

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté de génie de construction
Département de Génie Civil



Mémoire de fin d'études

En Vue d'obtention du diplôme de Master en Génie Civil

Option : Construction Hydraulique et Aménagement



Réalisé par

Mr. BOUARABA HOCINE
Mr. BENAMEUR MAZIGH

Proposé par

Mr. DEHMOUS

Année universitaire: 2020-2021

Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions DIEU le tout puissant pour nous avoir guidé vers le bon chemin et nous avoir donnée la volonté et le courage d'atteindre cette objectif tant voulu.

Nos remerciements et notre gratitude à nos familles respectives pour leur soutien, leur aide, leurs encouragements ainsi que tout leur sacrifice afin de nous permettre d'aboutir à ce projet.

Nous sommes également très reconnaissants à notre promoteur M^r DEHMOUS qui n'a pas été avare de conseils durant son encadrement, et pour nous avoir aussi accordé sa confiance et son aide.

Nos remerciements s'adressent aussi au corps enseignants et à tous les personnels du département de génie civil, et aux membres du jury qui nous feront l'honneur de juger notre modeste travail.

Que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire trouve ici l'expression de nos plus profonds Sentiments.

DEDICACES

✿ Je dédie ce modeste travail à... ✍

Mes très chers et tendres parents, et qui m'ont tout donné, encouragement, soutiens moraux et matériels, amour. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, et le respect que j'ai pour eux. Que le dieu, le tout puissant, vous préserve et vous accorde santé, longue vie, bonheur et vous garde pour nous.

Mon très cher et adoré frère AMINE , qui a été toujours a mes coté, et qui me supporte à toute épreuve et qui me pousse à devenir meilleure, pour qui je souhaite beaucoup de réussite et sucées.

A mes chers grands parents, oncles sur tout Amar et Mohamed, tentes, cousins, cousines.

A ma chère amie et binôme Mazigh .

A tous mes ami(e)s spécialement : Lyes kechiha et tiha, Samir syramique ,wazna et samira ,hakim pro et karim .

A tous ceux qui m'ont porté et me portent dans leurs cœurs.

Hocine.

Dédicaces

À chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pensée pour se rappeler de ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence, mais surtout les mauvais. Ces personnes qui nous ont aidés sans qu'on leur demande, soutenus sans réserve, aimé sans compter, ces personnes qui en cru en nous et que grâce à qui notre bonheur et joie reviennent de droit, à qui un malheur en nous, en eux se transforme en pleur. Que le tout puissant nous garde ces personnes très chères à nos cœurs.

Je dédie ce modeste mémoire qui est l'accomplissement de longues années d'études, en premier lieu à :

Mes très chers parents à qui je dois beaucoup pour leurs sacrifices, leur amour, leur aide et leur soutien

Mes très chers oncles et tante Nida et Wassila à qui je dois beaucoup (sans leurs aide, conseils et leurs encouragements je ne serais jamais arrivé à ce que je suis aujourd'hui

Mes très chers frères, Krim, Juba et Ghiles, mes chères sœurs Hinane et Imane et la petite Melina que J'aime beaucoup, dieu vous garde pour nous inshallah

A mes chers amis, ceux qu'on trouve aux moments difficiles, en particulier Mohamed et Karim

A mon cher ami et binôme Hocine

Mazigh Benameur

« *Chacun a son souci ; l'eau est celui du meunier.* » Proverbe turc.

Liste des figures**Liste des tableaux****Introduction générale.....01****Chapitre I Présentation de la région**

I.1. Introduction.....	03
I.2. Situation géographique	03
I.3. Situation hydrographique	04
I.4. Situation climatique	04
I.4.1. Le climat	04
I.4.2. Les vents	04
I.4.3. La Pluviométrie.....	04
I.5. Activités agricoles et industrielles	04
I.6. Situation démographique	05
Conclusion.....	06

Chapitre II Estimation des besoins en eau

II. Introduction	07
II.2. Estimation de la population à l’horizon.....	07
II.3.1. Les besoins domestiques	09
II.3.2. Besoins scolaires.....	10
II.3.3. Besoins administratifs.....	11
II.3.4. Besoins sanitaires	12
II.3.5. Besoins socio-culturels	12
II.3.6. Récapitulatif des différentes consommations journalières	13
II.4. Estimation des besoins en eau en tenants compte des pertes.....	14
II.5. Variations de consommation maximale et minimale journalière	15
II.5.1. Consommation maximale journalière.....	15
II.5.2. Consommation minimale journalière	15
II.6. Répartition des débits par zone d’alimentation.....	17
II. Conclusion	18

Chapitre III Diagnostic des ouvrages hydrauliques

III.1. Introduction	19
III.2. Ouvrage de stockage	19
III.2.1. Réservoir Tazazrait.....	19
III.2.2. Réservoir de la SR1.....	20
III.2.3. Réservoir Bousahel	21
III.2.4. Réservoir Ikhriben	22
III.2.5. Réservoir d’Afensou	23
III.6. Réservoir de Belias.....	24
III.2.7. Réservoir d’Igounnan	25
III.2.8. Réservoir de Charaioua	26
III.2.9. Réservoir d’Ighil Oumechdal	27
III.2.10. Réservoir d’Amalou	27
III.2.11. Réservoir Tala Amara	28
III.3. Les stations de reprise	29
III.3.1. Station de reprise 01	29
III.3.2. La station de reprise 02	29
III.4. Système d’adduction	30
III.4.1. Adduction gravitaire.....	30
III.4.2. Adduction par refoulement.....	30
III.5. Conclusion	31

Chapitre IV Calculs des réservoirs

IV. Introduction.....	32
IV. 2. Fonctions des réservoirs.....	32
IV. 3. Classification des réservoirs.....	33
IV. 3.1. Situation des lieux.....	33
IV. 3.2. Nature des matériaux de construction.....	33
IV. 4. Emplacement des réservoirs.....	33
IV. 5. Équipements du réservoir.....	33
IV. 6. Capacité du réservoir.....	34
IV. 6.1. Volume total du réservoir.....	35
IV. 7. Dimensionnement des capacités des réservoirs	35
IV. 7.1. Dimensionnement de la capacité du réservoir 1	35

IV. 7.2. Dimensionnement de la capacité du réservoir de Bousahel.....	36
IV. 7.3. Dimensionnement de la capacité du réservoir d'Ikhruben.....	38
IV. 8. Forme des réservoirs	39
IV. 9. Conclusion	40

Chapitre V Calcul d'adduction

V. Introduction	41
V.2. Définition et types d'adductions.....	41
V.2.1. Adduction gravitaire.....	41
V.2.2. Adduction par refoulement.....	41
V.2.3. Adduction mixte	41
V.3. Critères de choix de tracé	41
V.4. Description du schéma d'adduction	42
V.5. Choix du matériau des conduites.....	42
V.6. Etude technico-économique des conduites.....	43
V.7. Calcul hydraulique	43
V.7.1. Calcul de la vitesse	43
V.7.2. Calcul des pertes de charge	43
V.7.2.1. Les Pertes de charge linéaires.....	44
V.7.2.2. Les Pertes de charge singulières.....	44
V.7.2.3. Les pertes de charge totales.....	44
V.7.3. Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation.....	44
V.7.4. Puissance de pompage.....	45
V.7.5. Energie consommée par la pompe.....	45
V.7.6. Coût d'énergie et frais d'exploitation.....	45
V.7.7. Frais d'amortissement	45
V.7.8. Calcul du bilan.....	46
V.8. Calcul des conduites gravitaires	46
V.9. Equipements de l'adduction	46
V.9.1. Robinets-vannes	46
V.9.2. Clapets	46
V.9.3. Vidange	47
V.9.4. Ventouses	47
V.10. Calcul du diamètre économique de l'adduction par refoulement.....	47
V.10.1. Tronçon SR2-SR4	47

V.10.2. Calcul du bilan.....	47
V.11.Conclusion.....	49

Chapitre VI Pompes et stations de pompage

VI.1. Introduction.....	50
VI. 2. Définition	50
VI. 3. Eléments constitutifs d'une station de pompage.....	50
VI. 4. Classification des pompes.....	50
VI. 4.1. Les pompes volumétriques.....	50
VI. 4.2. Les turbopompes	50
VI. 5. Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge	52
VI. 6. Constitution d'une pompe centrifuge.....	52
VI. 6.1. Diffuseur et volute	52
VI. 6.2. La roue	53
VI. 6.3. Vis de remplissage	54
VI. 6.4. Presse-étoupe	54
VI. 6.5. Flasques "disques"	54
VI. 6.6. Le palier	54
VI. 6.7. L'arbre	54
VI. 7. Choix des pompes	54
VI. 8. Caractéristiques hydrauliques d'une pompe	54
VI. 8.1. La courbe hauteur-débit ($H = f(Q)$).....	54
VI. 8.2. La courbe rendement-débit ($\eta = f(Q)$).....	54
VI. 8.3. La courbe des puissances absorbées-débit ($P = f(Q)$).....	54
VI. 9. Caractéristiques d'une conduite	55
VI. 10. Le point de fonctionnement de la pompe.....	55
VI. 10.1. Réduction ou augmentation du temps de pompage.....	56
VI. 10.2. Régulation par étouffement (Le vannage).....	56
VI. 10.3. Rognage de la roue.....	57
VI. 10.4. Variation de la vitesse de rotation	57
VI. 11. Couplage des pompes.....	58
VI. 11.1. Couplage en parallèle.....	58
VI. 11.2. Couplage en série	58
VI. 12. Etude de la cavitation.....	58
VI. 13. Types de pompes à adopter pour la station de reprise SR2.....	59

VI. 13.1. Caractéristique de la conduite	59
VI. 13.2. Caractéristique de la pompe	60
VI. 13.3. vérification de la non cavitation	60
VI. 14. Conclusion	61

Chapitre VII Protection des conduites

VII.1. Introduction	62
VII.2 Définition	62
VII.2.1. Les causes de ce phénomène	62
VII.2.2. Les conséquences de ce phénomène	62
VII.3. Analyse physique du phénomène	63
VII.4. Les moyens de protection contre le coup de bélier	66
VII.4.1. Volant d'inertie	66
VII.4.2. Soupape de décharger	67
VII.4.3. Cheminée d'équilibre	67
VII.4.4. Réservoir d'air	68
VII.5. Calcul hydraulique	68
VII.5.1. Données de base	68
VII.5.2. Calcul de la célérité des ondes	69
VII.5.3. Calculer de la valeur du coup de bélier	69
VII. Conclusion	70

Conclusion générale	71
----------------------------------	-----------

Reference bibliographique

Figure (I-1): Situation géographique de la commune de Tizi-Rached.....	03
Figure (III.1) : Réservoir de Tazazrait et la chambre de vanne	20
Figure (III.2) : Vue extérieure du réservoir de la SR1 et la chambre de vanne.....	21
Figure (III.3) : Vue extérieure du réservoir de Bousahel et la chambre de vanne.....	22
Figure (III.4) : Vue extérieure du réservoir d'Ikhriben et la chambre de vanne.....	23
Figure (III.5) : Vue extérieure du réservoir d'Afensou et la chambre de vanne.....	24
Figure (III.6) : Vue extérieure du réservoir de Belias et la chambre de vanne.....	24
Figure (III.7) : Vue extérieure du réservoir d'Igounnan et la chambre de vanne	25
Figure (III.8) : Vue extérieur du réservoir de Charaioua.....	26
Figure (III.10) : Vue extérieure du réservoir d'Amalou et la chambre de vanne	28
Figure (III.11) : vue extérieure du réservoir de Tala Amara et la chambre de vann	29
Figure (VI-1) pompe centrifuge	51
Figure (VI-2) Pompe hélico-centrifuge.....	51
Figure (VI-3) Pompe axiale.....	51
Figure (VI-4) : Diffuseur et volute.....	53
Figure (VI-5): Roue fermée.....	53
Figure (VI-6) : Roue semi ouverte	53
Figure (VI-7) : Roue ouverte.....	53
Figure (VI-8) : Presse-étoupe.....	54
Figure (VI-9) : Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge	55
Figure (VI-10) : Point de fonctionnement d'une pompe.....	55
Figure (VI-11) : Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré.....	58
Figure (VI-12) : courbes caractéristiques de la pompe de la SR2	60
Figure (VII-1) : Le Coup de Bélier.....	62
Figure (VII-2) : Conséquence du Coup de Bélier.....	63
Figure (VII-3) : représentation du phénomène pendant la phase 01 ($0 < t < T$).....	64
Figure (VII-4) : représentation du phénomène pendant la phase 02 ($T < t < 2T$).....	64
Figure (VII-5) : représentation du phénomène pendant la phase 03 ($2T < t < 3T$).....	65
Figure (VII-6) : représentation du phénomène pendant la phase 04 ($3T < t < 4T$).....	66
Figure (VII-7) : volant d'i.....	66
Figure (VII-8) : soupape de décharger.....	67
Figure (VII-9) : Cheminée d'équilibre	67
Figure (VII-10) : Principe de la disposition d'un réservoir d'air	68

Tableau (I) : Répartition de la population de la commune de Tizi Rached par village	05
Tableau (II-1) : Evolution de la population à différents horizons	08
Tableau (II-2) : Equipements de la zone d'étude	09
Tableau (II-3) : Besoins domestiques en m³/j des différentes agglomérations	10
Tableau (II-4): Besoins scolaires en m³/j des différentes agglomérations	11
Tableau (II-5) : Besoins administratif en m³/j des différentes agglomérations.....	12
Tableau (II-6) : Besoins sanitaire en m³/j des différentes agglomérations.....	12
Tableau (II-7): Besoins administratif en m³/j des différentes agglomérations.....	13
Tableau (II-8) : récapitulatif des différentes consommations journalières	14
Tableau (II-9) : Consommations maximale et minimale journalière pour chaque village	16
Tableau (II-10) : répartition des débits par zone d'alimentation	17
Tableau (III-1) : Caractéristiques du réservoir de Tazazrait.....	19
Tableau (III-2) : Caractéristiques de réservoir de la SR1	20
Tableau (III-3) : Caractéristiques du réservoir de Bousahel	21
Tableau (III-4) : Caractéristiques du réservoir d'Ikhriben	22
Tableau (III-5) : caractéristiques du réservoir d'Afensou	23
Tableau (III-6) : Caractéristiques du réservoir de Belias	24
Tableau (III-7) : caractéristiques du réservoir d'Igounnan.....	25
Tableau (III-8) : caractéristiques du réservoir de Charaioua.....	26
Tableau (III-9) : Caractéristiques du réservoir d'Ighil Oumechdal.....	27
Tableau (III-10) : Caractéristiques du réservoir de d'Amalou	27
Tableau (III-11) : caractéristiques du Réservoir Tala Amara.....	28
Tableau (III-12) : Caractéristiques de la SR1	29
Tableau (III-13) : Caractéristiques de la SR2.....	29
Tableau (III-14) : Caractéristiques de l'adduction gravitaire	30
Tableau (III-15) : Caractéristiques de l'adduction par refoulement.....	30
Tableau (V-1) : Calculs du diamètre économique pour le tronçon (SR2-SR4)	33
Tableau (IV-1) : Evaluation de volume du réservoir de la SR1	36
Tableau (IV-2) : Evaluation du volume du réservoir de Bousahel	37
Tableau (IV-3) : Evaluation du volume du réservoir de Ikhriben.....	38
Tableau (IV-4): Tableau donnant les dimensions des réservoirs	39
Tableau (V-1) : Calculs du diamètre économique pour le tronçon (SR2-SR4).....	48
Tableau (VI-1) : Tension de vapeur d'eau pompée en fonction de la température	59
Tableau (VII-1) : caractéristique de la conduite	68
Tableau (VII-2) : les différentes valeurs de K en fonction du matériau.	69

Introduction générale

L'eau est indispensable à l'existence, au développement et à la vie de l'homme. De sa conception à la réalisation de ses activités comme l'industrie ou l'agriculture, l'homme a besoin de l'eau. Elle est une ressource si vitale qu'elle semble banale, mais sans elle, l'homme disparaîtrait.

On l'appelle aujourd'hui « l'or bleu », c'est un besoin fondamental, irremplaçable et chaque être humain a le droit à l'eau salubre. Mais pour près d'un milliard de personnes, cette promesse n'est pas encore tenue, ils vivent sans eau potable. La terre connaît une véritable crise d'eau. Parmi les pays qui sont touchés par cette problématique, l'Algérie.

Le schéma d'alimentation en eau potable de la commune de Tizi Rached est constitué de trois parties distinctes :

- la zone alimentée à partir des forages sur l'oued Sebaou (chef-lieu et environs)
- la zone alimentée à partir de la chaîne d'Irdjen (Tala Amara)
- La zone alimentée à partir de Larba Nath Irathene (les villages du sud de la commune)

Toute cette commune, souffrait du manque d'eau, jusqu'à son raccordement au transfert Taksebt-Azazga. Cependant seule la zone chef-lieu a été raccordée, de ce fait les deux zones restantes sont demeurées mal alimentées. Une réflexion est alors engagée à l'effet de réaliser, l'extension de la chaîne du chef-lieu d'autant plus que l'eau est disponible. Cette problématique fera donc l'objet de notre étude. Il s'agit de dimensionner les extensions de la chaîne en ouvrage et canalisations, de vérifier les infrastructures existantes à l'effet de les garder, de les réformer ou de les renforcer.

