

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Transfert des eaux de la station de dessalement de Souk Tleta en vue de l'Alimentation de la zone Nord-Ouest (w. Tlemcen).

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 1-0007-11

APA Citation ( APA توثيق ):

Bentahar, Mohammed (2011). Transfert des eaux de la station de dessalement de Souk Tleta en vue de l'Alimentation de la zone Nord-Ouest (w. Tlemcen)[Mem Ing, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics.

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات بيداغوجية، مقالات الدوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE**

**« ARBAOUI Abdellah »**

**DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU**

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

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE**

**Option : Conception des Systèmes d'Alimentation en Eau Potable**

### **THEME**

**TRANSFERT DES EAUX DE LA STATION DE DESSALEMENT  
DE SOUK TLETA EN VUE DE L'ALIMENTATION DE LA  
ZONE NORD-OUEST DE LA WILAYA DE TLEMENEN**

**Présenté par :  
M<sup>r</sup> BENTAHAR Mohammed**

**Promotrice :  
M<sup>me</sup> W.MOKRANE**

**Devant le jury composé de :**

**Président : M<sup>r</sup> O.KHODJET-KESBA**

**Examineurs : M<sup>r</sup> M.S. BENHAFID**

**M<sup>r</sup> A. AYADI**

**M<sup>me</sup> L. TAFAT**

**M<sup>r</sup> R. KERID**

**Octobre 2011  
(ENSH-BLIDA)**

## ***REMERCIEMENT***

Grâce à Dieu le tout puissant ce travail a été réalisé.

Un hommage appuyé revient à mes parents et mes frères pour leur soutien moral et matériel durant mon cursus.

Que Monsieur Brahami Belkacem ingénieur de contrôle à la direction régionale de CTH Tlemcen reçoit toute l'expression de ma reconnaissance éternelle de m'avoir proposé ce sujet, pour tout son dynamisme et ses compétences techniques sur le domaine pratique qui m'ont permis de développer mes connaissances et de mener à bien cet étude.

Mes remerciements vont à l'ensemble des membres du personnel de CTH Tlemcen pour leur accueil au sein de la société durant mon stage parmi eux. Plus particulièrement au directeur technique Monsieur Hammoudi Habib pour ses orientations ses conseils si judicieux et sa disponibilité.

Je remercie tout particulièrement ma promotrice M<sup>me</sup> W.Mokrane de m'avoir encadré dans mon travail.

J'adresse mes remerciements à tous les enseignants de l'ENSH pour leurs enseignements de qualité et qui ont contribué à ma formation, aussi aux membres de jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail.

En fin j'adresse mes remerciements à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce travail.

# dédicaces

*Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect :*

*A ma très chère mère et mon cher père*

*A ma grande mère et mon grand père que Dieu les protège*

*A mes frères SID AHMED; FETHI et son épouse et leurs petits enfants*

*MOUAD et HADILE*

*A mon frère et mon cousin ABD ELHALIM*

*A mes chères sœurs à toute ma famille et tous mes voisins*

*A mes intimes : MOURAD, NAAS, LAISSAOUI AHMED,  
CHELALI ABD EL HAKIM et DEROUICHE MOHAMMED*

*A mon couple de chambre : AMEUR MANSOUR MOHAMED*

*DJALLEL EDDINE.*

*A mes chers amis: SIMOHAMED KHALED, MOHAMED et HAMEL*

*ABD ELHAKHIM.*

*A tous mes amis de L'ENSH tous particulièrement*

*SABAH*

*A tous ceux qui me sont chers.*

*M. BENTAHAR*

## ملخص

نظرا للعجز الذي تعاني منه ولاية تلمسان من المياه الصالحة للشرب خاصة في فصل الصيف ، خطت الإدارات المعنية لمشروع تزويد من محطة تحلية مياه البحر التي تقع بسوق الثلاثاء لتلبية احتياجات مياه الشرب لبلديات الشمال الغربي للولاية.  
من خلال هذه المذكرة سندرس كل النقاط الضرورية لنقل المياه من محطة التحلية إلى مخازن المياه.

## Résumé

Vu le déficit que subit la wilaya de Tlemcen en eau potable surtout en période estivale, les services concernés ont prévu un projet d'alimentation à partir d'une station de dessalement situé à Souk Tleta afin de subvenir aux besoins en eau potable des communes de Nord-Ouest de la wilaya.

A travers ce mémoire nous allons étudier tous les points nécessaires afin d'acheminer l'eau de la station de dessalement vers les réservoirs d'alimentation.

## Abstract

Given the deficit suffered by the Wilaya of Tlemcen drinking water especially in summer, the departments concerned have planned a project to supply from a desalination plant located in Souk Tleta to meet the drinking water needs of Commons North-West the Wilaya.

Through this memorial we will consider all the points necessary to move water from the desalination plant to supply tanks.

