

الجمعية الوطنية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة سعيدة - د. مولاي الطاهر  
UNIVERSITÉ DE SAÏDA - Dr MOULAY TAHAR

Faculté de Technologie  
Département de Génie Civil et d'Hydraulique



### PROJET DE FIN DE CYCLE

Présenté pour l'obtention du Diplôme de MASTER en Hydraulique  
Spécialité : Hydraulique Urbaine

---

**Etude du renforcement en eau potable du chef-lieu de la commune d'Ouled Brahim et les localités en route à partir du champ de captage**

**d'Oued El Abd W. de SAÏDA – ALGERIE**

---

Présenté par :

**BOUARARA El Moatasim Ali**

Soutenu, le 10 / 10 / 2024, devant le jury composé de :

**M. HADJEM M.**

**Président**

**M. TALBI O.**

**Examinateur**

**M. CHAFI C.**

**Encadrant**

**Année universitaire : 2023/2024**

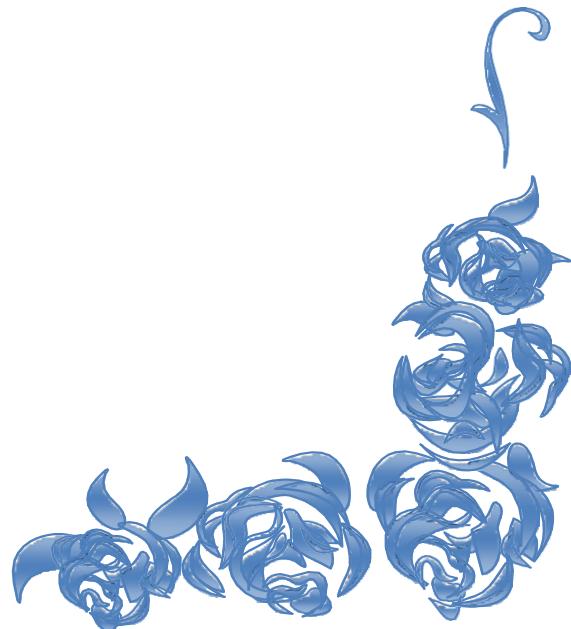


# Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu de m'avoir donné la volonté, le courage et la patience nécessaires à l'achèvement de ce travail. Je tiens à exprimer notre profonde gratitude à mon encadrant, M. C. CHAFI, pour m'avoir guidée, accompagné et encadré tout au long de ce projet. Ses précieux conseils et sa compréhension m'ont été d'une grande aide dans l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.

Je n'oublie pas de remercier tous les enseignants du département de génie civil et d'hydraulique, qui ont contribué à notre formation durant cette courte période de Master II, pour l'année universitaire 2023/2024.

Enfin, je remercie également les membres du jury de m'avoir fait l'honneur d'examiner mon travail.



# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes  
qui nous ont aidés de près ou de loin dans  
l'élaboration de ce mémoire.

À tous les membres de ma petite famille.

À ma grande famille : ma mère, mon père,  
mon épouse, mes sœurs, ma petite sœur, ainsi  
qu'à tous les étudiants de la promotion 2021 du  
Master en hydraulique, sans exception.

## Résumé :

L'alimentation en eau potable d'une agglomération repose généralement sur une étude détaillée de la demande totale en eau, permettant le dimensionnement de toutes les composantes du système d'approvisionnement.

Le renforcement en eau potable du chef-lieu de la commune d'Ouled Brahim (W. Saïda) et des localités situées le long de la route repose sur l'exploitation des eaux souterraines du champ de captage d'Oued El Abd.

L'adduction d'eau à partir du champ de captage s'effectue par refoulement en raison de la topographie de la zone. Les conduites d'adduction, en PEHD (polyéthylène haute densité), ont des diamètres variables ( $\varnothing 250$  et  $\varnothing 160$ ).

Des bâches de reprise sont nécessaires à différents points du parcours d'écoulement. Des pompes immergées ont été choisies pour les deux forages (F1 et F2), et d'autres pompes de surface seront installées au niveau des bâches de reprise. Le système de renforcement a été vérifié pour le phénomène transitoire (coup de bélier).

**Mots-clés:** Eaux souterraines, Oued el Abd, PEHD, pompes, coup de bélier.

## الملخص :

يعتمد إمداد المياه الصالحة للشرب لمنطقة حضرية عادةً على دراسة مفصلة للطلب الإجمالي على المياه، مما يتيح تحديد حجم جميع مكونات نظام الإمداد.

يسند تعزيز إمداد المياه الصالحة للشرب للبلدية أولاد إبراهيم (ولاية سعيدة) والبلدات الواقعة على طول الطريق إلى المياه الجوفية من منطقة التقاط المياه في أولاد العبد.

يتم نقل المياه من منطقة الانقطاع عن طريق الصخ نظراً لطبوغرافية المنطقة. أنابيب النقل مصنوعة من البولي إيثيلين عالي الكثافة (PEHD) بأقطار متغيرة ( $\varnothing 250$  و  $\varnothing 160$ ).

تتطلب مسارات التدفق خزانات استعادة في نقاط مختلفة.

تم اختيار المضخات المغمورة للأبار (F1 و F2)، بينما سيتم تركيب مضخات سطحية عند خزانات الاستعادة.

تم التحقق من نظام التعزيز في حالة الظواهر الانتقالية (صدمة مائية).

**الكلمات المفتاحية:** المياه الجوفية، وادي العبد، أنابيب PEHD، المضخات، المطرقة المائية ،

## Abstract :

The drinking water supply of an urban area generally relies on a detailed study of the total water demand, allowing the sizing of all components of the supply system.

The reinforcement of drinking water supply for the chief town of Ouled Brahim municipality (W. Saïda) and the localities along the route is based on groundwater from the Oued El Abd catchment area.

Water adduction from the catchment area is achieved through pumping due to the topography of the area. The adduction pipes, made of HDPE (high-density polyethylene), have variable diameters ( $\varnothing 250$  and  $\varnothing 160$ ).

Intermediate storage tanks are required at various points along the flow route.

Submersible pumps were selected for the two boreholes (F1 and F2), while surface pumps will be installed at the intermediate storage tanks.

The reinforcement system has been checked for transient phenomena (water hammer).

**Keywords:** Groundwater, Oued el Abd, HDPE, pumps, water hammer.

## Liste des abréviations

AEP : l'alimentation en eau potable.  
ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques.  
Hg : Hauteur géométrique(m).  
Hmt : Hauteur manométrique(m).  
V0 : Vitesse moyenne d'écoulement.  
S : Section de la conduite.  
 $Q$  : débit refoulé dans la conduite en (m<sup>3</sup>/s).  
 $Q_{\max j}$  : débit maximum journalier en m<sup>3</sup>/j  
 $Q_{\min j}$  : débit minimum journalier en m<sup>3</sup>/j  
 $Q_{\text{moy}}$  : Consommation moyenne journalière en eau potable (l/s)  
 $Q_{\text{moy j}}$  : débit moyen journalier en m<sup>3</sup>/j  
 $Q_{\text{moy h}}$  : débit moyen horaire en m<sup>3</sup>/h  
e : Epaisseur de la paroi (mm).  
CR : Côte Radier(m).  
CTP : Côte Trop Plein  
T: Température °C  
D: Diamètre.  
Dext: Diamètre extérieur.  
Dint : Diamètre intérieur.  
DN : Diamètre Nominal.  
DA : Dinar Algérien.  
Max : Maximum.  
Moy : Moyenne.  
Min : Minimum.  
Fam : frais d'amortissement.  
A : coefficient d'annuité.  
i: Taux d'annuité annuel.  
n: nombre d'années d'amortissement.  
Pue : Prix d'un kilo-watt-heur.  
 $\lambda$  : Coefficient de pertes de charge.  
j : Pertes de charge linéaire.  
Re : nombre de Reynolds.  
 $\epsilon$  : La rugosité.  
Js : pertes de charge singulières.  
Jt : pertes de charge totale.  
Pabs : la puissance absorbée par la pompe.  
 $\eta$ : rendement de la pompe en.  
E : l'énergie consommée par la pompe.  
Ft : Le bilan des frais.  
B : la valeur de coup de bélier.  
a : La célérité des ondes du bélier.  
K : coefficient dépendant de la nature du matériau de la conduite.

## Liste des abréviations

---

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

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

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

$P_{\max}$  : Pression maximale.

$P_{\min}$  : Pression minimale.

PP : Point de Piquage.

ND : Niveau dynamique.

SR : Station de Reprise.

PE : Polyéthylène.

PVC : Chlorure de polyvinyle.

PEBD : Polyéthylène à Basse Densité.

PEMD : Polyéthylène à Moyenne Densité

PEHD : Polyéthylène à Haute Densité.

NPSH : Charge nette d'aspiration.

$NPSH_{\text{disp}}$  : Charge nette d'aspiration Disponible.

$NPSH_{\text{req}}$  : Charge nette d'aspiration Requise.: Chlorure de polyvinyle.

## Tables des matières

### CHAPITRE I : DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDES

|   |    |
|---|----|
| I-1. INTRODUCTION .....                     | 3  |
| I -2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ..... | 3  |
| I -2.1.Situation géographique.....          | 3  |
| I -2.2 .Aperçu géologique .....             | 5  |
| I -2.3. Données climatologiques .....       | 5  |
| I -2.4. Pluviométrie .....                  | 5  |
| I -3 SITUATION URBANISTIQUE .....           | 10 |
| I-3.1 Infrastructures.....                  | 11 |
| I-3.2 Activités Socio-économiques .....     | 11 |
| I-4 CONCLUSION.....                         | 11 |

### CHAPITRE II : ÉTAT DE FAIT

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| II-1 INTRODUCTION .....        | 13 |
| II-2 OUVRAGE DE STOCKAGE ..... | 13 |
| II-3 CONDUITE D'AMENEE.....    | 14 |
| II-4 CONCLUSION.....           | 20 |

### CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DES CONDUITES D'ADDUCTION ET LES BÂCHES DE REPRISE

|   |    |
|---|----|
| III-1 INTRODUCTION .....  | 22 |
| III-2 DIFFERENTS TYPES DE CONDUITES .....   | 23 |
| III-3 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES CONDUITES .....                             | 23 |
| III-3.1 Avantages des conduites en PEHD.....                                      | 24 |
| III-3.2 Le PEHD (Polyéthylène de haute densité) .....                             | 24 |
| III-3.3. Contraintes – adduction : .....  | 24 |
| III-3.4 Les conditions hydrauliques .....   | 25 |
| III-3.5 La vitesse : .....  | 26 |
| III-3.6 Le temps de séjour .....  | 26 |
| III-4 ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE DES CONDUITES DE REFOULEMENT .....                | 26 |
| III-4.1 Etude technico-économique des diamètres des conduites de refoulement..... | 27 |
| III-5 CONCLUSION : .....  | 36 |

### CHAPITRE IV : CHOIX DES POMPES

|   |    |
|---|----|
| IV-1 INTRODUCTION.....                  | 37 |
| IV-2 DEFINITION DE LA POMPE.....        | 37 |
| IV-2.1 Les Domaines D'applications..... | 37 |

## Table des matières

---

|  |    |
|--|----|
| <i>IV-3 LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS .....</i>                       | 37 |
| <i>IV-4 DESCRIPTION DES DIFFERENTS COMPOSANTS.....</i>                     | 38 |
| <i>IV-4.1 La turbine (ou la roue) .....</i>                                | 38 |
| <i>IV-4.2 Le diffuseur.....</i>  | 39 |
| <i>IV-4.3 La chambre d'aspiration .....</i>                                | 39 |
| <i>IV-4.4 L'arbre d'entrainement.....</i>                                  | 39 |
| <i>IV-4.5 Les clavettes.....</i>   | 39 |
| <i>IV-4.6 Les bagues d'usure.....</i>                                      | 40 |
| <i>IV-4.7 L'entretoise .....</i>   | 40 |
| <i>IV-4.8 Le coussinet.....</i>  | 40 |
| <i>IV-4.9 L'accouplement.....</i>  | 40 |
| <i>IV-4.10 Le clapet anti- retour .....</i>                                | 40 |
| <i>IV-5 LES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES D'UNE POMPE CENTRIFUGES .....</i> | 40 |
| <i>IV-5.1 Vitesse de rotation .....</i>                                    | 40 |
| <i>IV-5.2 Hauteur manométrique totale d'élévation Hmt.....</i>             | 41 |
| <i>IV-5.3 Puissances (utile et absorbée).....</i>                          | 41 |
| <i>IV-6 CONSTITUTION D'UNE POMPE CENTRIFUGE .....</i>                      | 42 |
| <i>IV-7 CHOIX DE LA POMPE.....</i>   | 42 |
| <i>IV-8 INSTALLATION D'UNE POMPE .....</i>                                 | 43 |
| <i>IV-8.1 Installation en aspiration .....</i>                             | 43 |
| <i>IV-8.2 Installation en charge .....</i>                                 | 43 |
| <i>IV-8.3 Installation en siphon.....</i>                                  | 43 |
| <i>IV-9 COURBES CARACTERISTIQUES D'UNE POMPE .....</i>                     | 43 |
| <i>IV-9.1 La courbe puissance – débit :.....</i>                           | 44 |
| <i>IV-9.2 La courbe rendement – débit:.....</i>                            | 44 |
| <i>IV-10 POINT DE FONCTIONNEMENT.....</i>                                  | 44 |
| <i>IV-10.1 Courbes caractéristiques d'une conduite .....</i>               | 44 |
| <i>IV-10.2 Point de fonctionnement d'une pompe.....</i>                    | 45 |
| <i>IV-11 COUPLAGE DES POMPES .....</i>                                     | 49 |
| <i>IV-11.1 Couplage en série.....</i>                                      | 49 |
| <i>IV-11.2 Couplage en parallèle:.....</i>                                 | 49 |
| <i>IV-12 CONCLUSION.....</i>   | 52 |

## CHAPITRE V : PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUP DE BELIER

|  |    |
|--|----|
| <i>V-1 INTRODUCTION.....</i>                   | 57 |
| <i>V-2 DEFINITION.....</i>                     | 57 |
| <i>V-3 ANALYSE PHYSIQUE DU PHENOMENE .....</i> | 57 |
| <i>V-3.1 Première phase .....</i>              | 58 |
| <i>V-3.2 Deuxième phase .....</i>              | 58 |
| <i>V-3.3 Troisièmes phase.....</i>             | 58 |
| <i>V-4 CELERITE DES ONDES.....</i>             | 60 |

|   |    |
|---|----|
| V-5 Calcul de la valeur de coup de bélier .....         | 60 |
| V-6 MOYENS DE PROTECTION CONTRE LE COUP DE BELIER ..... | 61 |
| V-6.1 Volant d'inertie.....                             | 61 |
| V-6.2 Cheminés d'équilibre.....                         | 62 |
| V-6.3 Soupape de décharge.....                          | 62 |
| V-6.1 Réservoirs d'air:.....                            | 63 |
| V-7 CALCUL DES RESERVOIRS D'AIR .....                   | 65 |
| V-7.1 Méthode de Puech et Meunier.....                  | 65 |
| V-7.2 Méthode de Bergeron .....                         | 65 |
| V-7.3 Méthode de Vibert .....                           | 65 |
| V-8 CONCLUSION.....                                     | 67 |

## CHAPITRE VI : POSE DES CONDUITES

|  |           |
|--|-----------|
| VI-1 INTRODUCTION.....                             | 69        |
| VI-2 DIFFERENTS TYPES DE POSE DES CONDUITES .....  | 69        |
| VI-2.1 Pose en terre .....                         | 69        |
| VI-2.2 Pose en mauvais terrains (cas spécial)..... | 70        |
| VI-2.3 Pose en galerie .....                       | 70        |
| VI-2.4 Traversées des cours d'eau .....            | 72        |
| VI-2.4 Passage de ponts.....                       | 72        |
| VI-3 LA CORROSION ET MOYENS DE LUTTE.....          | 73        |
| VI-3.1 Protection externe .....                    | 73        |
| VI-3.2 La protection cathodique .....              | 74        |
| VI-3.3 Protection interne .....                    | 75        |
| <b>CONCLUSION GENERALE .....</b>                   | <b>76</b> |
| <b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>            | <b>76</b> |

## Liste des tableaux

|   |    |
|---|----|
| Tableau N° 1: Paramètres climatiques (température et précipitation) à Balloul                 | 6  |
| Tableau N° 2: Evolution mensuelle de l'évapotranspiration potentielle à Balloul               | 8  |
| Tableau N° 3 : Evolution moyenne des vents - période d'observation 2011-2020                  | 9  |
| Tableau N° 4: Fréquences des directions des vents   | 9  |
| Tableau N° 5: Répartition annuelles de gelées   | 10 |
| Tableau N° 6: Répartition annuelle de la neige  | 10 |
| Tableau N° 7: Caractéristiques des Forages F1 et F2   | 13 |
| Tableau N° 8: Caractéristique du réservoir.   | 13 |
| Tableau N° 9: Equipements et accessoires du réservoir.  | 14 |
| Tableau N° 10: Consommation moyenne journalière des équipements                               | 14 |
| Tableau N° 11: Valeurs de $\beta_{\max}$ selon la population                                  | 15 |
| Tableau N° 12: la consommation domestique de la ville de Balloul en 2024, 2035 et 2050        | 16 |
| Tableau N° 13: calcul du débit de pointe total à différents horizons                          | 16 |
| Tableau N° 14: Consommation moyenne journalière concernant l'année 2024                       | 17 |
| Tableau N° 15: Consommation de pointe concernant l'année 2024                                 | 17 |
| Tableau N° 16 : Consommation moyenne journalière concernant l'horizon 2035                    | 17 |
| Tableau N° 17: Consommation de pointe concernant l'horizon 2035                               | 18 |
| Tableau N° 18: Consommation moyenne journalière concernant l'horizon 2050                     | 18 |
| Tableau N° 19: Consommation de pointe journalière concernant l'horizon 2050                   | 18 |
| Tableau N° 20: Tableau exprime les caractéristiques des différents localités                  | 19 |
| Tableau N° 21: Différents types de conduites et leurs caractéristiques                        | 23 |
| Tableau N° 22 : Caractéristiques des conduites en PEHD utilisées en adduction                 | 25 |
| Tableau N° 23: Données de calcul des conduites d'adduction                                    | 27 |
| Tableau N° 24: Calcul des diamètres des conduites d'adduction par différentes formules        | 28 |
| Tableau N° 25 : Gamme des diamètres commerciaux pour le calcul du diamètre le plus économique | 28 |
| Tableau N° 26 : Calcul des frais d'amortissement  | 29 |
| Tableau N° 27: Calcul de l'Hmt pour différents diamètres                                      | 29 |
| Tableau N° 28: Consommation en kWh du moteur et prix de l'exploitation                        | 30 |
| Tableau N° 29: Bilan  | 30 |
| Tableau N° 30: Calcul des frais d'amortissement   | 30 |
| Tableau N° 31: Calcul de l'Hmt pour différents diamètres                                      | 31 |
| Tableau N° 32: Consommation en kWh du moteur et prix de l'exploitation                        | 31 |
| Tableau N° 33 : Bilan   | 31 |
| Tableau N° 34: Calcul des frais d'amortissement   | 32 |
| Tableau N° 35: Calcul de l'Hmt pour différents diamètres                                      | 32 |
| Tableau N° 36: Consommation en kWh du moteur et prix de l'exploitation                        | 32 |
| Tableau N° 37: Bilan  | 33 |
| Tableau N° 38: Calcul des frais d'amortissement   | 33 |
| Tableau N° 39: Calcul de l'Hmt pour différents diamètres                                      | 33 |
| Tableau N° 40: Consommation en kWh du moteur et prix de l'exploitation                        | 34 |
| Tableau N° 41: Bilan  | 34 |

Liste des tableaux :

---

|   |    |
|---|----|
| Tableau N° 42: Calcul des frais d'amortissement                                     | 34 |
| Tableau N° 43: Calcul de l'Hmt pour différents diamètres                            | 35 |
| Tableau N° 44: Consommation en kWh du moteur et prix de l'exploitation              | 35 |
| Tableau N° 45: Bilan  | 35 |
| Tableau N° 46: B.R.S.P : Bâche de Reprise Station de Pompage                        | 36 |
| Tableau N° 47: Avantages et Inconvénients des pompes                                | 38 |
| Tableau N° 48 : exprime les types de pompes et leurs marques                        | 50 |
| Tableau N° 49: Célérité moyenne en fonction de la nature du matériau de la conduite | 60 |
| Tableau N° 50: Calcul de la surpression et de la dépression pour différents cas     | 66 |
| Tableau N° 51: Coefficient k selon la nature du matériau                            | 66 |
| Tableau N° 52: Vérification du coup de bâlier pour le cas des conduites PN20        | 67 |

## Liste des figures

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| Figure N° 1: Situation géographique de la zone d'étude  | 4                                  |
| Figure N° 2: les limites de la commune d'Ouled Brahim   | 4                                  |
| Figure N° 3: Températures moyennes mensuelles   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure N° 4: : Précipitations Moyennes Mensuelles   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure N° 5: Evolution mensuelle de l'évapotranspiration potentielle de Balloul                       | 8                                  |
| Figure N° 6: Evolution moyenne des vents  | 9                                  |
| Figure N° 7: Schéma exprimant l'adduction d'eau depuis les deux forage vers les différentes localités | 19                                 |
| Figure N° 8: Localisation des forages, localités et le chef-lieu..                                    | 22                                 |
| Figure N° 9: Schéma exprimant l'adduction d'eau depuis les deux forage vers les différentes localités | 27                                 |
| Figure N° 10: Eléments constitutifs d'une turbopompe  | 42                                 |
| Figure N° 11 Installation d'une pompe verticale   | 43                                 |
| Figure N° 12 Installation d'une pompe horizontale   | 43                                 |
| Figure N° 13:La courbe caractéristique d'une pompe centrifuge.  | 44                                 |
| Figure N° 14: Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré                           | 46                                 |
| Figure N° 15: Photos illustrant le phénomène de cavitation sur pompe centrifuge                       | 46                                 |
| Figure N° 16: Graphe des courbes NPSH.  | 48                                 |
| Figure N° 17: Calcul du NPSH disponible pour une pompe en charge.                                     | 48                                 |
| Figure N° 18: Calcul du NPSH disponible pour une pompe en dépression.                                 | 48                                 |
| Figure N° 19 :Couplage en série   | 49                                 |
| Figure N° 20: courbe caractéristique d une pompe immergée   | 49                                 |
| Figure N° 21: Courbe Caractéristique D'Une Pompe De Surface   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure N° 22: Coup de bélier dans une conduite de refoulement   | 57                                 |
| Figure N° 23: Étapes d'un cycle de variation dépression.  | 59                                 |
| Figure N° 24: Coup de bélier dans une conduite gravitaire   | 59                                 |
| Figure N° 25: Volants d'inertie   | 61                                 |
| Figure N° 26: Cheminées d'équilibre   | 62                                 |
| Figure N° 27 : Soupape de décharge  | 62                                 |
| Figure N° 28: Les différentes formes de l'anti-bélier.  | 63                                 |
| Figure N° 29: Principe de disposition du réservoir d'air anti-bélier                                  | 64                                 |
| Figure N° 30: Variation du volume d'air eau cours des phases de fonctionnement du réservoir           | 64                                 |
| Figure N° 31:Remplissage du réservoir anti-bélier.  | 65                                 |
| Figure N° 32: Pose des conduites en terre   | 69                                 |
| Figure N° 33: Pose en mauvais terrains.   | 70                                 |
| Figure N° 34: Pose des conduites traversées des routes et voies ferrées                               | 71                                 |
| Figure N° 35: Pose des conduites en galeries.   | 71                                 |
| Figure N° 36: Traversée d'un cours d'eau.   | 72                                 |
| Figure N° 37: Passage des ponts.  | 72                                 |
| Figure N° 38 :La corrosion dans les conduites.  | 73                                 |

Liste des figures :

---

---

# **Introduction Générale**

L'eau est une ressource vitale, que ce soit à l'ensemble des activités humaines, sociales, industrielles ou agricoles. Son importance exige une gestion rigoureuse, à travers la recherche de nouvelles ressources nouvelles, qu'elles soient superficielles ou souterraines, ainsi que le développement de techniques de recyclage.

En Algérie, la majorité des régions est soumise à un climat semi-aride à aride, caractérisé par une insuffisance chronique des précipitations et une répartition inégale tant dans le temps que dans l'espace. Ces contraintes climatiques, associées à une croissance démographique soutenue et à des développements économiques et sociaux, exacerbent la demande en eau, notamment pour la consommation potable.

Dans ce contexte, et face à la demande croissante en eau potable au sein de la commune d'Ouled Brahim, ce mémoire s'inscrit dans le cadre du plan national de développement pour répondre aux besoins en eau, tant en quantité qu'en qualité. Il est intitulé : "*Étude du renforcement en eau potable du chef-lieu de la commune d'Ouled Brahim (W. Saïda) à partir du champ de captage d'Oued el Abd*".

Notre étude s'articule autour de six phases principales, détaillées dans les chapitres suivants :

- 1. La description de la zone d'études** : Ce chapitre se focalise sur la présentation des caractéristiques géographiques, climatiques et socio-économiques de la région d'Ouled Brahim.
- 2. État de fait** : Une analyse approfondie de la situation actuelle des ressources en eau dans la région, en prenant en compte les besoins actuels et futurs.
- 3. Dimensionnement des conduites d'adduction et des bâches de reprise** : Ce chapitre aborde le dimensionnement des conduites reliant les forages au chef-lieu (Balloul) ainsi que des réservoirs de reprise des stations de pompage.
- 4. Choix des pompes** : L'étude porte sur la sélection des pompes adaptées aux besoins d'adduction et de refoulement de l'eau.
- 5. Protection des conduites : contrôle du coup de bélier** : Analyse des solutions techniques pour protéger les conduites contre les surpressions transitoires générées par le phénomène de coup de bélier.
- 6. Pose des conduites** : Ce chapitre traite des aspects techniques liés à l'installation des conduites d'adduction dans le cadre du projet.