Afin d'aboutir aux objectifs du projet, l'étude est structurée en huit chapitres : Une présentation globale du site et une idée sur la situation hydraulique dans la région d'étude, feront l'objet du premier chapitre.

-En second lieu, nous présenterons les estimations des différents besoins de la population.

-Le troisième chapitre sera consacré pour l'étude de diagnostic des ouvrages de stockage et de transfert

- Le quatrième chapitre sera consacré au dimensionnement des réservoirs de stockage projeté ainsi que la station de reprise pour mieux harmoniser entre l'offre et la demande en eau de la population
 - Dans le cinquième chapitre, on s'intéressera au calcul des conduites d'adduction, en tenant compte du côté économique.
 - Tandis que le choix des pompes à utiliser pour la station de pompage sera traité dans le sixième chapitre.
 - Par la suite, nous passerons, dans le septième chapitre, à la protection des conduites, ayant pour objectif d'avoir un réseau résistant et durable.
- Une conclusion générale achèvera notre étude.

I.1. Introduction

Dans la cadre de ce projet, nous allons nous intéresser à l'alimentation en eau potable de la région de Tizi Rached. Ainsi, nous avons jugé utile de présenter dans ce premier chapitre les caractéristiques de la région à savoir ; la situation géographique, la situation hydrographique, la situation climatique, le caractère agricole et industrielle et enfin la situation démographique.

I.2. Situation géographique

La commune de Tizi Rached a une superficie de 31.05 km², elle est située à une quinzaine de kilomètres à l'Est du Chef-lieu de la Wilaya de Tizi Ouzou.

-Administrativement la commune de Tizi Rached est délimitée comme suit :

- Au Nord** : par les communes de Ouagnoune et Freha.
- A l'Est** : par les communes de Mekla et Ait Oumalou.
- Au Sud** : par les communes de Larbaa Nath Irathen et Irdjen.
- A l'ouest** : par la commune de Tizi Ouzou.

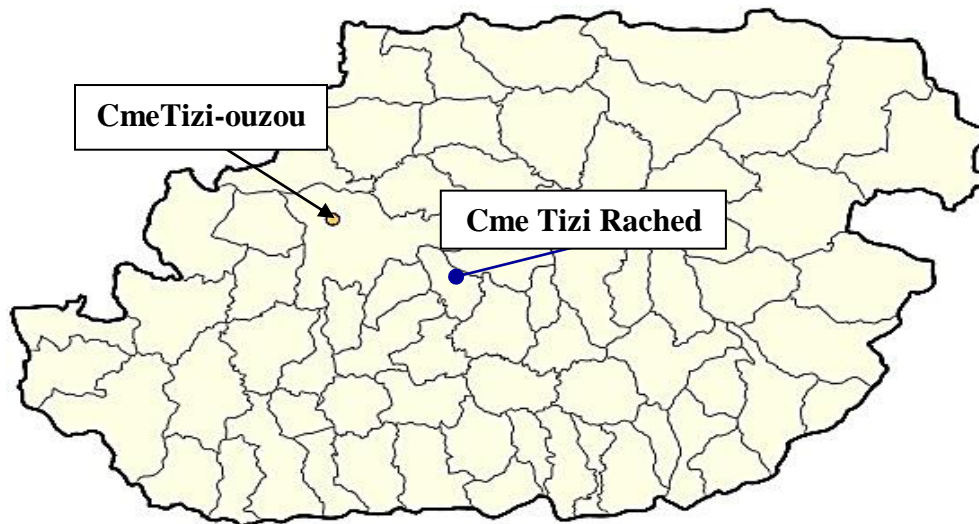


Figure (I-1): Situation géographique de la commune de Tizi-Rached

Du point de vue de l'aménagement, la commune de Tizi Rached compte trois zones qui se présentent comme suit :

- La zone de montagne** : située au sud de la commune et qui correspond au site d'implantation de 08 villages structurés le long des chemins communaux.

-**la zone tampon** : située au piémont de la zone de montagne où est implantée l'agglomération chef-lieu

- **La zone de Plaine** : située au Nord de la commune sur laquelle sont implantés la zone industrielle d'Oued Aissi et la zone d'activité de Taboukert

I.3. Situation hydrographique

Le réseau hydrographique de la commune se rattache au bassin du Sebaou est constitué de trois oueds. Les trois oueds sont :

-**Oued Sebaou** : cours d'eau principal du bassin versant, il traverse la commune au Nord sur une longueur de 18.95 km d'Est en Ouest.

-**Oued Rebta** : traverse la commune sur la limite Est sur une longueur de 6.21km du Sud au Nord et se déverse dans l'Oued Sebaou.

- **Oued Bousmahel** : traverse la commune sur la limite Ouest.

Remarque : La zone Nord de la commune est une plaine constituée d'alluvions qui représente des terrasses aquifères donnant des nappes aquifères importantes.

I.4. Situation climatique

I.4.1. Le climat

Le climat de la région de Tizi Rached est dit méditerranéen tempéré, caractérisé par deux saisons un hiver froid et humide et un été chaud et sec, Avec des températures très élevées en été vers le mois de Juillet et Août, avec une moyenne de 28,12°C, et basses aux mois de Janvier et Février avec une moyenne de 10.55°C

I.4.2. Les vents

Les vents sont de toutes directions durant toute l'année, à l'exception de l'été où les vents d'EST prédominent

I.4.3. La Pluviométrie

Les précipitations moyennes annuelles varient entre 500 et 800 mm, elles tombent durant 7 mois (entre Octobre et Mars)

I.5. Activités agricoles et industrielles

La commune de Tizi Rached compte plusieurs unités industrielles importantes telle que : ENIEM, FRIGOR, SONATRCH, SNVI et NAFTAL.

Ce pendant ces activités sont concentrées dans la partie nord de la commune alors que dans la partie sud (celle qui est concernée par notre étude) nous n'avons pas recensé d'activités industrielles, du fait de son caractère villageois et résidentiel.

Le secteur de l'agriculture occupe une place importante dans l'activité économique de la commune.

I.6. Situation démographique

L'étude de la population reste une partie fondamentale dans notre étude. D'après le dernier Recensement qui a été effectué par le service de l'APC de Tizi Rached (2008), la population de la commune était de 17112 habitants avec un taux d'accroissement de 1 % .la Répartition de la population de la commune de Tizi Rached par village est représentée dans le tableau (1) ci –dessous.

Aglomération	Nombre d'habitants
Bousahel	1492
Tizenaguine	713
Takaats	690
Charaioua	741
Ikhriben	1271
Tizi Rached	2136
Amalou	176
Tala Amara	2189
Taboukert	997
Timezghida	1602
Ifknes	267
Tala Toulmout	1809
Lazib	709
Belias	162
Igounnan	491
Ighil Oumechdal	466
Abassane	615

Tableau (I-1) : Répartition de la population de la commune de Tizi Rached par village

Remarque : Le système d'alimentation concerne seulement les villages suivants (Ikhriben, Charaioua, Belias, Bousahel, centre-ville de Tizi Rached, Lazib-Charaioua, Taboukert, Timezguida, Tala Toulmout, Takaats ,Ighil Oumechdal, Amalou, Igounnan, Tala Amara, Agouni Oujilban et Iboudraren). Ce qui veut dire que la population concernée sera égale à 16620 habitants, les autres villages sont alimentés par un autre système d'alimentation.

I.7. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de récolter les données concernant la zone d'étude du point de vue géographique, topographique, géologique, climatologique et démographique. Ces informations vont nous servir dans l'estimation des besoins qui seront présentés dans le chapitre suivant.

II.1. Introduction

Une bonne conception du projet commence tout d'abord par une bonne estimation des besoins que peut exiger l'agglomération en question. Dans ce présent chapitre on essayera d'évaluer ces besoins.

II.2. Estimation de la population à l'horizon

Selon l'Office National des Statistiques et les Recensements General de la Population et de l'Habitat (RGPH) 1998 et 2008, le taux d'accroissement est inférieur à 1% (0.87 % par année), pour notre étude nous retiendrons un taux d'accroissement de 1% pour l'estimation des populations futures, nous effectuerons nos prévisions pour l'horizon futur 2051.

Pour un taux d'accroissement défini, la loi d'évolution de la population d'une agglomération est donnée par la formule des intérêts composés suivante :

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

Avec :

- P_n : population à l'horizon d'étude.
- P_0 : la population a l'année de référence (2008).
- τ : Le taux d'accroissement de la population en (%), dans notre cas $\tau=1\%$
- n : le nombre d'années séparant l'année de référence de l'année d'horizon qui sont dans l'ordre (2008 et 2051)

Le résultat de calcul de la population est représenté dans le tableau 1 ci-dessous :

Village	2008	2021	2036	2051
Belias	162	184	244	374
Igounnan	491	559	636	976
Timezghida	1602	1823	2075	3183
Charaioua	2012	2290	2606	3998
Ighil Oumchdal	466	530	604	926
Amalou	176	200	228	350
Agouni Oujilban	418	476	541	831
Lazib Charaioua	709	807	918	1409
Tala Amara	2189	2491	2835	4349
Tala Toulmout	1809	2059	2343	3594
Takaats	690	785	894	1371
Taboukert	997	1135	1291	1981
Ikhriben	1271	1447	1646	2525
Tizi Rached	2136	2431	2767	4244
Bousahel	1492	1698	1933	2964
Total	16620	18915	21527	33022

Tableau (II-1) : Evolution de la population à différents horizons

II.3. Evolution des besoins en eau de la population de la région d'étude

Dans le cadre de cette étude, la dotation moyenne adoptée est celle indiquée par le service de l'APC de Tizi Rached à savoir 150l/j/hab. Concernant les équipements existants dans la zone d'étude, ils sont récapitulés dans le tableau 2 ci-dessous :

Zone	Secteur	Equipements
Tizi Rached	Scolaire	12 écoles primaires 02 CEM 02 Lycées
	Administratif	02 Postes 01 Banque 01 APC 01 Daira
	Sanitaire	04 Salles de soins
	Socio-culturel	06 Mosquées 09 Maisons de jeunes

Tableau (II-2) : Equipements de la zone d'étude

II.3.1. Les besoins domestiques

Le Calcul des besoins moyens journaliers à l'horizon est donné par la formule suivante :

$$Q_{moy.j} = \frac{\sum N_i.q_i}{1000}$$

Ou :

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

* q_i : dotation moyenne journalière en (l/j/hab.).

* N_i : nombre de consommateurs.

Remarque : La consommation moyenne journalière de toute l'Agglomération s'obtient en additionnant toutes les consommations moyennes journalières des différents secteurs.

Les différentes consommations journalières à différents horizons sont données dans le tableau 3 ci – après :

Village	Habitants en 2021	Besoin	Habitants en 2036	Besoin	Habitants en 2051	Besoin
Belias	184	27,66	243,61	36,54	374	56,05
Igounnan	559	83,82	635,97	95,40	976	146,33
Timezghida	1 823	273,48	2075,00	311,25	3183	477,45
Charaioua	2 290	343,48	2606,06	390,91	3998	599,64
Ighil Oumchdal	530	79,55	603,59	90,54	926	138,88
Amalou	200	30,05	227,97	34,19	350	52,45
Agouni Oujilban	476	71,36	541,42	81,21	831	124,58
Lazib Charaioua	807	121,04	918,34	137,75	1409	211,31
Tala Amara	2 491	373,69	2835,32	425,30	4349	652,40
Tala Toulmout	2 059	308,82	2343,12	351,47	3594	539,14
Takaats	785	117,79	893,73	134,06	1371	205,64
Taboukert	1 135	170,20	1291,37	193,71	1981	297,14
Ikhriben	1 447	216,98	1646,27	246,94	2525	378,80
Tizi Rached (chef-lieu)	2 431	364,65	2766,67	415,00	4244	636,60
Bousahel	1 698	254,71	1932,52	289,88	2964	444,67
Total	18 915	2837,27	21527,16	3234,14	33022	4961,10

Tableau (II-3) : Besoins domestiques en m³/j des différentes agglomérations

II.3.2. Besoins scolaires

Pour l'estimation des besoins scolaires, nous avons retenu la dotation de 15 L/j/élève. Les besoins ainsi obtenus sont regroupés dans le tableau 4 suivant :

Villages	Equipements	Effectif	Besoin
Charaioua	01 Ecole primaire	290	4,35
Ighil Oumechdal	01 Ecole primaire	70	1,05
Agouni Oujilban et Iboudraren	01 Ecole primaire	45	0,675
Lazib Charaioua	01 Ecole primaire	75	5,625
Tala Amara	01 Ecole primaire	178	2,67
	01 CEM	230	3,45
Tala Toulmout	01 Ecole primaire	192	2,88
Takaats	01 Ecole primaire	75	1,125
Taboukert	01 Ecole primaire	106	1,59
Ikhriben	01 Ecole primaire	58	0,87
	01 Lycée	135	2,025
Tizi Rached (Chef-lieu)	01 Ecole primaire	167	2,505
	01 CEM	215	3,225
	01 Lycée	294	4,41
Bousahel	01 Ecole primaire	159	2,385

Tableau (II-4) : Besoins scolaires en m³/j des différentes agglomérations

II.3.3. Besoins administratifs

Pour l'estimation des besoins administratifs, nous avons retenu la dotation de 30 l/j/employé. Les besoins ainsi obtenus sont regroupés dans le tableau 5 suivant :

Villages	Type d'équipement	Nombre d'employés	Besoins
Tala Amara	01 poste	5	0,15
Tizi Rached (Chef-lieu)	01 poste	6	0,18
	01 banque	20	0,6
	01 APC	15	0,45
	01 Daira	10	0,3

Tableau (II-5) : Besoins administratif en m³/j des différentes agglomérations

II.3.4. Besoins sanitaires

Pour l'estimation des besoins sanitaires, nous avons retenu la dotation de 500 L/j/lit .Les besoins ainsi obtenus sont regroupés dans le tableau 6 suivant :

Villages	Equipements	Nombre	Nombre de lit	Besoins
Ighil Oumchdal	Salle de soin	1	2	1
Tala Amara	Salle de soin	1	3	1,5
Taboukert	Salle de soin	1	2	1
Tizi Rached (chef-lieu)	Centre de santé	1	5	2,5

Tableau (II-6) : Besoins sanitaire en m³/j des différentes agglomérations

II.3.5. Besoins socio-culturels

Les besoins socio-culturels sont regroupés dans le tableau 7 suivant :

Village	Type d'équipements	Nombre d'employés	Dotation	Besoin
Belias	01mosquée	3	15	0,045
	01maison de jeune	6	60	0,36
Ighil Oumechdal	01mosquée	4	15	0,06
	01maison de jeune	5	60	0,3
Tala Amara	01mosquée	4	15	0,06
	01maison de jeune	12	60	0,72
Takaats	01mosquée	5	15	0,075
	01maison de jeune	8	60	0,48
Igounane	01maison de jeune	5	60	0,3
Chraioua	01mosquée	4	15	0,06
Tizi Rached (chef-lieu)	01mosquée	8	15	0,12
	03maisons de jeunes	15	60	0,9
Taboukert	01maison de jeune	8	60	0,48

Tableau (II-7): Besoins administratif en m³/j des différentes agglomérations

II.3.6. Récapitulatif des différentes consommations journalières

Les besoins de différentes consommations calculés ci-avant sont regroupés dans le tableau (8) suivant :

Village	Domestiques (m ³ /j)	Scolaires (m ³ /j)	Administratifs (m ³ /j)	Sanitaires	Socioculturel (m ³ /j)	Q (m ³ /j)
Belias	56,05				0,405	56,46
Igounnan	146,33				0,3	146,63
Timezghida	477,45					477,45
Charaioua	599,64	4,35			0,06	604,05
Ighil Oumchdal	138,88	1,05		1	0,36	141,29
Amalou	52,45					52,45
Agouni Oujilban et Iboudraren	124,58	0,6758				125,25
Lazib Charaioua	211,31	5,625				216,93
Tala Amara	652,40	6,12	0,15	1,5	0,78	660,95
Tala Toulmout	539,14	2,88				542,02
Takaats	205,64	1,125			0,555	207,32
Taboukert	297,14	1,59		1	0,48	300,21
Ikhriben	378,80	2,895				381,70
Tizi Rached (chef-lieu)	636,60	10,14	1,53	2,5	1,02	651,79
Bousahel	444,67	2,385				447,05
Total						5011,58

Tableau (II-8) : récapitulatif des différentes consommations journalières

II.4. Estimation des besoins en eau en tenant compte des pertes

La consommation moyenne journalière est majorée de 15% pour éviter toute insuffisance dans la consommation journalière et pour combler les fuites qui sont dues soit :

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

La consommation moyenne journalière a été évaluée comme suite :

-Long terme : 5011,58 m³/j

En tenant compte des pertes :

-Long terme : $p = 5011,58 \times 0.15 = 751,74$ m³/j

Donc On aura un débit moyen journalier a horizon 2047 de :

$$Q_{moy.j} = 5011,58 + 751,73 = 5\ 763,32$$

$$Q_{moy.j} = 5\ 763,32 \text{ m}^3/\text{j}$$

II.5. Variations de consommation maximale et minimale journalière

Durant les jours de l'année, le débit consommé peut être plus grand ou plus petit que la valeur moyenne calculée, ceci est dû aux différents climats et coutumes. Il s'agit alors de calculer les

débits de consommation journaliers maximums et minimums.