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE :</b> .....	1
--------------------------------------	---

## **CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

Introduction : .....	2
I-1.La situation géographique : .....	2
I-2. Situation climatique : .....	3
I-2-1. Climat : .....	3
I-2-2.Température : .....	4
I-2-3.Pluviométrie : .....	4
I-3. Situation Géologique et Hydrogéologie : .....	4
I-4. Topographie et relief : .....	5
I-5. Population : .....	6
I-6. Les ressources en eau de la zone d'étude : .....	8
I-6-1. Les grands barrages: .....	8
I-6-2 Les retenues collinaires : .....	9
I-6-1-3. Les potentialités en eaux souterraines : .....	10
Conclusion.....	11

## **CHAPITRE II : ESTIMATION DES BESOINS EN EAU**

Introduction : .....	12
II -2. Estimation de la population à l'horizon d'étude : .....	12
II-3. Estimation des besoins : .....	13
II-4. L'évaluation de la consommation moyenne journalière : .....	13
II-4-1. Estimation des besoins moyens journaliers domestiques à l'horizon 2008:.....	14
II-5. Détermination des consommations maximales et minimales journalières :[2].....	14
II -5-1. Consommation maximale journalière : .....	14
II-5-2. Consommation minimale journalière : .....	14
II-6. Calcul des pertes : .....	15
Conclusion : .....	21

## **CHAPITRE III : ADDUCTION**

Introduction : .....	22
III-1. Quelques notions simples sur l'adduction : .....	22
III-1-1. Principe du choix du tracé :[2] .....	22
III-1-2.Type d'adduction : .....	22

III-1-2-1. Adduction gravitaire : .....	22
III-1-2-2. Adduction par refoulement : .....	23
III-1-2-3. Adduction mixte : .....	23
III-1-3.Type d'écoulement : .....	23
III-1-3-1.Ecoulement à surface libre : .....	23
III-1-3-2.Ecoulement en charge : .....	23
III-2.Etude des variantes : .....	23
III-2-1. Choix de la variante : .....	24
III-2-2.Choix du matériau des conduites : .....	27
III-3.Etude technico-économique : .....	28
III-3-1. Adduction par refoulement .....	28
III-3-2. Adduction gravitaire .....	28
III-4. Calcul des diamètres économiques des conduites de refoulements [4]: .....	28
III-4-1. Calcul des pertes de charge : .....	29
III-4-1-1. Pertes de charge linéaires : .....	29
III-4-1-2. Pertes de charge singulières .....	31
III-4-2. Hauteur manométrique totale : .....	31
III-4-3. Puissance absorbée par la pompe : .....	31
III-4-4. Energie consommée par la pompe : .....	31
III-4-5. Frais d'exploitation .....	31
III-4-6. Frais d'amortissement : .....	32
III-4-7. Calcul des longueurs des différents tronçons : .....	32
III-4-7. Calcul des diamètres avantageux des tronçons gravitaires : .....	41
III-4-7-1. Calcul des longueurs des différents tronçons : .....	41
III-4-7-2.Les altitudes des différents points : .....	42
III-4-7-3. Calcul des diamètres : .....	43
III-4-7-4.Détermination des cotes piézométriques et des pressions au niveau des points de piquage : .....	45
Conclusion : .....	46

## **CHAPITRE IV : ETUDE DES RESERVOIRS**

Introduction .....	47
IV-2. Le rôle des réservoirs [3] .....	47
IV-3. Classification des réservoirs [1].....	47
IV-4. Détermination analytique du volume des réservoirs d'alimentation : .....	48

IV-4-1. Méthode analytique :	49
IV-4-2. Méthode graphique.....	49
IV-5. Dimensionnement des réservoirs:.....	49
IV-5-1. Réservoirs de stockage :	49
V-5-1-1. Réservoir de Tianet :	49
IV-5-1-2. Réservoir de Dar Yaghmorice :.....	50
IV-5-1-3. Réservoir de Souk Thlata:.....	50
IV-5-1-4. Réservoir de Marsa Ben Mhidi:.....	50
IV-5-1-5. Réservoir de Msirda Fouaga:.....	51
IV-5-1-6. Réservoir de Bouhlou:.....	51
IV-5-1-7. Réservoir de Ouled Riah:.....	51
IV-5-1-8. Réservoir de Ghazaouet:.....	51
IV-5-1-9. Réservoir de Souahlia:.....	52
IV-5-1-10. Réservoir de Nedroma:.....	52
IV-5-1-11. Réservoir de Djebala:.....	52
IV-5-1-12. Réservoir de H. Boughrara:.....	52
IV-5-1-13. Réservoir de Bab El Assa:.....	53
IV-5-1-14. Réservoir de Souani:.....	53
IV-5-1-15. Réservoir de Sabra :.....	53
IV-5-1-16. Réservoir de Beni Boussaid:.....	53
IV-5-1-17. Réservoir de Sidi Medjahed:.....	54
IV-5-1-18. Réservoir de Beni Mester:.....	54
IV-5-1-19. Réservoir de Maghnia:.....	54
IV-5-2. Forme des réservoirs de stockage :	55
IV-5-3. Dimensionnement du réservoir tampon :	57
IV-5-3-1. Détermination analytique du volume du réservoir tampon :	57
IV-5-3-2. Forme des réservoirs tampons:.....	57
IV-6. Bâches de reprise pour différentes stations de pompage :	58
IV-6-1. Bâche de la station de pompage (SP1) :	58
IV-6-2. Bâche de la station de pompage (SP2) :	59
IV-6-3. Bâche de la station de pompage (SP3) :	59
IV-7. Emplacement du réservoir :	60
IV-8. Choix du réservoir :	60

