Fonte sphéroïdale
Arbre (.Z..)	Acier inox
Douille arbre	Acier cromé
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



Notes:

Date 20.06.2015	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

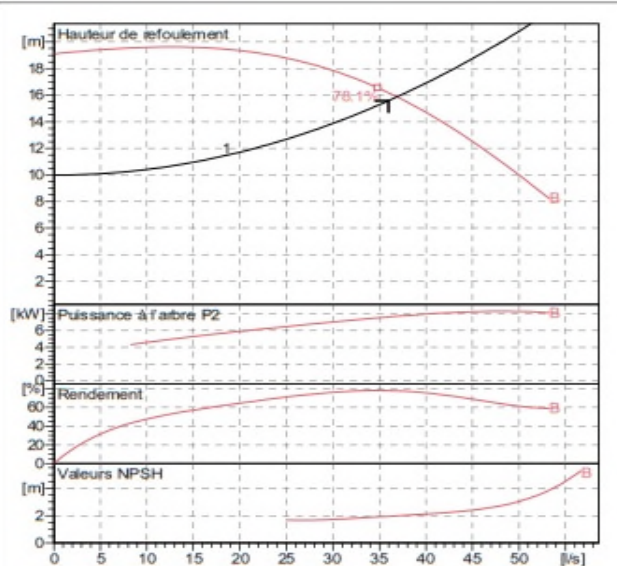
Annexe (19) : caractéristiques de la pompe de SR-R8



Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

M E C - A Z 3 / 1 0 0 B	
Caractéristiques requises	
Débit	36 l/s
Hauteur de refoulement	15.6 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	36.9 l/s
Hauteur de refoulement	15.9 m
Puissance absorbée	7.73 kW
Rendement	77.7%
Hauteur manométrique H(Q=0)	19.1 m
Orif. de refoulement	100 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	9 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	15
Température maxl. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxl.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	178 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Fonte
Roue (0,4/80)	Fonte sphéroïdale
Arbre (.Z..)	Acier inox
Douille arbre	Acier cromé
Roulements a billes	Acier
Presse-Ecoupe	Fonte
Etupe	Tresse graphitée

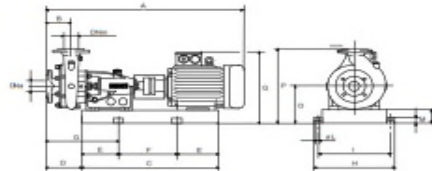


Caractéristiques de fonctionnement UNI/ISO 2548/C

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

Dimensions mm

- A = 1152
- B = 150
- C = 863
- D = 222
- DNa = 125
- DNm = 100
- E = 150
- F = 563
- G = 372
- H = 400
- I = 350
- L = 20
- M = 42
- N = 100
- O = 300
- P = 600
- Q = 494



Notes:

Date 20.06.2015	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

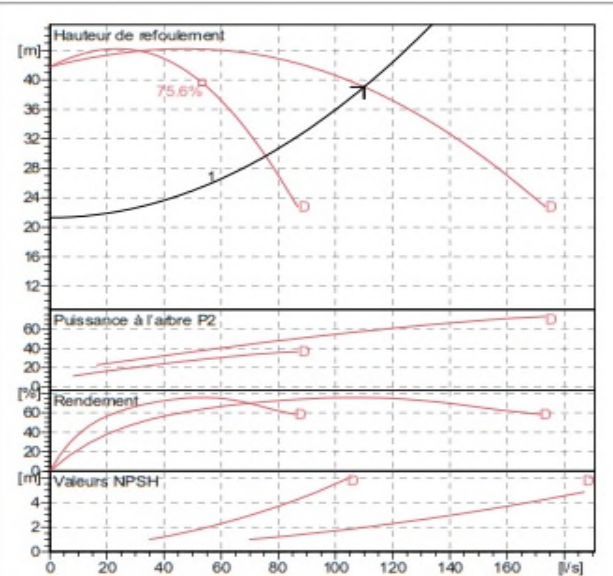
Annexe (20) : caractéristiques de la pompe de R5-R6



Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

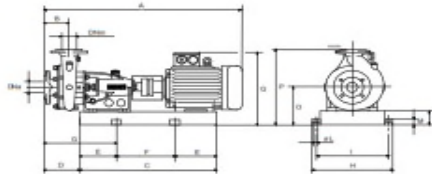
M E C -A 4/125 D	
Caractéristiques requises	
Débit	110 l/s
Hauteur de refoulement	39 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompes identiques en parallèle
N.be de pompes	2
Caractéristiques de la pompe	
Débit	55 l/s
Hauteur de refoulement	39 m
Puissance absorbée	29 kW
Rendement	75,5%
Hauteur manométrique H(Q=0)	41,8 m
Orif. de refoulement	125 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
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 max. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité max.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	590 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Fonte
Arbre	Acier traité
Douille arbre	Acier cromé
Roulements a billes	Acier
Presse-Étoupe	Fonte
Étoupe	Tresse graphitée



Caractéristiques de fonctionnement				
UNI/ISO 2548/C				
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensions mm

- A = 1599
- B = 165
- C = 1233
- D = 250
- DNa = 150
- DNm = 125
- E = 250
- F = 733
- G = 500
- H = 580
- I = 530
- L = 20
- M = 42
- N = 140
- O = 420
- P = 845
- Q = 811



Notes:

Date 20.06.2015	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

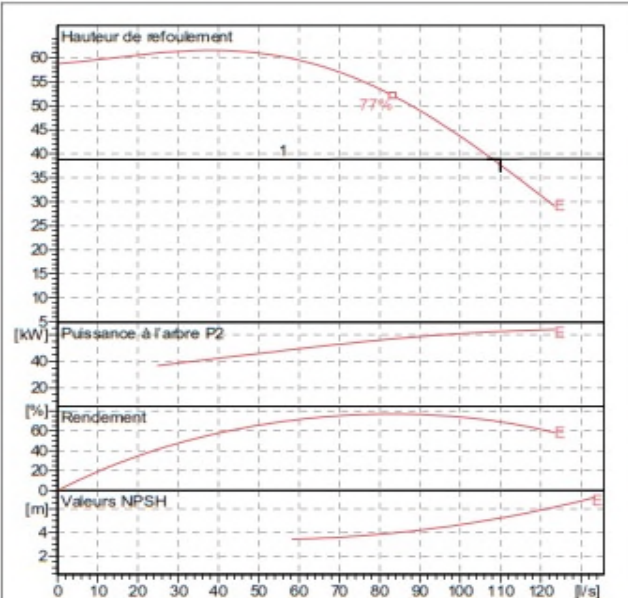
Annexe (21) : caractéristiques de la pompe de R6-R4



Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

MEC-AZRBH 2/125E	
Caractéristiques requises	
Débit	110 l/s
Hauteur de refoulement	38.9 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	110 l/s
Hauteur de refoulement	38.9 m
Puissance absorbée	62.5 kW
Rendement	69.1%
Hauteur manométrique H(Q=0)	58.8 m
Orif. de refoulement	125 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	75 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	807 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Bronze
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier cromé
Roulements à billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

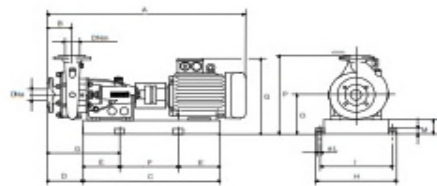


Caractéristiques de fonctionnement UNI/ISO 2548/C

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

Dimensions mm

- A = 1682
- B = 155
- C = 1299
- D = 202
- DNa = 150
- DNm = 125
- E = 200
- F = 899
- G = 402
- H = 680
- I = 630
- L = 20
- M = 42
- N = 140
- O = 420
- P = 770
- Q = 910