II.5.1. Consommation maximale journalière

Elle est définie par le coefficient d'irrégularité journalière maximum ($K_{max.j}$), qui tient compte des variations journalières de la consommation. Il représente le rapport entre la consommation maximale journalière et la consommation moyenne journalière.

$$K_{max.j} = \frac{Q_{max.j}}{Q_{moy.j}}$$

Où :

- $Q_{max.j}$: débit maximal journalier (m³/s)

Avec :

- $K_{max.j} \in [1, 1.3]$

On prend $K_{max.j} = 1.3$

D'où : $Q_{max.j} = 1.3 \times Q_{moy}$

II.5.2. Consommation minimale journalière

Elle est définie par le coefficient d'irrégularité journalière minimum ($K_{min.j}$), qui représente le rapport de la consommation minimale journalière et la consommation moyenne journalière.

$$K_{max.j} = \frac{Q_{max.j}}{Q_{moy.j}}$$

Où : $Q_{min.j}$: débit minimal journalier (m^3/s).

Avec : $K_{min.j}$ [0,7-0,9]

On prend $K_{min.j} = 0,9$

D'où : $Q_{min.j} = 0,9 \times Q_{moy.j}$

Ce coefficient nous permet de savoir de combien de fois la consommation minimale journalière est inférieure la consommation moyenne journalière.

Les résultats de calculs des consommations minimales et maximale journalières sont représentés dans le tableau (9)

Village	$Q_{moy.j}$	K max/j	$Q_{max/j}$	K min/j	$Q_{min/j}$
Belias	56,46	1,3	73,40	0,9	50,81
Igounnan	146,63	1,3	190,63	0,9	131,97
Timezghida	477,45	1,3	620,69	0,9	429,71
Charaioua	604,05	1,3	785,27	0,9	543,65
Ighil Oumchdal	141,29	1,3	183,68	0,9	127,16
Amalou	52,45	1,3	68,19	0,9	47,21
Agouni Oujilban et Iboudraren	125,25	1,3	162,83	0,9	112,73
Lazib Charaioua	216,93	1,3	282,01	0,9	195,24
Tala Amara	660,95	1,3	859,23	0,9	594,85
Tala Toulmout	542,02	1,3	704,63	0,9	487,82
Takaats	207,32	1,3	269,52	0,9	186,59
Taboukert	300,21	1,3	390,27	0,9	270,19
Ikhriben	381,70	1,3	496,21	0,9	343,53
Tizi Rached (chef-lieu)	651,79	1,3	847,33	0,9	586,61
Bousahel	447,05	1,3	581,17	0,9	402,35
Total	5011,58	1,3	6515,05	0,9	4510,42

Tableau (II-9) : Consommations maximale et minimale journalière pour chaque village

En intégrant les coefficients d'irrégularité journalière maximum et minimum, on garantit la satisfaction des besoins en eau de notre agglomération, ce qui permet de dimensionner le réseau en fonction du débit maximum journalier qui est égal à :

$$Q_{\max,j} = 6515.05 \text{ m}^3/\text{j}$$

C'est à dire : $Q_{\max,j} = 75.57 \text{ l/s}$.

II.6. Répartition des débits par zone d'alimentation :

La répartition des débits par zone d'alimentation est représentée dans le tableau (10) :

VILLAGE	Q max/j	Pourcentage d'alimentation	Q max/j	Les pertes dans le réseau	Q MAX/J
Tala Toulmout	704,63	0,70	493,24	0,15	567,23
Taboukert	390,27	0,30	117,08	0,15	134,64
Timezghida	620,69	0,80	496,55	0,15	571,03
Taboukert	390,27	0,70	273,19	0,15	314,17
Takaats	269,52	0,70	188,66	0,15	216,96
Timezghida	620,69	0,20	124,14	0,15	142,76
Bousahel	581,17	1,00	581,17	0,15	668,34
Tizi Rached	847,33	1,00	847,33	0,15	974,43
Ikhriben	496,21	1,00	496,21	0,15	570,64
Lazib-Charaioua	282,01	1,00	282,01	0,15	324,31
Tala-Amara	859,23	1,00	859,23	0,15	988,12
Tala Toulmout	704,63	0,30	211,39	0,15	243,10
Charaioua	785,27	1,00	785,27	0,15	903,06
Igounnan	190,63	0,60	114,38	0,15	131,53
Amalou	68,19	1,00	68,19	0,15	78,42
Ighil Oumechdal	183,68	1,00	183,68	0,15	211,23
Igounnan	190,63	0,40	76,25	0,15	87,69
Agouni Oujilban	162,83	1,00	162,83	0,15	187,25
Takaats	269,52	0,30	80,86	0,15	92,98
Belias	73,40	1,00	73,40	0,15	84,41
Total			6515,05		7492,31

Tableau (II-10) : répartition des débits par zone d'alimentation

II.9. Ressources :

L'alimentation de cette chaîne se fait actuellement à partir du réservoir de transfert raccordé à la conduite de transfert TAKSEBT-AZAZGA (DN800), ce dernier alimente la conduite d'adduction gravitaire (DN250) en fonte.

II.10. Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de faire l'estimation du besoin en eau potable de la région de Tizi Rached. Dans le chapitre suivant nous allons dresser le diagnostic des ouvrages hydrauliques de la région d'étude.

III.1. Introduction

Afin de connaître avec précision l'ensemble des éléments qui composent le système d'alimentation en eau potable, de trouver des solutions aux problèmes rencontrés et de prévenir les incidents. Ce chapitre nous permettra de détailler l'état du système d'alimentation en eau potable existant et de faire un diagnostic dans le but de remédier aux différents incidents.

Dans notre étude on s'intéresse aux éléments suivants :

- Les ouvrages de stockage (les réservoirs)
- Les stations de reprise
- Les conduites d'adduction

Après avoir effectué des visites de terrain et pris conseil du bureau d'étude et la direction d'hydraulique de la wilaya de Tizi Ouzou nous avons pu recueillir les différentes informations concernant les différents éléments constituant notre réseau.

III.2. Ouvrage de stockage

III.2.1. Réservoir Tazazrait

Les caractéristiques de cet ouvrage sont décrites dans le tableau (1) ci-dessous :

Capacité (m ³)	1000
Type de cuve	Circulaire semi-enterré
Cote de radier (m)	177
Cote de trop plein (m)	181
Origine d'alimentation	Transfert du barrage (Taksebt-Azazga)
Mode d'alimentation	Refoulement
Remplissage	Surverse
Volume d'incendie (m ³)	120
Secteur desservie	Bâche de la SR1
Étanchéité de la cuve	Bon état
Lavage annuel	Oui

Tableau (III.1) : Caractéristiques du réservoir de Tazazrait

La figure (1) montre le réservoir de Tazazrait ainsi que la chambre de vanne :



Figure (III.1) : Réservoir de Tazazrait et la chambre de vanne

III.2.2. Réservoir de la SR1

Les caractéristiques de cet ouvrage sont décrites dans le tableau (2) ci-dessous :

Capacité (m ³)	500
Type de cuve	Circulaire-semi enterrée
Cote de radier (m)	160
Cote de trop plein (m)	164
Origine d'alimentation	Réservoir Tazazrait 1000 m ³
Mode d'alimentation	Gravitaire
Remplissage	Surverse
Volume d'incendie (m ³)	120
Secteur desservie	La partie basse de la localité Taboukert, La partie basse de Timezghida
Étanchéité de la cuve	Bon état
Lavage annuel	Oui

Tableau (III.2) : Caractéristiques de réservoir de la SR1

La figure (2) montre le réservoir de la SR1 ainsi que la chambre de vanne :



Figure (III.2) : Vue extérieure du réservoir de la SR1 et la chambre de vanne

III.2.3. Réservoir Bousahel

Les caractéristiques de cet ouvrage sont décrites dans le tableau (3) ci -après :

Capacité (m ³)	500
Type de cuve	Surélevé carré
Cote de radier (m)	308
Cote de trop plein (m)	312
Origine d'alimentation	Bâche de la SR1
Mode d'alimentation	Refoulement
Remplissage	Surverse
Volume d'incendie (m ³)	120
Secteur desservie	La partie haute de la localité de Taboukert, le réservoir Ikhriben 500 m ³
Etanchéité de la cuve	Bon état
Lavage annuel	Oui

Tableau (III.3) : Caractéristiques du réservoir de Bousahel

La figure (3) montre le réservoir de Bousahel et la chambre de vanne :



Figure (III.3) : Vue extérieure du réservoir de Bousahel et la chambre de vanne

III.2.4. Réservoir Ikhriben

Les caractéristiques de cet ouvrage sont décrites dans le tableau (4) ci-dessous :

Capacité (m ³)	500
Type de cuve	Circulaire semi -enterré
Cote de radier (m)	422
Cote de trop plein (m)	426
Origine d'alimentation	Réservoir de Bousahel
Mode d'alimentation	Refoulement
Remplissage	Surverse
Volume d'incendie (m ³)	120
Secteur desservie	Chef-lieu de Tizi Rached, localité Ikhriben, localité Lazib Charaioua et une partie de la localité Tala Amara.
Etanchéité de la cuve	Bon état
Lavage annuel	Oui

Tableau (III.4) : Caractéristiques du réservoir d'Ikhriben

La figure (4) montre le réservoir d'Ikhríben et la chambre de vanne :



Figure (III.4) : Vue extérieure du réservoir d'Ikhríben et la chambre de vanne

III.2.5. Réservoir d'Afensou :

Les caractéristiques de cet ouvrage sont décrites dans le tableau (5) suivant :

Capacité (m ³)	500
Type de cuve	Circulaire semi-enterré
Cote de radier (m)	796,5
Cote de trop plein (m)	800,5
Origine d'alimentation	La chaîne d'Oued Rabta
Mode d'alimentation	Gravitaire
Remplissage	Surverse
Volume d'incendie (m ³)	120
Secteur desservi	Sud du chef-lieu, réservoir Belias 100 m ³ , Réservoir Igounnan 50 m ³ , réservoir Charaioua 75 m ³ et réservoir Ighil Oumechdal 75m ³
Etanchéité de la cuve	Bon état
Lavage annuel	Oui

Tableau (III.5) : Caractéristiques du réservoir d'Afensou

La figure (5) montre le réservoir Afensou et la chambre de vanne :



Figure (III.5) : Vue extérieure du réservoir d’Afensou et la chambre de vanne

III.2.6. Réservoir de Belias :

Les caractéristiques de cet ouvrage sont décrites dans le tableau (6) ci-dessous :

Capacité (m ³)	100
Type de cuve	Circulaire semi enterré
Cote de radier (m)	726
Cote de trop plein (m)	730
Origine d’alimentation	Réservoir Afensou 500 m ³
Mode d’alimentation	Gravitaire
Remplissage	Surverse
Volume d’incendie (m ³)	120
Secteur desservie	Secteur de Belias
Etanchéité de la cuve	Bon état
Lavage annuel	Oui

Tableau (III.6) : Caractéristiques du réservoir de Belias

La figure (6) montre le réservoir de Belias et la chambre de vanne :



Figure (III.6) : Vue extérieure du réservoir de Belias et la chambre de vanne

III.2.7. Réservoir d'Igounnan

Les caractéristiques de cet ouvrage sont décrites dans le tableau (7) ci-après :

Capacité (m ³)	50
Type de cuve	Circulaire semi enterré
Cote de radier (m)	751
Cote de trop plein (m)	755
Origine d'alimentation	Réservoir Afensou 500 m ³
Mode d'alimentation	Gravitaire
Remplissage	Surverse
Volume d'incendie (m ³)	120
Secteur desservie	Village Igounnan
Étanchéité de la cuve	Bon état
Lavage annuel	Oui

Tableau (III.7) : Caractéristiques du réservoir d'Igounnan

La figure (7) montre le réservoir d'Igounnan et la chambre de vanne :



Figure (III.7) : Vue extérieure du réservoir d'Igounnan et la chambre de vanne

III.2.8. Réservoir de Charaioua

Les caractéristiques de cet ouvrage sont décrites dans le tableau (8) ci-dessous :

Capacité (m ³)	75
Type de cuve	Circulaire semi-enterré
Cote de radier (m)	531
Cote de trop plein (m)	535
Origine d'alimentation	Réservoir Afensou 500 m ³
Mode d'alimentation	Gravitaire
Remplissage	Surverse
Volume d'incendie (m ³)	120
Secteur desservie	Village Charaioua
Etanchéité de la cuve	Bon état
Lavage annuel	Oui

Tableau (III.8) : Caractéristiques du réservoir de Charaioua

La figure (8) montre la vue extérieure du réservoir Charaioua :



Figure (III.8) : Vue extérieur du réservoir de Charaioua

III.2.9. Réservoir d'Ighil Oumechdal

Les caractéristiques de cet ouvrage sont décrites dans le tableau (9) suivant :

Capacité (m ³)	75
Type de cuve	Circulaire semi-enterré
Cote de radier (m)	687
Cote de trop plein (m)	691
Origine d'alimentation	Réservoir Afensou 500 m ³
Mode d'alimentation	Gravitaire
Remplissage	Surverse
Volume d'incendie (m ³)	120
Secteur desservie	Réservoir Amalou
Etanchéité de la cuve	Bon état
Lavage annuel	Oui

Tableau (III.9) : Caractéristiques du réservoir d'Ighil Oumechdal :

III.2.10. Réservoir d'Amalou

Les caractéristiques de cet ouvrage sont décrites dans le tableau (10) ci-dessous :

Capacité (m ³)	50
Type de cuve	Circulaire semi-enterré
Cote de radier (m)	514
Cote de trop plein (m)	518
Origine d'alimentation	Réservoir Ighil –Oumechdal
Mode d'alimentation	Gravitaire
Remplissage	Surverse
Volume d'incendie (m ³)	120
Secteur desservie	Village Amalou
Etanchéité de la cuve	Bon état

Tableau (III.10) : Caractéristiques du réservoir de d'Amalou

La figure (10) montre la vue extérieure du réservoir d'Amalou et la chambre de vanne :



Figure (III.10) : Vue extérieure du réservoir d'Amalou et la chambre de vanne

III.2.11. Réservoir Tala Amara

Les caractéristiques de cet ouvrage sont décrites dans le tableau (11) ci-dessous :

Capacité (m ³)	500
Type de cuve	Circulaire semi enterré
Cote de radier (m)	422
Cote de trop plein (m)	426
Origine d'alimentation	Réservoir Ikriben (Bâche de la SR4)
Mode d'alimentation	Gravitaire
Remplissage	Surverse
Volume d'incendie (m ³)	120
Secteur desservie	Village Amalou
Etanchéité de la cuve	Bon état
Lavage annuel	Oui

Tableau (III.11) : Caractéristiques du Réservoir Tala Amara

La figure (11) montre la vue extérieure du réservoir de Tala Amara :



Figure (III.11) : Vue extérieure du réservoir de Tala Amara et la chambre de vanne

III.3. Les stations de reprise

La zone d'étude contient deux stations de refoulement **SR1** et **SR2**

III.3.1. Station de reprise 01

Les caractéristiques de la SR1 sont regroupées dans le tableau (12) ci –dessous :

Nombre de pompe	01
Débit nominale (m ³ /h)	160 m ³ /h
Htm (mce)	200
Ouvrage alimenté	Réservoir de Bousahel
Etanchéité de la cuve	Bon état
Lavage annuel	Oui

Tableau (III.12) : Caractéristiques de la SR1

III.3.2. La station de reprise 02

Les caractéristiques de la SR2 sont regroupées dans le tableau (13) ci –dessous :

Nombre de pompe	01
Débit nominale (m ³ /h)	100 m ³ /h
Htm (mce)	120
Ouvrage alimenté	Réservoir d'Ikhriben
Etanchéité de la cuve	Bon état
Lavage annuel	Oui

Tableau (III.13) : Caractéristiques de la SR2

III.4. Système d'adduction

Le présent système d'adduction est composé de conduites gravitaires ainsi que des conduites de refoulement.