IV-9. Les équipements du réservoir : .....	60
IV-9-1. Conduite d'arrivée ou d'alimentation : [1] .....	60
IV-9-2. Conduite de départ ou de distribution : [1] .....	62
IV-9-3. Conduite de trop-plein : [1] .....	62
IV-9-4. Conduite de vidange : [1] .....	63
IV-9-5. Conduite by-pass : [1] .....	63
IV-9-6. Matérialisation de la réserve d'incendie: .....	64
IV-9-7. Système automatisé: .....	64
IV-10. Conclusion : .....	64

## **CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE POMPAGE**

Introduction : .....	68
V-1. Définition : .....	68
V-2. Choix de variantes pour les stations de pompage : .....	68
V-3. Choix du type de pompe : .....	69
V-4. Couplage des pompes : .....	69
V-4-1. Couplage en série : .....	69
V-4-2. Couplage en parallèle: .....	69
V-5. Choix du nombre de pompes : .....	69
V-5-1. Refoulement : SP1-RT1 .....	70
V-5-2. Refoulement : SP2-RT2 .....	71
V-5-3. Refoulement : SP3-RT3 .....	71
V-6. Courbes caractéristiques des pompes : .....	73
V-6-1. Refoulement : SP1-RT1: .....	74
V-6-2. Refoulement : SP2-RT2: .....	75
V-6-3. Refoulement : SP3-RT3: .....	76
V-7. Adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement données : [4] .....	77
V-7-1. Refoulement : SP 1 - Réservoir RT 1 .....	79
V-7-2. Refoulement : SP 3- Réservoir RT3 .....	80
V-8. Etude de la cavitation : [04] .....	82
V-8-1. Calcul de la hauteur d'aspiration admissible : .....	83
V-8-2. Calage de la pompe : .....	84
V-8-3. Station de pompage SP1 : .....	85
Conclusion : .....	86

## **CHAPITRE VI : PROTECTION DES CONDUITE CONTRE LE COUP DE BELIER ET LA CORROSION**

INTRODUCTION :	87
VI-1. PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUP DE BELIER : [04][09]	87
VI-1-1. Définition :	87
VI-1-2. Origines des coups de bélier :	87
VI-1-3. Amplitude des coups de bélier :	87
VI-1-4. Risques dus aux coups de bélier :	88
VI-1-5. Risques pour un refoulement :	89
VI-1-6. Les dispositifs de protection de la conduite de refoulement contre le coup de bélier :	89
VI-1-7. Les observations sur les différents éléments des dispositifs de protection :	91
VI-1-7-1. Observations sur les ballons :	91
VI-1-7-2. Observations sur les clapets d'entrée d'air :	92
VI-8-1. Règles diverses pour la protection contre le coup de bélier :	92
VI-8-1-1. Règles 1 : Pression minimale admissible :	92
VI-8-1-2. Règles 2 : Maintenance :	92
VI-8-1-3. Règles 3 : Positionnement des dispositifs de protection :	92
VI-8-1-4. Règles 4 : Recommandations diverses :	93
VI-9-1. Calcul des réservoirs d'air :	93
VI-9-1-1. Dimensionnement de réservoir d'air :	93
VI-9-1-2. Caractéristiques finales du réservoir d'air :	95
VI-9-1-3. Détails du réservoir d'air :	95
VI-9-1-4. Installation du réservoir d'air :	96
VI-2. Protection des conduites contre la corrosion :	97
VI-2-1. Définition :	97
VI-2-2. Les facteurs de la corrosion :	97
VI-2-3. Corrosion externe :	98
VI-2-4. Corrosion interne :	98
VI-2-5. Protection des conduites contre la corrosion interne :	99
VI-2-6. Protection des conduites contre la corrosion externe :	99
VI-2-6-1. Les revêtements :	99
VI-2-6-2. Revêtements à protection passive :	99