Le mémoire se conclut par une **Conclusion générale** qui résumera les résultats obtenus et les recommandations pour assurer la durabilité du système d'adduction d'eau.

# **Chapitre I :**

## **Description de**

## **la zone d'études**

## **Chapitre I : Description de la zone d'études**

### **I-1. Introduction**

La ville de Balloul est une daïra de la wilaya de Saïda (Algérie) ayant le code de région Africa/Middle East Balloul, son altitude est de 1035 m par rapport au niveau de mer.

Les coordonnées géographiques sont 34°58'60'' N et 0°28'0'' E, ou 34.9833 et 0,466667 en degrés décimaux. [1]

La Ville de Balloul connaît ces dernières années une croissance rapide caractérisée par une forte urbanisation accompagnée par de grands projets d'infrastructures et de viabilisations. La préservation des ressources hydriques ainsi que l'environnement s'inscrivent dans le même objectif du développement de cette région.

Le présent travail s'inscrit dans Le cadre d'un renforcement en eau potable de la ville de Balloul et de certaines localités limitrophes.

### **I -2. Présentation de la zone d'étude**

Cette partie de l'étude vise à établir un état des lieux préliminaire afin de mieux appréhender la situation globale de la zone d'étude, une étape indispensable dans notre démarche.

Pour ce faire, il sera nécessaire d'exploiter diverses sources et documents disponibles.

#### **I -2.1. Situation géographique**

La ville de Balloul est en même temps le chef-lieu de la commune de Ouled Brahim et celui de la daïra du même nom. Elle se trouve à environ 40 km de Saïda ville sur l'axe routier (RN94) Saïda-Tiaret.

Elle est située à l'ouest de la commune d'Ouled Brahim à l'intersection RN94 (Saïda-Tiaret) sur le CW94 (Balloul-Tircine) et le CW (Balloul-Sidi Mimoun).

La commune couvre une superficie de l'ordre de 266 km<sup>2</sup>.

Elle est limitée : (Figure N° 01)

- ❖ Est par la wilaya de Tiaret.
- ❖ Au Sud par la commune de Tircine.
- ❖ Au l'Ouest par la commune d'Ain Soltane.
- ❖ Au Nord par la wilaya de Mascara. [2]

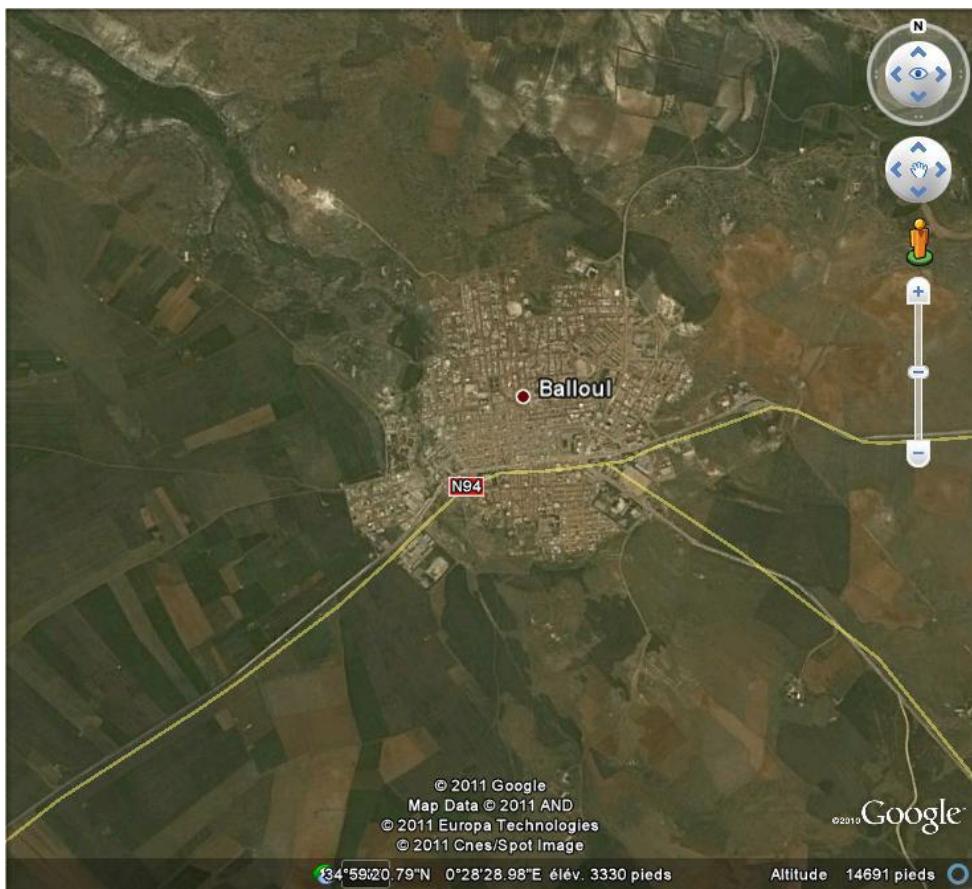


Figure N° 1: Situation géographique de la zone d'étude [3]



Figure N° 2: les frontières de la commune d'Ouled Brahim

## I -2.2 Aperçu géologique

La structure géologique de la zone d'étude est composée de terrains d'âge différent de haut en bas on signale les formations litho stratigraphiques suivantes:

Formation plio-Quaternaire: cette formation est composée de cailloutis, poudingues, calcaires lacustres travertins, tufs, par contre le quaternaire est formé d'alluvions.

Formation Mio-pliocène: cette formation est représentée d'argiles et graviers.

Formation Lusitanien-Kimméridgien: Le lusitanien est formé de grés massif avec quelques intercalations carbonatées et argilo-sableuses, cette formation occupe un espace important dans la région d'étude par contre le Kimméridgien n'affleure pas dans la région.

Formation Calvo-Oxfordien: Les marnes et argiles à bancs de grés représentent le callovien moyen, le complexe argileux atteint l'étage supérieur de l'oxfordien. Au-dessus se dépose des bancs de grés blanchâtres à quelques passages argileux.

Formation de bajocien-Bathonien: cette formation affleure largement dans la région, constituée essentiellement de calcaire et dolomies.

Formation Aalen-Bajocien: Cette formation est constituée principalement de dolomite recristallisée dans leur partie supérieure.

Formation marneuse du Toarcien: ces marnes ont une faible épaisseur de 6 à 15 m mais joue un rôle important du point de vue hydrogéologique. [4]

## I -2.3. Données climatologiques

La connaissance des températures dans une région ainsi que la maîtrise de leurs variations sont autant d'éléments fondamentaux qui conditionnent les potentialités hydriques, particulièrement par l'effet de l'évapotranspiration en matière de bilan de l'eau. Les observations climatiques sont généralement irrégulièrement effectuées, surtout en ce qui concerne la température à l'échelle horaire ou journalière.

Les températures sont irrégulières et variables avec minima relatives mensuels en hiver, et l'absolu, en janvier et février avec des valeurs avoisinant 7.9 °C et 8.8 °C. Le maximum étant situé en juillet avec une température de 27.4 °C sensiblement élevée, comme c'est le cas de l'ensemble de l'Ouest du pays.

## I -2.4. Pluviométrie

Partant des relevés pluviométriques ainsi déterminer sur la carte pluviométrique, il a été possible de procéder à:

L'évaluation des valeurs interannuelles mensuelles et annuelles de la région de Balloul, en étendant la période standard à près de 55 années (1950-2004). Ce type d'estimation semble être cohérent avec cette carte standard ou les effets vibrationnels du climat à l'échelle régionale ont tendance à réduire les écarts types des phénomènes locaux sur ces paramètres interannuels qui sont présumés constituer des indices stables représentatifs des différents climats régionaux. Cependant, compte tenu des fluctuations pluviométriques irrégulières, subies particulièrement à l'ouest du pays, les valeurs interannuelles mensuelles ne suivent pas légèrement la même logique de répartition pour les deux périodes d'observation, en raison des perturbations climatiques évolutives traduites par le décalage saisonnier, en cette période de la dernière sécheresse.

Tableau N°1: Paramètres climatiques (température et précipitation) à Balloul

| Mois      | Température moyenne (°C) | Température min/max (°C) | Record des températures min/max (°C) | Précipitations totales moyennes (mm) |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Septembre | 22.5                     | 15.2 / 30.3              | 4 / 39                               | 22.2                                 |
| Octobre   | 18.3                     | 12 / 25.3                | 2 / 37                               | 43.3                                 |
| Novembre  | 12.3                     | 7.4 / 18                 | -1 / 31                              | 43.4                                 |
| Décembre  | 9                        | 4.5 / 14.4               | -11 / 27                             | 31.3                                 |
| Janvier   | 7.9                      | 3.2 / 13.7               | -6 / 25                              | 36                                   |
| Février   | 8.8                      | 3.9 / 14.7               | -6 / 28                              | 36.9                                 |
| Mars      | 11.7                     | 5.4 / 18.1               | -5 / 30                              | 31.5                                 |
| Avril     | 14.1                     | 7.5 / 20.8               | -3 / 35                              | 34                                   |
| Mai       | 18.3                     | 10.6 / 25.4              | 0 / 38                               | 42.5                                 |
| Juin      | 23.6                     | 14.9 / 31.6              | 5 / 42                               | 15.2                                 |
| Juillet   | 27.4                     | 18.8 / 35.8              | 9 / 44                               | 6                                    |
| Août      | 26.6                     | 18.2 / 34.9              | 6 / 43                               | 23.1                                 |

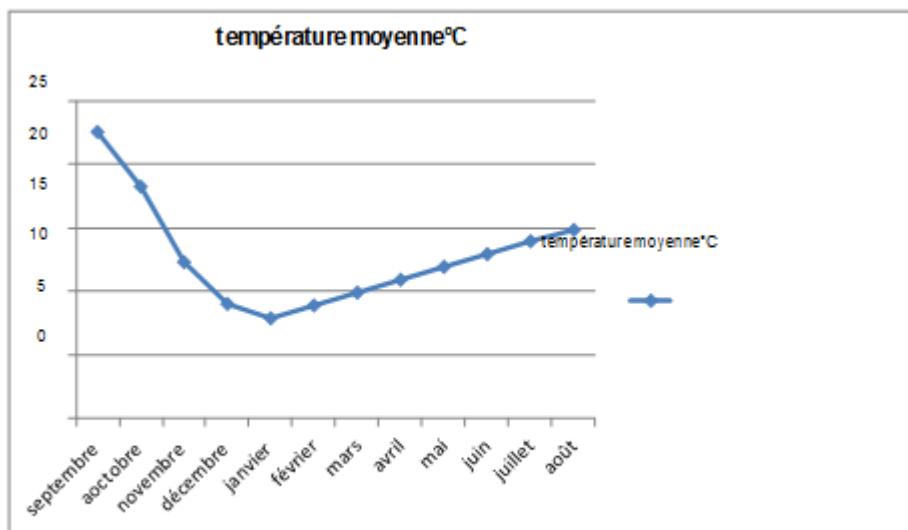


Figure N°3 : Températures moyennes mensuelles [5]

Au mois de Juillet, la température moyenne est de 27.4 °C. Juillet est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Janvier est le mois le plus froid de l'année. La température moyenne

est de 7.9 °C à cette période.

Le record de chaleur est de 44 °C enregistré le samedi 7 juillet 2012 et le record de froid de -11 °C enregistré le mardi 28 décembre 2012.

Au climat semi-aride, à prouver la région se caractérise par deux grandes saisons, respectivement froides et pluvieuses en hiver, et aride sans précipitations significatives, en été. Les indices climatiques, appliqués à cette région, donnent un caractère du type de climat semi-aride, compte tenu du régime hydrologique irrégulier à l'échelle des deux dernières décennies.

La notion de climat se trouve interférée dans cette zone par deux indices conditionnés par la pluviométrie irrégulière et la température forte valeur extrême, particulièrement au sud, dans les zones montagneuses dont le relief et moins régulé par les effets maritimes en matière de température.

Ainsi, à l'échelle saisonnière, la saison la plus instable est celle de l'automne, après notamment celle de l'été, où cette variabilité est traduite nécessairement par l'occurrence des précipitations orageuses abondantes sous forme d'averses épisodiques très irrégulières. Cette saison renferme en moyenne interannuelle près de 25% du total annuel qui compte environ 349 mm, pour la station de Balloul de période traitement 1970-2012.

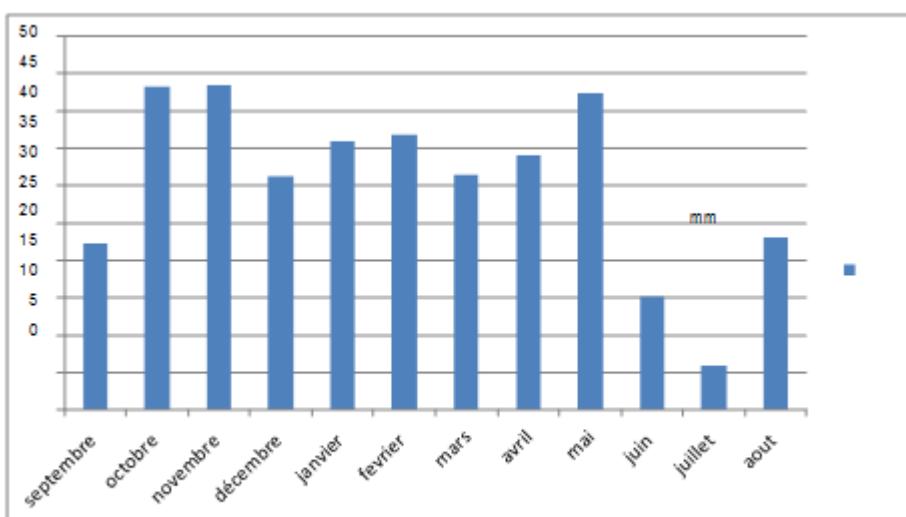


Figure N°4 : Précipitations moyennes mensuelles

La saison d'hiver, la période la plus humide de l'année hydrologique, est alimentée en grande partie du régime méditerranéen, donnant un total moyen avoisinant les 40% avec une quantité de pluie estimée à 140mm, où le coefficient de variabilité n'excède pas le tiers de la pluie annuelle. Ceci traduit en effet la stabilité de ce régime pluviométrique qui a tendance à réguler la loi des précipitations sur l'ensemble de la région d'étude. [6]

Ce graphe exprime Des précipitations moyennes de 6mm font du mois de Juillet le mois le plus sec. En Novembre, les précipitations sont les plus importantes de l'année avec une moyenne de 43.4mm et la zone de Balloul est une zone importante pour l'agriculture. [5]

#### I -2.4.1 Evapotranspiration potentielle

La répartition mensuelle illustre notamment le type de variations irrégulières dont les écarts par rapport à la moyenne sont nettement considérables pendant la journée. C'est l'effet caractéristique du climat continental qui agit directement sur le comportement des facteurs évaporant. La tranche d'eau maximale brute évaporée annuellement sur une surface libre est estimée à près de 1286 mm. L'évapotranspiration moyenne est donnée dans le tableau ci-dessous.

Tableau N°2 : Evolution mensuelle de l'évapotranspiration potentielle à Balloul

| Mois        | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mar. | Av. | Mai. | Juin | Juil. | Aout | Année |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-------|------|-------|
| ETP<br>(mm) | 137  | 83   | 49   | 33   | 32   | 46   | 72   | 109 | 140  | 178  | 220   | 187  | 2011  |

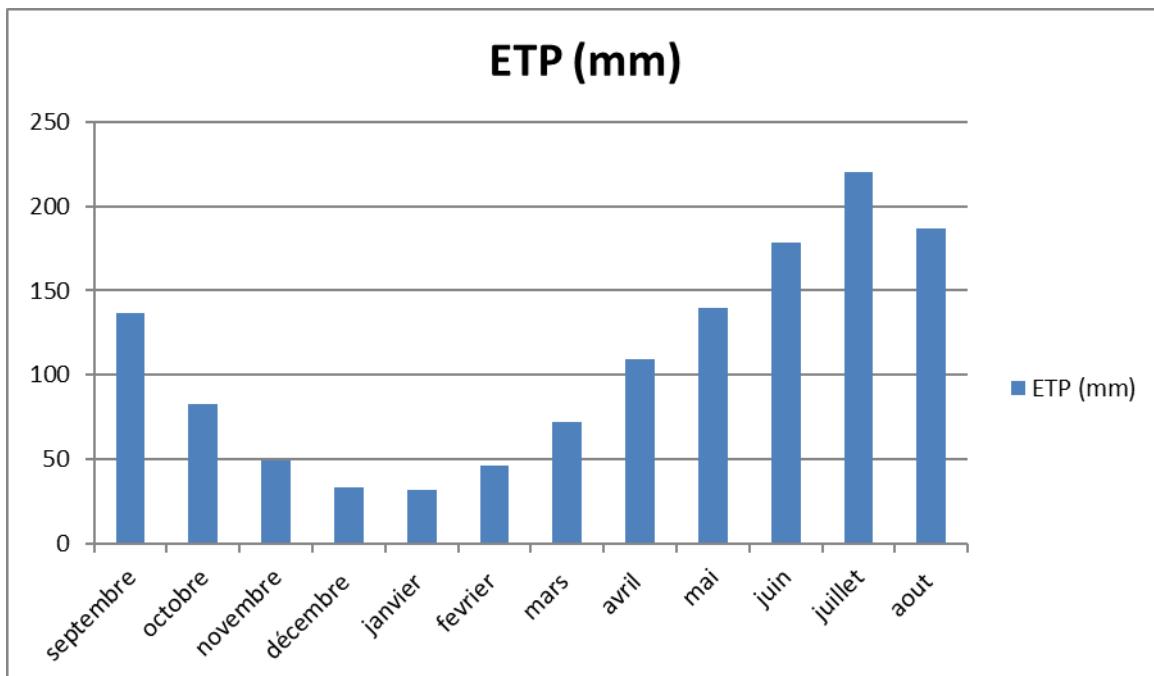


Figure N°3 : Evolution mensuelle de l'évapotranspiration potentielle de Balloul

Evapotranspiration est importante a été le mois de juillet de 220 mm et diminue à l'hiver le mois de janvier à 32 mm [6].

#### I-2.4.2 Régime de vents

Le vent est un des éléments le plus caractéristique du climat. La connaissance de sa force et de sa direction s'avère nécessaire pour la résolution des problèmes posés dans les différents domaines d'activités humaines nous ne disposons que des relèves des vitesses et direction du vent à la station et celle de Balloul Durant la période de 2011

Tableau N°3 : Evolution moyenne des vents - période d'observation 2011-2020

| Mois                    | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan.  | Fév. | Mar. | Av.  | Mai  | Juin | Juil. | Aout |
|-------------------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Vitesse des vents (m/s) | 19.8 | 22.8 | 22.4 | 22.8 | 21.85 | 25.4 | 25.7 | 23.2 | 23.6 | 22.1 | 21.8  | 26.1 |

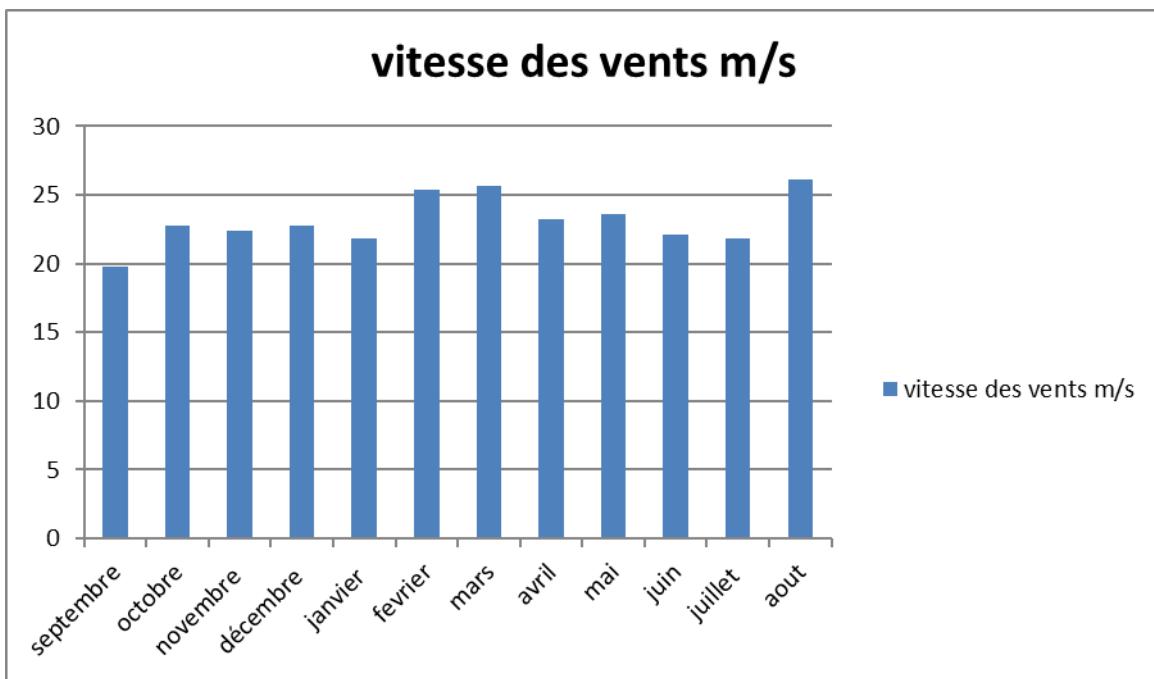


Figure N°4: Evolution moyenne des vents

D'après ce tableau nous pouvons classer les vents en:

Vents faibles à modéré 87.73%.  $22.1 \text{ m/s} < V < 26.1 \text{ m/s}$

Vents assez forts 12.04%.  $21.8 \text{ m/s} < V < 21.85 \text{ m/s}$

Vents violents 0.23%.  $19.8 \text{ m/s} < V$  [6]

Tableau N° 4: Fréquences des directions des vents

| Direction     | N    | NE  | E   | SE  | S    | SW   | W    | NW   |
|---------------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Nbre de jours | 28   | 06  | 01  | 03  | 34   | 74   | 35   | 39   |
| Fréquence (%) | 12.7 | 2.7 | 0.4 | 1.3 | 15.4 | 33.6 | 15.9 | 17.7 |

Il ressort de ce tableau que les vents dominants sont ceux de l'Ouest (Nord-Ouest et Sud-Ouest). [7]

### I-2.4.3 Le Sirocco

Il est soufflé du sud vers le Nord, et qui est fréquent Durant la période le mois de juillet et Août. C'est durant cette période sèche qu'il y a plus de dégâts aux sols déjà déshydratés par l'effet de la sécheresse. Il peut souffler jusqu'à 13 jours en moyenne par an à n'importe quel moment de l'année sauf le mois de Janvier et de décembre.

#### I-2.4.4 Les gelés

Le nombre de jours de gelée peut aller jusqu'à 45 jours qui s'étendent sur une période qui peut atteindre 7 mois par an. Le maximum est enregistré au mois de Janvier avec une moyenne de 12 Jours, suivi par le mois de Décembre avec 9 jours de gelées. La répartition des gelées annuelle est donnée par le tableau ci-après.

Tableau N°5: Répartition annuelles de gelées

| Mois          | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Juin | Fév. | Mar. | Av. | Mai | Juin | Juil. | Total |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|-------|-------|
| Nbre de jours | 0    | 2    | 4    | 7    | 3    | 12   | 6    | 7    | 4   | 3   | 0    | 0     | 48    |

#### I-2.4.5 La neige

Il neige en moyenne sur la région de Balloul près de 5 jours / an et qui se répartissent comme suit: [7]

Tableau N°6 : Répartition annuelle de la neige

| Mois          | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mar. | Av. | Mai | Juin | Juil. | Aout |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|-------|------|
| Nbre de Jours | /    | /    | 0.75 | 1.2  | 1.8  | 0.5  | 0.6  | /   | /   | /    | /     | /    |

### I -3 Situation urbanistique

La ville de Balloul est une création coloniale, elle est constituée de plusieurs types d'habitats:

#### I-3.1.1 Habitat colonial

Ce type d'habitat appelé horizontal européen, il constitue le premier noyau du village de Balloul, actuellement il occupe le centre de ville. La qualité dans la plupart des cas est moyenne.

#### I-3.1.2 Habitat de type auto-construction

C'est un habitat horizontal ancien avec présence généralement du Sa qualité est moyenne.

#### I-3.1.3 Habitat de type lotissement

C'est un habitat individuel récent, il reste la forme privilégiée pour les citoyens, il se situe actuellement surtout au sud-Est de la ville son état d'hauteur arrive jusqu'à R+1 dans certains endroits. Sa qualité est bonne.

#### I-3.1.4 Habitat semi-collectif

Ce type d'habitat est récent dans la ville es totalisé Presque 10% du parc total.