Notes:

Date	Page	Offre n°	Pos.N°
20.06.2015	1		

Annexe (22) : caractéristiques de la pompe de R7-R2

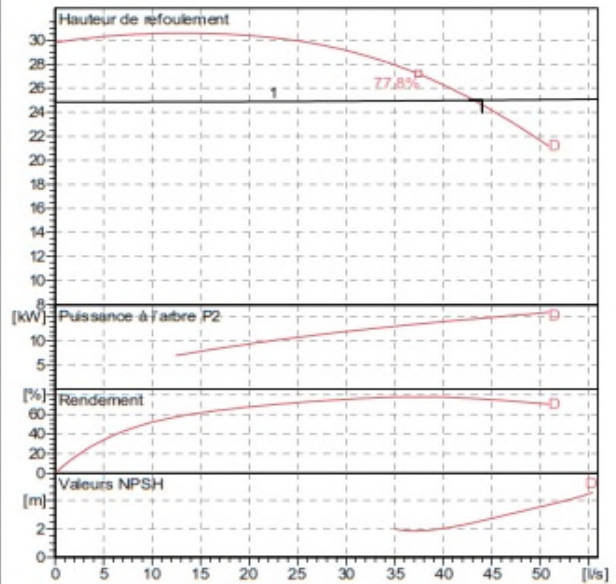


Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

M E C - A 4 / 1 0 0 D	
Caractéristiques requises	
Débit	44 l/s
Hauteur de refoulement	25 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	44 l/s
Hauteur de refoulement	25 m
Puissance absorbée	14.7 kW
Rendement	75.7%
Hauteur manométrique H(Q=0)	29.8 m
Orif. de refoulement	100 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	18.5 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	10
Température maxl. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxl.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	320 kg

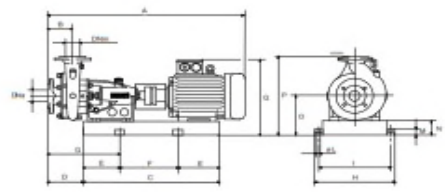
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Fonte
Arbre	Acier traité
Douille arbre	Acier cromé
Roulements à billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



Caractéristiques de fonctionnement				
UNI/ISO 2548/C				
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensions mm

- A = 1325
- B = 160
- C = 1008
- D = 232
- DNa = 125
- DNm = 100
- E = 175
- F = 658
- G = 407
- H = 490
- I = 440
- L = 20
- M = 42
- N = 100
- O = 300
- P = 675
- Q = 610



Notes:			
Date	Page	Offre n°	Pos.N°
20.06.2015	1		

Annexe (23) : caractéristiques de la pompe de R8-R3

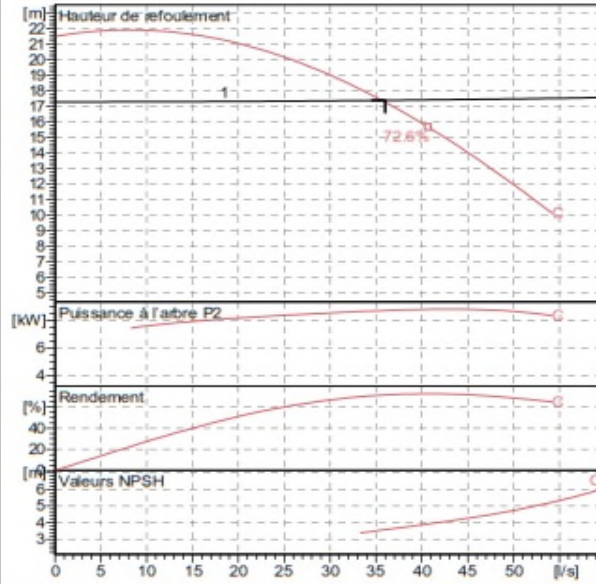


Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

M E C - A 1 / 1 0 0 C	
Caractéristiques requises	
Débit	36 l/s
Hauteur de refoulement	17.4 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	36 l/s
Hauteur de refoulement	17.4 m
Puissance absorbée	8.71 kW
Rendement	71.5%
Hauteur manométrique H(Q=0)	21.5 m
Orif. de refoulement	100 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	11 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3-
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	10
Température maxl. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxl.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	192 kg