Conclusion :	100
--------------	-----

## **CHAPITRE VI : POSE DE CANALISATION**

Introduction :	101
VII-1. Pose de canalisation :	101
VII-1-1. Principe de pose de canalisations :	101
VII-1-2. Pose de canalisation en pente :	102
VII-1-3. Pose sans tranchée:	103
VII-1-4. Cas d'un terrain agressif :	104
VII-2. Accessoires :	104
VII-2-1. Robinets vannes :	104
VII-2-1-1. Robinets-vanne à opercule :	104
VII-2-1-2. Vannes papillon:	105
VII-2-1-3. Robinet à flotteur :	105
VII-2-1-4. Vanne de régulation (avale):	106
VII-2-1-5. Vanne de régulation (amont) :	106
VII-2-1-6. Vanne de régulation de débit :	106
VII-2-2. Clapets de retenue :	107
VII-2-3. Ventouses :	107
VII-2-4. Moyens anti-bélier :	108
VII-2-5. By-pass :	108
VII-2-6. Poteaux d'incendie :	109
VII-2-7. Crépines :	109
VII-2-8. Déversoirs de trop plein :	110
VII-2-9. Joints de raccordement :	110
VII-2-10. Organes de mesure :	110
VII-2-11. Organes de raccordement :	112
Conclusion :	113

## **CHAPITRE VI : PROTECTION ET SECURITE DE TRAVAIL**

Introduction :	114
VIII-1. Les causes des accidents de travail dans un chantier :	114
VIII-2. La prévention :	115
VIII-2-1. Les partenaires de la prévention :	115
VIII-2-1-1. Dans l'entreprise :	115

VIII-2-1-2. En dehors de l'entreprise : .....	115
VIII-2-2. Prévention technique : .....	116
VIII-2-2-1. Prévention collective : .....	116
VIII-2-2-2. Prévention individuelle : .....	116
VIII-2-3. Prévention médicale : (Les missions du médecin du travail) .....	117
VIII-2-3-1. Examen clinique, éventuels examens complémentaires : .....	117
VIII-2-3-2. Information du salarié par le médecin du Travail : .....	117
VIII-2-4. Prévention pour les conducteurs d'engin : .....	118
Conclusion.....	118
<b>CONCLUSION GENERALE :</b> .....	<b>119</b>

# LISTE DES FIGURES

## CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

<i>Figure I-01 : Carte géographique de la wilaya de Tlemcen.....</i>	<i>2</i>
<i>Figure I-02: Carte morphologique de la wilaya de Tlemcen. ....</i>	<i>6</i>
<i>Figure I-03 : Répartition de la population dans les différent centres urbains. ....</i>	<i>8</i>
<i>Figure I-04 : L'affectation des eaux de ce barrage.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure I-05: Affectation des eaux du barrage Hammam Boughrara (DHW). ....</i>	<i>9</i>

## CHAPITRE II : ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

<i>Figure II-01: Répartition du débit à horizon 2008. ....</i>	<i>20</i>
<i>Figure II-02: Répartition du débit à horizon 2040. ....</i>	<i>21</i>

## CHAPITRE III : ADDUCTION

<i>Figure III-01 : Schéma synoptique vertical (variante N°01).....</i>	<i>25</i>
<i>Figure III-02 : Schéma synoptique vertical (variante N°02).....</i>	<i>26</i>
<i>Figure III-03: Bilan des frais d'investissement et d'exploitation (tronçon AB.).....</i>	<i>34</i>
<i>Figure III-04 : Bilan des frais d'investissement et d'exploitation (tronçon BC).....</i>	<i>36</i>
<i>Figure III-05 : Bilan des frais d'investissement et d'exploitation (tronçon DF). ....</i>	<i>38</i>
<i>Figure III-06 : Bilan des frais d'investissement et d'exploitation (tronçon I-J). ....</i>	<i>40</i>

## CHAPITRE IV : ETUDE DES RESERVOIRS

<i>Figure IV-01:Arrivée par surverse(Chute libre).....</i>	<i>61</i>
<i>Figure IV-02:Arrivée par sur verse(Noyée). ....</i>	<i>61</i>
<i>Figure IV-03:Arrivée par dessous (Par le fond).....</i>	<i>61</i>
<i>Figure IV-04:Arrivée par dessous(Par le bas). ....</i>	<i>61</i>
<i>Figure IV-05: Conduite de départ.....</i>	<i>62</i>
<i>Figure IV-06: Conduite de vidange et de trop plein. ....</i>	<i>63</i>
<i>Figure IV-07: Conduite by-pass.....</i>	<i>63</i>

## **CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE POMPAGE**

<i>Figure V-01: Courbe individuelle de la pompe de type CPKN 400-710.</i> .....	70
<i>Figure V-02: Courbe individuelle de la pompe de type Multitec 150 12.2.</i> .....	72
<i>Figure V-03: Point de fonctionnement des pompes de la SP1.</i> .....	75
<i>Figure V-04: Point de fonctionnement des pompes de la SP2.</i> .....	76
<i>Figure V-05: Point de fonctionnement des pompes de la SP3.</i> .....	77
<i>Figure V-06: Mode de réglage de la SP1.</i> .....	80
<i>Figure V-07: Mode de réglage de la SP3.</i> .....	82
<i>Figure V-08 : Roue soumise à la cavitation.</i> .....	83