III.4.1. Adduction gravitaire

Les caractéristiques de la chaîne d'adduction gravitaire sont résumées dans le tableau suivant :

Tronçon	Type d'adduction	Diamètre (mm)	Type de conduite
Tzazrait-SR1	Gravitaire	250	Acier
Afensou-Belias	Gravitaire	80	Acier noir
Afensou-Igounnan	Gravitaire	110	PEHD
Afensou-Ighil Oumechdal	Gravitaire	60	Acier noir
Ighil-Oumechdal-Amalou	Gravitaire	50	PEHD
Afensou-Charaioua	Gravitaire	75	PEHD

Tableau (III.14) : Caractéristiques de l'adduction gravitaire

Remarque

Pour les conduites gravitaires en peut dire que l'état de ces derniers est en bon état en générale à part la conduite reliant Tazazrait –SR1 qui présente des fuites importantes

III.4.2. Adduction par refoulement

Les caractéristiques de la chaîne d'adduction par refoulement sont résumées dans le tableau (15) suivant :

Tronçon	Type d'adduction	Diamètre (mm)	Type de conduite
SR1-SR2	Refoulement	250	Acier
SR2-SR4	Refoulement	250	Acier noir

Tableau (15) : Caractéristiques de l'adduction par refoulement

Remarque

En ce qui concerne l'adduction par refoulement on remarque que la conduite reliant la SR1 avec la SR2 présente des fuites très importantes.

III.5. Conclusion

Concernant le diagnostic des ouvrages existants (réservoirs et station de pompage), on peut dire que l'état de ces derniers est en générale bon à part la conduite reliant la SR1-SR2, ainsi que la conduite reliant le réservoir de Tazazrait-SR1. A cet effet on recommande des travaux de réhabilitations pour ces deux tronçons. Nous pouvons aussi envisager de projeter des réservoirs et des stations de relevage s'il y a un manque d'eau et cela après le calcul des réservoirs qui sera l'objectif du chapitre suivant.

IV.1. Introduction

Avant d'être distribuée l'eau est stockée dans des réservoirs ou châteaux d'eau. Ces derniers contribuent à améliorer les conditions de distribution de l'eau et à en sécuriser l'alimentation. Ce sont des ouvrages hydrotechniques très importants qui doivent présenter certains impératifs à savoir : la résistance, l'étanchéité et la durabilité. C'est aussi une réserve qui garantit l'autonomie en cas d'incendie sur le réseau d'eau potable.

Ce chapitre est destiné à l'étude des réservoirs et surtout à déterminer les volumes de stockage pour assurer le bon fonctionnement de réseau de distribution.

IV.2. Fonctions des réservoirs

Les réservoirs ont plusieurs rôles :

- Les réservoirs constituent les organes régulateurs de pression et de débit entre le régime de production et celui de la consommation.
- Ils permettent d'emmagasiner l'eau lorsque la consommation est inférieure à la production, et la restituent lorsque la consommation devient supérieure à cette dernière.
- Les réservoirs permettent une certaine souplesse pour faire face, sans gêne pour les utilisateurs, aux incidents suivants :
 - ✓ panne électrique.
 - ✓ remplacement d'une pompe.
 - ✓ Accident sur la conduite de refoulement quand il se trouve à la tête du réseau.
- Les réservoirs permettent, outre une régularité de fonctionnement des groupes de pompage, de profiter au maximum du tarif de nuit en énergie électrique.

Certains réservoirs sont équipés de telle manière qu'une partie de leur capacité constitue une réserve d'incendie. Ce volume se renouvelle sans être entamé par un dispositif spécial dit système à évent, le plus souvent constitué par un siphon, qui se désamorçe lorsque le niveau de la réserve est atteint.

Les réservoirs peuvent aussi jouer le rôle de relais dans ce cas ils sont appelés réservoirs tampons.

IV.3. Classification des réservoirs

On peut classer les réservoirs selon [3]

IV.3.1. Situation des lieux

Ils peuvent être :

- Enterrés
- Semi-enterrés
- Sur sol
- Sur tour (château d'eau)

IV.3.2. Nature des matériaux de construction

On distingue :

- Les réservoirs en maçonnerie
- Les réservoirs en béton armé, ordinaire ou précontraint

Remarque : Les réservoirs peuvent prendre différentes formes, cela selon leur capacité

Rectangulaire ou carrée :

Ces formes sont utilisées surtout pour les capacités importantes. Dans ce cas, le compartimentage sera facilement réalisé pour assurer la continuité de la distribution. Ils seront exécutés en béton armé ou précontraint.

- Circulaire :

Cette forme est préférée pour les réservoirs de faible capacité, Ils sont faits soit en béton armé

IV.4. Emplacement des réservoirs

Les réservoirs doivent être placés d'une façon à ce que toutes les pressions au sol dans le réseau soient suffisantes, en assurant une charge min pour le point, le plus défavorable (10m pendant l'heure d'incendie et 18 m pendant heure de pointe) sans dépasser une pression de 60m dans le réseau.

IV.5. Équipements du réservoir

Les réservoirs sont équipés d'une :

Conduite d'arrivée

- Conduite de distribution ou de départ :
- Conduite de Trop-plein
- Conduite de vidange
- Conduite By-pass

IV. Capacité du réservoir

La capacité du réservoir doit être estimée en tenant compte de l'apport et de la distribution ; c'est-à-dire d'une part du mode d'exploitation des ouvrages situés en amont et d'autre part de la variation de la demande. Le plus souvent, la capacité des réservoirs est calculée pour satisfaire les variations journalières du débit de consommation en prenant en considération bien entendu le jour de la plus forte consommation et de la réserve d'eau destinée à l'incendie.

Méthode de calcul

Pour estimer la capacité d'un réservoir, Il existe deux méthodes :

- Soit par la méthode graphique qui tient compte de la courbe de consommation totale déduite à partir des variations horaires de la consommation et de la courbe d'apport du débit pompé.
- Soit par la méthode analytique qui tient aussi compte des débits d'apport et des débits de départs du réservoir

Remarque : Pour notre cas, on utilisera la méthode analytique (en termes de volume) parce que dans la majorité des cas on a plusieurs départs vers des zones de différents pourcentages d'alimentation ce qui veut dire que la méthode analytique sera plus efficace.

Principe de calcul

-La répartition des débits d'apport se fait sur 24 heures dans le cas où l'adduction est gravitaire, et sur 20 heures dans le cas d'adduction par refoulement, et cela pour avoir un temps nécessaire pour la réparation des pannes éventuelles et l'entretien au niveau de la station de pompage, et en tenant compte des heures de pointes arrêter par la tarification de la SONELGAZ ou le prix d'énergie est élevé.

- La capacité du réservoir est déterminée en tenant compte des variations du débit entrant et sortant, c'est-à-dire, d'une part de mode d'adduction et d'autre part de la variabilité de la consommation horaire de l'agglomération (on a opté pour la méthode donnant la fraction de la variation horaire de la consommation totale dans divers centres d'agglomération) voir (Annexe 1)

- A partir de la différence entre le volume entrant et le volume sortant du réservoir, on calculera le résidu et à partir de ce dernier on calculera le cumul, la valeur maximale trouvée sera le volume de stockage.

IV.6.1. Volume total du réservoir

Le volume total se détermine en ajoutant le volume d'incendie au volume de régulation :

$$V_t = V_r + V_{inc}$$

Avec :

V_t : capacité totale du réservoir

V_{inc} : volume d'incendie estimé à 120 m³.

IV.7. Dimensionnement des capacités des réservoirs

IV.7.1. Dimensionnement de la capacité du réservoir 1

Le réservoir de la SR1 est alimenté gravitairement à partir du réservoir Tazazrait 1000 m³

Ce dernier est alimenté à partir du transfert Taksebt-Azazga, sachant que le débit arrivant au réservoir Tazazrait est de **5591,47m³/j**, il existe aussi un piquage à partir du réservoir de Tazazrait alimentant le village de Tala –Toulmout estimé à **(70%)** avec un débit de **567.23 m³/j**. Ce qui veut dire que le débit arrivant au réservoir SR1 est de **5024,24m³/j**. Ce réservoir assure une distribution vers une partie de la localité de Taboukert **(30%)** et la partie haute de Timezghida **(80%)**, et refoule l'eau vers la SR2 avec un débit de **4318,48m³/j**. Le calcul du volume du réservoir de la SR1 est représenté dans le tableau (1)

Heure	Arrivée (m ³ /h)	Distribution (m ³ /h)	Pompage (m ³ /h)	Différence	Q (m ³)
0-1	209,34	10,59	215,92	-17,17	620,51
1-2	209,34	10,59	215,92	-17,17	603,34
2-3	209,34	10,59	215,92	-17,17	586,18
3-4	209,34	10,59	215,92	-17,17	569,01
4-5	209,34	17,64	215,92	-24,22	544,79
5-6	209,34	24,70	215,92	-31,28	513,51
6-7	209,34	31,76	215,92	-38,34	475,18
7-8	209,34	38,81	215,92	-45,39	429,79
8-9	209,34	44,10	215,92	-50,68	379,10
9-10	209,34	44,10	215,92	-50,68	328,42
10-11	209,34	44,10	215,92	-50,68	277,73
11-12	209,34	44,10	215,92	-50,68	227,05
12-13	209,34	35,28	215,92	-41,86	185,18
13-14	209,34	35,28	215,92	-41,86	143,32
14-15	209,34	38,81	215,92	-45,39	97,93
15-16	209,34	42,34	215,92	-48,92	49,01
16-17	209,34	42,34	215,92	-48,92	0,09
17-18	209,34	38,81	0	170,53	170,53
18-19	209,34	35,28	0	174,06	344,58
19-20	209,34	31,76	0	177,58	522,17
20-21	209,34	28,23	0	181,11	703,28
21-22	209,34	21,17	215,92	-27,75	675,53
22-23	209,34	14,11	215,92	-20,69	654,84
23-24	209,34	10,59	215,92	-17,17	637,67
Totale	5024,16	705,67	4318,48		

Tableau (IV-1) : Evaluation de volume du réservoir de la SR1

- Le volume du réservoir SR1 est de **703,28 m³**

- La capacité totale sera $V_t=703,28+120\text{m}^3=823,28 \text{ m}^3$

- Le volume normalisé sera $V_n=900 \text{ m}^3$

Remarque : il existe un réservoir de capacité de **500 m³**, alors la capacité existante n'est pas suffisante, pour cela il faut réaliser un réservoir de **400 m³**, afin d'atteindre la capacité de stockage demandée.

IV.7.2. Dimensionnement de la capacité du réservoir de Bousahel

Le débit arrivant à ce réservoir est de **4318,48 m³/j** Ce réservoir alimentera gravitairement une partie de la localité de Taboukert estimé a (**70%**) ainsi que (**70%**) de la localité de Takaats, une petite partie de la localité Timezghida estimé a (**20%**) ainsi que toute la localité de Bousahel,

ce réservoir assure aussi un pompage avec un débit de **2976,25 m³/s** la SR4. le calcul du volume du réservoir de Bousahel est représenté dans le tableau (2)

Heure	Arrivée (m ³ /h)	Distribution (m ³ /h)	Pompage (m ³ /h)	Différence	Volume (m ³)
0-1	215,924	20,13	148,81	46,98	161,07
1-2	215,924	20,13	148,81	46,98	208,05
2-3	215,924	20,13	148,81	46,98	255,02
3-4	215,924	20,13	148,81	46,98	302,00
4-5	215,924	33,56	148,81	33,56	335,56
5-6	215,924	46,98	148,81	20,13	355,69
6-7	215,924	60,40	148,81	6,71	362,40
7-8	215,924	73,82	148,81	-6,71	355,69
8-9	215,924	83,89	148,81	-16,78	338,92
9-10	215,924	83,89	148,81	-16,78	322,14
10-11	215,924	83,89	148,81	-16,78	305,36
11-12	215,924	83,89	148,81	-16,78	288,58
12-13	215,924	67,11	148,81	0,00	288,58
13-14	215,924	67,11	148,81	0,00	288,58
14-15	215,924	73,82	148,81	-6,71	281,87
15-16	215,924	80,53	148,81	-13,42	268,45
16-17	215,924	80,53	148,81	-13,42	255,03
17-18	0,000	73,82	0,00	-73,82	181,21
18-19	0,000	67,11	0,00	-67,11	114,09
19-20	0,000	60,40	0,00	-60,40	53,69
20-21	0,000	53,69	0,00	-53,69	0,00
21-22	215,924	40,27	148,81	26,84	26,84
22-23	215,924	26,84	148,81	40,27	67,11
23-24	215,924	20,13	148,81	46,98	114,09
Totale	4318,488	1342,23	2976,25		

Tableau (IV-2) : Evaluation du volume du réservoir de Bousahel

- Le volume du réservoir de Bousahel est de **362,40 m³**
- La capacité totale sera $V_t=362,40+120\text{m}^3=482,40 \text{ m}^3$
- Le volume normalisé sera **Vn=500 m³**

Remarque : On remarque que le volume normalisé est de **500 m³** qui est le volume existant donc la capacité est suffisante.

IV.7.3. Dimensionnement de la capacité du réservoir d'Ikhruben

Le débit qui arrivera au réservoir d'Ikhruben sera de **2976,25 m³/j** ce dernier alimentera gravitairement les deux réservoirs d'Ikhruben et de Tala Amara et assure en même temps un pompage vers la SR5 avec un débit de **1311,91 m³** le calcul de volume du réservoir de Ikhruben est représenté dans le tableau (3)

Heure	Arrivée (m ³ /h)	Distribution (m ³ /h)	Pompage	Différence	Volume (m ³)
0-1	148,81	51,29	75,31	22,21	88,83
1-2	148,81	51,29	75,31	22,21	111,03
2-3	148,81	51,29	75,31	22,21	133,24
3-4	148,81	51,29	75,31	22,21	155,45
4-5	148,81	51,29	75,31	22,21	177,65
5-6	148,81	51,29	75,31	22,21	199,86
6-7	148,81	51,29	75,31	22,21	222,07
7-8	148,81	51,29	75,31	22,21	244,28
8-9	148,81	51,29	75,31	22,21	266,48
9-10	148,81	51,29	75,31	22,21	288,69
10-11	148,81	51,29	75,31	22,21	310,90
11-12	148,81	51,29	75,31	22,21	333,10
12-13	148,81	51,29	75,31	22,21	355,31
13-14	148,81	51,29	75,31	22,21	377,52
14-15	148,81	51,29	75,31	22,21	399,72
15-16	148,81	51,29	75,31	22,21	421,93
16-17	148,81	51,29	75,31	22,21	444,14
17-18	0,00	51,29	0,00	-51,29	392,85
18-19	0,00	51,29	0,00	-51,29	341,55
19-20	0,00	51,29	0,00	-51,29	290,26
20-21	0,00	51,29	0,00	-51,29	0,00
21-22	148,81	51,29	75,31	22,21	22,21
22-23	148,81	51,29	75,31	22,21	44,41
23-24	148,81	51,29	75,31	22,21	66,62
Totale	2976,25	1231,21	1506,28		

Tableau (IV-3) : Evaluation du volume du réservoir d'Ikhruben

-Le volume du réservoir Ikhriben sera de **444,14 m³**

-La capacité totale sera $V_t=444,14+120=560,9 \text{ m}^3$

-Le volume normalisé sera **$V_n = 600 \text{ m}^3$**

Remarque : il faut projeter un réservoir de **600 m³**, afin d'atteindre la capacité de stockage demandée.

IV.8. Forme des réservoirs

Ce qui concerne la forme des réservoirs, on opte pour la forme circulaire puisque nos volumes sont tous inférieurs à 10000 m³.

La hauteur de l'eau dans la cuve est comprise entre 3 et 6 m en moyenne, toutefois, les Réservoirs de grande capacité des agglomérations importantes peuvent présenter des hauteurs d'eau comprises entre 7 et 10 m.

Le diamètre D de la cuve :

$$S = \frac{V_n}{h} \quad ; \quad \text{avec : } S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_n}{\pi \cdot h}}$$

La hauteur totale du réservoir :

$$\text{On a : } H = h + R$$

Avec :

R : marge de sécurité

La hauteur de la réserve d'incendie : hinc

$$\text{On a : } h_{inc} = \frac{V_{inc}}{S}$$

Les différentes dimensions des réservoirs sont données dans le tableau suivant :

Réservoirs	Volume en (m ³)	D (m)	S (m)	h (m)	Hinc (m)	R (m)	H (m)
Réservoir 1	(500+400)	16	200.96	3.6	0.58	0.5	4
Bousahel	500	12	113.09	3.6	1.06	0.5	4
Ikhriben	600	14	153.86	3.6	0.78	0.5	4

Tableau (IV.4): Tableau donnant les dimensions des réservoirs

IV.9.Conclusion

Dans tout projet d'alimentation en eau potable, l'étude des réservoirs reste très importante vue les rôles que peuvent jouer ces derniers. Dans notre cas, toutes les cuves concernées ont été dimensionnées afin d'assurer la continuité du réseau d'adduction qui fera l'objet du chapitre suivant.

V.1.Introduction

Cette partie consiste à dimensionner les conduites d'adduction, c'est à dire, celles qui doivent transporter l'eau de la prise d'eau soit par pompage, soit gravitaire ou mixte vers leur lieu d'accumulation, ou bien vers les zones de leur consommation.

Il faudra donc choisir des conduites pouvant véhiculer le débit demandé tout en satisfaisant la condition économique.