## I-3.2 Infrastructures

### I-3.2.1 Réseau routier

En matière d'infrastructures routières, la commune d'Ouled Brahim dispose d'un réseau peu dense s'axant essentiellement sur la RN94 qui relie Saïda à Tiaret, en passant par le centre de Balloul. A coté de l'importance de cet axe routier, un réseau plus ou moins important constitué des chemins de wilaya suivants:

- Le CW (le point route).
- Le CW9A qui relie Balloul à Tircine.
- Le CW 58 qui desserve la partie Nord à la commune.
- Le CW11 qui relie Touta à Tircine. [2]

## I-3.3 Activités Socio-économiques

### I-3.3.1 Agriculture

L'espace de la commune d'Ouled Brahim est réparti entre trois zones plus ou moins homogènes :

- Une zone agricole à dominance céréalière qui se développe sur les plateaux et les périplaines.
- Une zone forestière et de parcours situés sur les versants et mi-versants dominés par les maquis clairs dégradés.
- Une zone de culture maraîchage situé entre Ouled Ali et Sidi Makhlof le long d'Oued Abed.

### I-3.3.2 Industrie

La région étant surtout à vocation agricole ne possède pas un tissu industriel au sens habituel du terme.

## I-4 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de présenter les caractéristiques générales de la commune d'Ouled Brahim et sa situation hydraulique, afin de mobiliser cette dernière qui fera l'objet de nos prochains chapitres montre qu'il y a un déficit entre les besoins en eau et la ressource disponible, ce qui cause des pénuries d'eau au niveau de la commune. Pour remédier à ce problème, la Direction des Ressources en Eau de la wilaya de Saida (DRE) a projeté de renforcer le réseau d'alimentation en eau potable de la commune d'Ouled Brahim à partir de deux forages.

# **Chapitre II**

## **Etat de fait**

## Chapitre II : État De Fait

### II-1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons examiner l'état du système d'alimentation en eau potable en vue de son renforcement dans le chef-lieu de la commune d'Ouled Brahim (W. Saïda) ainsi que dans les localités situées le long du trajet à partir du champ de captage d'Oued El Abd. L'étude portera sur les ressources en eau disponibles ainsi que sur les équipements actuels et futurs. Selon la direction des ressources en eau de Saïda, deux forages sont identifiés : Sidi Makhlof et Ouled Ali.

Le renforcement en alimentation en eau potable du chef-lieu de la commune d'Ouled Brahim ainsi que d'autres localités limitrophes sera assuré à partir de deux (02) forages dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau N° II-1.

Tableau N°7: Caractéristiques des Forages F1 et F2

| Paramètres                                | Forage « F1 »                    | Forage « F2 »                                    |
|---|----------------------------------|--|
| Coordonnées (système de référence WGS 84) | X= 311.59<br>Y= 201.3<br>Z= 660m | X= 344.925<br>Y= 194.650<br>Z= 845               |
| Niveau statique                           | 48.5m                            | 8.72m  |
| Niveau dynamique                          | 73.1m                            | 78.70m   |
| Profondeur du forage                      | 405m                             | 450m   |
| Cote de calage pompe                      | 100m                             | 78m  |
| Diamètre forage (pouce)                   | 13''3/8 (33,97 cm)               | 13''3/8 (33,97 cm)                               |
| Diamètre de la colonne montante           | 125mm                            | 125mm acier (10m) et 80mm gal (18m), 100 mm(50m) |
| Nature de la colonne montante             | Acier                            | Acier et tube galvanisé                          |
| Type de raccordement                      | à filtrage                       | à filtrage                                       |
| Débit critique (l/s)                      | 24.80 l/s                        | 24 l/s   |
| Débit exploité (l/s)                      | 17.5 l/s                         | 13 l/s   |
| L'année de mise en service                | 1983                             | 1983   |

Matériel utilisé : Sonde à boue model chinois TSYQ 1500/660 [9].

### II-2 Ouvrage de stockage

Actuellement, la zone basse est alimentée en eau potable depuis un réservoir, ses caractéristiques sont les suivantes :

Tableau N°8: Caractéristique du réservoir [9].

| Nomination | Capacité (m <sup>3</sup> ) | Type         | Forme      | D (m) | C.T.N (m) | Hauteur d'eau (m) | C <sub>tp</sub> (m) |
|------------|----------------------------|--------------|------------|-------|-----------|-------------------|---------------------|
| Réservoir  | 2500                       | Semi-enterré | Circulaire | 23    | 1109.0    | 6.20              | 1108.4              |

### Equipements et accessoires du réservoir

Tableau N°9 : Equipements et accessoires du réservoir [9].

| Equipements et accessoires    | Nombre | Observation                         |
|-------------------------------|--------|-------------------------------------|
| - vanne de vidange Ø/200      | 01     |                                     |
| - vanne de distribution Ø/200 | 01     |                                     |
| - vanne d'alimentation        | 01     | Conduite en acier (en mauvais état) |
| - vanne de trop plein         | 01     |                                     |
| - clapet Ø/100                | 01     |                                     |
| - vanne Ø/100                 | 01     |                                     |

### II-3 Conduite d'amenée

Elle relie entre le réservoir (2500m<sup>3</sup>) et le premier point de raccordement avec le réseau de distribution, elle possède les caractéristiques décrites dans le tableau 2-7:

2-4 Réseau de distribution :

Le réseau de distribution existe au niveau de la zone basse est de type ramifié. Il est constitué de 104 tronçons dans les différents diamètres variant entre 63mm et 200 mm.

Tableau N°10: Consommation moyenne journalière des équipements

| Type des Equipement                 | Equipement    | Nombre | Unité          | Nombre de consommation | Dotation journalière (1 /j/usager) |
|-------------------------------------|---------------|--------|----------------|------------------------|------------------------------------|
| Besoin scolaire                     | Ecole         | 3      | Elève          | 810                    | 50                                 |
|                                     | Crèche        | 1      | Elève          | 150                    | 50                                 |
|                                     | C.E.M         | 2      | Elève          | 725                    | 50                                 |
|                                     | Lycée         | 2      | Elève          | 720                    | 50                                 |
|                                     | Cantine       | 1      | Elève          | 200                    | 40                                 |
| Besoins Sociaux culturel            | Clinique      | 3      | Lits           | 900                    | 100                                |
|                                     | Sale de sport | 1      | m <sup>2</sup> | 3938                   | 20                                 |
|                                     | Mosquée       | 3      | Fidel          | 1500                   | 10                                 |
|                                     | Cafétéria     | 5      | Personne       | 500                    | 5                                  |
|                                     | Hammam        | 3      | Personne       | 300                    | 150                                |
|                                     | Boulangerie   | 4      | m <sup>2</sup> | 2000                   | 10                                 |
|                                     | Espace vert   | 3      | m <sup>2</sup> | 53777                  | 5                                  |
| Besoins administration et militaire | APC           | 1      | Employé        | 30                     | 10                                 |
|                                     | Gendarmerie   | 1      | Employé        | 25                     | 10                                 |
|                                     | PTT           | 1      | Employé        | 10                     | 10                                 |

Tableau N°11: Valeurs de  $\beta_{\max}$  selon la population

| Population     | 1000 | 1500 | 2500 | 4000 | 6000 | 10000 | 20000 | 50000 |
|----------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| $\beta_{\max}$ | 2    | 1.8  | 1.6  | 1.5  | 1.4  | 1.3   | 1.2   | 1.15  |

Tableau N°12 : La consommation domestique de la ville de Balloul en 2024, 2035 et 2050

| Type consommateur     | Horizons            |                   |                     |                   |                     |                   |
|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
|                       | Débit moyen en 2024 |                   | Débit moyen en 2035 |                   | Débit moyen en 2050 |                   |
|                       | l/s                 | m <sup>3</sup> /s | l/s                 | m <sup>3</sup> /s | l/s                 | m <sup>3</sup> /s |
| <b>Ecole</b>          | 0.468               | 0.000468          | 0.57                | 0.00057           | 0.76                | 0.00076           |
| <b>Crèche</b>         | 0.086               | 0.000086          | 0.1                 | 0.0001            | 0.14                | 0.00014           |
| <b>C.E.M</b>          | 0.419               | 0.000419          | 0.51                | 0.00051           | 0.68                | 0.00068           |
| <b>Lycée</b>          | 0.416               | 0.000416          | 0.51                | 0.00051           | 0.67                | 0.00067           |
| <b>Cantine</b>        | 0.092               | 0.000092          | 0.11                | 0.00011           | 0.15                | 0.00015           |
| <b>Clinique</b>       | 1.04                | 0.001             | 1.27                | 0.00127           | 1.69                | 0.00169           |
| <b>Salle de sport</b> | 0.911               | 0.00091           | 1.11                | 0.00111           | 1.47                | 0.00147           |
| <b>Mosquée</b>        | 0.17                | 0.00017           | 0.21                | 0.00021           | 0.28                | 0.00028           |
| <b>Cafétéria</b>      | 0.028               | 0.000028          | 0.035               | 0.000035          | 0.046               | 0.000046          |
| <b>Hammam</b>         | 0.52                | 0.00052           | 0.63                | 0.00063           | 0.84                | 0.00084           |
| <b>Boulangerie</b>    | 0.23                | 0.00023           | 0.28                | 0.00028           | 0.056               | 0.000056          |
| <b>Espace vert</b>    | 1.11                | 0.003             | 1.42                | 0.00142           | 3.31                | 0.0033            |
| <b>APC</b>            | 0.003               | 0.000003          | 0.004               | 0.000004          | 0.0056              | 0.0000056         |
| <b>Gendarmerie</b>    | 0.002               | 0.000002          | 0.003               | 0.000003          | 0.0047              | 0.0000047         |
| <b>PTT</b>            | 0.001               | 0.000001          | 0.001               | 0.000001          | 0.0018              | 0.0000018         |
| <b>Total</b>          | 5.496               | 0.0054            | 6.8                 | 0.0068            | 10.10               | 0.010             |

Tableau N°13 : Calcul du débit de pointe total à différents horizons

| Débit de pointe ( $Q_{pte}$ ) |                   |       |                   |       |                   |
|-------------------------------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|
| 2024                          |                   | 2035  |                   | 2050  |                   |
| l/s                           | m <sup>3</sup> /s | l/s   | m <sup>3</sup> /s | l/s   | m <sup>3</sup> /s |
| 116,2                         | 0,1162            | 121,5 | 0,1215            | 154,4 | 0,1544            |

**Remarque :** le débit des fuites représente 15% du débit total, le calcul détaillé est ci-dessous.

Chapitre II : État de Fait

Tableau N°14 : Consommation moyenne journalière concernant l'année 2024

| Localité                         | Population 2024 | Dotation I/j/hab. | Débit des éqpts (l/s) | $Q_{moy}$ |          | $\beta_{max}$ | $\alpha_{max}$ |
|----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-----------|----------|---------------|----------------|
|                                  |                 |                   |                       | I/s       | $m^3/s$  |               |                |
| Balloul                          | 18087           | 150               | 8,351                 | 39,752    | 0,03975  | 1.3           | 1.3            |
| Ayoun Branis                     | 485             | 150               | //                    | 0.842     | 0,00084  | 2             | 1.3            |
| Touta                            | 1415            | 150               | //                    | 2,456     | 0,00246  | 2             | 1.3            |
| Kherichifa                       | 2077            | 150               | //                    | 3,606     | 0,00361  | 1.8           | 1.3            |
| Total                            |                 |                   |                       | 46,658    | 0,04666  | 1.15          | 1.3            |
| Total y compris les fuites (15%) |                 |                   |                       | 53,657    | 0,053657 |               |                |

Tableau N°15: Consommation de pointe concernant l'année 2024

| Calcul de $Q_{pte}$ avec $k_{j\max} = 1.2$ |  |                                   |                               |          |
|--|--|-----------------------------------|-------------------------------|----------|
| Localité                                   | $K_{h\max} = \beta_{max} * \alpha_{max}$ | $K_{pte} = K_{h\max} * K_{j\max}$ | $Q_{pte} = K_{pte} * Q_{moy}$ |          |
|  |  |                                   | l/s                           | $m^3/s$  |
| Balloul                                    | 1.69                                     | 2.028                             | 80,62                         | 0,08062  |
| Ayoun Branis                               | 2.6                                      | 3.12                              | 2,62                          | 0,00262  |
| Touta                                      | 2.6                                      | 3.12                              | 7.66                          | 0,00766  |
| Kherichifa                                 | 1.34                                     | 2.808                             | 10,127                        | 0,01012  |
| Total                                      | 1.495                                    | 1.794                             | 101,027                       | 0,101027 |
| Total y compris les fuites (15%)           |  |                                   | 116,181                       | 0,1162   |

Tableau N°16 : Consommation moyenne journalière concernant l'horizon 2035

| Localité                         | Population 2035 | Dotation (I/j/hab.) | Débit des éqpts (l/s) | $Q_{moy}$ |             | $\beta_{max}$ | $\alpha_{max}$ |
|----------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------|-------------|---------------|----------------|
|                                  |                 |                     |                       | (I/s)     | ( $m^3/s$ ) |               |                |
| Balloul                          | 22199           | 150                 | 8,351                 | 46,891    | 0,04689     | 1.15          | 1.3            |
| Ayoun Branis                     | 595             | 150                 | //                    | 1,03      | 0,00103     | 2             | 1.3            |
| Touta                            | 1738            | 150                 | //                    | 3,017     | 0,00317     | 1.6           | 1.3            |
| Kherichifa                       | 2549            | 150                 | //                    | 4,6       | 0,0046      | 1.5           | 1.3            |
| Total                            |                 |                     |                       | 55,538    | 0,05554     |               |                |
| Total y compris les fuites (15%) |                 |                     |                       | 63,869    | 0,06387     |               |                |

Tableau N°17 : Consommation de pointe concernant l'horizon 2035

| <b>Généralement, <math>k_{j\max} = 1,1 \div 1,3</math>, on prend <math>k_{j\max} = 1,26</math></b> |  |                                   |                               |                   |
|--|--|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| <b>Localité</b>  | $K_{h\max} = \beta_{\max} * \alpha_{\max}$ | $k_{pte} = K_{h\max} * K_{j\max}$ | $Q_{pte} = K_{pte} * Q_{moy}$ |                   |
|  |  |                                   | l/s                           | m <sup>3</sup> /s |
| Balloul  | 1,495                                      | 1,794                             | 84,122                        | 0,08412           |
| Ayoun Branis   | 2,6  | 3,12                              | 3,214                         | 0,00321           |
| Touta  | 2,08                                       | 2,496                             | 7,53                          | 0,00753           |
| Kherichifa   | 1,95                                       | 2,34                              | 10,754                        | 0,01075           |
| Total  |  |                                   | 105,62                        | 0,1056            |
| Total tenant compte les fuites (15%)   |  |                                   | 121,463                       | 0,1215            |

Tableau N°18 : Consommation moyenne journalière concernant l'horizon 2050

| <b>Localité</b>                      | Population<br>2050 | Dotation<br>l/j/hab. | <b>Débit des<br/>éqpts<br/>(l/s)</b> | $Q_{moy}$ |                     | $\beta_{\max}$ | $\alpha_{\max}$ |
|--------------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------|---------------------|----------------|-----------------|
|                                      |                    |                      |                                      | (l/s)     | (m <sup>3</sup> /s) |                |                 |
| Balloul                              | 29354              | 150                  | 8,351                                | 59,312    | 0,05931             | 1,15           | 1,3             |
| Ayoun Branis                         | 787                | 150                  | //                                   | 1.366     | 0,00137             | 2              | 1,3             |
| Touta                                | 2298               | 150                  | //                                   | 3.99      | 0,00399             | 1,6            | 1,3             |
| Kherichifa                           | 3371               | 150                  | //                                   | 5.85      | 0,00585             | 1,5            | 1,3             |
| Total                                |                    |                      |                                      | 70,518    | 0,07052             |                |                 |
| Total tenant compte les fuites (15%) |                    |                      |                                      | 81,096    | 0,0811              |                |                 |

Tableau N°19 : Consommation de pointe journalière concernant l'horizon 2050

| <b><math>k_{j\max} = (1,1-1,3)</math> on prend <math>k_{j\max} : 1,2</math></b> |  |                                   |                               |                     |
|---|--|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| <b>Localité</b>   | $K_{h\max} = \beta_{\max} * \alpha_{\max}$ | $k_{pte} = K_{h\max} * K_{j\max}$ | $Q_{pte} = K_{pte} * Q_{moy}$ |                     |
|   |  |                                   | (l/s)                         | (m <sup>3</sup> /s) |
| Balloul   | 1,495                                      | 1,794                             | 106,406                       | 0,1064              |
| Ayoun Branis  | 2,6  | 3,12                              | 4,262                         | 0,00426             |
| Touta   | 2,08                                       | 2,496                             | 9,959                         | 0,00959             |
| Kherichifa  | 1,95                                       | 2,34                              | 13,689                        | 0,01369             |
| Total   |  |                                   | 134,316                       | 0,13432             |
| Total tenant compte les fuites (15%)  |  |                                   | 154,463                       | 0,15446             |

**Remarque :** Vu le débit insuffisant des deux forages (F1 et F2), les localités ‘Kherichifa, Touta et Ayoun Branis ne seront approvisionnées que de 25% de leurs demandes de pointe.

Le dimensionnement des conduites d'adduction depuis les deux forages (F1 et F2) jusqu'au chef-lieu 'Balloul' se base sur les débits de pointe concernant l'horizon 2035 (voir figure ci-dessous).

**Calcul des diamètres économiques depuis le champ de captage d'Oued El Abd à Balloul (Saïda)**

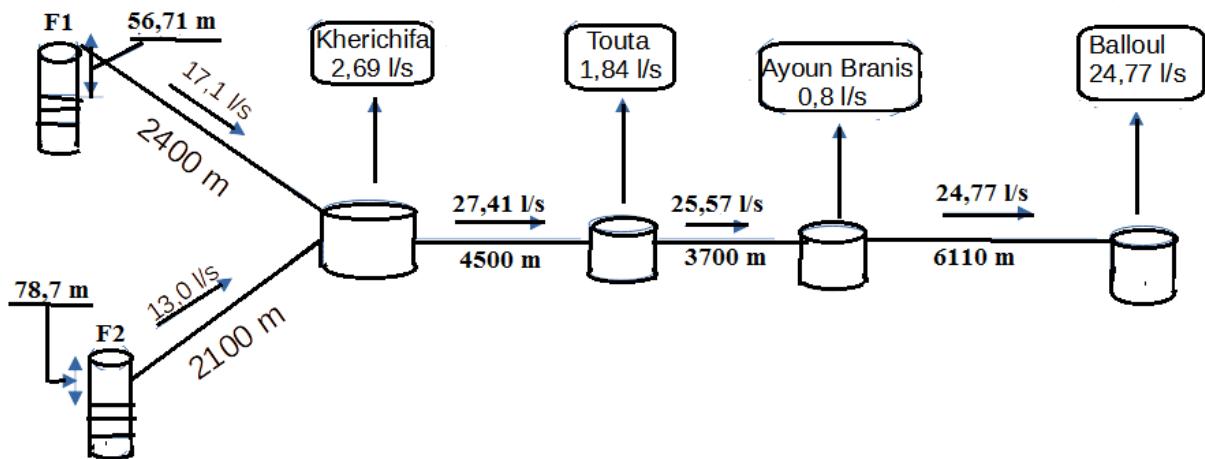


Figure N°5 : Schéma exprimant l'adduction d'eau depuis les deux forages vers les différentes localités

Tableau N°20 : Tableau exprime les caractéristiques des différentes localités

|                          | Forage F1           | Forage F2           | Kherchifa          | Touda           | Ayoun Branis        | Balloul |
|--------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------|---------------------|---------|
| Cote terrain naturel (m) | 671<br>N.D* : 56,71 | 668<br>N.D* : 78,70 | 701                | 805             | 916                 | 1017    |
| Débit (l/s)              | 17,1                | 13,0                | 2,69               | 1,84            | 0,8                 | 24,77   |
| Tronçons                 | F1 - Khérichefa     | F2 - Khérichefa     | Khérichefa - Touda | Touda-A. Branis | A. Branis - Balloul |         |
| Longueur (m)             | 2410                | 2100                | 4500               | 3700            |                     | 6110    |

\* : N.D : Niveau dynamique

**Remarque :**

Vu le débit insuffisant des deux forages (F1 et F2), les localités 'Kherchifa, Touda et Ayoun Branis ne seront approvisionnées que de 25% de leurs demandes de pointe (horizon 2035) car ces dernières sont encore alimentées d'autres points d'eaux.

Le dimensionnement des conduites d'adduction depuis les deux forages (F1 et F2) jusqu'au chef-lieu 'Balloul' se base sur les débits de pointe concernant l'horizon 2035

## II-4 Conclusion

Dans ce chapitre, on a calculé la population aux différents horizons, à savoir : 2024, 2035 et 2050 puis les débits moyens de chaque localité et leurs débits pointes. Ces derniers seront utiles pour le dimensionnement des différents installations (conduites, bâches de reprise et pompes). On a conclu qu'il y a un déficit, parce que les débits des deux forages de renforcement sont 30,1 l/s et le débit de pointe en 2024 est 116,2 l/s, en 2035, il sera de 121,5 l/s, et en 2050, il sera de 154,5 l/s.

# **Chapitre III**

## **Dimensionnement des conduites d'adduction et des bâches de reprise**

## Chapitre III : Dimensionnement des conduites d'adduction et les bâches de reprise

### III-1 Introduction

Le présent chapitre, a pour objectif de dimensionner le diamètre économique de l'adduction projetée suivant des paramètres technico-économique en utilisant des formules empiriques pour 1<sup>ère</sup> approximation.



Figure N°6 : Localisation des forages, localités et le chef-lieu..

### III-2 Différents types de conduites

Tableau N°21 : Différents types de conduites et leurs caractéristiques [9]

| Matériau de la conduite            | Caractéristiques physiques   |   |
|------------------------------------|--|---|
| Conduit en PVC                     | Excellent propriétés de résistance chimique et mécanique<br>Légères et sont faciles à poser  |    |
| C.A.O                              | Très bonnes caractéristiques hydrauliques.<br>Bonne résistance à l'écrasement 60, 90 et 135KN/m²<br>L'étanchéité est assurée par des joints toriques jusqu'à 1 bar.<br>La durabilité du béton<br>Performance mécanique |    |
| P.R.V                              | Bonne rigidité,<br>Caractériser par sa légèreté,<br>Bonne étanchéité<br>Long dure de vie<br>Estimée à 70 ans ;<br>Résistant à la corrosion   |   |
| PEHD<br>Polyéthylène haute densité | Une bonne résistance aux agressions chimiques<br>Une bonne résistance aux chocs  |  |

### III-3 Caractéristiques techniques des conduites

Le marché du matériel hydraulique a évolué avec l'évolution des récentes technologies spécialisées dans le domaine. De ce fait, une conduite est constituée par des tuyaux assemblés les uns aux autres, on dispose de différents types de conduites. Selon le matériau constitutif, on distingue :

- Conduite en acier ;
- Conduite en fonte ;
- Conduite en PVC (Chlorure de Polyvinyle) ;
- Conduite en PEHD (Polyéthylène Haute Densité).

Dans le cas de notre étude, on a opté pour des conduites en PEHD, vu les avantages qu'elles présentent, à savoir:

### **III-3.1 Avantages des conduites en PEHD**

- Facilité de transport et d'installation due à leur légèreté et leur flexibilité ;
- Facilité de soudage par électro-fusion ou bout à bout, offrant un système complètement soudé ;
- Résistance à la corrosion interne et externe et microbiologique ;
- Bonne propriétés hydrauliques ;
- Bonne résistance chimique ;
- Longue durabilité ;
- Répondre parfaitement aux normes de potabilité ;
- Son élasticité lors du phénomène transitoire (coup de bélier) ;
- Coût faible.

### **III-3.2 Le PEHD (Polyéthylène de haute densité)**

**Matière :** la résine de polyéthylène utilisée dans la fabrication des tubes est de qualité organoleptique, cette matière est insensible à la corrosion. Ces tubes sont fabriqués pour être résistants aux chocs et non cassants.

**CORROSION** Le PE est inerte chimiquement, pour pratiquement tous les usages, à l'intérieur de sa plage de températures d'utilisation. Il est imputrescible, il ne rouille pas, ne se pique pas, ne se corrode pas. De ce fait, son épaisseur n'est modifiée par aucune corrosion chimique ou électrique (insensibilité totale) provenant du milieu environnant (Argile, sol acide, ou en présence de sel de déneigement à proximité des voiries). Le PE est particulièrement recommandé dans les cas où il y a des risques de courants vagabonds (à proximité des voies ferrées, tramway...)

Les conduites en PEHD disponibles comme suit :

- Longueur de 6 ml pour des diamètres de Ø125 au Ø630 ;
- Couronnes de 50ml pour les Ø20 au Ø110.

### **III-3.3. Contraintes – adduction :**

Il est recommandé d'appliquer un coefficient de sécurité de 0,7 à 0,8 à la pression nominale (PN) marquée des conduites en plastique (PVC, PEHD) dont les caractéristiques sont modifiées par l'ensoleillement et les variations de température.