## **CHAPITRE VI : PROTECTION DES CONDUITE CONTRE LE COUP DE BELIER ET LA CORROSION**

<i>Figure VI-01: Réservoir hydropneumatique.</i> .....	90
<i>Figure VI-02: Cheminée d'équilibre sur une conduite de refoulement.</i> .....	90
<i>Figure VI-03: Soupape de décharge type LEZIER.</i> .....	91
<i>Figure VI-04: Planche d'encombrement des réservoirs d'air Hydrofort CHARLATTE.</i> .....	96
<i>Figure VI-05: Schéma d'installation du réservoir d'air.</i> .....	96
<i>Figure VI-06: Corrosion externe dans une conduite.</i> .....	98
<i>Figure VI-07: Corrosion interne dans une conduite.</i> .....	99

## **CHAPITRE VII : POSE DE CANALISATION**

<i>Figure VII-01 : Pose de canalisation en pente.</i> .....	103
<i>Figure VII-02 : Pose de canalisation sans tranchée.</i> .....	103
<i>Figure VII-03 : Pose de canalisation sans tranchée.</i> .....	104
<i>Figure VII-04 : Robinets vanne à opercule (D'après document Pont-à-Mousson).</i> .....	105
<i>Figure VII-05 : Robinets vanne papillon (D'après document Pont-à-Mousson).</i> .....	105
<i>Figure VII-06 : Robinet à flotteur (d'après document Bayard).</i> .....	106
<i>Figure VII-07 :Appareil de régulation modulaire (d'après document Pont-à-Mousson).</i> ....	107
<i>Figure VII-08 : Clapets de retenue (d'après document Pont-à-Mousson).</i> .....	107

<i>Figure VII-09 : Ventouses (d'après document Pont-à-Mousson).</i> .....	108
<i>Figure VII-10 :Bouches d'incendies (D'après document Pont à Mousson).</i> .....	109
<i>Figure VII-11 : Différents types de débitmètres.</i> .....	111
<i>Figure VII-12 :Emplacement des coudes.</i> .....	113
<i>Figure VII-13 : Emplacement des Tés et des Cônes.</i> .....	113

## **CHAPITRE VIII : PROTECTION ET SECURITE DE TRAVAIL**

<i>Figure VIII-1 : Pourcentage des différentes natures d'accident.</i> .....	114
--	-----

# LISTE DES TABLEAUX

## CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

<i>Tableau I-01 : Découpage administratif de la zone d'étude.</i> .....	3
<i>Tableau I-02 : Précipitations de la zone d'étude pour Année hydrologique 1997-1998.04</i> .....	4
<i>Tableau-I-03 : Répartition de la population dans les différents centres urbains à l'horizon 2008.</i> .....	7
<i>Tableau I-04: Principales caractéristiques des grands barrages de la zone d'étude (DHW).</i> .	8
<i>Tableau I-05: Les retenues collinaires à travers la zone d'étude (DHW).</i> .....	10
<i>Tableau I.06:la dotation actuelle de quelques principales daïras de la zone d'étude (ADE).</i> .....	11

## CHAPITRE II : ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

<i>Tableau II-01: Tableau de répartition de la population à l'horizon du projet(2040).</i> .....	13
<i>Tableau II-02 : les hypothèses de calcul des besoins futures en eau potable pour la wilaya de Tlemcen pour la période (2008-2040).</i> .....	14
<i>Tableau II-03: Récapitulation des différents débits journaliers à l'horizon 2008.</i> .....	16
<i>Tableau II-04: Récapitulation des différents débits journaliers à l'horizon 2020.</i> .....	17
<i>Tableau II-05: Récapitulation des différents débits journaliers à l'horizon 2030.</i> .....	18
<i>Tableau II-06: Récapitulation des différents débits journaliers à l'horizon 2040.</i> .....	19

## CHAPITRE III : ADDUCTION

<i>Tableau III-01: Variation journalière des tarifs de l'énergie (tarif 41).</i> .....	32
<i>Tableau III-02: Longueurs des différents tronçons de l'adduction.</i> .....	32
<i>Tableau III-03: Calcul de la HMT.</i> .....	33
<i>Tableau III-04:Calcul de frais d'exploitation.</i> .....	33
<i>Tableau III-05:Calcul des frais d'amortissement.</i> .....	34
<i>Tableau III-06:Bilan des frais d'exploitation et d'investissement.</i> .....	34
<i>Tableau III-07: Calcul de la HMT.</i> .....	35
<i>Tableau III-08:Calcul de frais d'exploitation.</i> .....	35