V.2. Définition et types d'adductions

L'adduction est l'ensemble des installations reliant la prise d'eau (source, forage ou retenue) au point d'utilisation ou au réservoir de stockage. Elle peut être de type : gravitaire, adduction par refoulement ou mixte.

V.2.1. Adduction gravitaire

C'est une adduction où l'écoulement se fait gravitairement. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte supérieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

V.2.2. Adduction par refoulement

C'est une adduction où l'écoulement se fait sous pression à l'aide des machines hydro-électriques. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte inférieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

V.2.3. Adduction mixte

C'est une adduction où la conduite par refoulement se transforme en conduite gravitaire ou l'inverse. Le relais entre les deux types de conduite est assuré par un réservoir appelé réservoir tampon.

V.3. Critères de choix de tracé

Le choix du tracé se base sur les conditions économiques, techniques et topographiques, elles se résument comme suit :

- Le tracé doit être le plus court possible et avec un profil en long aussi régulier que Possible Pour faciliter l'exécution des travaux ainsi que l'acheminement de matériels lors de la réalisation, il est recommandé de suivre les chemins existants (route, piste...etc.)
- Eviter les zones rocheuses
- Les coudes doivent être largement ouverts afin d'éviter les butées implantées et de minimiser les pertes de charge.

V.4. Description du schéma d'adduction

Le point de départ de la chaîne d'adduction du présent projet est le réservoir projeté d'Ikhruben d'une capacité de **600 m³** implanté à une cote de **429 m**, ce dernier alimentera gravitairement le réservoir existant d'Ikhruben qui est d'une capacité de **500 m³**, implanté à une cote de **422 m** ainsi que le réservoir de Tala Amara d'une capacité de **500 m³** ; implanté à une cote de **422 m**.

Un autre réservoir doit être projeté au niveau d'Igounnan 1 d'une capacité de **700 m³** implanté à une cote de **680.5 m**. Après avoir refoulé l'eau du réservoir d'Ikhruben vers ce réservoir, ce dernier alimentera le réservoir de tête Afensou qui est d'une capacité de **500 m³** d'une cote de **796.5 m** qui servira les différents villages Belias, Agouni Oujilban, Igounnan 2, Ighil Oumechdal et Amalou, gravitairement.

Le schéma adduction est représenté dans la figure (1) suivante :

V.5. Choix du matériau des conduites

Pour l'installation d'un réseau, le choix du type des conduites requiert une attention toute particulière car le bon fonctionnement du réseau en dépend en grande partie.

Certains paramètres sont impératifs au choix des matériaux, entre autres :

- ❖ Le diamètre économique
- ❖ La pression de l'eau
- ❖ Les pertes de charge
- ❖ Le prix de revient et la facilité de mise en œuvre en fonction du tracé.

Les types de conduites les plus couramment utilisés dans les réseaux d'eau potable sont :

- ❖ Conduite en acier
- ❖ Conduite en fonte
- ❖ Conduite en PEHD (polyéthylène haute densité).

Pour notre projet, on a choisi des conduites en PEHD, vue les avantages qu'elles présentent :

- ✚ Une durée de vie importante (50 ans à une température de 20°C).
- ✚ Facilité de soudage par bout à bout, confère au réseau une étanchéité quasiment parfaite.
- ✚ Une bonne résistance ; chimique, aux chocs et aux ultraviolets.
- ✚ Résiste à la corrosion, stabilité du réseau en milieu agressif.

- ✚ La propriété de flexibilité permet aux conduites, d'absorber les impacts et les contraintes causées par les mouvements de sol, ainsi à se déformer sans dommage permanent.

V.6. Etude technico-économique des conduites

Une étude technico-économique est indispensable pour choisir le diamètre le plus économique qui permettra de donner un coût de revient minimum entre les dépenses de fonctionnement et celle d'investissement, plus le diamètre de la conduite est petit pour un même débit à relever, plus la perte de charge sera grande d'où l'énergie dépensée sera importante ; par contre, plus le diamètre est grand, par suite la diminution des pertes de charge d'où les frais d'exploitation diminuent.

Les paramètres qui interviennent dans le calcul des conduites sont : le débit (Q), le diamètre (D), la vitesse (V) et les pertes de charges (J), la longueur (L)

V.7. Calcul hydraulique

Le calcul hydraulique se fait comme suit :

V.7.1. Calcul de la vitesse

La vitesse dans la conduite se calcule à partir de l'équation de continuité

$$Q = V \cdot S \quad \Rightarrow \quad V = Q/S$$

On a:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Donc :

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Avec :

- V : Vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s)
- Q : Débit véhiculé dans la conduite (m³/s)
- D : Diamètre intérieure de la conduite (m)

V.7.2. Calcul des pertes de charge

Les pertes de charges dans les canalisations sont dues au frottement d'eau contre les parois de ces canalisations ainsi que les différents organes d'adduction, elles sont liées à la longueur de la conduite, à son diamètre et aux singularités (vannes, coudes, clapets, ...etc.) Elle se présente sous deux formes :

- ✓ Pertes de charge linéaires.
- ✓ Pertes de charge singulières.

V.7.2.1. Les Pertes de charge linéaires

Elles se produisent tout au long de la conduite, elles peuvent être déterminées par la formule de HAZEN et WILLIAM suivante :

$$Jl = \left[\frac{\left(\frac{1}{0.2785 * chz} \right)^{1.85}}{D^{4.87}} * L \right] * Q^{1.85}$$

Avec :

- Jl : Pertes de charge linéaire (m)
- Chz : coefficient de frottement =140(pour le PEHD)
- L : la longueur de la conduite (m).
- D : diamètre de la conduite (m).
- Q : débit (m³/s).

V.7.2.2. Les Pertes de charge singulières

Les pertes de charge singulières représentent les pertes occasionnées par les singularités dans les conduites (coudes, vannes, clapets et branchements...etc.) ; dans la pratique, ces pertes de charge sont estimées à 10% (pour le PEHD) des pertes de charge linéaires
 $J_s = 0,1 \times J_l$

V.7.2.3. Les pertes de charge totales

Elles représentent la somme des pertes de charge linéaire et singulière :

$$J_t = J_l + J_s \quad ; \quad J_t = 1,1 \times J_l$$

V.7.3. Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation

La HMT d'une pompe est la différence de pression en mètre colonne de liquide (mcl), entre les orifices d'aspiration et de refoulement, (hauteur géométrique d'élévation totale) y compris la pression nécessaire pour vaincre les pertes de charge dans les conduites d'aspiration et de refoulement :

$$HMT = H_g + J_t$$

Avec :

- H_g : Hauteur géométrique (m)
- J_t : Pertes de charge totales (m).

V.7.4. Puissance de pompage

La puissance de la pompe se calcul comme suit :

$$Pa = \frac{g * Q * Hmt}{\eta}$$

Avec :

- Pa : Puissance absorbée par la pompe (KW)
- Hmt : Hauteur manométrique totale (m)
- Q : Débit à transité (m³/s)
- η : Rendement de la pompe (75%).

V.7.5. Energie consommée par la pompe

Elle se calcule comme suit :

$$E = Pa \times T \times 365$$

Avec :

- E : Energie consommée par la pompe (KWh)
- Pa : Puissance absorbée par la pompe (KW)
- T : Temps de pompage (20h).

V.7.6. Coût d'énergie et frais d'exploitation

Le cout d'énergie et les frais d'exploitation se calculent comme suit

$$F_{exp} = E \times e'$$

Avec :

- E : Energie consommée par la pompe (KWh)
- e' : Prix unitaire du kWh, fixé par la SONELGAZ (4,67DA).

V.7.7. Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement sa calcule comme suit

$$Fam = 2 \times Pu \times L \times A$$

Avec :

- Pu : Prix unitaire de la conduite (DA/ml) représenté dans le tableau (voir annexe 2) ;
- L : Longueur de la conduite (m)
- A : Amortissement annuel.

$$A = \frac{i}{(i + 1)^n - 1} + i$$

Avec :

- A : Amortissement annuel (annuité)

- i : Taux d'annuité (i=8%)

- n : Nombre d'année sur lequel s'effectuera l'amortissement (n=25 ans).

D'où : A = 0,0937

V.7.8. Calcul du bilan

C'est la somme des frais d'exploitation et d'amortissement :

$$BL = F_{exp} + F_{am}$$

V.8. Calcul des conduites gravitaires

Pour le calcul des conduites gravitaire, trois paramètres interviennent :

- Le débit (Q)
- La vitesse (V)
- Les pertes de charges (J)

Le diamètre se calcule avec la formule suivante :

On a la formule de HAZEN et WILLIAMS suivante

$$Jl = \left[\frac{\left(\frac{1}{0.2785 * Chz} \right)^{1.85} * L}{D^{4.87}} \right] * Q$$

D'où:

$$D = \sqrt[4.87]{\left[\frac{\left(\frac{1}{0.2785 * Chz} \right)^{1.85} * L}{1.1 * Jl} \right] * Q^{1.85}}$$

Le principe du dimensionnement d'une adduction gravitaire consiste à trouver le diamètre qui permet la dissipation de toute la charge disponible (Hd) avec une vitesse acceptable.

$$Jt \leq H_d$$

V.9. Equipements de l'adduction

Les équipements de l'adduction sont :

V.9.1. Robinets-vannes

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

V.9.2. Clapets

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

V.9.3. Vidange

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

V.9.4. Ventouses

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

V.10. Calcul du diamètre économique de l'adduction par refoulement

V.10.1. Tronçon SR2-SR4

Données :

- ✓ Débit : 0.04134 m³/s
- ✓ Hauteur géométrique : (Hg) = 124.5 m
- ✓ Longueur de l'adduction : 1000 m
- ✓ Le diamètre :

$$- D_{min} = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*V_{max}}} = 0.1872 \text{ m}$$

$$- D_{max} = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*V_{min}}} = 0.3242 \text{ m}$$

Selon le fabricant les diamètres normalisés choisis sont : 200, 250 et 280 mm

V.10.2 Calcul du bilan

Afin de pouvoir faire le choix du diamètre de la conduite le plus approprié nous allons présenter le bilan de chaque diamètres (200 ;250 ;280) dans le tableau suivant :

Désignation de la variable		Valeur 1	Valeur 2	Valeur 3	Unité
DONNEES DU PROBLEME					
Cote de départ	Cd	308			m
Cote d'arrivée	Ca	429			m
Débit à véhiculer à travers la conduite	Q	41,33			l/sec
Longueur de la conduite	L	1000,00			m
PHASE DE CALCUL					
Hauteur géométrique	Hgéo	124,5			m
Diamètre calculé	Dcal	203,30			mm
Choix des diamètres		200	250	280	mm
Epaisseur des conduites		27,4	34,2	83,3	mm
Prix du mètre linéaire de la conduite		9335,22	14566,05	18265,78	DA
Temps de pompage		20	20	20	Heures
Prix du Kilo watt-heure		4,8	4,8	4,8	DA/kWh
Introduire le coefficient	K	83	83	83	
Vitesse d'écoulement de l'eau	V	1,32	0,84	0,67	m/sec
TEST DE LA VITESSE		Vitesse correcte	Vitesse correcte	Vitesse correcte	
Introduire l'annuité	A	0,08	0,08	0,08	
Coefficient de rugosité équivalente Chw		150	150	150	
Perte de charge unitaire	j	0,01	0,002	0,001	m/ml
Perte de charge linéaires	J	6,93	2,34	1,35	m
Perte de charge singulières	J'	1,04	0,35	0,20	m
Perte de charge totales	Δh	7,97	2,69	1,55	m
Hauteur manométrique totale Hmt		132,47	127,19	126,05	m
Puissance absorbée par la pompe		76,73	73,67	73,01	kw
Energie consommée par la pompe		560096,77	537774,42	532955,73	kwh
Frais d'exploitation annuels		2688464,50	2581317,24	2558187,53	DA
Frais d'amortissement annuels		746817,6	1165284	1461262,4	DA
Dépenses totales annuelles		3 435 282,10	3 746 601,24	4 019 449,93	DA
Célérité de l'onde de choc	a	387,08			m/sec
Valeur du coup de bélier	B	51,91			m
Surpression maximale	Pmax	17,64			bars
Dépression minimale	Pmin	7,26			bars
Choix de la pression nominale	PN	25			bars

Tableau (V-1) : Calculs du diamètre économique pour le tronçon (SR2-SR4)

Dans notre étude, nous nous basons essentiellement sur la conduite qui nous donne la meilleure vitesse allant de Bousahel (RN2) qui se situe à la cote de 308m vers Ikhruben (RN4) de cote 429m.

Etant donné que cette dernière est correcte pour les trois diamètres alors notre choix va se tourner vers la première variante (DN=200mm) étant la plus économique avec un prix total des dépenses annuelles de (3435282.10 DA).

Le matériau utilisé est le PEHD avec une pression minimale de PN25

V.11.Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons effectué le calcul des différents paramètres intervenants dans l'adduction, ceci nous a permis d'opter pour le PEHD de diamètre=200mm avec une pression nominale de 25 Pa.

Dans le chapitre qui va suivre, nous allons procéder au choix des pompes qui répondent aux exigences techniques de notre projet.

VI.1. Introduction

Dans un projet d'adduction, il est préférable de véhiculer l'eau gravitairement de point de départ (source, barrage, etc...) jusqu'au point d'arrivée (réservoir, château d'eau, etc...), mais le relief reliant ces deux points ne permet pas toujours de réaliser ce cas, pour cela on est appelé à projeter des stations de pompage d'eau pour assurer la continuité d'écoulement.

VI.2. Définition

Une pompe est un appareil qui aspire un fluide d'une région à grande pression, pour le refouler à une région à basse pression. Son fonctionnement consiste à transformer l'énergie mécanique fournie par son moteur d'entraînement en énergie hydraulique.

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

VI.3. Eléments constitutifs d'une station de pompage

Chaque station de pompage est généralement constituée des éléments suivants :

- Une bache de reprise, divisée en deux compartiments afin de pouvoir mettre un des deux hors service lors des travaux de maintenance (principalement le nettoyage) ou d'éventuelles réparations. Dans le but de pouvoir mettre hors service l'un des compartiments, il est prévu d'installer des vannes de sectionnement dans la chambre de vannes. Le débit d'alimentation des pompes doit être assuré par un seul compartiment
- Une chambre des pompes et moteurs dont le radier est situé en contrebas de la bache de reprise.
- Une clôture permettant de délimiter le périmètre des installations.

VI.4. Classification des pompes

Suivant le mode de déplacement du liquide à l'intérieur de la pompe, le classement des pompes se fait selon deux grandes catégories :

VI.4.1. Les pompes volumétriques

L'écoulement résulte de la variation d'une capacité occupée par le liquide. Elles sont surtout destinées au pompage des fluides visqueux, quelles élèvent à de faibles débits à des pressions élevées. On distingue les pompes alternatives (à piston, à diaphragme, etc ...) et des pompes rotatives (à vis, à engrenage, à palettes hélicoïdales, péristaltiques, etc ...).

VI.4.2. Les turbopompes

Le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge. Ce sont les plus employées. On distingue :

- **Les pompes centrifuges** : hauteur d'élévation très importante, représentées dans la figure (1)

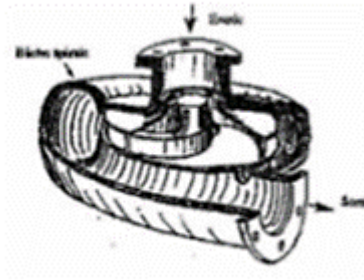


Figure (VI-1) pompe centrifuge

- Les pompes hélices : débit important et hauteur d'élevation faible, représentées dans la figure (2)

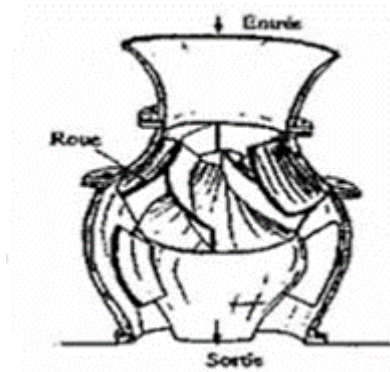


Figure (VI-2) Pompe hélico-centrifuge

-Les pompes hélico-centrifuges : débit moyen, hauteur d'élevation allant jusqu'à 25-30m, représentées dans la figure (3)

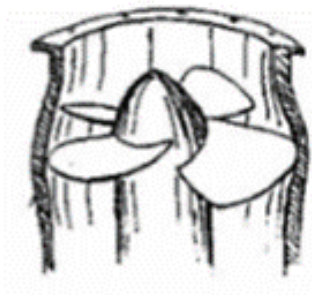


Figure (VI-3) Pompe axiale

Les pompes centrifuges sont les plus utilisées dans le domaine de l'alimentation en eau potable pour les avantages suivants :

- Elles refoulent de grands débits à des hauteurs importantes,
- Elles constituent des groupes légers, moins chers, d'un rendement acceptable et peu encombrantes, ce qui permet de réaliser d'appréciables économies sur les bâtiments abritant les installations de pompage.