Tenant compte de cette recommandation, on opte pour notre cas d'adduction des conduites en PEHD – PN20

Tableau N°22 : Caractéristiques des conduites en PEHD utilisés en adduction

|                       |               | Gamme tubes PEHD de Pression nominale 20 Bars |               |                |             |                 |
|-----------------------|---------------|---|---------------|----------------|-------------|-----------------|
|                       |               | CODE  | DIAMETRE (mm) | EPAISSEUR (mm) | PRESSION    | CONDITIONNEMENT |
| P<br>E<br>1<br>0<br>0 | 640.10.020.09 | 20  | 2.3           | 20Bars         | Rx 100Ml    |                 |
|                       | 640.10.025.09 | 25  | 3.0           | 20Bars         | Rx 100Ml    |                 |
|                       | 640.10.032.09 | 32  | 3.6           | 20 Bars        | Rx 100Ml    |                 |
|                       | 640.10.040.09 | 40  | 4.5           | 20 Bars        | Rx 100Ml    |                 |
|                       | 640.10.050.09 | 50  | 5.6           | 20 Bars        | Rx 100Ml    |                 |
|                       | 640.10.063.09 | 63  | 7.1           | 20 Bars        | Rx 100Ml    |                 |
|                       | 640.10.075.09 | 75  | 8.4           | 20 Bars        | Rx 100Ml    |                 |
|                       | 640.10.090.09 | 90  | 10.1          | 20 Bars        | Rx 100Ml    |                 |
|                       | 640.10.110.09 | 110   | 12.3          | 20 Bars        | Tb 6 / 12Ml |                 |
|                       | 640.10.125.09 | 125   | 14.0          | 20 Bars        | Tb 6 / 12Ml |                 |
|                       | 640.10.160.09 | 160   | 17.9          | 20 Bars        | Tb 6 / 12Ml |                 |
|                       | 640.10.200.09 | 200   | 22.4          | 20 Bars        | Tb 6 / 12Ml |                 |
|                       | 640.10.250.09 | 250   | 27.9          | 20 Bars        | Tb 6 / 12Ml |                 |
|                       | 640.10.315.09 | 315   | 35.2          | 20 Bars        | Tb 6 / 12Ml |                 |
|                       | 640.10.400.09 | 400   | 44.7          | 20 Bars        | Tb 6 / 12Ml |                 |
|                       | 640.10.500.09 | 500   | 55.8          | 20 Bars        | Tb 6 / 12Ml |                 |
|                       | 640.10.630.09 | 630   | 70.3          | 20 Bars        | Tb 6 / 12Ml |                 |
|                       | 640.10.710.09 | 710   | 79.3          | 20 Bars        | Tb 6 / 12Ml |                 |
|                       | 640.10.800.09 | 800   | 89.3          | 20 Bars        | Tb 6 / 12Ml |                 |

### III-3.4 Les conditions hydrauliques

Les conditions hydrauliques ont une grande importance sur la qualité de l'eau distribuée (Le chevalier et al. 1988) Elles conditionnent en partie la formation de biofilm, la croissance d'organismes libres ou la solubilisation des matériaux des conduites.

Les principaux paramètres à prendre en considération sont la vitesse et le temps de séjour.

### **III-3.5 La vitesse :**

La vitesse de l'eau a un impact sur la qualité de l'eau dans la mesure où elle influence la concentration de nutriment, la concentration résiduelle de désinfectant à l'interface eau-conduite et la fixation ou le décrochage des bactéries sur les parois des conduites. Une faible vitesse de l'eau entraîne une diminution de la concentration de résiduel de désinfectant et favorise aussi la croissance bactérienne et l'accumulation de biomasse sur les parois. À une vitesse élevée, le régime d'écoulement devient turbulent et les forces de cisaillement importantes. Dans de telles conditions, l'accumulation de biomasse sur les parois est réduite et le décrochage des bactéries favorisé. (Lau and Liu, 1993)

### **III-3.6 Le temps de séjour**

Le temps de séjour a une influence sur la qualité de l'eau distribuée. Certains processus physico-chimiques et biologiques ne sont que partiellement connus, mais on identifie de plus en plus clairement le rôle du temps de séjour dans le réseau comme un facteur important expliquant la différence entre eau produite à l'entrée du réseau et l'eau consommée en bout du réseau. Kennedy et al. (1991) montrent qu'il est nécessaire, pour espérer modéliser de façon adéquate la qualité de l'eau distribuée, de disposer de prévisions précises de vitesses et de temps de séjour dans les différents éléments de canalisations. [10]

La DVGW\* W40 recommande de limiter le temps de séjour dans le système d'alimentation en eau potable de 2 à 7 jours tous le long de chemin parcourue comme suit :

- Adduction : 0,5 à 1,5 jour.
- Stockage : 0,5 à 3,5 jours.
- Distribution : 1 à 2 jours.
- En somme : 2 à 7 jours.

\*DVGW W40 : Réglementation technique des installations de distribution de l'eau.

## **III-4 Etude technico-économique des conduites de refoulement**

Le choix du diamètre de la conduite de refoulement résulte d'un compromis entre les dépenses de fonctionnement (exploitation) et les dépenses d'investissement, l'optimum sera donc de choisir le diamètre qui donne le prix de revient minimal de l'ensemble de l'installation en exploitation.

Les paramètres qui interviennent dans cette étude sont :

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

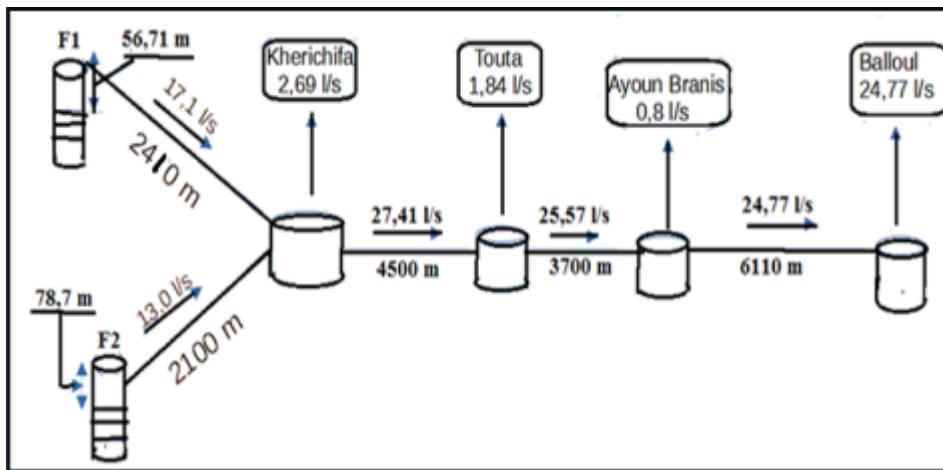


Figure N°7 : Schéma exprimant l'adduction d'eau depuis les deux forage vers les différentes localités

Tableau N°23 : Données de calcul des conduites d'adduction

|                                  | Forage F1          | Forage F2          | Kherichifa       | Touda           | Ayoun Branis      | Balloul |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|---------|
| Cote terrain naturel (m)         | 671<br>N.D : 56,71 | 668<br>N.D : 78,70 | 701              | 805             | 916               | 1017    |
| Débit (l/s)                      | 17,1               | 13,0               | 2,69             | 1,84            | 0,8               | 24,77   |
| Tronçons                         | F1-Khérichefa      | F2-Khérichefa      | Khérichefa-Touda | Touda-A. Branis | A. Branis-Balloul |         |
| Débit véhiculé par tronçon (l/s) | 17,1               | 13,0               | 27,41            | 25,57           | 24,77             |         |
| Longueur (m)                     | 2410               | 2100               | 4500             | 3700            | 6110              |         |

### III-4.1 Etude technico-économique des diamètres des conduites de refoulement

Le dimensionnement des conduites d'adduction s'établit en recherchant le diamètre économique. La conciliation des deux tendances suivantes, nous permet de déterminer le diamètre économique des conduites de refoulement :

- ✓ Les frais d'amortissement de la conduite qui augmentent avec le diamètre de la canalisation.
- ✓ Les frais d'exploitation de la station de pompage qui décroissent quand le diamètre augmente par suite de la diminution des pertes de charge.

Pour le calcul du diamètre économique, on applique des formules empiriques, tels que :

$$\text{Formule de Bresse modifiée : } d_{ec} = 0,8Q^{1/3} \text{ (m)} \text{ avec } Q \text{ en m}^3/\text{s} \quad (\text{III.1})$$

$$\text{Formule de Bonin : } d_{ec} = \sqrt{Q} \text{ (m)} \text{ avec } Q \text{ en m}^3/\text{s} \quad (\text{III.2})$$

**Formule de Munier :**

$$d_{ec} = (1 + 0,02n) \sqrt{Q} \text{ (m)} \quad (\text{III.3})$$

n : Nbre d'heures de pompage/jour, pour notre cas, on considère un pompage continu, c.-à-d. n = 24heures) et  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

**Formule d'Achour & Bedjaoui et Bouziane M.T (2005) :**

$$d_{ec} = 1,27\sqrt{Q} \text{ (m)} \text{ avec } Q \text{ en } \text{m}^3/\text{s} \quad (\text{III.4})$$

On utilise ces formules comme 1<sup>ère</sup> approximation.

Tableau N°24 : Calcul des diamètres des conduites d'adduction par différentes formules

| <b>Tronçon</b>         | <b><math>Q</math><br/>(<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b> | <b>Formules - Diamètre (D en mm)</b>                       |  |   |  |
|------------------------|--|--|--|---|--|
|                        |  | <b>Bresse<br/>modifiée</b><br>$d_{ec} = 0,8Q^{1/3}$<br>(m) | <b>Bonin</b><br>$d_{ec} = \sqrt{Q}$<br>(m) | <b>Munier</b><br>$D_{(m)} = (1+0,02n)\sqrt{Q}$<br>(m) | <b>Achour &amp; Bedjaoui<br/>et Bouziane</b><br>$d_{ec} = 1,27\sqrt{Q}$<br>(m) |
| F1 – Kherichefa        | 0,0171   | 0,206  | 0,130                                      | 0,193   | 0,166  |
| F2 – Kherichefa        | 0,0130   | 0,188  | 0,114                                      | 0,160   | 0,145  |
| Kherichefa – Touta     | 0,02741  | 0,241  | 0,165                                      | 0,245   | 0,210  |
| Touta - Ayoun Branis   | 0,02557  | 0,235  | 0,160                                      | 0,237   | 0,203  |
| Ayoun Branis - Balloul | 0,02477  | 0,233  | 0,157                                      | 0,233   | 0,200  |

Tableau N°25 : Gamme des diamètres commerciaux pour le calcul du diamètre le plus économique

| <b>Tronçon</b>         | <b>Gamme de diamètres commerciaux (mm)</b> |
|------------------------|--|
| F1 – Kherichefa        | 125 – 160 – 200                            |
| F2 – Kherichefa        | 110 – 125 – 160 – 200                      |
| Kherichefa – Touta     | 160 – 200 – 250                            |
| Touta – Ayoun Branis   | 160 – 200 – 250                            |
| Ayoun Branis – Balloul | 160 – 200 – 250                            |

Pour le calcul des pertes de charge engendrées par les conduites, on applique une des deux formules empiriques ci-dessous.

**Hazen-Williams:**  $\Delta h = 10.69 \frac{Q^{1.85}}{C_{HW}^{1.85} D^{4.87}} * L \text{ (m)}$  avec  $C_{HW} = 135$  (III.5)

**Calmon & Lechapt :**

$$\Delta h = a \frac{Q^n}{D^m} * L \text{ (} a = 1,052 * 10^{-3}, n = 1,77 \text{ et } m = 4,774 \text{)} \quad (\text{III.6})$$

$$\text{d'où : } \Delta h = 1,052 * 10^{-3} \frac{Q^{1,77}}{D^{4,774}} * L \text{ (m)} \quad (\text{III.7})$$

### III-4.1.1 Adduction : Forage F1 – Khérichefa

#### 1° - Frais d'amortissement :

**Annuité** : l'annuité est calculée par l'expression suivante :  $A = \frac{T}{(1+T)^n - 1} + T$  (III.8)

Où T est le taux d'intérêt, on suppose que T = 8%, et n : représente le nombre d'années d'amortissement, soit n = 40 années.

$$\text{Alors: } A = \frac{0.08}{(1+0.08)^{40} - 1} + 0.08 = 0.08386 \text{ DA} \quad A = 0.08386 \text{ DA}$$

Tableau N°26 : Calcul des frais d'amortissement

| Diamètre de la conduite (m) | Prix au ml DA/ml | Longueur (m) | Prix de la conduite DA | Annuité (DA) (Prix de la Cte x A) |
|-----------------------------|------------------|--------------|------------------------|-----------------------------------|
| 0,125                       | 1832.92          | 2410         | 4417361,3              | 370439,92                         |
| 0,160                       | 2010.68          |              | 4845738,8              | 406363,66                         |
| 0,200                       | 2577.92          |              | 6212787,2              | 521004,33                         |

#### 2° - Frais d'exploitation :

Pour trouver les frais d'exploitations, il faut d'abord rechercher les pertes de charge dans les différents diamètres pour  $Q = 0.0171 m^3/s$  afin de les ajouter à la hauteur géométrique

$$Hg_{F1-Kh} = 701 - 671 + 56,71 = 86,71 \text{ m}$$

$$\Delta h = 10.69 \frac{Q^{1.85}}{C_{HW}^{1.85} D^{4.87}} * L = 10.69 \left( \frac{0,0171}{135} \right)^{1.85} \frac{L}{D^{4.87}} = 6,5902674 * 10^{-7} \frac{L}{D^{4.87}} \text{ (m)}$$

Tableau N° 27: Calcul de l'Hmt pour différents diamètres

| Diamètre de la conduite (m) | j (m/m)<br>k = 0,2 mm | Longueur (m) | $\Delta h_{tot} = 1,15 * \Delta h_{lin}$ (m) | $Hmt = 86,71 + \Delta h_{tot}$ (m) |
|-----------------------------|-----------------------|--------------|--|------------------------------------|
| 0,125                       | 0,01648               | 2410         | 45,67  | 132,38                             |
| 0,160                       | 0,04955               |              | 13,73  | 100,44                             |
| 0,200                       | 0,00167               |              | 4,63   | 91,34                              |

Tableau N°28: Consommation en kWh du moteur et prix de l'exploitation

| Diamètre de la Conduite (m) | La puissance (KW)<br>$P = \frac{g \cdot Q \cdot H}{\eta} = \frac{10 * 0.0171 * Hmt}{0.75}$ | KWh annuel<br>$P * 24 * 365$ | Prix de l'énergie à (4.179 DA/kWh) DA |
|-----------------------------|--|------------------------------|---------------------------------------|
| 0,125                       | H=132.38m P=30.18KW  | 264376,8                     | 1104830,65                            |
| 0,160                       | H=100.44m P=22.29KW  | 200604,0                     | 838324,12                             |
| 0,200                       | H=91.34m P=20.83KW   | 182470,8                     | 762545,47                             |

Tableau N°29 : Bilan

|                  | Diamètre (m) |                   |           |
|------------------|--------------|-------------------|-----------|
|                  | 0,125        | 0,160             | 0,200     |
| Amortissement DA | 370439,92    | 406363,66         | 521004,33 |
| Exploitation DA  | 1104830.65   | 838324.12         | 762545,47 |
| Totaux           | 1475270,57   | <b>1244687,78</b> | 1283549,8 |

Conclusion :

Le bénéfice va donc au diamètre Ø160, avec une vitesse V = 0,85 m/s

### III-4.1.2 Adduction : Forage F2 – Khérichefa

#### 1° - Frais d'amortissement :

Tableau N°30 : Calcul des frais d'amortissement

| Diamètre de la conduite (m) | Prix au ml DA/ml | Longueur (m) | Prix de la conduite DA | Annuité (DA) (Prix de la Cte x A) |
|-----------------------------|------------------|--------------|------------------------|-----------------------------------|
| 0,110                       | 1650,85          | 2100         | 3 466 785,0            | 290 724,59                        |
| 0,125                       | 1832,93          |              | 3 849 153,0            | 322 789,97                        |
| 0,160                       | 2010,68          |              | 4 222 428,0            | 354 092,81                        |
| 0,200                       | 2577,92          |              | 5 413 632,0            | 453 987,18                        |

## 2° - Frais d'exploitation :

Pour trouver les frais d'exploitations, il faut d'abord rechercher les pertes de charge au niveau des différents diamètres pour  $Q = 0.013 \text{ m}^3/\text{s}$  afin de les ajouter à la hauteur géométrique.

$$H_{gF2-Kh} = 701 - 668 + 78,7 = 111,7 \text{ m.}$$

$$\Delta h = 1,2242 * 10^{-3} \frac{Q^{1.85}}{D^{4.87}} * L = 1,2242 * 10^{-3} \frac{(0,013)^{1.85}}{D^{4.87}} * L \quad (\text{m})$$

Tableau N°31: Calcul de l'Hmt pour différents diamètres

| Diamètre de la conduite (m) | j (m/m)<br>k = 0,2 mm | Longueur (m) | $\Delta h_{tot} = 1,15 * \Delta h_{lin}$ (m) | Hmt = 111,7 + $\Delta h_{tot}$ (m) |
|-----------------------------|-----------------------|--------------|--|------------------------------------|
| 0,110                       | 0,018496              | 2100         | 44,67  | 156,37                             |
| 0,125                       | 0,009924              |              | 23,97  | 135,67                             |
| 0,160                       | 0,002982              |              | 7,20   | 118,90                             |
| 0,200                       | 0,001006              |              | 2,43   | 114,13                             |

Tableau N°32 : Consommation en kWh du moteur et prix de l'exploitation

| Diamètre de la conduite (m) | La puissance (kW)<br>$P = \frac{g \cdot Q \cdot H}{\eta} = \frac{10 * 0.013 * Hmt}{0.75}$ | kWh annuel<br>$P * 24 * 365$ | Prix de l'énergie à (4.179 DA/kWh) DA |
|-----------------------------|---|------------------------------|---------------------------------------|
| 0,110                       | H= 156,37 m P= 27,104 kW  | 237431,04                    | 992224,32                             |
| 0,125                       | H= 135,67 m P= 23,52 kW   | 206035,2                     | 861021,10                             |
| 0,160                       | H= 118,9 m P= 20,61 kW  | 180543,6                     | 754491,70                             |
| 0,200                       | H= 114,13 m P= 19,78 kW   | 173272,80                    | 724107,03                             |

Tableau N°33 : Bilan

|                         | Diamètre (m) |              |                     |              |
|-------------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|
|                         | 0,110        | 0,125        | 0,160               | 0,200        |
| <b>Amortissement DA</b> | 290 724,59   | 322 789,97   | 354 092,81          | 453 987,18   |
| <b>Exploitation DA</b>  | 992 224,32   | 861 021,10   | 754 491,70          | 724 107,03   |
| <b>Totaux</b>           | 1 282 948,91 | 1 183 811,07 | <b>1 108 584,51</b> | 1 178 064,21 |

Le bénéfice va donc au diamètre Ø160, avec une vitesse V = 0.64 m/s

### III-4.1.3 Adduction : Khérichefa - Touta

#### 1° - Frais d'amortissement :

Tableau N°34 : Calcul des frais d'amortissement

| Diamètre de la conduite (m) | Prix au ml DA/ml | Longueur (m) | Prix de la conduite DA | Annuité (DA)<br>(Prix de la Cte x A) |
|-----------------------------|------------------|--------------|------------------------|--------------------------------------|
| 0,160                       | 2010,68          | 4500         | 9048060                | 758770.31                            |
| 0,200                       | 2577.92          |              | 11600640               | 972829.67                            |
| 0,250                       | 3988.48          |              | 17948160               | 1505132.69                           |

#### 2° - Frais d'exploitation :

Pour trouver les frais d'exploitations, il faut d'abord rechercher les pertes de charge au niveau des différents diamètres pour  $Q = 0.2741 \text{ m}^3/\text{s}$  afin de les ajouter à la hauteur géométrique

$$Hg_{Kh-T} = 805 - 701 = 104,0 \text{ m}$$

$$\Delta h = 1,2242 * 10^{-3} \frac{Q^{1.85}}{D^{4.87}} * L = 1,57758 * 10^{-6} \frac{4500}{D^{4.87}} \text{ (m)}$$

Tableau N°35 : Calcul de l'Hmt pour différents diamètres

| Diamètre de la conduite (m) | j (m/m)<br>k = 0,2 mm | Longueur (m) | $\Delta h_{tot} = 1,15 * \Delta h_{lin}$<br>(m) | Hmt = 104 + $\Delta h_{tot}$<br>(m) |
|-----------------------------|-----------------------|--------------|---|-------------------------------------|
| 0,160                       | 0,0118557             | 4500         | 61,35   | 165,35                              |
| 0,200                       | 0,0039992             |              | 20,69   | 124,69                              |
| 0,250                       | 0,0013490             |              | 6,98  | 110,98                              |

Tableau N°36 : Consommation en kWh du moteur et prix de l'exploitation

| Diamètre de la conduite (m) | La puissance (KW)<br>$P = \frac{g \cdot Q \cdot H}{\eta} = \frac{10 * 0.02741 * Hmt}{0.75}$ | kWh annuel<br>$P * 24 * 365$ | Prix de l'énergie à (4.179 DA/kWh)<br>DA |
|-----------------------------|---|------------------------------|--|
| 0,160                       | H= 165,35 m P= 60,43 kW   | 529 366,8                    | 2 212 223,86                             |
| 0,200                       | H= 124,69 m P= 45,57 kW   | 399 193,2                    | 1 668 228,38                             |
| 0,250                       | H= 110,98 m P= 40,56 kW   | 355 305,6                    | 1 484 822,10                             |

Tableau N°37: Bilan

|                  | Diamètre (m) |                     |              |
|------------------|--------------|---------------------|--------------|
|                  | 0,160        | 0,200               | 0,250        |
| Amortissement DA | 758 770,31   | 972 829,67          | 1 505 132,70 |
| Exploitation DA  | 2 212 223,86 | 1 668 228,38        | 1 484 822,10 |
| Totaux           | 2 970 994,17 | <b>2 641 058,05</b> | 2 989 954,8  |

Le bénéfice va donc au diamètre Ø200, avec une vitesse V = 0.87 m/s

### III-4.1.4 Adduction : Touta – Ayoun Branis

#### 1° - Frais d'amortissement :

Tableau N°38: Calcul des frais d'amortissement

| Diamètre de la conduite (m) | Prix au ml DA/ml | Longueur (m) | Prix de la conduite DA | Annuité (DA) (Prix de la C te x A) |
|-----------------------------|------------------|--------------|------------------------|------------------------------------|
| 0,160                       | 2010,68          | 3700         | 7439516                | 623877.81                          |
| 0,200                       | 2577.92          |              | 9538304                | 799882.17                          |
| 0,250                       | 3988.48          |              | 14757376               | 1237553.55                         |

#### 2° - Frais d'exploitation :

Le débit véhiculé à partir de Touta à Ayoun Branis est égal à 25,57 l/s.

La hauteur géométrique (Hg) est égale à :  $Hg_{T-AB} = 916 - 805 = 111,0 \text{ m}$

La perte de charge linéaire est égale à :

$$\Delta h = 1,2242 * 10^{-3} \frac{Q^{1.85}}{D^{4.87}} * L = 1,3872734 * 10^{-6} \frac{3700}{D^{4.87}} \text{ (m)}$$

Tableau N°39 : Calcul de l'Hmt pour différents diamètres

| Diamètre de la conduite (m) | j (m/m)<br>k = 0,2 mm | Longueur (m) | $\Delta h_{tot} = 1,15 * \Delta h_{lin}$ (m) | Hmt = 111 + $\Delta h_{tot}$ (m) |
|-----------------------------|-----------------------|--------------|--|----------------------------------|
| 0,160                       | 0,0104255             | 3700         | 44,36  | 156,37                           |
| 0,200                       | 0,0035169             |              | 13,01  | 135,67                           |
| 0,250                       | 0,0011862             |              | 4,39   | 118,90                           |

Tableau N°40 : Consommation en kWh du moteur et prix de l'exploitation

| Diamètre de la conduite (m) | La puissance (KW)<br>$P = \frac{g \cdot Q \cdot H}{\eta} = \frac{10 \cdot 0.02557 \cdot Hmt}{0.75}$ | KWh annuel<br>p*24*365 | Prix de l'énergie à (4.179 DA/kWh) DA |
|-----------------------------|---|------------------------|---------------------------------------|
| 0,160                       | H= 156,37 m P= 50,58 kW   | 443080,8               | 1851634,66                            |
| 0,200                       | H= 135,67 m P= 39,89 kW   | 349436,4               | 1460294,72                            |
| 0,250                       | H= 118,90 m P= 36,95 kW   | 323682,0               | 1352667,08                            |

Tableau N°41 : Bilan

|                  | Diamètre (m) |                     |              |
|------------------|--------------|---------------------|--------------|
|                  | 0,160        | 0,200               | 0,250        |
| Amortissement DA | 623 877,81   | 799 882,17          | 1 237 553,55 |
| Exploitation DA  | 1 851 634,66 | 1 460 294,72        | 1 352 667,08 |
| Totaux           | 2 475 512,47 | <b>2 260 176,89</b> | 2 590 220,63 |

Le bénéfice va donc au diamètre Ø200, avec une vitesse V = 0.81 m/s

### III-4.1.5 Adduction : Ayoun Branis - Balloul

#### 1° - Frais d'amortissement :

Tableau N°42: Calcul des frais d'amortissement

| Diamètre de la conduite (m) | Prix au ml DA/ml | Longueur (m) | Prix de la conduite DA | Annuité (DA) (Prix de la C te x A) |
|-----------------------------|------------------|--------------|------------------------|------------------------------------|
| 0,160                       | 2010,68          | 6110         | 12285254,8             | 1030241,47                         |
| 0,200                       | 2577.92          |              | 15751091,2             | 1320886,51                         |
| 0,250                       | 3988.48          |              | 24369612,8             | 2043635,73                         |

#### 2° - Frais d'exploitation :

Le débit véhiculé à partir de Touta à Ayoun Branis est égal à 24,77 l/s.