<i>Tableau III-9: Calcul des frais d'amortissement.</i> .....	36
<i>Tableau III-10: Bilan des frais d'exploitation et d'investissement.</i> .....	36
<i>Tableau III-11: Calcul de la HMT.</i> .....	37
<i>Tableau III-12: Calcul de frais d'exploitation.</i> .....	37
<i>Tableau III-13: Calcul des frais d'amortissement.</i> .....	38
<i>Tableau III-14: Bilan des frais d'exploitation et d'investissement.</i> .....	38
<i>Tableau III-15: Calcul de la HMT.</i> .....	39
<i>Tableau III-16: Calcul des frais d'exploitation.</i> .....	39
<i>Tableau III-17: Calcul des frais d'amortissement.</i> .....	39
<i>Tableau III-18: Bilan des frais d'exploitation et d'investissement.</i> .....	40
<i>Tableau III-19: Coefficients <math>K'</math>, <math>m</math>, <math>\beta</math>, pour différents types du tuyau.</i> .....	41
<i>Tableau III-20: Les longueurs des différents tronçons de l'adduction.</i> .....	42
<i>Tableau III-21: Les altitudes des différents points de l'adduction.</i> .....	42
<i>Tableau III-22: Diamètres avantageux de la conduite gravitaire tronçon C-D.</i> .....	43
<i>Tableau III-23: Diamètres avantageux de la conduite gravitaire tronçon E-I.</i> .....	44
<i>Tableau III-24: Diamètres avantageux de la conduite gravitaire tronçon E-I.</i> .....	45
<i>Tableau III-25 : Détermination des cotes piézométriques et des pressions.</i> .....	45

#### **CHAPITRE IV : ETUDE DES RESERVOIRS**

<i>Tableau IV-01 : Récapitulation de calcul des réservoirs pour l'horizon 2040.</i> .....	55
<i>Tableau IV-02: Tableau donnant les dimensions des réservoirs de stockage.</i> .....	56
<i>Tableau IV-03: Calculs des volumes des réservoirs tampons.</i> .....	57
<i>Tableau IV-04: Tableau donnant les dimensions des réservoirs tampons.</i> .....	58
<i>Tableau IV-05: Tableau donnant les dimensions des bâches de reprise pour une forme .circulaire.</i> .....	59
<i>Tableau IV-06: Tableau donnant les dimensions des bâches de reprise pour une forme rectangulaire.</i> .....	59

#### **CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE POMPAGE**

<i>Tableau V-01: La fiche technique SP-01.</i>	65
<i>Tableau V-02: La fiche technique SP-02.</i>	66
<i>Tableau V-03: La fiche technique SP-03.</i>	67
<i>Tableau V-04: Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre.</i>	71
<i>Tableau V-05: Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre.</i>	71
<i>Tableau V-06: Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre.</i>	73
<i>Tableau V-07 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement (SP1-RT1).</i>	74
<i>Tableau V.8 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement (SP2-RT2).</i>	74
<i>Tableau V-9 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement (SP2-RT2).</i>	76
<i>Tableau V-10: comparaison entre différents modes de réglage.</i>	82
<i>Tableau V-11: Variation de la tension de vapeur d'eau en fonction de la température.</i>	84

## **CHAPITRE VI : PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUP DE BELIER ET LA CORROSION**

<i>Tableau VI-01: Les caractéristiques de la conduite de refoulement.</i>	94
<i>Tableau VI-02: Calcul de célérité d'onde de la conduite de refoulement.</i>	95
<i>Tableau VI-03: Calcul de volume de réservoir d'air.</i>	95
<i>Tableau VI-04: Les dimensions du réservoir d'air.</i>	95

## **LISTE DES ANNEXES**

**Annexe (I) :** les valeurs usuelles indices de rugosité (K) en mm.

**Annexe (II) :** Abaque de M.PETER LAMON (Rugosité d'une conduite en fonction de son âge).

**Annexe (III) :** Tableau du prix du mètre linéaire des conduites en fonte ductile.

**Annexe (IV) :** Répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants

**Annexe (V) :** Les caractéristiques des conduites en fonte ductile.

**Annexe (VI) :** Abaque de VIBERT.

**Annexe (VII) :** Détermination de la capacité du réservoir d'alimentation.

## **LISTE DES PLANCHES**

**Planche N° 1:** Schéma synoptique verticale de l'adduction complète.

**Planche N° 2:** Profil en long du tronçon A-B (SDEM-SP1).

**Planche N° 3:** Plan topographique du tronçon B-C (SP1-RT1).

**Planche N° 4:** Profil en long du tronçon B-C (SP1-RT1).

**Planche N° 5:** Plan de la station de pompage.

# **ABREVIATIONS**

**ADE** : Algérienne Des Eaux.

**A.E.P** : Alimentation en Eau Potable.

**CAT** : Catégorie.

**CTH** : Contrôle Technique Hydraulique.

**DSA** : Direction des Services Agricoles.

**DHW** : Direction d'Hydraulique de la Wilaya.

**l/j/hab** : Litre par jour par habitant.

**GUT** : Groupement Urbain de Tlemcen.

**HMT** : Hauteur Manométrique Totale.

**ONS** : Office National des Statistiques.

**RT** : Réservoir Tampon.

**SDEM** : Station de Dessalement de l'Eau de Mer.

**SP** : Station de Pompage.

**T** : Taux de croissance annuel.

TRANSFERT DES EAUX DE LA STATION DE DESSALEMENT DE SOUK TLETA EN VUE  
DE L'ALIMENTATION DE LA ZONE NORD-OUEST DE LA WILAYA DE TLEMCEM