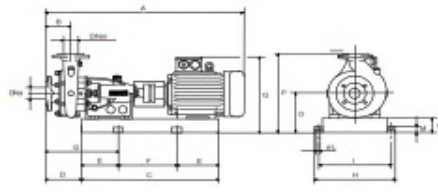
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Fonte
Arbre	Acier traité
Douille arbre	Acier cromé
Roulements à billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



Caractéristiques de fonctionnement				UNI/ISO 2548/C
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

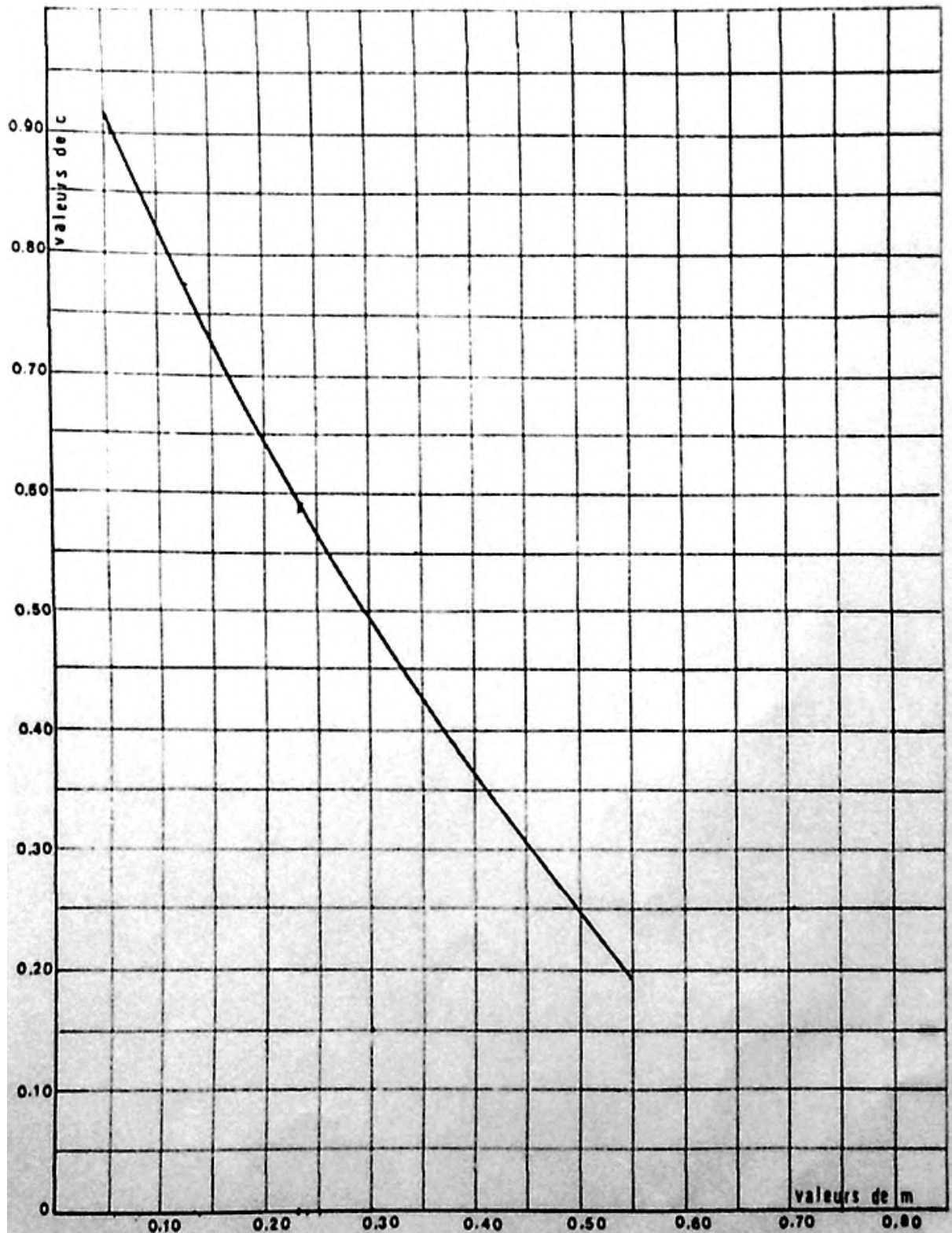
Dimensions mm

- A = 1130
- B = 135
- C = 828
- D = 199
- DNa = 125
- DNm = 100
- E = 150
- F = 528
- G = 349
- H = 430
- I = 390
- L = 16
- M = 38
- N = 80
- O = 240
- P = 515
- Q = 534



Notes:			
Date	Page	Offre n°	Pos.N°
20.06.2015	1		

Annexe (24) : Coefficient de perte de charge c dans une tuyère



CHAPITRE I

Description du site et l'état actuel du réseau d'AEP

CHAPITRE II

DIAGNOSTIC PHYSIQUE

CHAPITRE III

ESTIMATION DES BESOINS

CHAPITRE IV

RESERVOIRS

CHAPITRE V

ADDUCTION

CHAPITRE VI

POMPES ET STATIONS DE POMPAGE

CHAPITRE VII

PROTECTION ET POSE DES CONDUITES



CONCLUSION GENERALE



INTRODUCTION GENERALE



Annexes



Bibliographie

RESUME

Dans le présent mémoire, nous avons fait une étude technique complète du projet d'alimentation en eau potable en faveur de la ville de Tadjanet (wilaya de mila) à partir des trois quatre forages sur un horizon de 25 ans.

Après avoir présenté le site globale du projet, nous avons entamé dans le diagnostic physique du réseau, ensuite l'étude des besoins en eau des différents catégories d'usage qui émerge les différents débits.