La hauteur géométrique (Hg) est égale à :  $Hg_{T-AB} = 1017 - 916 = 101,0 \text{ m}$

La perte de charge linéaire est égale à :

$$\Delta h = 1,2242 \cdot 10^{-3} \frac{Q^{1.85}}{D^{4.87}} \cdot L = 10.69 \frac{(0,02477)^{1.85}}{135^{1.85} D^{4.87}} \cdot 6110 = 1,3080469 \cdot 10^{-6} \frac{6110}{D^{4.87}} \text{ (m)}$$

Tableau N°43 : Calcul de l'Hmt pour différents diamètres

| Diamètre de la conduite (m) | j (m/m)<br>k = 0,2 mm | Longueur (m) | $\Delta h_{tot} = 1,15 * \Delta h_{lin}$ (m) | $Hmt = 101 + \Delta h_{tot}$ (m) |
|-----------------------------|-----------------------|--------------|--|----------------------------------|
| 0,160                       | 0,0098301             | 6110         | 69,07  | 170,07                           |
| 0,200                       | 0,0033159             |              | 23,30  | 124,6                            |
| 0,250                       | 0,0011855             |              | 8,33   | 109,33                           |

Tableau N°44 : Consommation en kWh du moteur et prix de l'exploitation

| Diamètre de la conduite (m) | La puissance (KW)<br>$P = \frac{g \cdot Q \cdot H}{\eta} = \frac{10 * 0.02477 * Hmt}{0.75}$ | KWh annuel<br>$P * 24 * 365$ | Prix de l'énergie à (4.179 DA/kWh) DA |
|-----------------------------|---|------------------------------|---------------------------------------|
| 0,160                       | H= 170,07 m P= 57,16 kW   | 500721,6                     | 2 092 515,57                          |
| 0,200                       | H= 124,6 m P= 42,04 kW  | 368270,4                     | 1 539 002,01                          |
| 0,250                       | H= 109,33 m P= 37,1 kW  | 324996,0                     | 1 358 158,28                          |

Tableau N°45 : Bilan

|                  | Diamètre (m) |                     |              |
|------------------|--------------|---------------------|--------------|
|                  | 0,160        | 0,200               | 0,250        |
| Amortissement DA | 1 030 241,47 | 1 320 886,51        | 2 043 635,73 |
| Exploitation DA  | 2 092 515,57 | 1 539 002,01        | 1 358 158,28 |
| Totaux           | 3 122 757,04 | <b>2 859 888,52</b> | 3 401 794,01 |

Le bénéfice va donc au diamètre Ø200, avec une vitesse V=0.79 m/s

### Dimensionnement des bâches de reprise [10]

La station de reprise est un ouvrage composé de réservoir et d'une station de pompage.

Le dimensionnement de la bâche de reprise est déterminé d'après le temps nécessaire pour maintenir la crête en charge et pour que la pompe ne se désamorce pas, dans notre cas, on prend un temps de stockage de ¼ d'heure.

$$V_{bâche} = \frac{Q_{pte j} * t}{T} \quad (m^3)$$

Avec :  $Q_{pte j}$  : débit de pointe journalier en  $m^3/j$ .

t : temps nécessaire pour maintenir la crête en charge ( $t = 0,25$  heure)

T : temps de fonctionnement contenu de la station de pompage (h) pour notre cas  
 T = 24 heures (refoulement continu).

Tableau N°46 : B.R.S.P\* : Bâche de Reprise Station de Pompage

| Bâche de reprise        | Débit de pointe |                     | t<br>(h) | T<br>(h) | Capacité utile<br>(m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------|-----------------|---------------------|----------|----------|-------------------------------------|
|                         | (l/s)           | (m <sup>3</sup> /j) |          |          |                                     |
| B.R.S.P de Kherichifa   | 30,1            | 2600,6              | 0,25     | 24       | 30,0                                |
| B.R.S.P de Touta        | 27,41           | 2368,23             | 0,25     | 24       | 25,0                                |
| B.R.S.P de Ayoun Branis | 25,57           | 2209,25             | 0,25     | 24       | 25,0                                |
| B.R.S.P de Balloul      | 24,77           | 2140,13             | 0,25     | 24       | 25,0                                |

\* B.R.S.P : Bâche de Reprise Station de Pompage

### III-5 Conclusion :

Dans ce chapitre, tout d'abord, on tracé l'itinéraire des conduites issue des deux forages (F1 et F2) ainsi que celui des différents tronçons en fonction des localités à approvisionner. Selon nos calculs, soit dans le coté technique et économique on a choisi des conduites en PEHD. Ce type de matériau présente plusieurs avantages,

Les résultats de nos calculs ont donné :

Le premier tronçon forage Ouled Ali (F1) vers Khérififa : D = 0,160 m et V=0.85m/s.

Le deuxième tronçon forage Sidi Makhlof (F2) vers Khérififa : D = 0,160 m et V=0.64 m/s.

Le troisième tronçon : Khérififa vers Touta : D = 0.200 m et V = 0.87 m/s.

Le quatrième tronçon : Touta vers Ayoun Branis D = 0.200 m et V = 0.81 m/s.

Le cinquième tronçon : Ayoun Branis vers Balloul D = 0.200 m et V = 0.79 m/s.

En ce qui concerne les bâches de reprises des stations de pompage, leur volume s'échelonne entre 25 et 30 m<sup>3</sup>.

# **Chapitre IV**

## **Choix des**

## **Pompes**

## Chapitre IV : Choix des pompes

### IV-1 Introduction

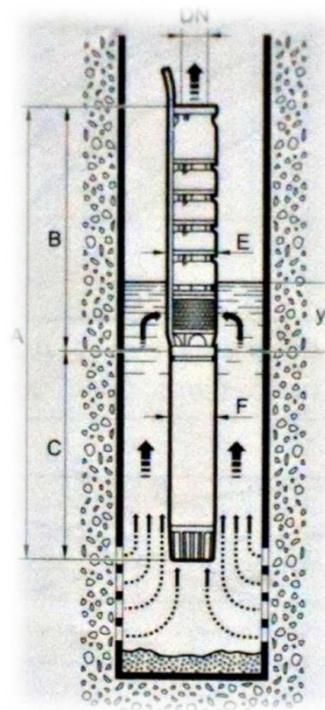
Ce chapitre a pour but, l'étude et le choix de la pompe idéale adaptée à l'usage de notre projet et qui nous permet d'assurer le débit appelé et la hauteur manométrique totale au niveau des trois stations de pompage projetées le long de l'adduction.

### IV-2 Définition de la Pompe

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

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

Une pompe immergée c'est une pompe verticale mono ou multicellulaire centrifuge avec roues radiales ou semi-axiales. Les roulements de guidage et les bagues d'usure garantissent la résistance à l'usure en assurant la constance et la fiabilité des caractéristiques hydrauliques dans le temps. Sur demande, les pompes sont disponibles en bronze ou en acier inoxydable pour les applications des eaux agressives.



#### IV-2.1 Les Domaines D'applications

Les pompes immergées sont un vaste domaine d'application, par exemple:

- Approvisionnement en eau provenant de puits profonds.
- Suppression et distribution dans des installations civile ou industrielles.
- Alimentation de réservoir se de citernes.
- Installation de réservoir set de citernes.
- Installations anti-incendie et installation de lavage.
- Contrôle du niveau phréatique.
- Irrigation.
- Mines
- Fontaines.

Une pompe multicellulaire : C'est une pompe à plusieurs cellules, une cellule est définie par un diffuseur.

### IV-3 Les Avantages et Les Inconvénients

Comme chaque produit, les pompes immergées ont des avantages et des inconvénients qu'on peut illustrer comme suit :

Tableau N°47: Avantages et Inconvénients des pompes

| <b>Avantages</b>  | <b>Inconvénients</b>                                       |
|---|--|
| Très efficace, capacité constante.<br>Écoulement régulier,          | Le désamorçage peut endommager le moteur.                  |
| Offre une vaste gamme de capacité et de pressions.                  | Le sable dans l'eau entraîne l'usure prématuée des pièces. |
| Peut être utilisée pour les puits de surface et les puits profonds. | Coûteuse et parfois difficile à réparer.                   |
| Silencieuse.  |  |
| Bonne durabilité.   |  |

#### **IV-4 Description des Différents Composants**

##### **IV-4.1 La turbine (ou la roue)**



#### IV-4.2 Le diffuseur

C'est le corps de pompe, qui constitue l'élément fixe de cette dernière. Il est destiné à recueillir le liquide qui sort de la roue, et à le diriger, soit vers l'orifice de refoulement, soit vers l'entrée de la roue suivante, selon que la pompe est mono ou multicellulaire. De plus, il transforme en pression une partie de la vitesse.

La forme principale du corps dépend du type de pompe (mono ou multicellulaire).



#### IV-4.3 La chambre d'aspiration

Elle constitue avec le corps de pompe l'élément fixe destiné à diriger le liquide vers l'entrée de la roue, de telle sorte que la vitesse du liquide soit uniforme en tous points.



#### IV-4.4 L'arbre d'entrainement

C'est l'axe principal de la pompe, en acier ou acier inoxydable. Il comprend des clavettes superposées entre deux roues et une entretoise de séparation. Tous les éléments tournants sont équilibrés dynamiquement (arbre, roues et entretoise).



#### IV-4.5 Les clavettes

Les clavettes rassemblent les divers composants de montage mécanique assurant une liaison en rotation entre les pièces à assembler. Elles sont logées dans les rainures des pièces à assembler.



#### IV-4.6 Les bagues d'usure

Les séparent les sections fixes d'une pompe des sections en rotation, ainsi que les sections en basse pression de celles en haute pression. Lorsqu'une déviation d'arbre se produit en raison d'une opération contraire à la conception, il est possible que les bagues d'usure entrent en contact.



#### IV-4.7 L'entretoise

Une entretoise est une pièce rigide qui relie deux turbines et les maintient dans un écartement fixe. On utilise fréquemment des entretoises pour fixer des circuits imprimés. Ces entretoises sont généralement des pièces tubulaires en laiton chromé.



#### IV-4.8 Le coussinet

Fabriqué en caoutchouc entouré par un cylindre en tôle, il permet une combinaison parfaite des fonctions du guidage de l'arbre, amortissement et passage libre du sable.



#### IV-4.9 L'accouplement



#### IV-4.10 Le clapet anti- retour

Soupape qui laisse passer de l'eau dans un seul sens.

### IV-5 Les principales caractéristiques d'une pompe centrifuges

#### IV-5.1 Vitesse de rotation

C'est le nombre de tour qu'effectue la roue par unité de temps. Cette vitesse est notée « N », unité de mesure la plus utilisée est le **tour /minute**.

Le déplacement angulaire ( $w$ ) qu'effectue la roue d'une pompe en dans l'unité de temps s'appelle vitesse angulaire.

$$\omega = \pi * N \quad (\text{rd/s}) \quad (\text{IV.1})$$

Débit « Q » d'une pompe

C'est le volume d'eau qu'une pompe peut ou doit fournir par unité de temps, ce débit est noté «  $Q$  ».

Le débit  $Q$  est fonction de la vitesse moyenne  $V$  d'écoulement du liquide et du diamètre  $D$  de la canalisation.

$$Q = V * S = V * \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{IV.2})$$

### **IV-5.2 Hauteur manométrique totale-d'élévation Hmt**

La Hmt d'une pompe est la différence de pression en (**m.c.e**) entre l'orifice 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 (**Jasp, Jref**).

$$Hmt = Hg + \Delta h_{asp} + \Delta h_{ref} \quad (\text{IV.3})$$

### **IV-5.3 Puissances (utile et absorbée)**

La puissance disponible au niveau de l'arbre d'entrainement de la roue de la pompe est la puissance absorbée par cette pompe. Cette puissance est exactement la puissance du moteur d'entrainement de la pompe. La puissance transmise à l'eau et ce de la part de la pompe est appelée puissance hydraulique utile  $P_u$  :

$$P_{ut} = P_{hydr} = \rho g Q Hmt \quad (\text{IV.4})$$

Le rapport de la puissance utile  $P_u$  et la puissance absorbée  $P_a$  est le rendement de la Pompe ( $\eta$ ) qui est donné par la relation suivante :

$$\eta = \frac{P_{ut}}{Pabs} = \frac{\rho g Q Hmt}{Pabs} \quad (\text{IV.5})$$

#### IV-6 Constitution d'une pompe centrifuge

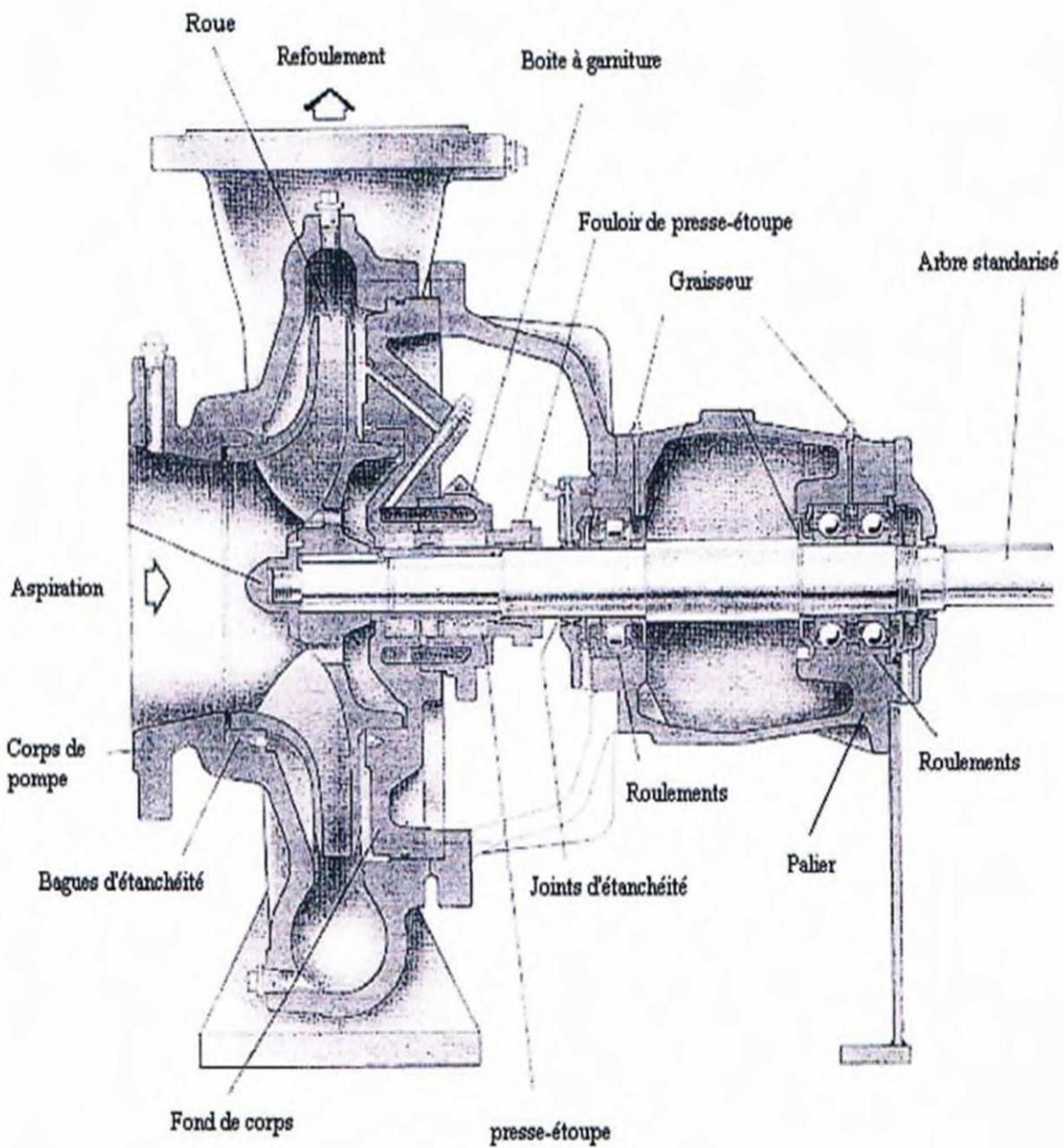


Figure N°8 : Eléments constitutifs d'une turbopompe

#### IV-7 Choix de la pompe

Les critères qui agissent sur le choix des pompes sont:

- ❖ Assurer le débit  $Q$  et la hauteur  $H_{mt}$ ,
- ❖ Assure un meilleur rendement,
- ❖ Vérifier la condition de non cavitation,
- ❖ Vitesse de rotation la plus élevée,
- ❖ Puissance absorbé en minimale,
- ❖ Assure une capacité d'aspiration forte.

❖ Le point de fonctionnement se trouve en milieu de la courbe de la pompe.

Ce choix se fait à l'aide des courbes caractéristiques que le constructeur établit pour chaque type de pompe.

## IV-8 Installation d'une pompe

Il existe trois types d'installation dont deux sont les plus utilisés dans les projets d'alimentation en eau potable, alimentation en industrie et l'irrigation, ces différents types utilisés sont :

### IV-8.1 Installation en aspiration

C'est une installation de pompes dans une station de pompage dont les pompes sont disposées supérieurs (axe des pompes) au plan d'aspiration.

### IV-8.2 Installation en charge

C'est une installation de pompes dans une station de pompage dont le plan d'eau d'aspiration est bien supérieur à l'axe de la pompe.

### IV-8.3 Installation en siphon

C'est une installation de pompes dans une station de pompage dont les deux plan d'eau aspiration et refoulement sont inférieurs à l'axe de la pompe.

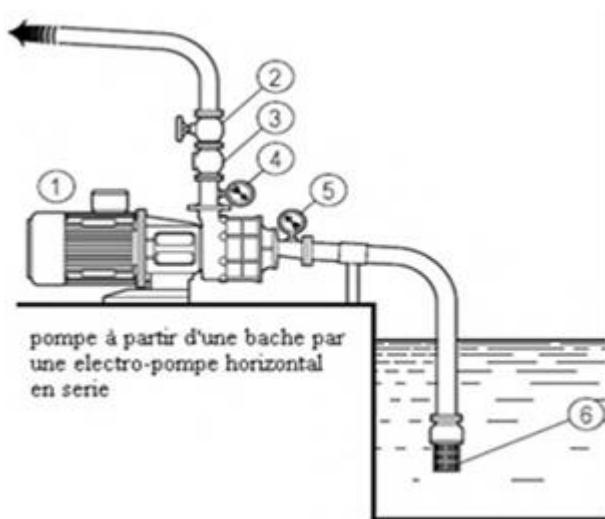


Figure N°10 : Installation d'une pompe horizontale

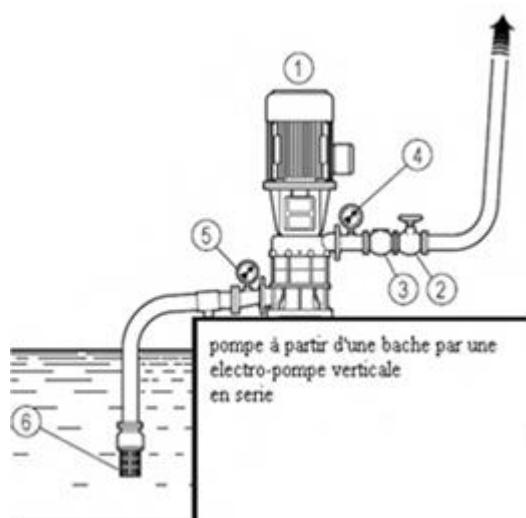


Figure N°9 Installation d'une pompe verticale

## IV-9 Courbes caractéristiques d'une pompe

Les performances d'une pompe sont représentées par les courbes suivantes:

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

C'est une représentation graphique qui exprime les variations des différentes hauteurs d'élévation en fonction du débit  $H = f(Q)$ .

#### IV-9.1 La courbe puissance – débit :

Les variations de la puissance absorbée en fonction du débit, c'est une courbe en branche de parabole, la courbure est tournée vers le bas  $P = f(Q)$ .

#### IV-9.2 La courbe rendement – débit:

Elle exprime les variations du rendement de la pompe en fonction du débit  $\eta = f(Q)$ . Le point d'intersection de la courbe  $H = f(Q)$  avec l'axe des ordonnées s'appelle le point de barbotage ou point à vanne fermée.

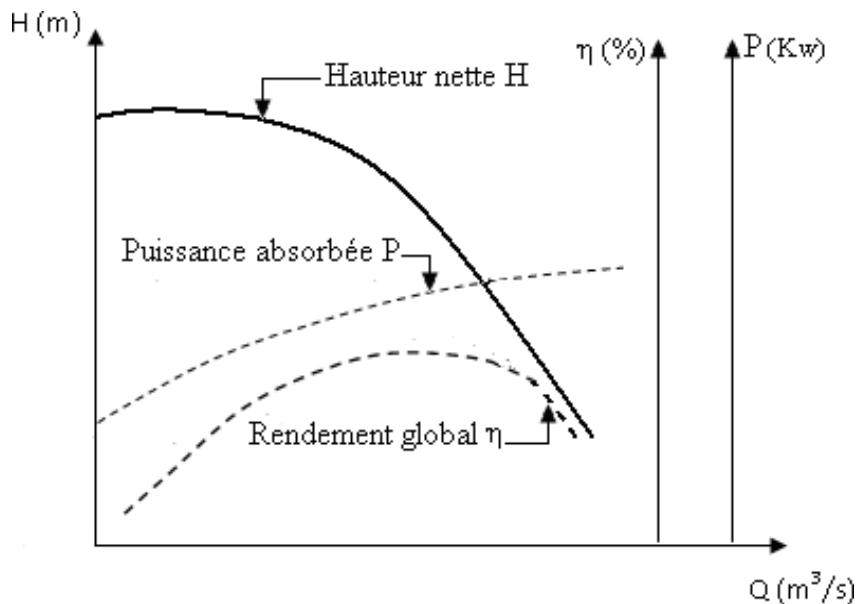


Figure N°11 : La courbe caractéristique d'une pompe centrifuge.

### IV-10 Point de fonctionnement

#### IV-10.1 Courbes caractéristiques d'une conduite

La courbe caractéristique de réseau est la représentation graphique de la hauteur manométrique totale de l'installation ( $H_{mt}$ ) nécessaire à l'installation en fonction du débit ( $Q$ ). Elle se compose d'une composante statique et d'une composante dynamique.

- ❖ La composante statique, à savoir la hauteur géométrique ( $H_g$ ) est indépendante du débit.
- ❖ La composante dynamique est composée de la perte de charge, qui augmente de manière proportionnelle au carré du débit ( $Q$ ).

La hauteur manométrique de la pompe est calculée suivant l'équation (IV.6).

$$H_{mt} = H_g + \Delta h_{tot} \quad (\text{IV.6})$$

$$\text{Avec: } \Delta h_{tot} = 1,15 \Delta h_{lin} \quad (\text{IV.7})$$

$$\Delta h = \lambda * L \frac{V^2}{2gD} \quad (\text{IV.8})$$

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{4 * Q}{\pi D^2} \quad (\text{IV.9})$$

La vitesse ( $V$ ) peut s'exprimer à partir de l'équation de continuité (IV.9)

En remplaçant la vitesse par sa valeur

$$\Delta h = 1,15 \lambda L \frac{8 * Q^2}{\pi^2 g D^5} \quad (\text{IV.10})$$

Avec :

$$k = 1,15 \frac{8 \lambda L}{\pi^2 g D^5} \quad (\text{IV.11})$$

Donc:

$$H_{mt} = Hg + k * Q^2 \quad (\text{IV.12})$$

## **IV-10.2 Point de fonctionnement d'une pompe**

Lorsque le point de fonctionnement désiré coïncide avec le point de fonctionnement de la pompe, celle-ci fonctionne dans des conditions optimales d'utilisation (rendement maximal de la pompe). Sinon, on sera dans l'obligation de porter des modifications sur les caractéristiques de la pompe ou de la conduite de refoulement. Le débit correspondant à ce point doit se confondre avec le débit appelé désiré, sinon il faut procéder à l'un des modes de réglage suivants

### **IV-10.2.1 Vannage sur la canalisation de refoulement**

La fermeture de la vanne augmente les pertes de charge, ce qui fait déplacer ainsi le point de fonctionnement. Le vannage n'est qu'une solution provisoire, car il diminue le rendement et augmente la consommation.

### **IV-10.2.2 Rognage de la roue**

Par diminution du diamètre de la roue, il est possible de modifier la caractéristique de la pompe, cependant la possibilité de rognage est limitée de 0,5 à 10 %, pour éviter une dégradation importante du rendement.