On peut classer les pompes centrifuges comme suit :

-Suivant la forme de la roue

Pompe centrifuge radiale,

Pompe centrifuge semi axiale.

- Suivant le nombre de roues

- Monocellulaire,

- Multicellulaire.

- Suivant la position de son axe

- Pompe à axe horizontal,

- Pompe à axe vertical.

VI.5. Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge

Lorsque le liquide arrive dans le corps de la pompe, la roue (alimentée par le moteur) projette le fluide à la périphérie du corps de la pompe grâce à la force centrifuge produite par la vitesse de la roue ; le liquide emmagasine ainsi une énergie (potentielle) qui sera transformée en débit et en hauteur d'élévation (énergie cinétique).

En connectant ensuite la pompe à la tuyauterie de refoulement, le liquide sera facilement canalisé et atteindra l'extérieur de la pompe.

VI.6. Constitution d'une pompe centrifuge

D'une façon générale, une pompe comporte :

VI.6.1. Diffuseur et volute Son rôle est la collecte du fluide à la sortie de la roue pour l'acheminer vers la section (croissante) de la sortie de la machine représenté dans la figure (4) suivante :

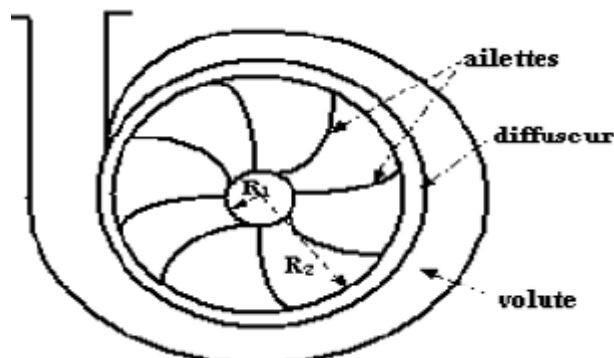


Figure (VI-4) : Diffuseur et volute**VI.6.2. La roue**

C'est un organe mobile appelé encore rotor ou impulseur. A l'intérieur de la roue, des canaux hydrauliques sont séparés par les aubes incurvées ; ces canaux peuvent être maintenus entre deux flasques (roue fermée (Figure (V.5)) : l'un de ces flasques ou les deux peuvent être absents (roue semi ouverte (Figure (V.6)), ou ouverte (Figure (7)), ce qui facilite le pompage des eaux chargées en corps solides.

**Figure (VI-5) : Roue fermée****Figure (VI-6) : Roue semi ouverte****Figure (VI-7) : Roue ouverte****VI.6.3. Vis de remplissage**

Elle est située sur le corps de la pompe.

VI.6.4. Presse-étoupe

Elle est utilisée pour éviter les rentrées d'air et des fluides dans le corps de la pompe, son rôle est d'assurer l'étanchéité de la roue. Elle est représentée dans la figure (8).

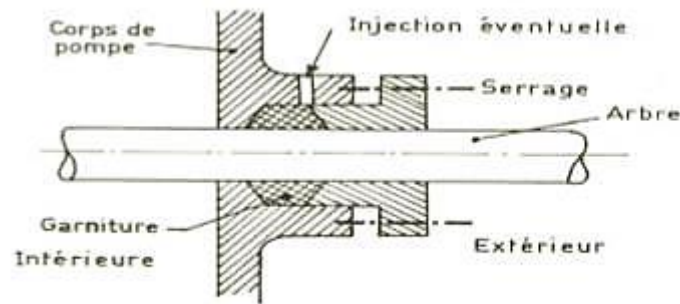


Figure (VI-8) : Presse-étoupe

VI.6.5. Flasques "disques » Ils assurent le raccordement entre la pompe et le presse-étoupe.

VI.6.6. Le palier Supporte l'arbre de transmission à l'intérieur duquel on trouve différents roulements.

VI.6.7. L'arbre L'accouplement se fait, soit par moteur électrique, soit par un moteur thermique.

VI.7. Choix des pompes

Le choix des pompes s'effectue suivant :

- ✓ Le débit appelé à être refoulé ;
- ✓ La hauteur manométrique totale ;
- ✓ Le meilleur rendement qui conduirait à un cout acceptable du mètre cube d'eau à élever.

VI.8. Caractéristiques hydrauliques d'une pompe

Les courbes principales qui caractérisent une pompe et qui expriment ses performances, sont trois à savoir :

VI.8.1. La courbe hauteur-débit ($H = f(Q)$)

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

VI.8.2. La courbe rendement-débit ($\eta = f(Q)$)

Cette courbe présente les valeurs du rendement en fonction du débit.

VI.8.3. La courbe des puissances absorbées-débit ($P = f(Q)$)

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

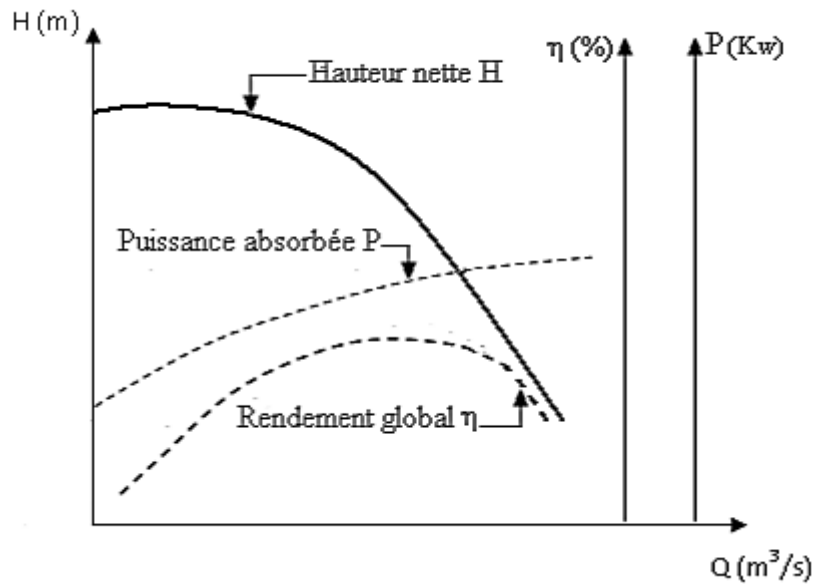


Figure (VI-9) : Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge

VI.9. Caractéristiques d'une conduite

Elle est appelée parfois courbe caractéristique du réseau, $H_c = f(Q)$

VI.10. Le point de fonctionnement de la pompe

Le point de fonctionnement d'une pompe est défini comme étant le point d'intersection de la courbe ($H = f(Q)$) avec la courbe caractéristique de la conduite $H_c = f(Q)$ qui sont représentés dans la figure (10) ; et pour un meilleur fonctionnement, ce point doit être situé au droit du rendement maximum de la pompe appelé point nominal.

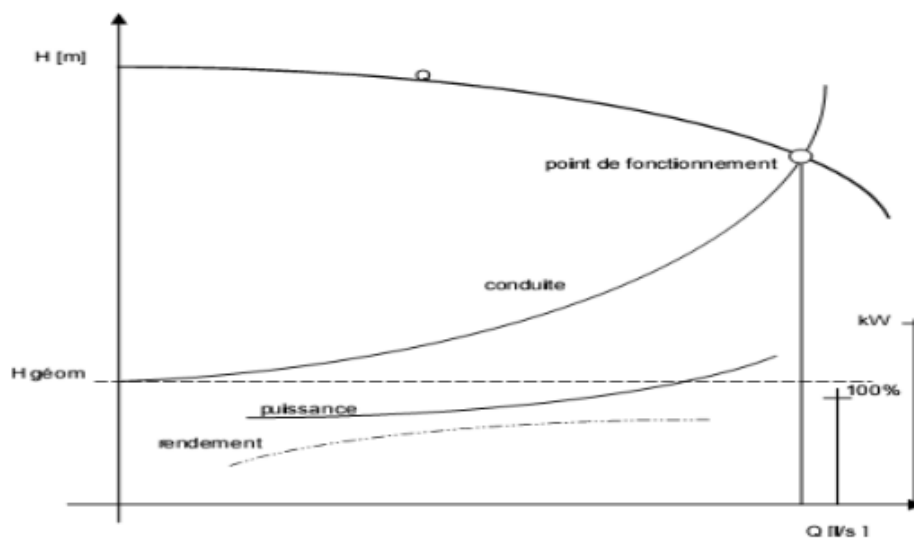


Figure (VI-10) : Point de fonctionnement d'une pompe

Dans le cas où le point de fonctionnement ne coïncide pas avec le point désiré de coordonnées H et Q déterminés, on sera dans l'obligation d'apporter quelques modifications afin d'adapter la pompe aux conditions de travail désirées.

Le point de fonctionnement peut être obtenu par la modification de l'un des paramètres de fonctionnement de la pompe, d'où l'intérêt pratique des lois de similitudes. Il est représenté dans la figure (11).

Pour cela, quatre cas peuvent se présenter :

VI.10.1. Réduction ou augmentation du temps de pompage

On garde la courbe $H = f(Q)$ telle qu'elle est, le débit Q sera plus grand que le débit désiré ; pour cela, nous sommes tenus de faire diminuer le temps de pompage tout en conservant le volume d'eau constant.

Le volume d'eau entrant dans le réservoir pendant un temps $T_1 = 20$ heures est de :

$V_e (m^3) = 20 \times Q_1$; ce même volume sera obtenu par le refoulement d'un débit Q pendant un temps T' . Donc, on peut écrire :

$$Q \times T' = 20 \times Q_1$$

D'où :

$$T' = 20 * \frac{Q_1}{Q}$$

Et la puissance absorbée par la pompe sera :

$$Pa = \frac{g*Q*H}{\eta} \quad (KW)$$

VI.10.2. Régulation par étouffement (Le vannage)

Elle consiste à vanner au refoulement pour créer une perte de charge afin d'obtenir le débit Q_1

.La puissance absorbée sera :

$$Pa = \frac{g*Q*H'}{\eta} \quad (KW)$$

Avec :

$$H' = H_1 + h_v$$

Ou :

h_v : Perte de charge engendrée par vannage (m) ;

H' : Hauteur créer par la pompe pour le débit désiré $Q_1(m)$;

η : Rendement (%).

VI.10.3. Rognage de la roue

Le rognage s'effectue en gardant la même vitesse de rotation N , et cela, en traçant une droite par l'origine et par le point $P1$; celle-ci coupe la courbe caractéristique de la pompe au point $P2$ ($Q2$, $H2$) avant le rognage qui est le point homologue du point désiré. On aura alors :

$$m = \left(\frac{Q1}{Q2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{H1}{H2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Avec :

- m : Coefficient de rognage.

Le pourcentage de rognage (r) sera :

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

La puissance absorbée par la pompe est :

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

Il est très difficile à réaliser le rognage de la roue, car il demande une très grande précision.

VI.10.4. Variation de la vitesse de rotation

Dans ce cas, on fait varier la vitesse de rotation, sa diminution entrainera la diminution du débit et également la puissance absorbée.

On trace la parabole d'équation $y = ax^2$ (courbe d'iso-rendement) qui contient le point homologue qui passe par $P1$ dans la figure (11) et qui coupe la courbe caractéristique de la pompe au point $P3$ ($Q3$, $H3$), on aura alors :

La nouvelle vitesse de rotation N' donnée par :

$$N' = N * \frac{Q1}{Q2} \quad (\text{Tr / min})$$

Et la puissance absorbée par la pompe sera :

$$Pa = \frac{g*Q1*H1}{\eta}$$

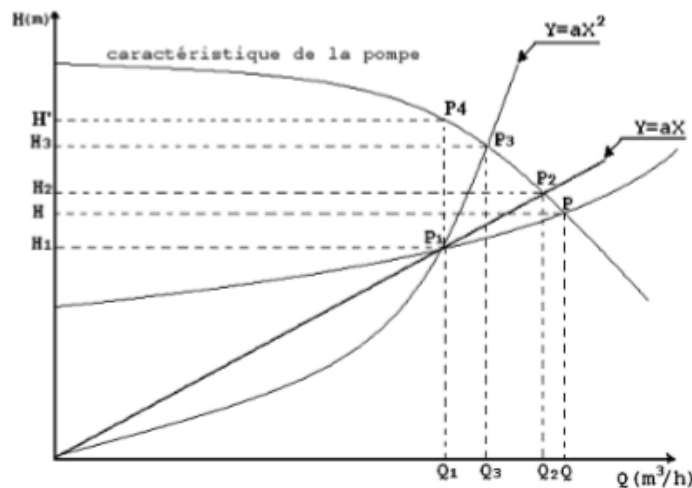


Figure (VI-11) : Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré

VI.11. Couplage des pompes

Dans bien des cas, les besoins (hauteur-débit) ne peuvent être satisfaits que par une seule pompe, ou, pour des raisons de souplesse, on préfère utiliser plusieurs pompes. Dans ces cas, on sera obligé d'utiliser un couplage de pompes.

VI.11.1. Couplage en parallèle

Ce montage se rencontre lorsqu'on désire, pour une même hauteur de refoulement, augmenter le débit. La caractéristique de l'ensemble des deux pompes s'obtient en ajoutant pour une même hauteur les débits de chaque pompe. Il est souvent bien avantageux d'utiliser deux pompes identiques ce qui évite les risques de décrochage et améliore le rendement de l'ensemble.

Il faudra de toute façon utiliser des pompes ayant une caractéristique constamment plongeante afin d'éviter le risque de faire barboter une des pompes.

VI.11.2. Couplage en série

Ce montage s'emploie lorsqu'on veut augmenter la hauteur de refoulement. Ce cas se rencontre par exemple sur des forages où une pompe immergée relève l'eau jusqu'à la surface, ou elle est reprise par une pompe de surface. Dans ce cas, la caractéristique de l'ensemble des deux pompes s'obtient en ajoutant pour un débit donné les hauteurs de refoulement des deux pompes.

VI.12. Etude de la cavitation

Lorsque dans un circuit hydraulique la pression descend au-dessous d'une certaine valeur, généralement voisine de la tension de vapeur du liquide, il se forme des bulles et des poches de vapeur et d'air qui, dans les zones de pression plus élevée, peuvent se refermer brutalement en occasionnant de bruit, des vibrations, une érosion des matériaux et une détérioration des

caractéristiques hydrauliques. C'est le phénomène de cavitation, qui doit être soigneusement évité :

Pour éviter ce phénomène, la condition suivante doit être vérifiée : $NPSH_d > NPSH_r$

Avec :

$NPSH_d$: charge nette d'aspiration disponible (donnée par l'utilisateur).

$NPSH_r$: charge nette d'aspiration requise (donnée par le constructeur).

□ Pour l'alimentation en charge :

$$NPSH_d = \frac{P_0}{g \cdot \rho} + HA - (J_a + T_v)$$

-Pour l'alimentation en dépression :

$$NPSH_d = \frac{P_0}{g \cdot \rho} - HA - (J_a + T_v)$$

Avec :

- H_a : Hauteur d'aspiration en (m)

- J_a : Perte de charge à l'aspiration en (m)

- $\frac{P_0}{g \cdot \rho}$: Pression au point d'aspiration en (mce)

- $\frac{P_0}{g \cdot \rho} = 10,33 - (0,0016 a')$

Avec :

- a' : Côte du plan d'aspiration (m)

- T_v : Pression de vapeur maximale que l'air peut supporter à une température donnée

Ces valeurs sont données dans le tableau (1) suivant :

T°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tv(mce)	0.06	0.125	0.238	0.432	0.752	1.25	2.03	3.17	4.82	7.14	10.33

Tableau (VI-1) : Tension de vapeur d'eau pompée en fonction de la température

VI.13. Types de pompes à adopter pour la station de reprise SR2

Le choix de la pompe s'effectue en choisissant un type de pompe dont les caractéristiques se rapprochent le plus possible des données à respecter (débit, HMT).

VI.13.1. Caractéristique de la conduite

- Le débit refoulé : $Q = 41.33$ l/s
- La hauteur géométrique : $H_g = 124,5$ m
- Les pertes de charges : $J_T = 8.74$ m
- La hauteur manométrique totale : $H_{MT} = 132,4$ m.

VI.13.2. Caractéristique de la pompe

D'après le catalogue CAPRARI on opte pour une pompe centrifuge à axe horizontal Multi-cellulaire de type PM100 / 2A dont les caractéristiques sont les suivantes :

- $Q = 55.4 \text{ l/s}$
- Un rendement : $\eta = 77.2 \%$
- Une vitesse : $N = 2900 \text{ tr/min}$
- $HMT = 132.4 \text{ m}$ (hauteur de refoulement)
- $P_a = 75 \text{ kW}$ (puissance de la pompe).

D'après la courbe d'installation le point de fonctionnement donné correspond à celui désiré.