Puis, nous avons dimensionné les réservoirs suivant le régime de consommation des agglomérations, suivie d'une étude techno-économique de l'adduction, et nous avons fait le choix des pompes adéquates de chaque station de pompage ainsi forage.

En dernier lieu, nous avons présenté des solutions de la sécurisation des installations contre le phénomène transitoire du coup de bélier.

الملخص

في هذه الأطروحة. قمنا بدراسة تقنية كاملة لمشروع إمداد مدينة تاجنانت بالمياه الشروب عن طريق اربعة ابار من اجل زمن قدره 25 عاما.

بعد عرض منطقة المشروع شرعنا في المعاينة الحالة الفيزيائية للشبكة و بعدها قمنا بدراسة الطلب على الماء لمختلف ميادين استعماله و الذي يوضح لنا مختلف التدفقات.

و بعد ذلك قمنا بتصميم الخزانات وفقا لمعدل الاستهلاك . و اتبعنا هذا بدراسة تقنية اقتصادية و قمنا ايضا باختيار المضخات الموافقة لكل محطة ضخ.

و في الاخير قمنا بعرض حلول لحماية قنواتنا ضد الضغط العالي و الضغط المنخفض.

Abstract

In this specification, we made a comprehensive technical study of the drinking water supply project for the city of Tadjenamet from three of four holes on a 25-year horizon.

After having presented the overall project, we started in the physical diagnosis of the network, then the study of the water needs of different categories of use that emerges different rates.

We then sized reservoirs following the consumption pattern of settlements, followed by a techno-economic study of the supply, and we have chosen the appropriate pump each pump station and drilling.

Finally, we presented solutions securing facilities against transient phenomenon of water hammer.