#### IV-10.2.3 Réduction du temps de pompage

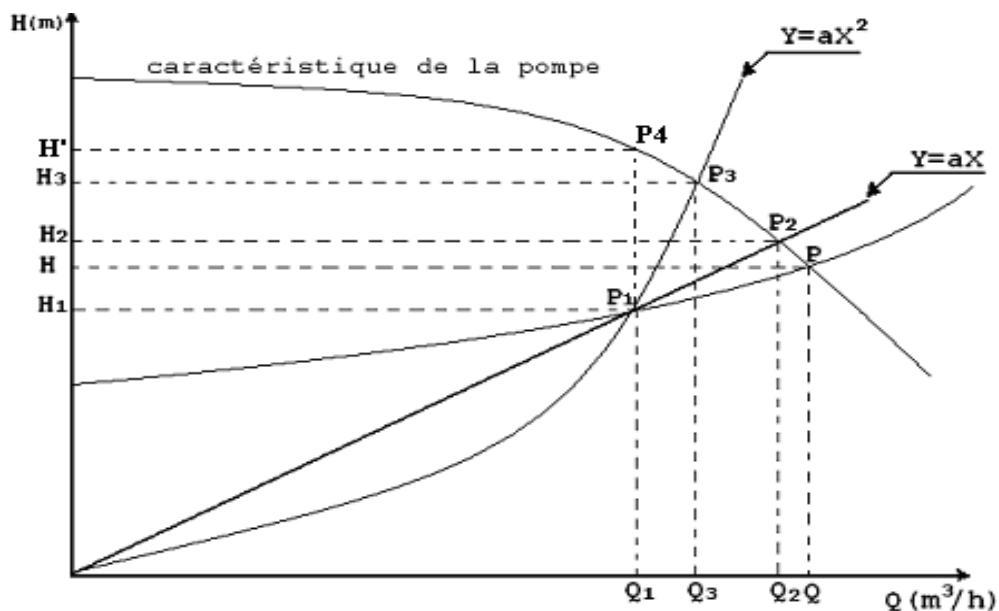


Figure N°12: Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré

Accepter le point de fonctionnement tel qu'il est donné et avoir par conséquence un débit à relever supérieur à celui désiré, et la durée de pompage sera diminuée.

#### Etude de la cavitation

La cavitation est un phénomène physique très complexe, qui se manifeste lorsque la pression absolue du liquide descend au-dessous de la tension de vapeur du liquide. Il se forme des bulles d'air, qui, dans les zones de pression les plus élevées, provoquent d'importantes perturbations ; bruits dans l'écoulement, des vibrations, ce qui entraîne la détérioration des caractéristiques hydrauliques (le rendement, la hauteur de refoulement,...) et l'érosion des matériaux au niveau de la pompe.



Figure N°13: Photos illustrant le phénomène de cavitation sur pompe centrifuge

Pour éviter ce phénomène, on doit assurer à l'aspiration une certaine pression dite : charge nette minimale disponible à l'aspiration  $NPSH_{disp}$  (donnée par l'utilisateur), qui sera supérieur à la charge n et le requise à l'aspiration  $NPSH_{req}$  (donnée par le constructeur).

La NPSH requis  $NPSH_{req}$  est la hauteur minimale du liquide, supposée à sa température d'ébullition, nécessaire au-dessus de l'aspiration, pour empêcher la cavitation. Il dépend de:

Type de la pompe.

Point de fonctionnement.

Il est donné par le fabricant sous la forme d'une courbe donnant le  $NPSH$  requis (en mètre de liquide) en fonction du débit.

Le  $NPSH$  disponible ( $NPSH_{disp}$ ) est simplement une mesure permettant de quantifier la hauteur manométrique d'aspiration disponible pour éviter la vaporisation au niveau le plus bas de la pression dans la pompe.

Pour éviter tout risque de cavitation, la condition suivante doit être satisfaite:

$$NPSH_{disp} > NPSH_{req} \quad (\text{IV.13})$$

Le  $NPSH_{disp}$  sera donné suite à la relation de **Bernoulli** appliquée entre le plan d'aspiration

( $Z_0, P_0$ ), et l'entrée de la pompe ( $Z_1, P_1$ ) et en considérant **J<sub>a</sub>** la perte de charge à l'aspiration

Sachant déjà que  $NPSH_{disp}$  est la somme de la pression absolue  $P_1$

Et de l'énergie cinétique diminuée de la tension de la vapeur pour la température de l'eau  $h_v$  donc:

$$NPSH_{disp} = \frac{P_{atm} - P_{vs}}{\varpi} - (h_{gasp} + \Delta h_{asp}) \quad (\text{m}) \quad (\text{IV.14})$$

Le point d'application de la cavitation est donné par l'intersection des courbes  $NPSH_{disp}$  et  $NPSH_{req}$ , celle-ci se manifeste lorsque le point de fonctionnement de la pompe, en le projetant sur le graphe des courbes  $NPSH$ , se trouve à droite du point I, il y aura donc lieu de tenir le point de fonctionnement de la pompe dans le réseau à gauche de la verticale passant par point I, afin d'obtenir  $NPSH_{disp} > NPSH_{req}$  c'est-à-dire pour éviter la cavitation.

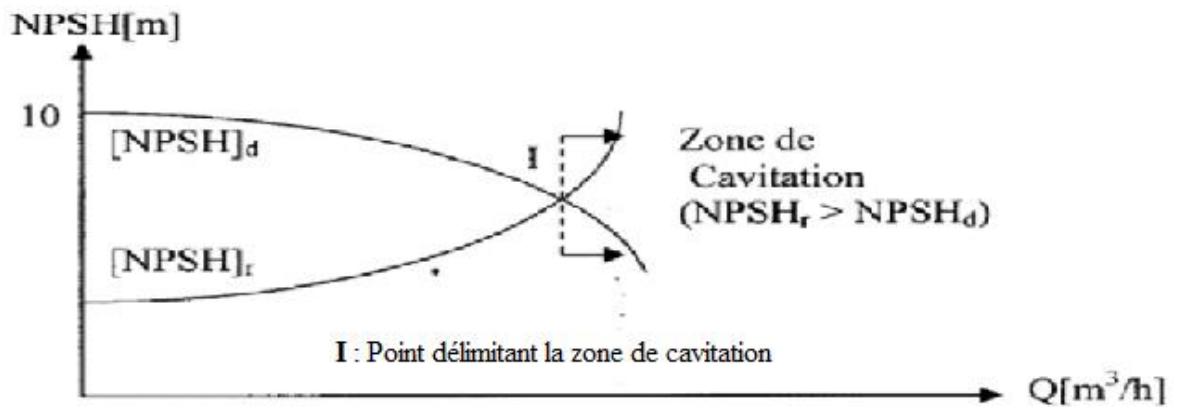


Figure N°15: Graphe des courbes  $NPSH$ .

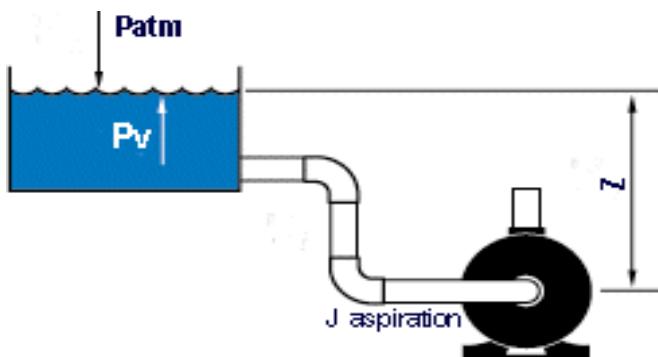


Figure N°14: Calcul du  $NPSH$  disponible pour une pompe en charge.

Pour installation en charge, Pour installation en dépression et pompes semblables.

### Généralités

La théorie des turbomachines appliquée aux pompes centrifuge montre que pour une pompe donnée fonctionnant à différentes vitesses :

- Le débit est proportionnel à la vitesse;
- Les hauteurs effectives sont proportionnelles au carré de la vitesse;
- Le rendement est indépendant de la vitesse, on dit une pompe appartient à la famille des pompes semblables si tous les angles de construction de la roue du diffuseur, sont les même, et que la dimension linéaire des différentes parties de chaque pompe soient proportionnelles, les pompes semblables sont supposées fonctionner à similitude mécanique.

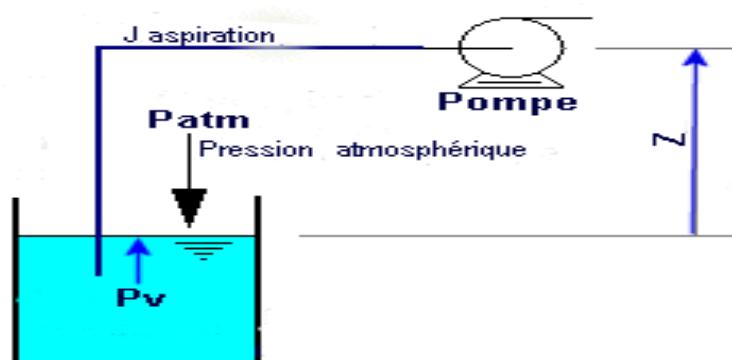


Figure N°16: Calcul du  $NPSH$  disponible pour une pompe en dépression.

## IV-11 Couplage des pompes

Lorsque l'on est amené dans une station de pompage à assembler plusieurs pompes soit en série, soit en parallèle, en utilisant plusieurs pompes de caractéristiques identiques ou différentes, susceptible de fonctionner simultanément ou isolément.

Le couplage des pompes peut s'effectuer.

### IV-11.1 Couplage en série

- \* Le refoulement de la première pompe débouche dans l'aspiration de la seconde.
- \* Le **même débit** traverse les deux pompes et les **hauteurs** d'élévation produites par chaque groupe **s'ajoutent**.

Ce type de couplage est utilisé en vue de l'augmentation de la hauteur d'élévation des pompes

### IV-11.2 Couplage en parallèle:

Dans ce cas:

- \* Chaque conduite de refoulement a boutis à un collecteur général commun.
- \* Le débit du collecteur commun sera composé de la somme des débits de chaque pompe.

Ce type de couplage est utilisé en vue de l'augmentation du débit refoulé par les pompes.

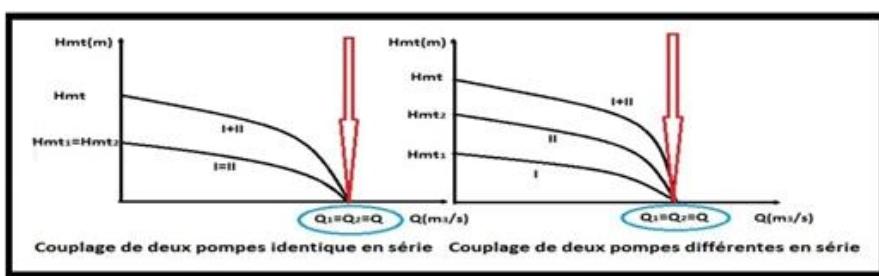
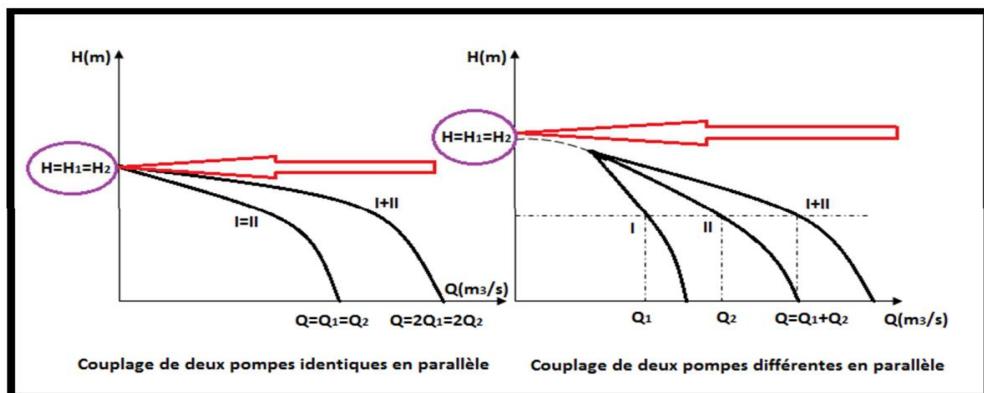


Figure N°17 : Couplage en série



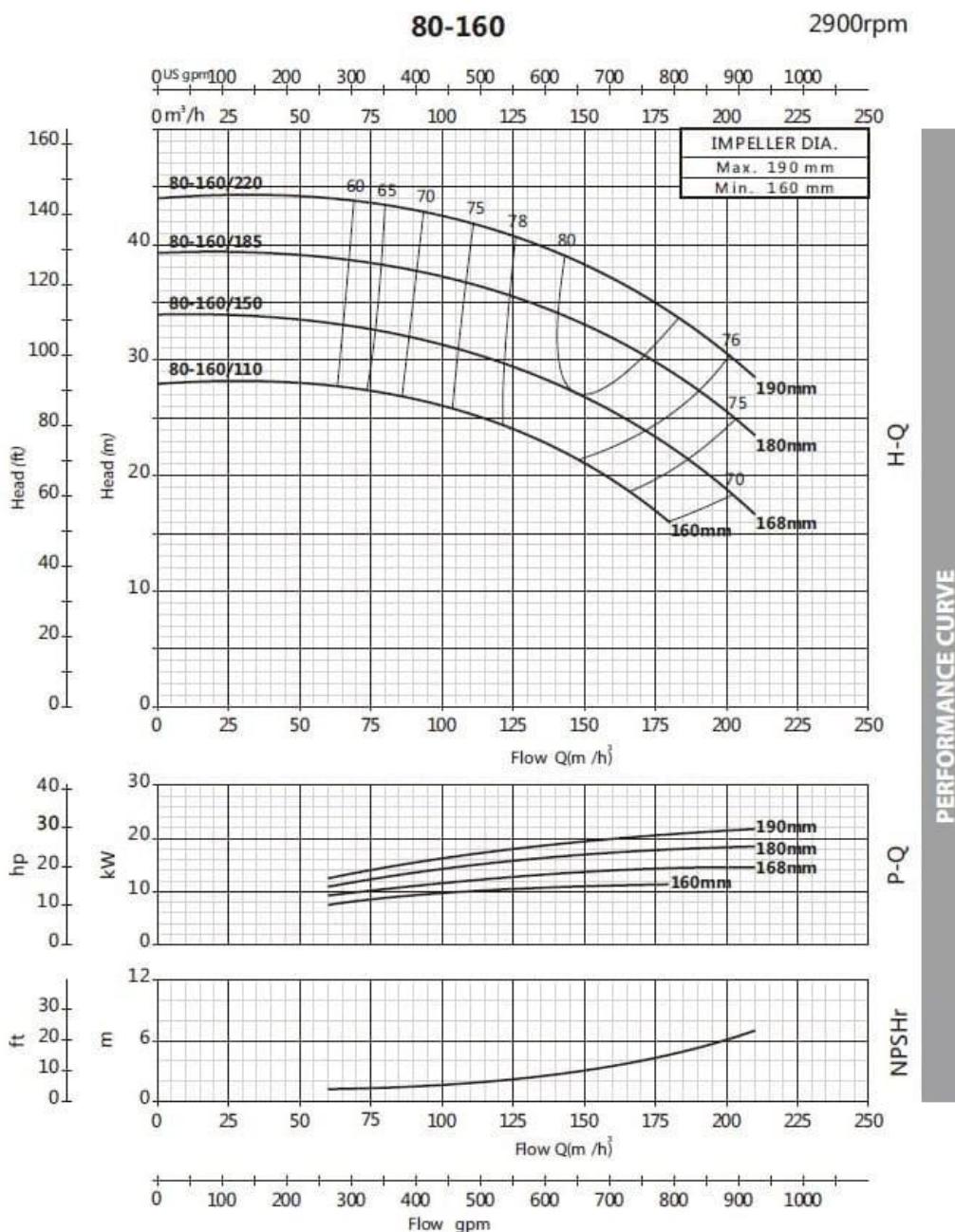


Figure N°20 : Courbe caractéristique d'une pompe de surface

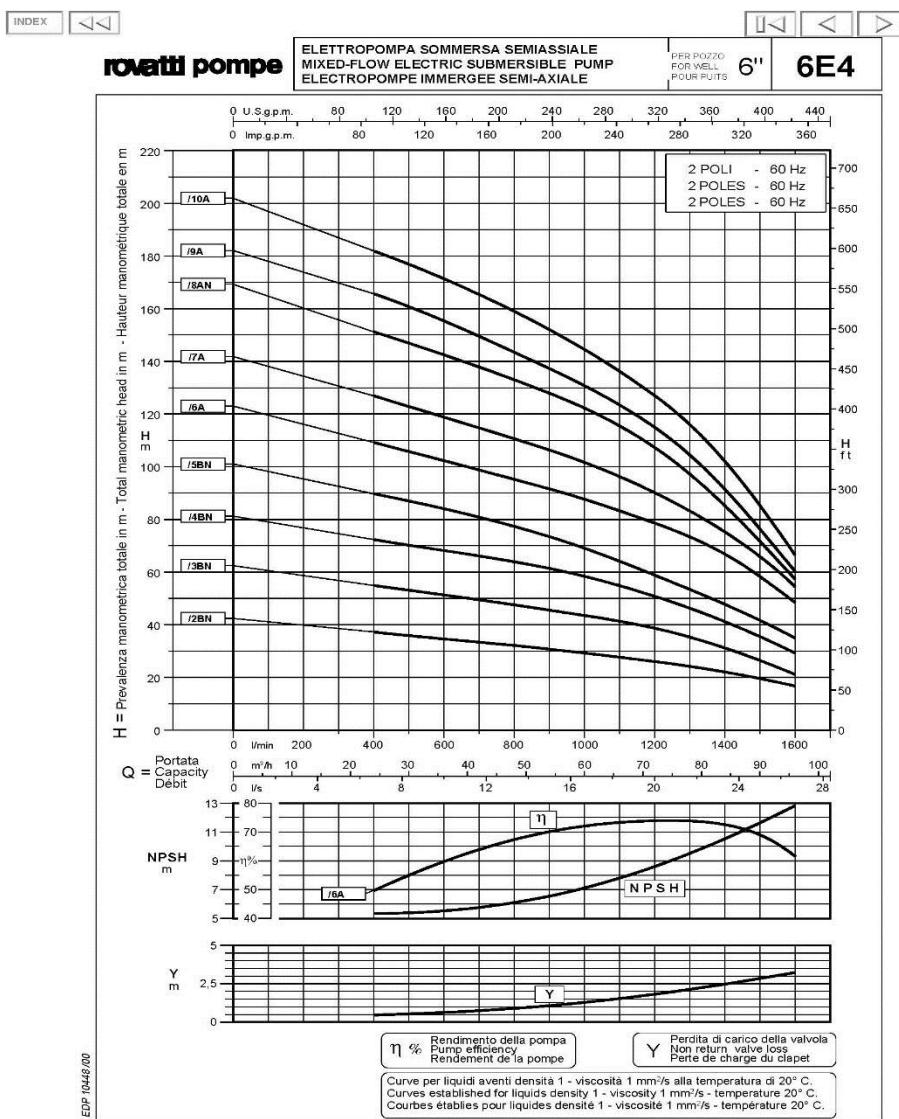


Figure N°21 : Courbe caractéristique d une pompe immergée

Tableau N°48 : Les types de pompes et leurs marques pour chaque station de reprise

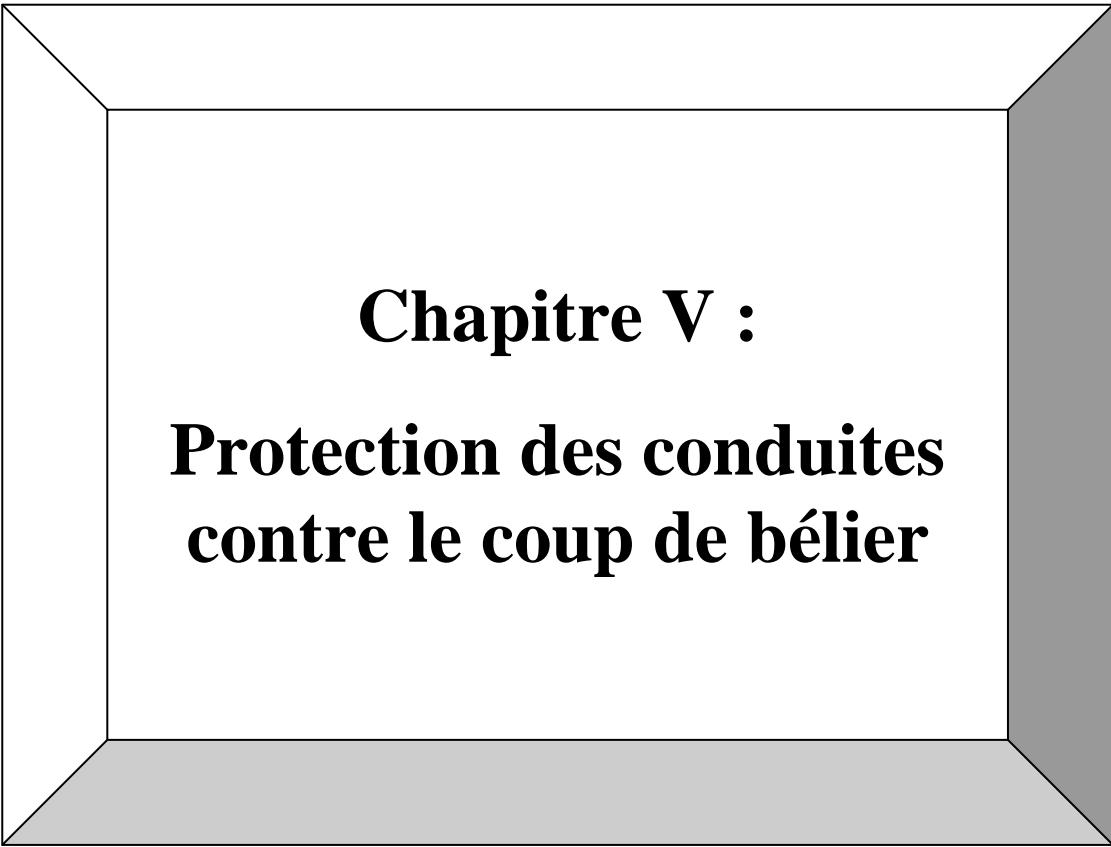
| Station      | Le débit<br>(m <sup>3</sup> /h) | Hmt(m) | Type de pompe | Marque                             |
|--------------|---------------------------------|--------|---------------|------------------------------------|
| Forage 1     | 62.1                            | 100.44 | Immergées     | Rovatti pompe 6 <sup>E</sup> 4/7A  |
| Forage 2     | 46.8                            | 118.9  |               | Rovatti pompe 6 <sup>E</sup> 4/8AN |
| Khérichefa   | 98.6                            | 124.69 | De surface    | Impeller Dia 180-160/220           |
| Touta        | 92                              | 117.01 |               | Impeller Dia 180-160/185           |
| Ayoun Branis | 88                              | 127.3  | De surface    | Impeller Dia 180-160/220           |
| Balloul      | 88                              | 111    |               | Impeller Dia 180-160/150           |

## IV-12 Conclusion

Pour assurer le renforcement en eau potable du chef-lieu de Ouled Brahim ainsi que certaines localités limitrophes, la topographie de la région impose un écoulement par refoulement.

L'étude de choix de pompes pour le refoulement a donné :

- Du Forage F1 vers Kherichifa: Pompe immergée Rovatti pompe 6<sup>E</sup>4/7A.
- Du Forage F2 vers Khérichefa: Pompe immergée Rovatti pompe 6<sup>E</sup>4/8AN.
- De Kherichefa vers Touta: Pompe de surface Impeller Dia 180-160/220.
- De Touta vers Ayoun Branis: Pompe de surface Impeller Dia 180-160/185.
- De Ayoun Branis vers Balloul: Pompe de surface Impeller Dia 180-160/220.
- De Balloul vers Réservoir de stockage 2500 m<sup>3</sup> : Pompe de surface Impeller Dia 150.



**Chapitre V :**

**Protection des conduites  
contre le coup de bélier**

## Chapitre V : Protection des conduites contre le coup de bélier

### V-1 Introduction

Le transport de l'eau peut causer aux différents matériaux avec lesquels elle est en contact, des détériorations dont certaines sont dues au coup de bélier. Afin d'augmenter la durée de vie de nos installations et en vue d'assurer un bon fonctionnement de ces dernières, il est impératif de les protéger contre ce phénomène.

### V-2 Définition

Le coup de bélier est un phénomène oscillatoire causé par toutes modifications rapides dans le régime d'écoulement d'une conduite en charge, qui engendre une série d'ondes qui se propagent le long de cette conduite. Ces ondes se traduisent par des alternations de surpressions et de dépressions (qui se traduisent par des cavitations) par rapport à la pression de service. Ces ondes seront amorties peu à peu par les frottements (pertes de charge).

Les causes principales de ce phénomène sont:

- Fermeture ou ouverture instantanées d'une vanne ;
- Démarrage d'une pompe;
- Arrêt brusque de groupe électro pompe alimentant la conduite de refoulement débitant sur un réservoir.

Lorsque le coup de bélier atteint des valeurs de pression très élevée il provoque:

- Écrasement de la conduite dans le cas de dépression;
- Déboîtement des conduites suite à la rupture et à la détérioration des joints;
- Éclatement de la conduite par surpressions;
- Détériorations des accessoires (GEP, vannes...).

### V-3 Analyse physique du phénomène

Dans le cas d'une conduite de refoulement en fonctionnement permanent, dont le débit  $Q_0$  se trouve brusquement arrêté à la suite d'une disjonction, en admettant une élasticité de la conduite et une compressibilité de l'eau et en supposant que la colonne liquide est constituée de tanches infiniment rapprochées.