La courbe caractéristique de la pompe est représentée dans la figure (12) suivante

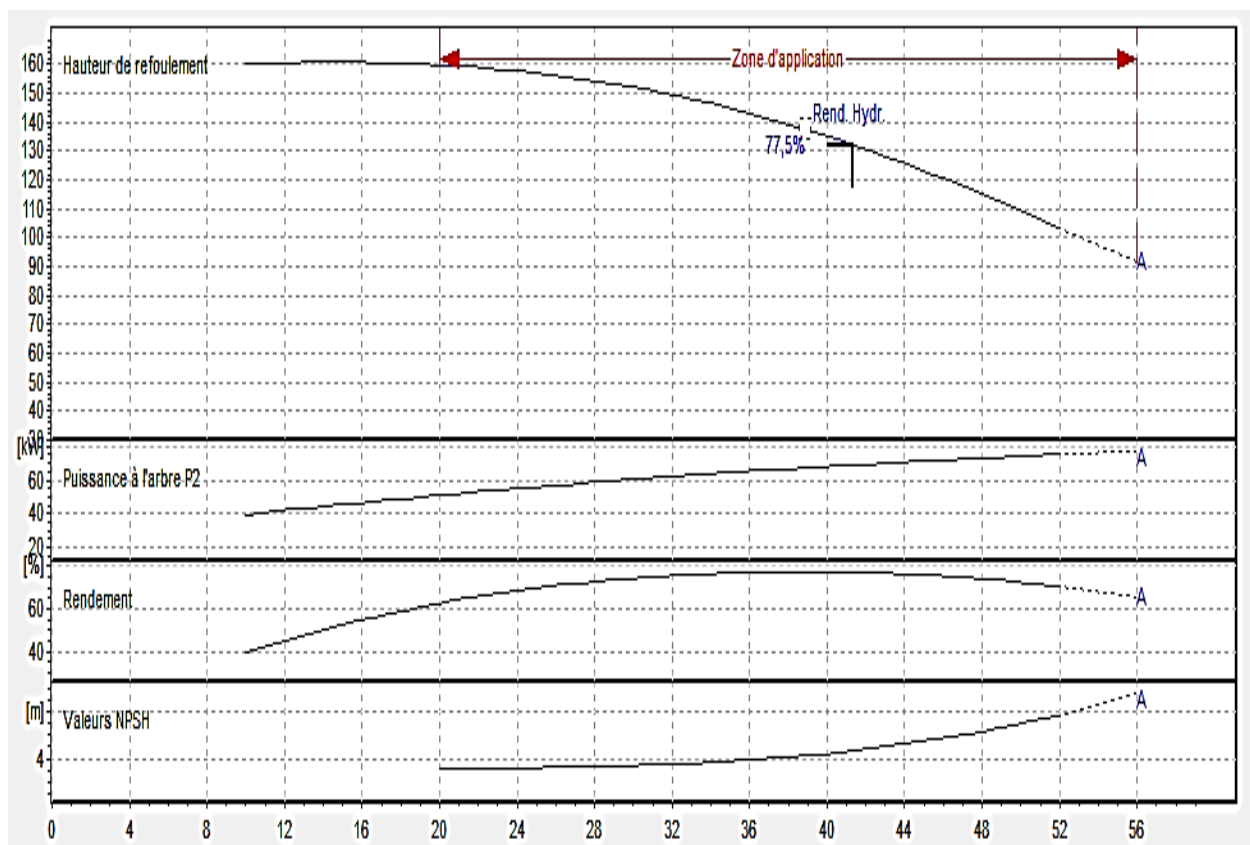


Figure (VI-12) : courbes caractéristiques de la pompe de la SR2

VI.13.3. vérification de la non cavitation

- ✓ Côte du plan d'aspiration : $C_a = 308 \text{ m}$
- ✓ Côte de l'axe de la pompe : $C_p = 305 \text{ m}$
- ✓ Hauteur d'aspiration : $H_a = C_p - C_a = 3 \text{ m}$
- ✓ $NPSH_r = 7,18$

- ✓ $H_a > 0$, d'où la pompe est montée en charge.
- ✓ Calcul de la pression à la côte d'aspiration : $= 10,33 - 0,0016 \times 308 = 9,836$
- ✓ $NPSH_d = 9,836 + (3) - (0 + 0,238) = 12,59 \text{ m}$.

On a : $NPSH_d > NPSH_r$ alors la pompe est hors domaine de la cavitation.

VI.14. Conclusion :

Dans ce chapitre, l'utilisation d'un catalogue CAPRARI nous a permis de déterminer le type de pompes à adopter pour chaque station de reprise. Nous avons opté pour la station de reprise SR2, une pompe multicellulaire à axe horizontal de type **PM 100/ 2A**. Par la suite nous avons vérifié la non-cavitation de la pompe utilisée.

Dans le chapitre suivant, nous allons établir la sécurité de la station étudiée par rapport au coup de bélier.

VII.1. Introduction :

Le risque d'apparition du coup de bélier dans une conduite d'écoulement peut engendrer d'importants dégâts pour les canalisations, ainsi dans ce chapitre on est amené à étudier ce phénomène afin de réduire son effet et donner une longévité maximale à notre installation.

VII.2 Définition :

Le coup de bélier est un phénomène oscillatoire causé par une modification rapide du régime d'écoulement, qui engendre des ondes de pression. Ces dernières se propagent le long de la canalisation et s'ajoutent algébriquement à la pression nominale initiale régnant en chaque point, causant ainsi des variations des pressions soit surpression ou dépression dangereuses pour la conduite et son équipement (Michel, 1994).

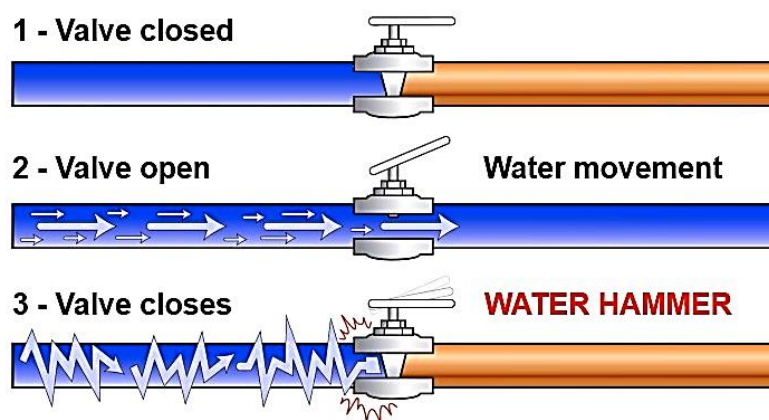


Figure (VII-1) : Le Coup de Bélier

VII.2.1. Les causes de ce phénomène :

- Fermeture instantané ou trop rapide d'une vanne ou d'un robinet ;
- Démarrage d'une pompe ;
- Arrêt brusque du groupe électropompe alimentant la conduite de refoulement débitant sur un réservoir.

VII.2.2. Les conséquences de ce phénomène :

- Déboitement des conduites ou rupture des joints ;
- Détérioration des accessoires (vanne, robinet, ...) ;
- Rupture de la conduite, éclatement dû à la surpression et l'écrasement qui est dû à la dépression.

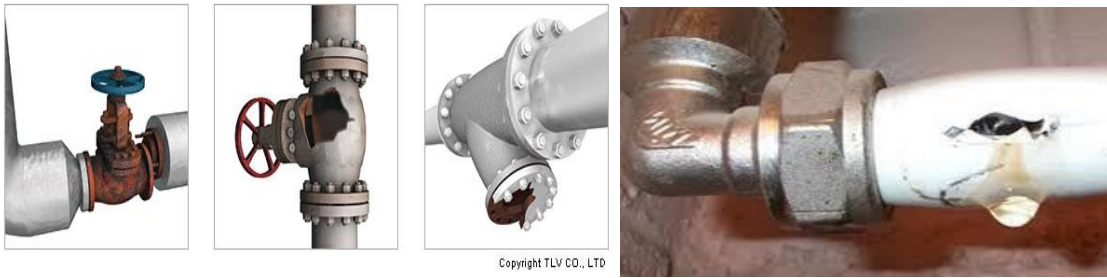


Figure (VII-2) : Conséquence du Coup de Béliet

VII.3. Analyse physique du phénomène :

En régime transitoire, il y a variation des caractéristiques hydrauliques de l'écoulement dans le temps et en tout point de la conduite.

Dans ce paragraphe on essaiera d'expliquer le phénomène durant la période d'oscillation de l'onde de pression. Prenons le cas de l'arrêt d'une ou plusieurs pompe(s), alors le débit à travers la conduite est brusquement interrompu et les clapets de retour qui se trouvent à l'aval des pompes se ferment pour éviter la vidange de la conduite. Quatre phases peuvent alors être envisagées pour notre analyse.

(On prendra comme unité de temps d'un aller-retour d'onde c'est-à-dire : L/a) :

Phase 01 :

Par suite de son inertie, la colonne va pour poursuivre son chemin ascendant, mais, n'étant plus alimentée, il va en résulter, derrière elle une dépression (l'eau se déprime). Chaque tranche considérée de la conduite se contracte successivement par diminution élastique du diamètre. Une onde de dépression prend naissance au départ de la pompe et se propage jusqu'au réservoir à une vitesse ou célérité désignée par a . Si la distance entre la pompe et le réservoir est : L le temps mis par cette onde pour atteindre le réservoir est L/a . Au bout de ce temps la conduite est en dépression sur toute la longueur.

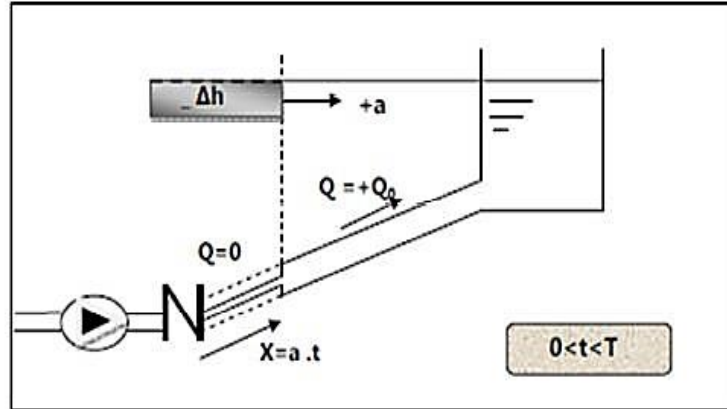


Figure (VII-3): représentation du phénomène pendant la phase 01 ($0 < t < T$)

Phase 02 :

Par suite de son élasticité, la conduite reprend son diamètre primitif et cela de proche en proche en partant du réservoir, l'eau alors revient dans la conduite et au bout d'un nouveau temps L/a , c'est-à-dire a $2L/a$ depuis l'origine du phénomène, tout l'eau est redescendu mais va se trouver arrêté par le clapet anti retour de la pompe.

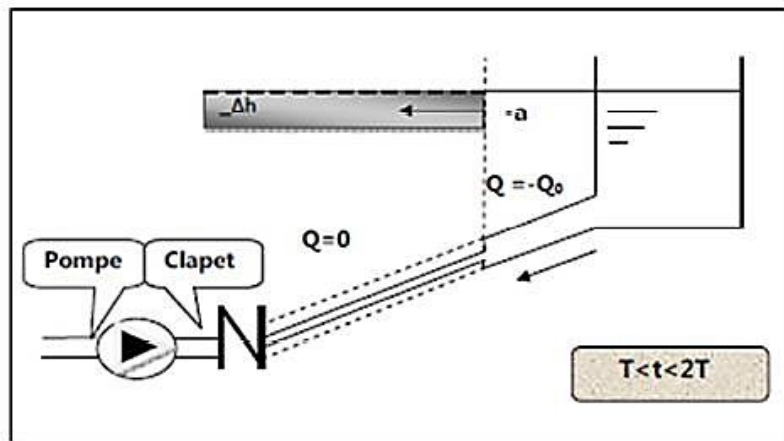


Figure (VII-4) : représentation du phénomène pendant la phase 02 ($T < t < 2T$)

Phase 03 :

En raison de cet arrêt, l'eau en contact avec le clapet va se comprimée, provoquant une dilatation de la conduite. Les tranches d'eau suivantes subiront le même sort causant les mêmes conséquences pour la conduite, l'onde de pression gagnant de proche en proche dans le sens pompe-réservoir.

Au bout d'un nouveau temps L/a ($3L/a$ depuis l'origine), toute la conduite sera dilatée avec une eau surpressée et immobile.

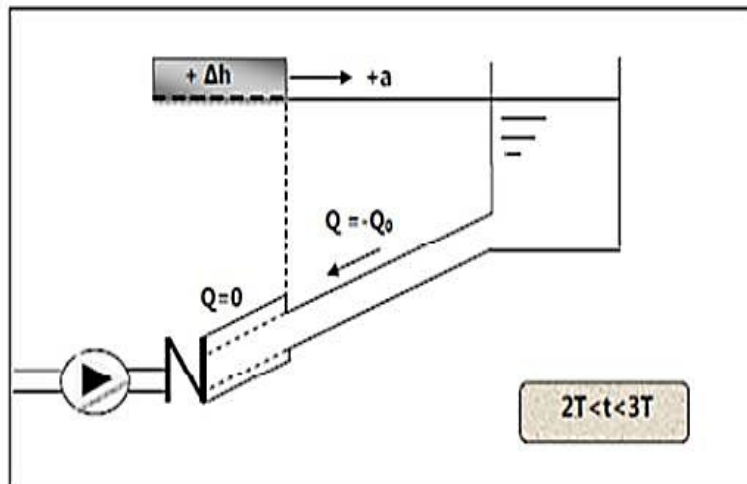


Figure (VII-5) : représentation du phénomène pendant la phase 03 ($2T < t < 3T$)

Phase 04 :

Grâce à l'élasticité de la conduite, agissant comme un ressort, celle-ci reprend son diamètre initial, de proche en proche en partant du réservoir. Au bout d'un nouveau temps L/a ($4L/a$ depuis l'origine) nous nous retrouvons dans la même situation qu'au moment de l'arrêt brusque de la pompe.

La période du mouvement est donc de $T = 4L/a$. Le phénomène est amorti par les pertes de charge résultant du frottement de l'eau dans la conduite. Dans le cas d'un arrêt brusque d'une pompe, le phénomène du coup de bélier est donc caractérisé, tout d'abord, par une dépression, puis par une surpression.

L'analyse du phénomène, dans le cas d'une fermeture rapide d'une vanne située à l'extrémité d'une conduite d'adduction en provenance d'un réservoir est exactement le même sauf qu'il commence par une surpression puis une dépression (**phases 03 et 04 ensuite 01 et 02**).

Le phénomène du coup de bélier se reproduirait indéfiniment (répétition de ses 4 phases) avec la même intensité à chaque fois, s'il n'était amorti par les pertes de charge dues aux frottements de l'eau avec les parois internes de la canalisation.

A la suite de cette analyse on arrive au fait que le coup de bélier qui accompagne la fermeture d'une vanne est un phénomène périodique de période $T = \frac{4L}{a}$

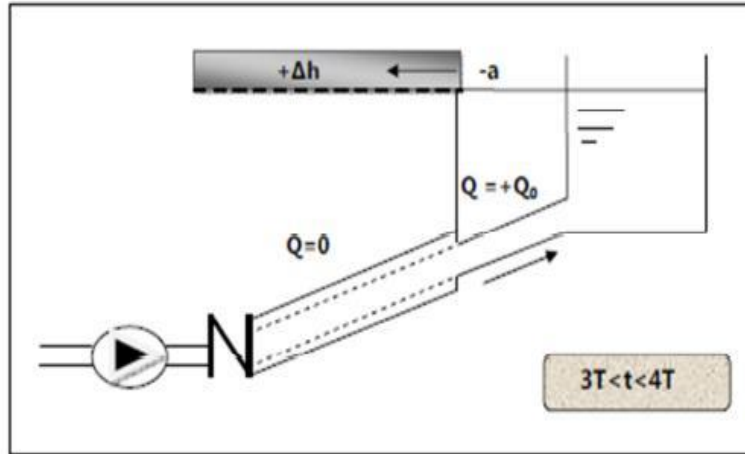


Figure (VII-6) : représentation du phénomène pendant la phase 04 ($3T < t < 4T$)

VII.4. Les moyens de protection contre le coup de bélier

Les effets du coup de bélier ne peuvent être totalement supprimés, mais il convient de les limiter à une valeur compatible avec la résistance des installations, les appareils anti-bélier devront avoir pour effets de limiter la surpression et la dépression.

Les appareils les plus utilisés sont :

VII.4.1. Volant d'inertie

Le volant d'inertie est un disque, dont la masse est concentrée près de la périphérie. Calé sur l'arbre du groupe motopompe, le volant peut protéger une conduite contre l'arrêt intermédiaire de la pompe en accumulant de l'énergie pendant la marche normale, qui va utiliser ainsi pour allonger le temps d'arrêt de la pompe (il ne lutte que contre la dépression). Les caractéristiques géométriques du volant sont déterminées en fonction de la puissance de la pompe et du temps d'arrêt minimum pour limiter suffisamment la valeur du coup de bélier (Moussa ; 2002).