# **INTRODUCTION GENERALE**

# **CHAPITRE I**

## ***PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE***

## **CHAPITRE II**

# ***ESTIMATION DES BESOINS EN EAU***

# **CHAPITRE III**

## ***ADDUCTION***

## **CHAPITRE IV**

### ***ETUDE DES RESERVOIRS***

## **CHAPITRE V**

# ***DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE POMPAGE***

## **CHAPITRE VI**

# ***PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUP DE BELIER ET LA CORROSION***

## **CHAPITRE VII**

### ***POSE DE CANALISATION ET ACCESSOIRES***

# **CHAPITRE VIII**

## ***PROTECTION ET SECURITE DE TRAVAIL***

# **CONCLUSION GENERALE**

# **ANNEXES**

## INTRODUCTION GENERALE

Il est drôle pour l'humanité de vivre dans cette grande île qu'est la géosphère et de mourir de soif. L'eau nous entoure de partout mais celle que l'homme considère comme directement utilisable est limitée tenant compte de la géographie de peuplement et de l'accroissement démographique. Le modèle de développement nous a conduit tout droit vers une crise de pénurie d'eau et de l'environnement. Les écarts entre les potentialités en eau renouvelable et les volumes prélevés s'amenuisent d'année en année.

Le Maghreb est l'une des régions du globe souffrent déjà de cette raréfaction et devrait au delà de 2030 se retrouver en situation de pénurie d'eau. En Algérie, la problématique de l'eau sera sans doute une préoccupation majeure durant ce siècle, s'ajoute que nos ressources en eau deviennent de plus en plus limitées et difficiles à exploiter. Leur répartition sur le territoire est inégale. Quelle soit souterraine ou superficielle. Toutes ces ressources sont conditionnées par les précipitations très irrégulières dans le temps et dans l'espace. Elles sont aussi exposées à des risques de pollution de plus en plus importants, qui compromettent leur utilisation dans de nombreuses régions du pays.

L'Algérie, en tant que pays déficitaire, s'est engagée dans un vaste programme de valorisation des eaux non conventionnelles depuis quelques années. En effet le pays a fait des investissements énormes dans le cadre du dessalement de l'eau de mer. Il poursuit ses efforts dans la mobilisation et le traitement des eaux pluviales afin de promouvoir leur utilisation à des fins domestiques et agricoles

La station de dessalement de Souk Tleta sera réalisée pour répondre qualitativement et quantitativement aux besoins croissants conformément aux plans du développement national et aux souhaits des populations des communes Nord-Ouest de la willaya de Tlemcen allant de Souk Tleta à Beni Mester.

Vu l'importance du projet, ce mémoire de fin d'étude n'abordera qu'une partie du transfert à savoir l'adduction principale qui alimentera uniquement les communes. Il se compose de huit chapitres, tous d'une importance majeure, qu'on essayera de développer au maximum.