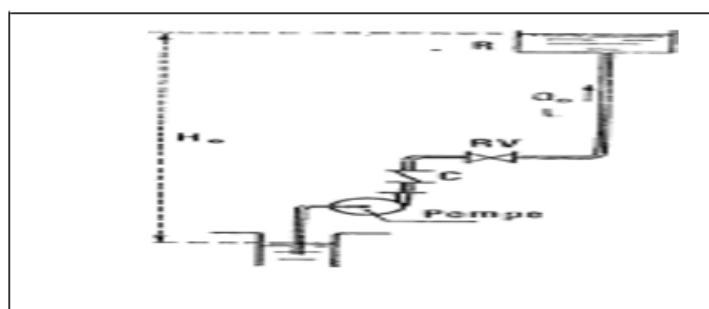


Figure N°19: Coup de bélier dans une conduite de refoulement

Au moment où survient l'arrêt brusque, quatre phases peuvent être alors envisagées:

### V-3.1 Première phase

L'eau continue son ascension mais la conduite n'est pas alimentée. Il va donc se produire à partir de la pompe une dépression de tranche en tranche ; l'eau se déprime et la conduite se contracte successivement par des diminutions élastiques de son diamètre, l'on de de dépression se propage jusqu'au réservoir à la vitesse "a", et si la distance entre la pompe et le réservoir est "L", le temps mis par cette on de pour atteindre le réservoir est:  $\Delta t = \frac{2L}{a}$  (s)

Au bout de ce temps, la conduite est totalement en dépression, et l'eau est immobile.

### V-3.2 Deuxième phase

Grace à son élasticité, la conduite reprend son diamètre primitif et cela de proche en proche .A partir de réservoir les tranches successives se décontractent si bien que l'eau peut redescendre et au bout de temps  $L/a$  (c.à.d.  $2L$  depuis l'origine). Toute l'eau est redescendue et se trouve arrêtée par le clapet de protection de la pompe qui c'est bien sûr s'est fermé.

### V-3.3 Troisièmes phase

La première tranche de lui de en contact avec le clapet ,va être comprimée par les tranches suivantes provoquant une dilatation de la conduite .Une on dépression va parcourir la conduite dans les pompe-réservoir .Au bout de temps $L$ (c.à.d.  $3L$  depuis l'origine), toute la conduite est dilatée avec l'eau immobile et sous pression.

#### Remarque:

L'analyse de ce phénomène dans le cas d'un arrêt brusque (fermeture rapide d'une vanne) dans un écoulement gravitaire d'eau, dans une conduite d'adduction provenant d'un réservoir, est exactement la même que celle de refoulement sauf cette fois qu'elle commence par une surpression puis se termine par une dépression. Il suffit donc de reprendre la même explication donnée ci-dessus, en commençant par la troisième phase, puis la quatrième puis la première phase et enfin la deuxième.

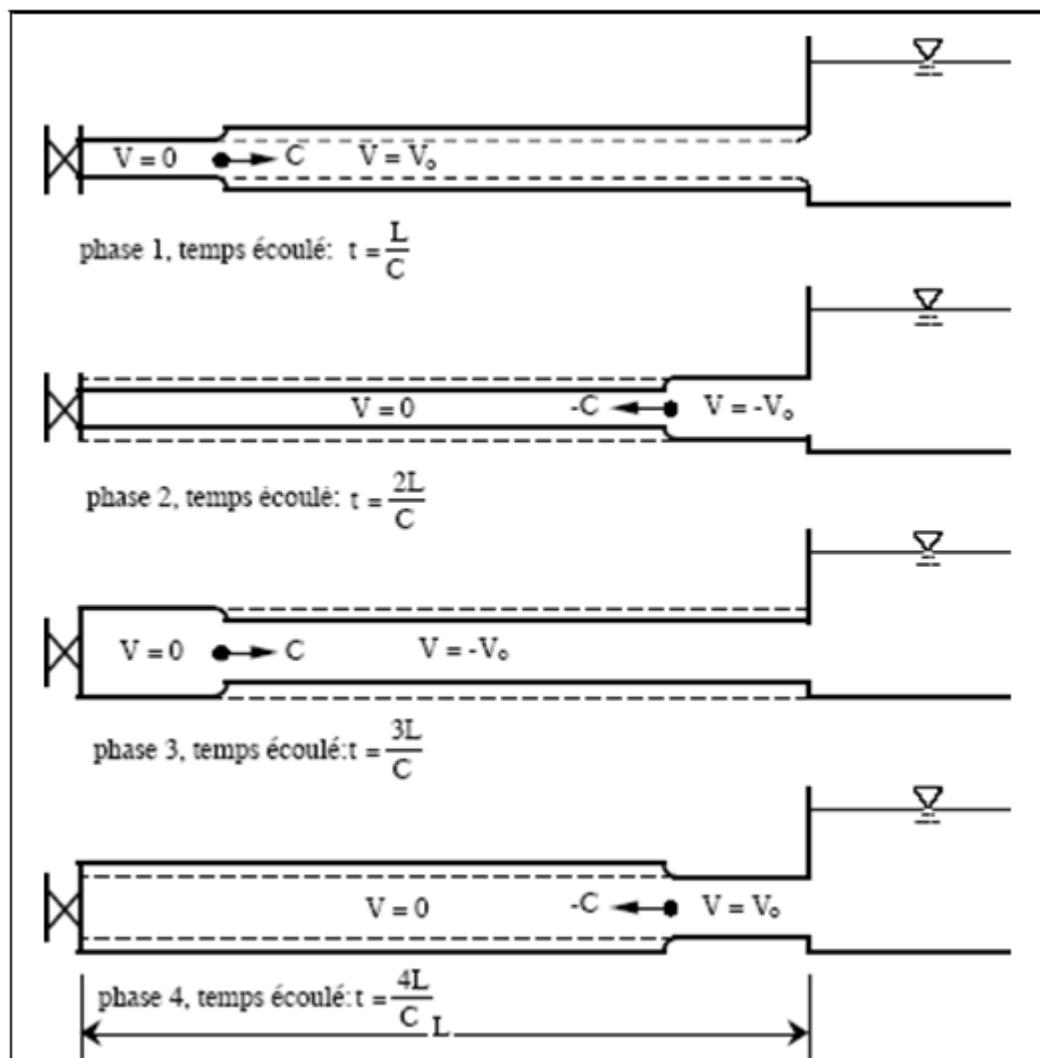


Figure N°20: Étapes d'un cycle de variation dépression.

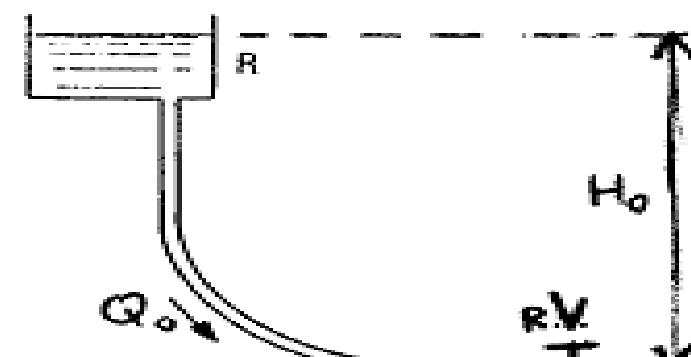


Figure N°21 : Coup de bélier dans une conduite gravitaire

#### V-4 Célérité des ondes

La célérité des ondes du coup de bâlier dans une conduite est donnée par l'expression d'Alliervi:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \frac{D}{e}}} \quad (\text{m/s})$$

Avec :

K : Coefficient dépendant de l'élasticité de la conduite.

K = 0,5 pour l'acier;

K = 4,4 pour l'amiante ciment;

K = 1 pour la fonte ductile;

K = 5 pour la conduite en béton;

K = 83 –cas de conduite en PEHD.

D : Diamètre intérieur de la conduite en mm;

e : Epaisseur de la conduite en mm.

e = 14.6mm ( $\emptyset 160$ )

e = 18.2mm ( $\emptyset 200$ )

Tableau N°49: Célérité moyenne en fonction de la nature du matériau de la conduite

| Conduit         | a (m/s)     |
|-----------------|-------------|
| Polyéthylène BD | 200         |
| Polyethylene HD | 400         |
| PVC             | 500         |
| Fonte           | 1100 à 1200 |
| Acier           | 300         |

#### V-5 Calcul de la valeur de coup de bâlier

**Cas de fermeture brusque :**  $t \leq \frac{2L}{a}$

La valeur du coup de bâlier est égale à :  $B = \frac{a * V_0}{g}$  Formule d'Allievi

Avec : B : valeur du coup de bâlier exprimée en m d'hauteur d'eau ;

$V_0$  : vitesse de l'eau dans la conduite (m/s) ;

a : célérité de l'onde (m/s) ;

$g$  : accélération de la pesanteur ( $\text{m/s}^2$ )

**Cas de fermeture lente :**  $t > \frac{2L}{a}$ , le coup de bâlier est moins important et a pour valeur

$$b = \frac{2LV_0}{g * t} - \text{Formule de Michaud}$$

L: Longueur de la conduite en m;

Nous constatons que le coup de bâlier est proportionnel à la longueur «L» et la vitesse de l'eau dans la conduite.

**Valeur numérique de la pression maximale et minimale en mètre d'eau Cas de**

**surpression :** La valeur maximale est égale :  $B = H_0 + \frac{aV_0}{g}$  (m)

**Cas de dépression :** La valeur minimale de la pression est égale:  $B = H_0 - \frac{aV_0}{g}$  (m)

$H_0$ : est la pression de service (avant l'apparition de coup de bâlier).  $H_0 = H_g$  (m)

## V-6 Moyens de protection contre le coup de bâlier

Les effets néfastes de phénomène ne peuvent être totalement éliminés mais il existe des moyens de protection à mettre en œuvre pour limiter le coup de bâlier à une valeur admissible et comptable avec la résistance des installations.

Les appareils anti bâlier les plus utilisés sont les suivants:

### V-6.1 Volant d'inertie

Ce volant d'inertie est une masse liée à l'arbre de la pompe, il permet de prolonger le temps d'arrêt de la pompe dans le cas d'un arrêt brusque, en restituant au moment de disjonction l'énergie accumulée pendant la marche normale. Cet appareil n'est valable que pour la protection des conduites dont les longueurs sont inférieures ou égales à 1000 m et de faibles diamètres.

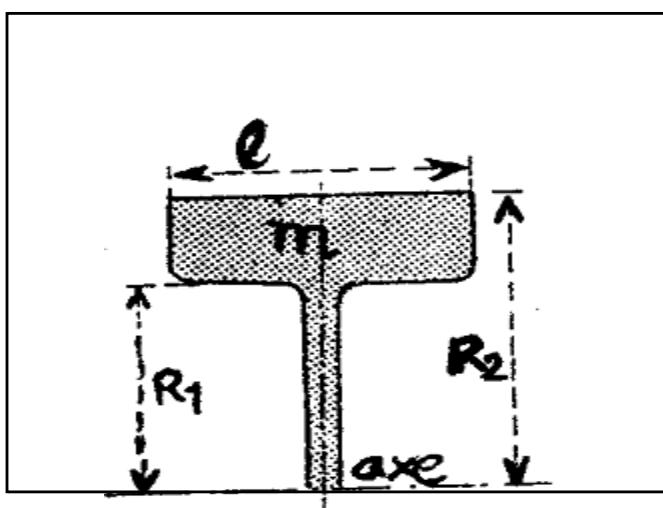


Figure N°22: Volants d'inertie

### V-6.2 Cheminés d'équilibre

Ce sont des réservoirs à l'air libre, qui sont établis à la station de pompage ou bien sur le tracé de refoulement, quand celui-ci comporte des points hauts. Ils servent à injecter de l'eau dans la conduite en cas de dépression, et en recevoir en cas de surpression. Ils sont pour des hauteurs géométriques faibles et des conditions topographiques favorables.

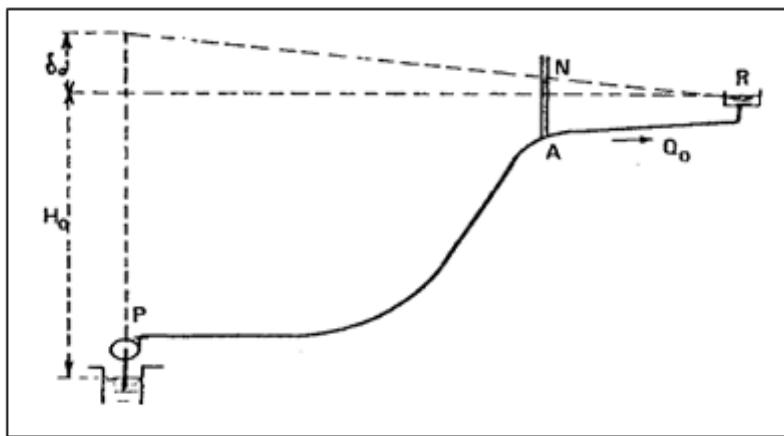


Figure N°23 : Cheminées d'équilibre

### V-6.3 Soupape de décharge

C'est un organe qui s'ouvre et laisse passer un certain débit lorsque la pression intérieure dépasse une valeur prédéterminée, il est conseillé dans les stations de pompage, car il peut protéger efficacement les conduites contre les coups de bâlier à condition d'être entretenue et attentivement surveillé.

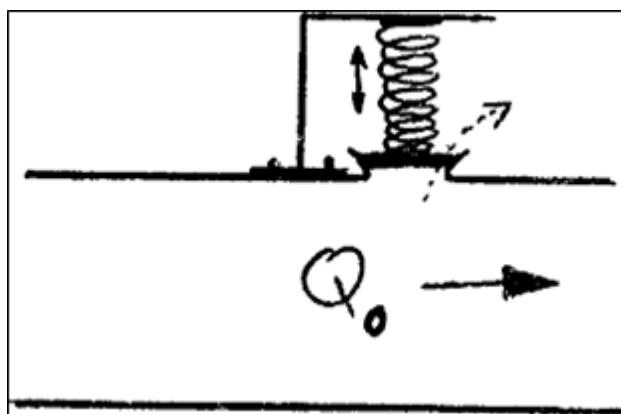


Figure N°24 : Soupape de décharge

### V-6.1 Réservoirs d'air:

C'est une réserve d'eau accumulée sous pression, dans une capacité métallique disposée à la station de pompage et raccordée au refoulement à l'aval immédiat du clapet sans tenir compte du relief. Le réservoir d'air permet une alimentation en continu de la veine liquide après disjonction du groupe.

#### Principe de fonctionnement

Le réservoir d'air contient de l'eau et de l'air, et, en marche normale, la pression de cet air équilibre la pression dans la conduite au point considéré.

A la disjonction de groupe électrique, le clapet se ferme puisque la pompe ne fournit plus de pression, une partie de l'eau de la cloche est chassée dans la conduite. En effet, à ce moment la pression de l'air de la cloche est encore supérieure à celle qui s'exerce à l'autre extrémité de la conduite, au réservoir.

L'eau de la conduite revient en arrière après l'annulation de sa vitesse et remonte dans la cloche ce qui augmente la pression dans la conduite de refoulement. La dissipation de l'énergie de l'eau peut être obtenue par le passage de celle-ci au travers d'un organe d'étranglement disposé à la base de la cloche.

Etant un dispositif simple protégeant l'installation aussi bien contre les dépressions que contre les surpressions, et qu'il est simple à installer et facile à contrôler, notre choix se portera sur ce dispositif.



Figure N°25 : Les différentes formes de l'anti-bélier (réservoir d'air).

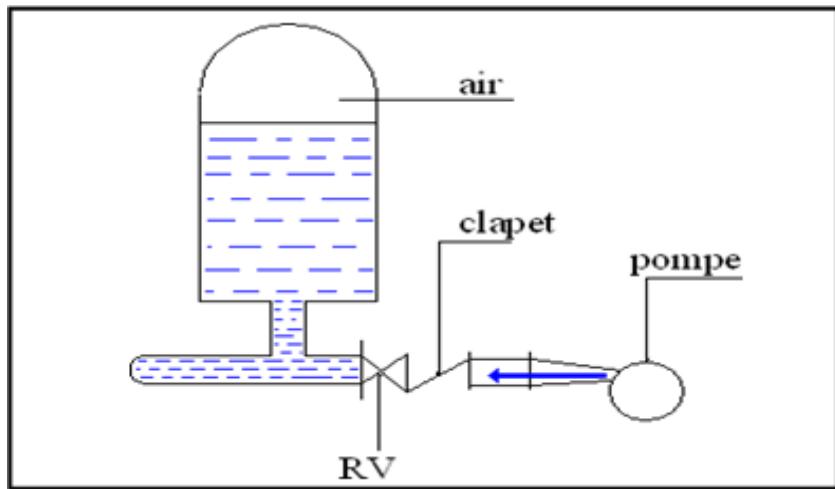


Figure N°26 : Principe de disposition du réservoir d'air anti-bâlier

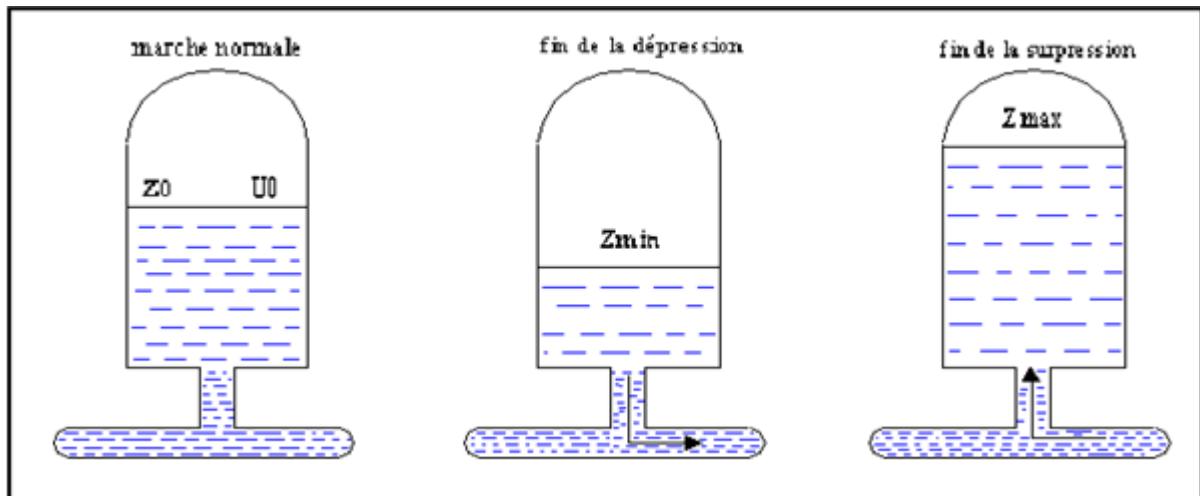


Figure N°27 : Variation du volume d'air au cours des différentes phases du phénomène

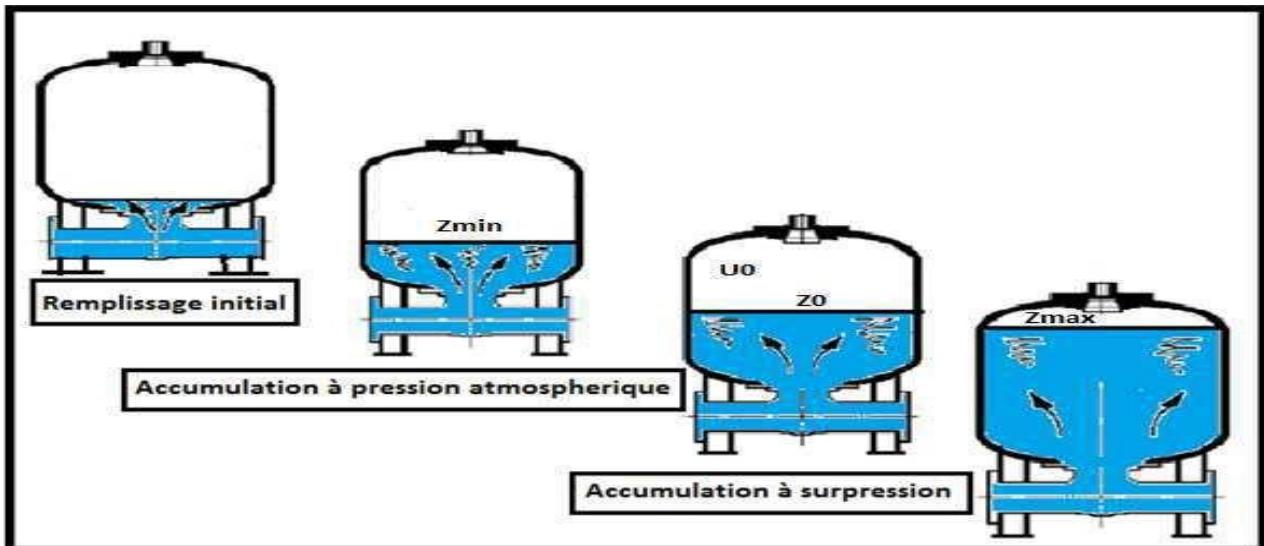


Figure N°28 : Remplissage du réservoir anti-bélier.

### Protection des conduites contre le coup de bélier

Pour la protection de notre conduite contre le coup de bélier nous proposons réservoir

#### V-7 Calcul des réservoirs d'air

Le calcul du réservoir d'air permet de déterminer les valeurs de la surpression et de la dépression maximales dans les conduites de refoulement et le volume du réservoir d'air (Dupont ; 1979).

Comme méthode de calcul on distingue (méthode de Puech et Meunier ; Vibert ; Bergeron)

##### V-7.1 Méthode de Puech et Meunier

Cette méthode utilise l'abaque de Puech et Meunier. Elle est valable dans le cas du mouvement d'onde; les abaques(48graphiques) fournissent: des pressions minimales le long de la canalisation ; la pression maximale au droit de la pompe.

Les conditions d'utilisation de ces abaques sont : le réservoir d'air disposé à la station de pompage ; la canalisation à caractéristiques de pompage ; le réservoir d'arrivée à niveau constant ; la loi de détente de l'air est  $P.V^{1.2} = \text{constante}$ .

##### V-7.2 Méthode de Bergeron

Pour le dimensionnement du réservoir d'air **U<sub>0</sub>**, nous tracerons l'épure de Bergeron au niveau de la pompe qui détermine à la fois la dépression et la surpression. C'est la méthode la plus répandue, elle donne de bons résultats que ça soit pour les petites ou pour les grandes installations.

##### V-7.3 Méthode de Vibert

La méthode de Vibert est une méthode graphique simplifiée permet la détermination du volume d'air établie pour des installations modestes ( $Q \leq 30\text{l/s}$ ,  $L \leq 1200\text{m}$ ); donc, elle est valable dans le cas de mouvement de masse, cette méthode donne de bons résultats pour les petites installations et risque de donner des volumes de réservoir d'air importants dans le cas de grandes installations.

Valeur numérique de coup de bélier

Supposons que la vitesse moyenne dans la conduite (de longueur L) avant la fermeture d'une vanne (ou l'arrêt d'une pompe) est  $U_0$ . La valeur du coup de bélier dépend du type de fermeture:

**Surpression**

Si on tient aussi compte de la pression  $H_0$  dans la conduite avant la fermeture, la pression maximale dans la conduite, suite à l'apparition du coup de bélier, sera alors (en mètres d'eau) :

Tableau N°50 : Calcul de la surpression et de la dépression pour différents cas

|                    | Fermeture brusque     | Fermeture lente                 |
|--------------------|-----------------------|---------------------------------|
| <b>Surpression</b> | $H_0 + B$             | $H_0 + b$                       |
|                    | $H_0 + (a * V_0 / g)$ | $H_0 + (2 * L * V_0 / t_f * g)$ |
| <b>Dépression</b>  | $H_0 - B$             | $H_0 - b$                       |
|                    | $H_0 - (a * V_0 / g)$ | $H_0 - (2 * L * V_0 / t_f * g)$ |

La conduite sous mise à la dépression peut être mise sous vide. En réalité, la valeur négative de la pression donnée ne dépassera jamais, en valeur absolue, celle de l'apparition de la vapeur d'eau (soit environ -8,0 m).

**Évaluation complète**

La méthode graphique de BERGERON permet de déterminer avec précision les pressions et débits en fonction du temps en tout point d'une canalisation soumise à un coup de bélier.