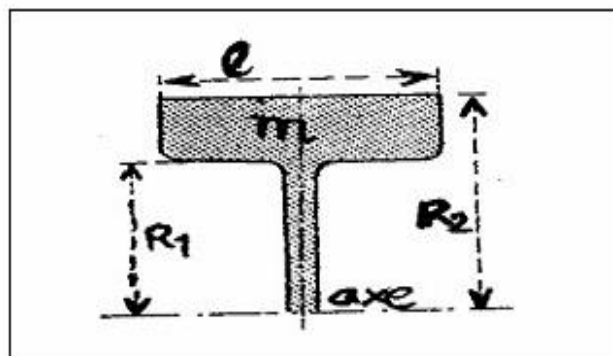


Figure (VII-7) : volant d'inertie

VII.4.1 Soupape de décharger :

C'est un ressort à boudin qui, en exploitation normale, par sa compression, obture un orifice placé sur la conduite au point à protéger. (Elle ne lute que contre la surpression), il s'ouvre très rapidement pour libérer le débit de retour dans la conduite, il permet ainsi de limiter la valeur de cette Surpression. Cette soupape ne s'ouvre que si la pression dans la conduite dépasse de 5 % la pression maximale de fonctionnement normal.

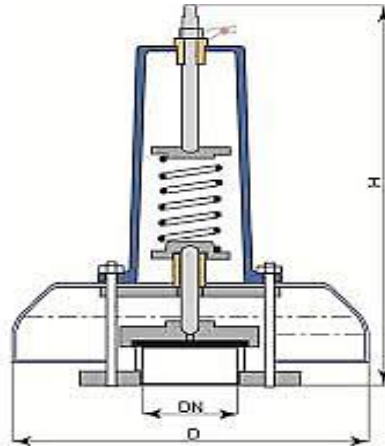


Figure (VII-8) : soupape de décharger

VII.4.3. Cheminée d'équilibre :

A la place d'un réservoir d'air sous pression, on peut utiliser un réservoir à l'air libre appelé cheminée d'équilibre. Elles servent à injecter de l'eau dans la conduite en cas de dépression et à en réserver en cas de surpression. Elles sont établies pour des hauteurs géométriques faibles et des conditions topographiques favorables.

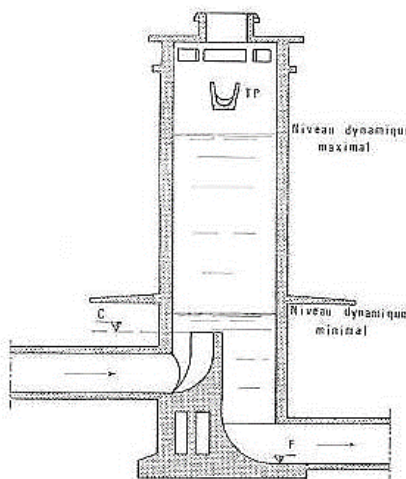


Figure (VII-9) : Cheminée d'équilibre

VII.4.4. Réservoir d'air :

C'est un réservoir placé sur la conduite et contenant de l'eau et de l'air sous pression. La pression dans l'air, en marche normale, équilibre la pression dans la conduite. En cas de coup de bélier, ce réservoir va alimenter la conduite en eau lors de la dépression (par suite de la dilatation du volume d'air) et récupérer l'eau à partir de la conduite lors de la surpression (par suite de la compression du volume d'air). Ainsi, il permet de limiter aussi bien la dépression que la surpression. Il est considéré comme le meilleur moyen de protection contre le coup de bélier et le plus utilisé à cause de simplicité et son efficacité.

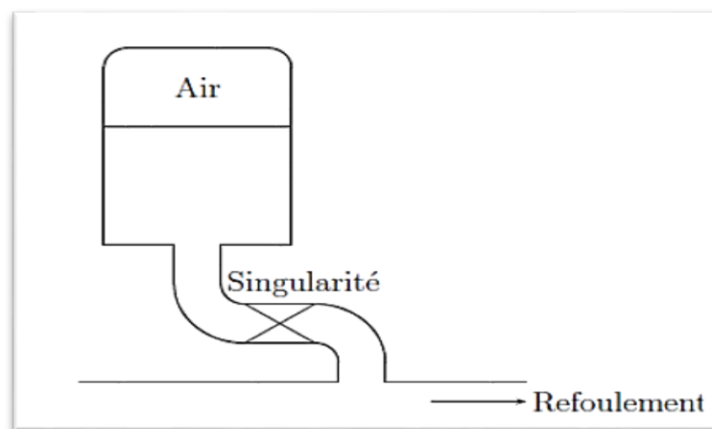


Figure (VII-10) : Principe de la disposition d'un réservoir d'air

VII.5 Calcul hydraulique :

VII.5.1. Données de base :

Les caractéristiques de la conduite de refoulement sont données dans le tableau suivant :

Caractéristiques de la conduite	Valeurs
Longueur de la conduite L	1000 m
Débit Q	41.33 l/s
Vitesse d'écoulement V	1.32 m/s
Hauteur géométrique H_g	124.5 m
Diamètre extérieur de la conduite φ	0.2 m
Epaisseur de la conduite e	0.027 m
Hauteur géométrique H_{géo}	132.4 m

Tableau (VII-1) : Caractéristique de la conduite de refoulement

VII.5.2. Calcul de la célérité des ondes :

La célérité des ondes du coup du bélier dans une conduite en PEHD est donnée par la formule d'ALLIEVI suivante :

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k * \frac{D}{e}}}$$

Avec :

C : célérité d'onde (m/s) ;

D : diamètre de la conduite (mm) ;

e : épaisseur de la conduite (mm) ;

k : Coefficient qui dépend du matériau.

Matériau	Fer	Acier	Fonte grise	Fonte ductile	Béton	Amiante de ciment	PVC	PEHD	PEBD
K	0.5	0.5	1.0	0.59	5	4	33	83	5000

Tableau (VII-2) : les différentes valeurs de K en fonction du matériau.

$$C = \frac{9900}{\sqrt{(48.3 + 83 * \frac{200}{27})}} = 384.45m/s$$

L'intervalle d'un aller-retour sera :

$$\theta = \frac{2L}{C} = \frac{2 * 1000}{390.97} = 5.11 s$$

VII.5.3. Calculer de la valeur du coup de bélier :

$$B = \frac{C * V}{g}$$

Avec :

B : valeur du coup de bélier exprimé en mètre de hauteur d'eau ;

C : la célérité des ondes ;

V : vitesse de l'eau dans la conduite (m/s) ;

g : accélération de la pesanteur, égale à 9,81 m/s².

$$B = \frac{384.45 * 1.32}{9.81} = 51.73mce$$

Calcul de la surpression et dépression :

$$H_0 = H_g + 10 = 124.5 + 10 = 134.50 \text{ m}$$

La surpression maximale:

$$H_{\max} = H_0 + B$$

$$= 134.50 + 51.3$$

$$= 186.32$$

$$H_{\max} = 186.32 \text{ m} = 18.63 \text{ bar} < 25 \text{ bar}$$

La dépression maximale:

$$H_d = H_0 - B$$

$$= 134.50 - 51.73$$

$$= 82.77 \text{ m}$$

$$H_d = 82.77 \text{ m} = 8.277 \text{ bar} < 25 \text{ bar}$$

VII. Conclusion

Au cours de ce chapitre on a essayé de contrôler le phénomène du coup de bélier pour la conduite de refoulement (SR2-SR4). Vu que la valeur de la surpression ne dépasse pas la pression maximale et la valeur de dépression est positive cela veut dire qu'aucune protection n'est nécessaire.

Conclusion Générale

Afin de mettre fin à la souffrance due au manque d'eau dans la commune de Tizi Rached, nous avons projeté une nouvelle chaîne d'adduction à partir du réservoir d'Ikhruben. Notre étude est réalisée à l'horizon **2051**, où la population atteindra les **33022** habitants.

L'estimation des différents besoins en eau futurs des zones des agglomérations de Tizi Rached a donné un débit total de **7492,31 m³/j**, ce qui correspond à **86,71 l/s**.

Le diagnostic physique des différents ouvrages hydraulique nous a permis de conclure que la conduite de refoulement (SR2-SR4) présente des fuites importantes à cet effet on recommande des travaux réhabilitation.

Afin d'assurer le bon fonctionnement du réseau, nous avons d'une part vérifié la capacité des réservoirs existants et d'une autre part on a projeté deux nouveaux réservoirs :

- Réservoir **SR1** d'une capacité de **400 m³**
- Réservoir **d'Ikhruben** d'une capacité de **600 m³**

Pour le dimensionnement de la conduite (**SR2-SR4**) nous avons choisi le diamètre le plus économique avec une vitesse acceptable. En ce qui concerne le matériau de la conduite, nous avons opté pour le Poly Ethylène Hautes Densité (**PEHD**) avec une pression normalisée de **PN25** et cela pour les avantages qu'ils présentent comparé aux autres matériaux.

Le choix des pompes adéquates pour le refoulement au niveau de la station de reprise a été réalisé à l'aide d'un catalogue numérique **CAPRARI**, à titre purement indicatif, tout en assurant qu'il n'y a pas un risque de cavitation.

Une vérification du risque d'apparition du phénomène du coup de bélier a été faite dans la conduite (**SR2-SR4**) afin de protéger le réseau d'adduction contre ce phénomène. Les calculs nous ont mené à conclure qu'aucune protection n'est nécessaire. Nous avons opté pour des vannes à fermeture lente pour les conduites gravitaires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] : Données recueillies(PDAU) auprès des services, APC de la commune de Tizi Rached, Subdivision de la commune de Tizi Rached, bureau d'études Youcef Khodja et la Direction des Ressources en Eau De la wilaya de Tizi Ouzou
- [2] : **Hazen.A et Williams G.S.** : « *Hydraulic Tables* » ; New York, 3e éd, 1920
- [3] : **TECHNIQUES DE L'INGENIEUR** : « Adduction et distribution des eaux », 195 pages
- [4] : **BOUSLIM, M.** : « Alimentation en eau potable », Paris 1972, page 10.
- [5] : **BONNIN, J.** : « Hydraulique urbaine », Edition appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance, Eyrolles, 1986.
- [6] : **MEUNIER, M.** : « LE Coup de bélier et la protection des réseaux d'eau sous pression », Edition Dunod, Paris, 1950.
- [7] : **CARLIER, M.** : « Hydraulique générale et appliquée », Eyrolles, Paris, 1970.
- [10] : **LABORDE, J.P.** : « Eléments d'Hydraulique générale », Edition 2000. [11] : **Référence web** :
[www.Slideserves.fr /protection-des-conduites-contre-les-coups-de-belier](http://www.Slideserves.fr/protection-des-conduites-contre-les-coups-de-belier)
- [12] : **Groupe CHIALI** : «*Production tubes ; PVC-PEHD*»
- [13] : **AMARA, L** : «*Note de calcul sur le cou de bélier* »

Annexe (1) : Tableaux des prix du tube PEHD

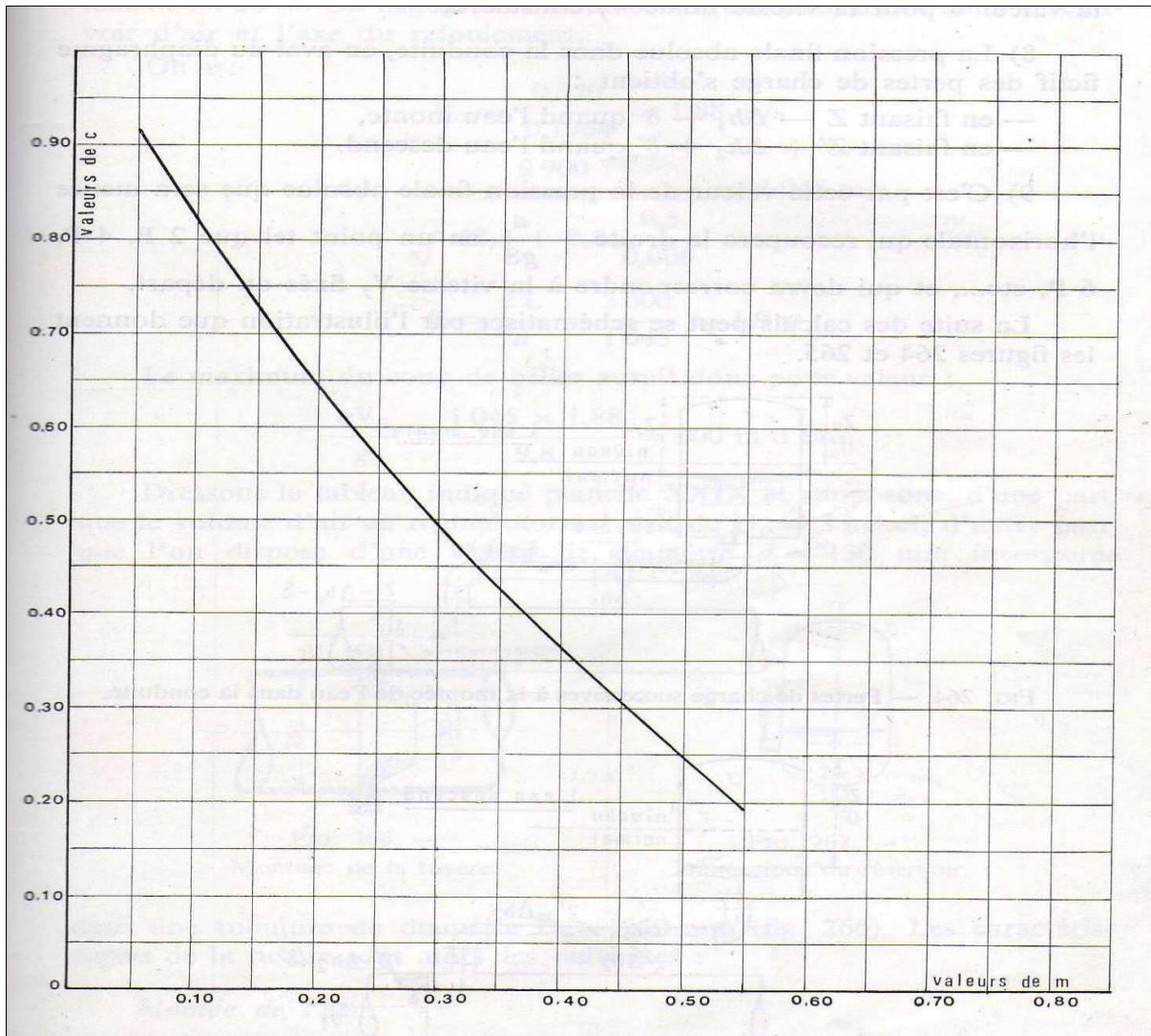
Les prix des Conduites en PEHD PN 25

Diamètre extérieur en (mm)	Epaisseur en (mm)	Prix unitaire (DA/ml)
25	3,5	161.87
32	4.4	260.54
40	5.5	400.24
50	6.9	627.52
63	8.6	984.52
75	10,3	1405.83
90	12.3	1853.74
110	15.1	2728.51
125	17.1	3654.26
160	21.9	5992.22
200	27.4	9335.22
250	34.2	14566.05
315	43.1	23120.76
400	57.7	37223.36

Annexe (02) : Variation de l'angle d'ouverture en fonction de K

Angle d'inclinaison du papillon (θ)	K
0-5	0,25
10	0.52
20	1.54
30	3.91
40	10.8
45	18.7
50	32.6
60	118
70	751
80	1400

Annexe (03) : Coefficient de perte de charge c dans une tuyère



REAMENAGEMENT ET EXTENSION DU SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
DE LA COMMUNE DE TIZI RACHED WILAYA DE TIZI OUZOU

Résumé :

La commune de Tizi Rached , situé à 15 km de la wilaya de Tizi Ouzou , souffre énormément d'un manque d'eau jusqu'à son raccordement au transfert du barrage de Taksebt, à Azazga, cependant seule la zone chef lieu a été raccordée, de ce fait les deux zones restantes sont demeurées mal alimentées, une réflexion est alors engagée à l'effet de réaliser ,l'extension de la chaine du chef-lieu d'autant plus que l'eau est disponible ; c'est pour cela que nous Nous avons approché la problématique, tout en nous assurant que la ressource est disponible au niveau du réservoir de Tazazrait, de ce fait nous avons préconisé la réalisation de deux nouvelles stations de pompage, dont la première alimente gravitaire ment le village de Tala Amara, et la seconde, refoule l'eau jusqu'au réservoir d'Afensou alimentant les villages de la partie sud. Par ailleurs nous avons procédé à la vérification, des capacités des réservoirs et suggéré pour certains leur renforcement, tenant compte des besoins de chaque village, les quels ont été soigneusement estimés en fonction de l'évolution de la population et des équipements projetés. Les canalisations ont été dimensionnés de façon à retenir le diamètre le plus économique .on a procédé aussi à la vérification d'apparition du phénomène du coup de bélier au niveau de l'adduction reliant la SR2-SR4

Mots clés : AEP ; Adduction ; Pompe ; Station de pompage ; Coup de bélier ; Distribution