**Vérification du coup de bélier sur les conduites de refoulement des différents tronçons d'adduction :**

Calcul de la célérité  $a$  de l'onde, on applique l'expression suivante d'Allievi :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \frac{D}{e}}} \text{ (m/s)}$$

Avec : D : diamètre de la conduite (mm)

e : épaisseur de la conduite (mm)

k : coefficient d'élasticité de la conduite (fonction du matériau)

Tableau N°51: Coefficient k selon la nature du matériau

| Nature du matériau | Acier, fer | Fonte | Plomb | PEHD      | PEBD |
|--------------------|------------|-------|-------|-----------|------|
| Coefficient k      | 0,5        | 1     | 5     | <b>83</b> | 300  |

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \frac{D}{e}}} = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 83 \frac{D}{e}}} \text{ (m/s)}$$

La surpression est déterminée par l'expression suivante :  $P_{max} = H_0 + B$  (m)

La dépression est déterminée par l'expression suivante :  $P_{min} = H_0 - B$  (m)

Avec  $B = \frac{a * V_0}{g}$  (m)

$H_0$  : hauteur géométrique (m)

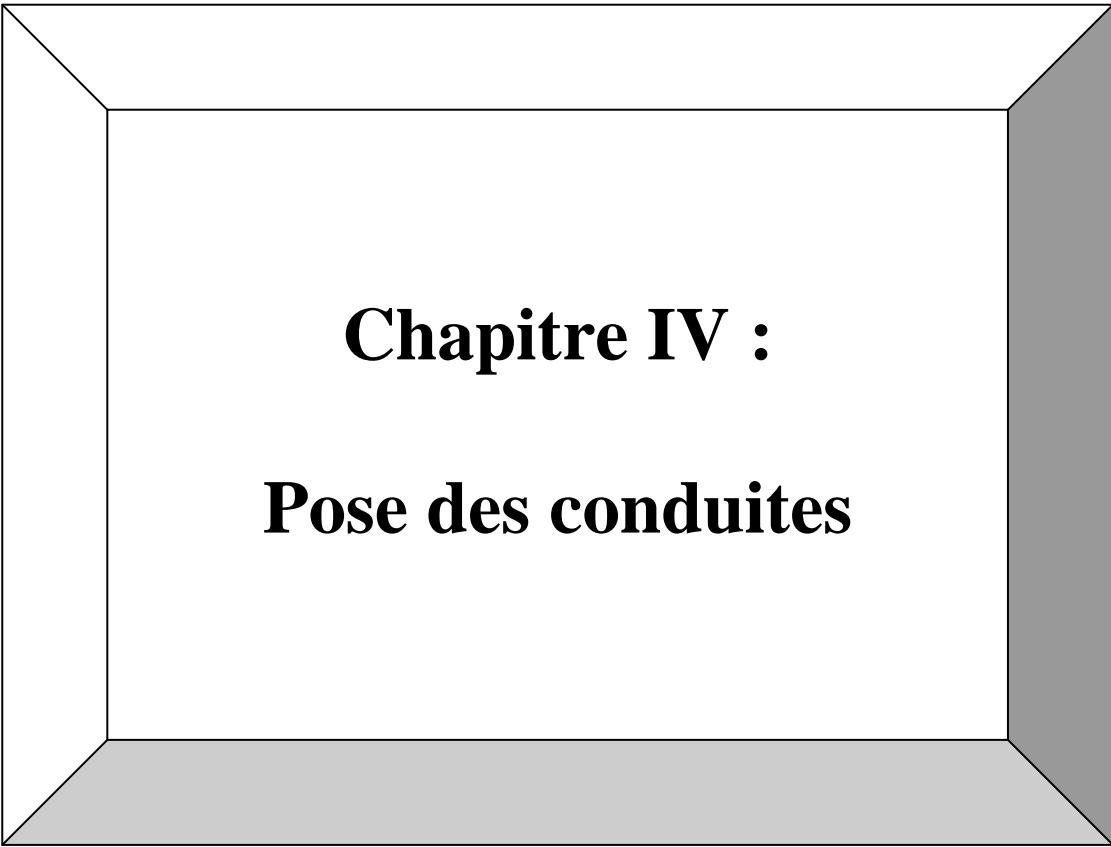
$V_0$  : vitesse d'écoulement avant coup de bélier (m/s)

Tableau N°52 : Vérification du coup de bélier pour le cas des conduites PN20

| Tronçon             | $Q$<br>(l/s) | $H_0$<br>(m) | $D$<br>(mm) | $e$ (mm) | $V_0$<br>(m/s) | $PN$<br>(Bar) | $a$<br>(m/s) | $B$<br>(m) | $P_{max}$<br>(m) | $P_{min}$<br>(m) | Risque                           |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|----------|----------------|---------------|--------------|------------|------------------|------------------|----------------------------------|
| F1 – Kherchifa      | 17,1         | 86,71        | 160         | 17,9     | 0,85           | <b>20</b>     | 352,18       | 29,93      | 116,64           | 56,78            | Pas de risque sur l'installation |
| F2 – Kherchifa      | 13,0         | 111,7        | 160         | 17,9     | 0,64           | <b>20</b>     | 352,18       | 22,54      | 134,24           | 89,16            |                                  |
| Kherchifa- Toudra   | 27,41        | 104,0        | 200         | 22,4     | 0,87           | <b>20</b>     | 352,37       | 31,09      | 135,09           | 72,91            |                                  |
| Toudra – A. Branis  | 25,57        | 111,0        | 200         | 22,4     | 0,81           | <b>20</b>     | 352,37       | 28,54      | 139,54           | 82,46            |                                  |
| A Branis – Balloul  | 24,77        | 101,0        | 200         | 22,4     | 0,79           | <b>20</b>     | 352,37       | 27,84      | 128,84           | 73,16            |                                  |
| Balloul – Réservoir | 24,77        | 91,4         | 200         | 22,4     | 0,79           | <b>20</b>     | 352,37       | 27,84      | 119,24           | 63,56            |                                  |

## V-8 Conclusion

En ce qui concerne la protection des installations hydrauliques contre le phénomène du coup de bélier, la valeur maximale calculée des surpressions est 139,54 m tandis que celle minimale de la dépression est 56,78 m. Ces valeurs montrent qu'il n'y aura aucun effet sur l'ensemble des conduites d'adduction ( $\varnothing 160$ ,  $\varnothing 200$  et PN20).



**Chapitre IV :**

**Pose des conduites**

## Chapitre VI : Pose Des Conduites

### VI-1 Introduction

Le choix du type de pose des conduites dépend essentiellement de la topographie du terrain, de la disposition des lieux et des différents obstacles qui peuvent être rencontrés.

### VI-2 Différents types de pose des conduites

#### VI-2.1 Pose en terre

Pour la disposition des tuyaux dans les meilleures conditions, la pose en terre s'effectue dans une tranchée de largeur suffisante avec établissement des niches pour faciliter le travail lors de jointure.

Cette opération s'effectue par tronçons successifs, en posant des tuyaux en files bien alignés et bien nivelés, tout en commençant par les points hauts. L'enfouissement des canalisations a pour but de les protéger contre les dégradations extérieures, de conserver la fraîcheur de l'eau et de la mettre à l'abri du gel.

Dans certain cas on est obligé, afin de protéger les tuyaux des charges importantes, de prévoir les solutions suivantes

Des gaines, c'est des buses de diamètre supérieur dans lesquelles les conduites sont introduites;

Par enrobage dans le béton, dans ce cas les conduites sont couvertes en béton.



Figure N°29: Pose des conduites en terre

### VI-2.2 Pose en mauvais terrains (cas spécial)

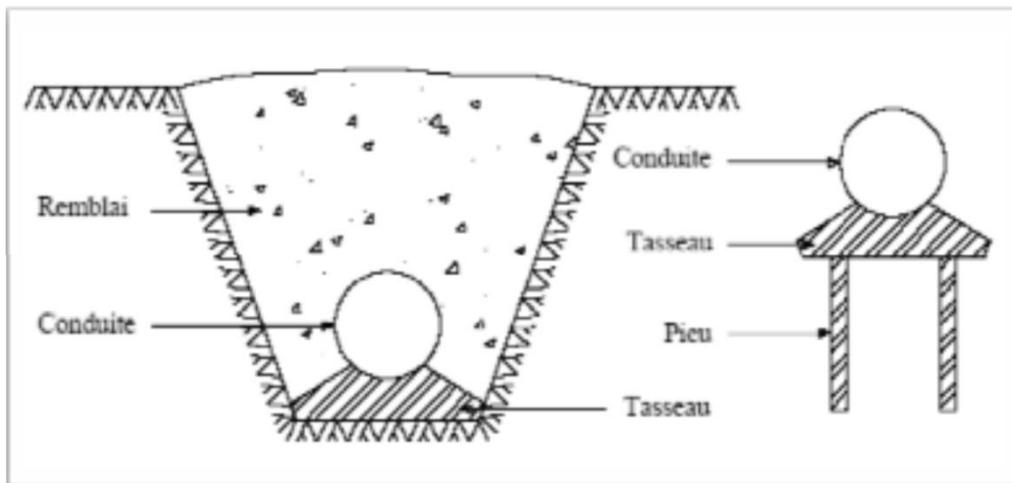


Figure N°30 : Pose en mauvais terrains.

Quand la conduite devra être posée en mauvais terrains (terrains marécageux), il pourra être nécessaire, pour éviter les affaissements (tassemens) qui rompent la conduite ou désassemblent les joints, de couler au fond de la tranchée une dalle en béton armé.

#### Traversée des routes et voies ferrées

Pour qu'il n'y plus de transmission des vibrations du es aux charges et pour amortir les chocs qui peuvent nuire à la conduite et causer des ruptures, par suite des infiltrations nuisibles, on prévoit les solutions suivantes:

Couler de béton noyant la plus grande partie du tuyau;

Placer une dalle de béton armé sur des piédroits en béton;

Coller une dalle en béton armé sur un lit de sable recouvrant entièrement le tuyau (en robage);

Utiliser les gaines qui sont des buses de diamètre supérieur dans lesquelles les conduites sont introduites.

### VI-2.3 Pose en galerie

C'est une technique de pose appliquée surtout dans les villes ou les agglomérations disposant déjà des galeries souterraines (égouts, galerie spéciale visible...etc.). Elle est surtout répandue dans les villes, par contre elle est rare dans la campagne

Les conduites sont posées sur les consoles en fonte d'aluminium scellées dans les pieds droits pour les petits diamètres et sur les tasseaux pour les grands diamètres dans les galeries sèches spéciales.

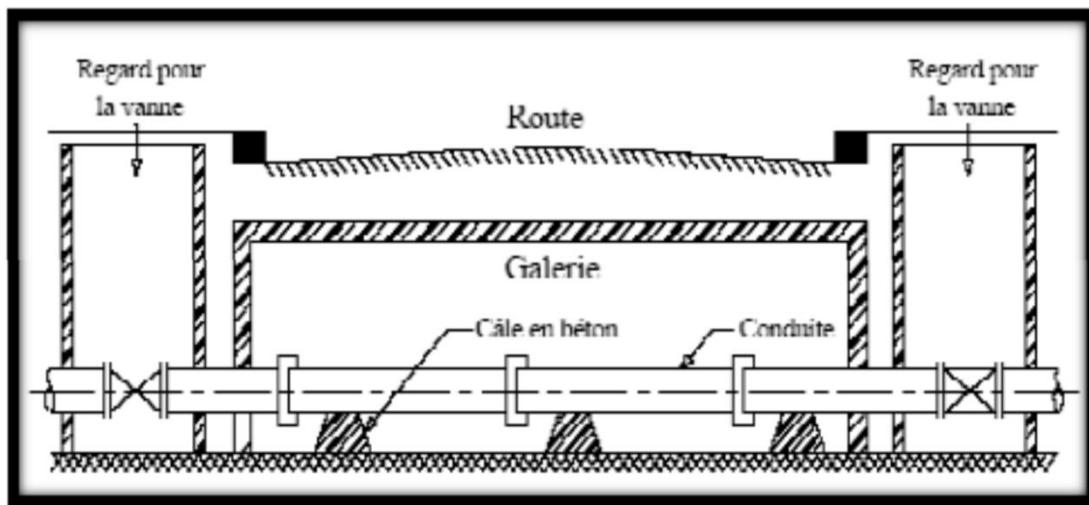


Figure N°31: Pose des conduites - cas de traversées des routes et voies ferrées

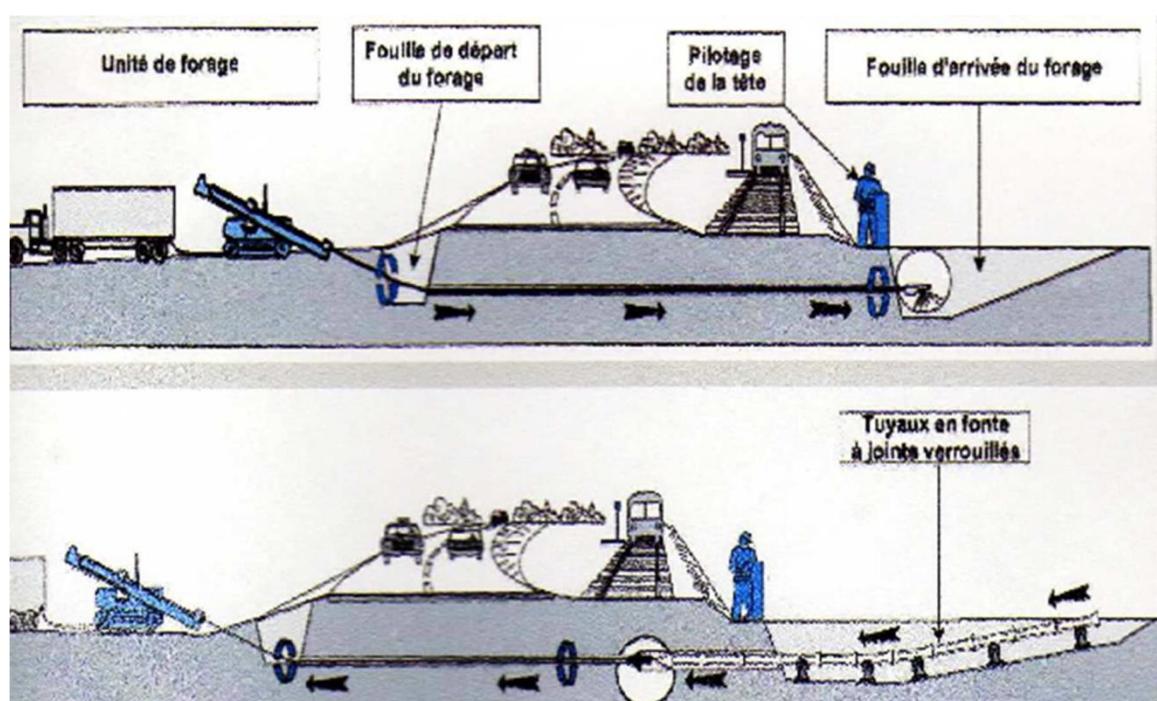


Figure N°32: Pose des conduites en galeries.

#### VI-2.4 Traversées des cours d'eau

Dans le cas d'une traversée de cours d'eau, les conduites peuvent emprunter le caniveau réservé sous le trottoir d'un pont-route, s'il en existe, ou peuvent être posés sur les ouvrages d'art spéciaux.

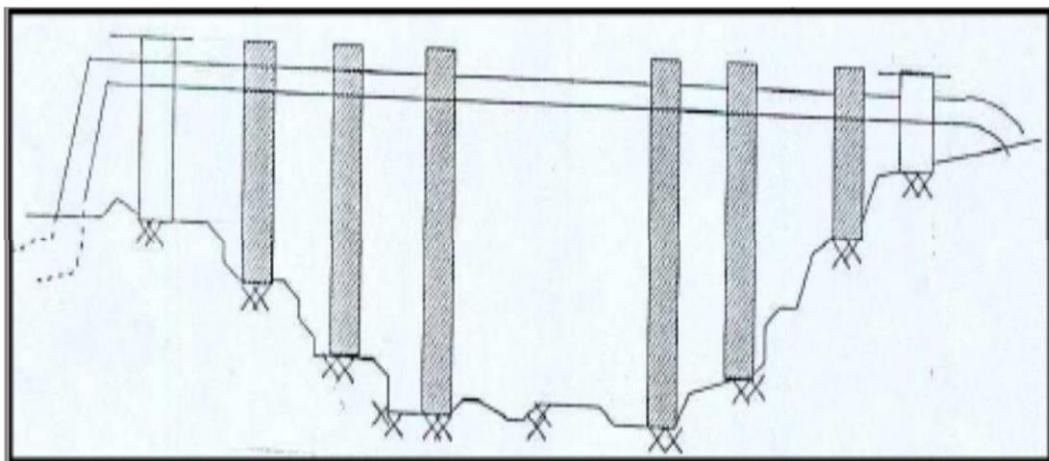


Figure N°33: Traversée d'un cours d'eau.

Pose à proximité d'une conduite d'assainissement (la même tranchée)

Le cas concerne essentiellement, les conduites de distribution qui dans la plupart des cas seront posées dans la même tranchée que les conduites d'assainissement, dans ce cas les tuyaux d'eau potable devront être posés au-dessus des tuyaux d'eau usées.

#### VI-2.4 Passage de ponts

Franchir un pont avec une canalisation constituée d'éléments emboîtés consiste à résoudre :

- L'absorption des dilatations thermiques du pont et celle de la canalisation;
- L'enrage des éléments soumis aux poussées hydrauliques;

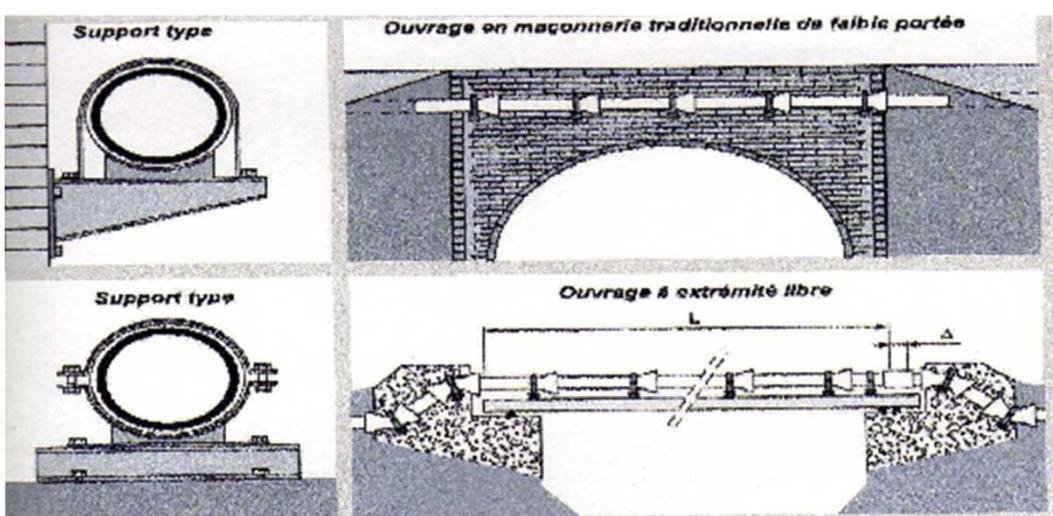


Figure N°34 : Passage des ponts.

### VI-3 La corrosion et moyens de lutte

La corrosion est le phénomène de dégradation d'un substrat métallique, sous l'action du milieu ambiant, elle correspond au retour de la matière à son état le plus stable. Il peut se produire une destruction rapide des canalisations par perforations en forme de cratères très caractéristique, ou attaque sous forme de couches de rouille croûteuse sou filandreuses, ordinairement, annonçant une diminution de l'épaisseur du métal.

Les phénomènes de corrosion sont généralement classés en deux grandes catégories:

La corrosion chimique;

La corrosion électrochimique ;



Figure N°35 : La corrosion dans les conduites.

#### VI-3.1 Protection externe

La corrosion chimique (ou corrosion interne)

En général, elle est le résultat de la présence dans l'eau de gaz dissous tel que le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et l'oxygène ( $\text{O}_2$ ). La réaction chimique aboutit à une ionisation:



Ces réactions chimiques conduisent à une augmentation de la concentration des ions, donc une baisse de pH, ce qui engendre une attaque chimique dès qu'il y a une combinaison directe du métal et du milieu ambiant.

#### La corrosion électrochimique (ou corrosion externe)

C'est le phénomène de corrosion le plus important qui se manifeste lorsque le réactif est un liquide ou lorsqu'il existe une hétérogénéité soit dans le métal ou dans le réactif, présentant une dissymétrie de composition.

En général il n'existe pas un métal idéalement pur, il contient toujours des hétérogénéités physiques ou chimiques dont le potentiel de corrosion est en général différent de celui de la matrice. C'est-à-dire les métaux ne sont pas monophasés lorsqu'ils sont plongés dans le réactif

### Les facteurs de la corrosion

Les conduites en terrées (en acier) utilisées pour le transfert de l'eau sont soumises à des corrosions externes et internes dues aux facteurs suivants :

- La nature du sol;
- Les installations électriques à courant continu situées au voisinage des réseaux d'alimentation en eau;
- La nature de l'eau;
- Le matériau de la conduite;
- L'agressivité de certaines eaux transportées due soit au pH la teneur en gaz dissous ou à la vitesse d'écoulement de l'eau;
- La variation de la température de l'eau transportée.

Pour s'opposer à tous ces facteurs et remédier aux problèmes de corrosion, la conduite doit être soigneusement protégée par les moyens d'une protection adéquate.

### La protection externe

Dans les conditions de corrosion, il est rarement possible d'utiliser des revêtements avec des métaux nobles qui ne se corrodent pas, pour des raisons économiques. Le problème est donc de combattre la corrosion intrinsèque des métaux et alliages que l'on utilise. Il existe certaines méthodes contre la corrosion établie à partir des principes électrochimiques.

D'autres méthodes consistent à isoler le métal de son environnement ou à utiliser des additifs chimiques en traitement de surface tels que les inhibiteurs de corrosion ou les bactéricides. Le succès de celles-ci dépend de la résistance chimique ou électrochimique des isolants et des additifs chimiques. Dans certaines situations il est parfois possible de rendre le milieu moins corrosif en agissant sur certains paramètres physico-chimiques tels que la température, le pH (alcalinisation), le dégazage.

### Protection des conduites avec revêtement bitumeux

Elle consiste à couvrir les canalisations avec une enveloppe isolante, le revêtement peut être :

**Simple** : Une couverture par une couche mince d'épaisseur variant entre 2.5mm et 3mm

**Double** : l'épaisseur est de 5mm à 6mm;

**Renforcée** : Dans le cas échéant, un renforcement dure vêtement est préconisé. Il se fait par un enroulement de fonte bitumeux autour de la canalisation.

La pose des conduites se fera avec une très grande attention, afin d'évitera détérioration de la protection.

### VI-3.2 La protection cathodique

Une des méthodes les plus utilisées industriellement est la protection cathodique qui s'avère généralement peu coûteuse et efficace sur une longue durée lorsque cette technique est maîtrisée et accompagnée d'une bonne connaissance des conditions environnantes.

Cette technique de protection provient du fait qu'en vue de protéger une conduite, il suffit de la transformer en zone d'entrée de courant, puisque la corrosion n'existe qu'aux

emplacements où le courant quitte la conduite après vieillissement et détérioration accidentelle de l'enrobage.

### **Protection parano des artificielles**

Elle a pour but de mettre à profit l'effet du couple galvanique (pile) créé par l'association, dans un même électrolyte, de deux métaux différents: le métal à protéger et un métal moins noble qui constitue l'anode.

Dans ce type de protection, l'anode se consomme par dissolution en portant la surface du métal à protéger au-delà de son potentiel d'immunité.

La protection par anodes sacrificielles n'a pas une durée indéfinie. Elle s'arrête avec la disparition du matériau artificiel ou par blocage électrochimique. L'évaluation de la durée de vie est estimée par calcul du dimensionnement des anodes et par retour d'expérience, généralement une quinzaine d'années.

### **VI-3.3 Protection interne**

Il arrive que les eaux fortement minéralisées provoquent, des perforations dans les canalisations, suite à des dépôts (présence de fer...etc.) qui se fixent sur les parois, surtout si la vitesse est faible.

En conséquence, il faut prendre garde à ces eaux qui sont capables de détériorer rapidement un réseau, alors que des eaux de pH acide, faiblement minéralisées, tout en attaquant le tube chimiquement, seront parfaitement tolérées. Il y a lieu d'éviter toutes les entrées d'air ou dégagement gazeux (aspiration défective des pompes).

En vue de remédier aux inconvénients cités précédemment, il est indispensable tout d'abord, d'exiger un revêtement intérieur très soigné des canalisations constituées:

- D'un enduit bitumineux;
- D'un enduit émaillé spécial;
- Mortier et ciment centrifuge.

Lors de la réalisation, les travaux de revêtement doivent être suivis attentivement.

Enfin, l'exploitation joue un rôle important dans le maintien en bon état d'un réseau et il importe qu'elle

# **Conclusion Générale**

## **CONCLUSION GÉNÉRALE**

L'approvisionnement en eau potable pour une agglomération repose sur une analyse approfondie de la demande en eau, ce qui permet de sélectionner les différentes composantes du réseau et de dimensionner adéquatement les infrastructures nécessaires. Le projet de fin d'études concernant le renforcement de l'approvisionnement en eau potable pour le chef-lieu de la commune d'Ouled Brahim (W. Saïda) et les localités avoisinantes, en lien avec le champ de captage d'Ouled El Abd, est prévu pour 2035, année où la population devrait atteindre 27 081 habitants.

À l'issue de l'estimation des besoins futurs, les besoins à long terme ont été évalués à 121,5 l/s. En tenant compte du nombre de la population et de la consommation moyenne quotidienne, qui s'établit à 63,869 m<sup>3</sup>/jour (soit environ 0,74 l/s), nous avons pu définir les paramètres nécessaires pour le dimensionnement des conduites d'adduction. Les calculs effectués ont abouti à des diamètres économiques de Ø160 mm et Ø200 mm, tout en respectant une vitesse d'écoulement acceptable.

Les conduites retenues pour le projet seront en PEHD (PN20), garantissant ainsi une durabilité et une résistance adéquates aux contraintes hydrauliques. Le choix des pompes a également été réalisé en tenant compte des exigences spécifiques d'adduction et de refoulement de l'eau.

Concernant la protection des installations (conduites et pompes) contre le phénomène de coup de bâlier, une vérification approfondie a été menée, et les résultats obtenus ont confirmé que les installations sont aptes à résister à ce phénomène. Enfin, nous avons présenté des moyens de pose et de protection des conduites, assurant ainsi leur intégrité tout au long de leur exploitation.

En conclusion, j'espère que ce modeste travail contribuera à enrichir le domaine de l'alimentation en eau potable et servira de référence pour de futurs projets similaires.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Getamap.Net 2006
- [2] APC de Balloul
- [3] Google Earth
- [4] Wikipédia 2021
- [5] Le Planificateur A Contre Sens
- [6] ANRH
- [7] PDAU 2020
- [8] Le Représentant Des Produits Chiali Saïda 2024
- [9] Direction des ressources en eau Saïda
- [10] d'AHMALAT Abdoulaye (2014 – 2015) Thèse doctorat, Tchad
- [11] Fréquence Des Directions Du Vent Au Sol (Période d'observation 2011) Station de Balloul