# **CHAPITRE I**

## ***PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE***

## Introduction :

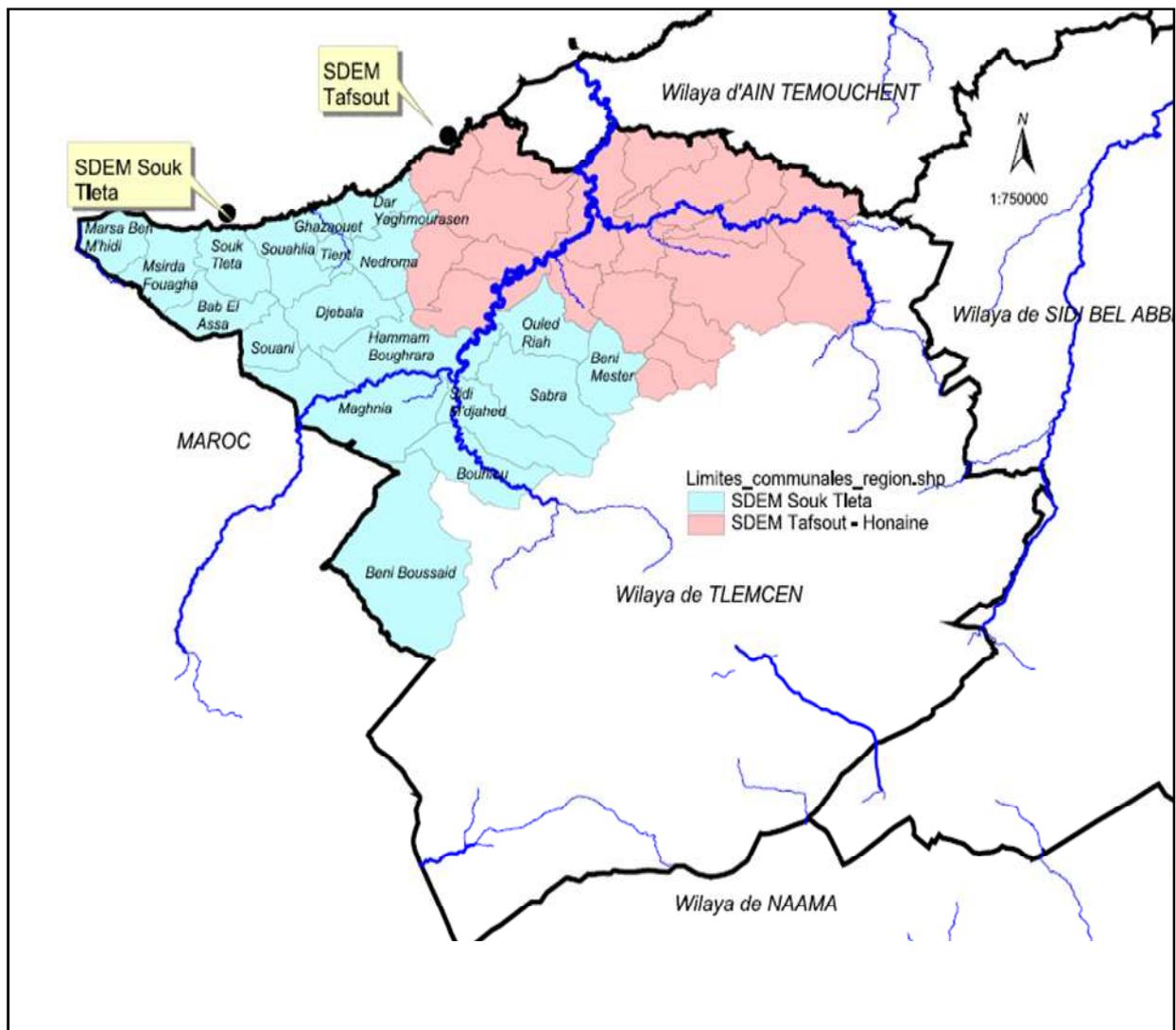
Ce chapitre est subdivisé en deux parties :

- ✓ la première est la représentation générale de la zone d'étude (situation géographique, climatique, géologique et les ressources en eau actuelle.
- ✓ la deuxième partie est la plus importante et qui est l'estimation de nombre de population des différents horizons en 2008 et 2040.

### I-1. La situation géographique :

Notre zone d'étude prend son départ à partir de la station de dessalement de SOUK TLETA et arrive à la station de traitement de BOUHLOU passant par le couloir nord ouest de la wilaya de TLEMCEN qui contient 19 communes avec une superficie totale de 2127,6 km<sup>2</sup>

Les différentes communes de la zone sont représentées dans la figure suivante :



(Source CTH)

**Figure I-01 :** Carte géographique de la wilaya de Tlemcen.

**Tableau I-01** : Découpage administratif de la zone d'étude.

<b>Daira</b>	<b>Commune</b>	<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>
GHAZAOUET	GHAZAOUET	28
	SOUAHLIA	71
	TIANET	21
	DAR YAGMOURASSENE	57
NEDROMA	NEDROMA	90,5
	DJEBALA	115
MAGHNIA	MAGHNIA	294
	HAMMAMBOUGHRARA	167
BAB EL ASSA	BAB EL ASSA	97
	SOUANI	55
	SOUK TLETA	39
MARSA BEN M'HIDI	MARSA BEN M'HIDI	70
	M'SIRDA FOUAGA	86
SABRA	SABRA	160
	BOUHLOU	170,56
BENI BOUSSAID	BENI BOUSSAID	329
	SIDI M'DJAHED	98,93
MANSOURAH	BENI MESTER	87,1
HENAYA	OULED RIAH	91,5
<b>Superficie Totale</b>		<b>2127,59</b>

## I-2. Situation climatique :

### I-2-1. Climat :

L'étude climatique est devenue essentielle dans toutes les études hydrogéologiques pour un objectif principal celui de déterminer les actions directes des facteurs suivants (humidité, précipitations, températures, vents...)

En général, le climat du couloir Nord Ouest est à caractère méditerranéen.

En effet, les pluies ont un caractère irrégulier et des amplitudes thermiques très grandes avec un nombre de jours important de siroco.

L'étude du climat est faite sur la base des données de la station météorologique de Maghnia sur une période de 22 ans (1977-1998), et de la station de Sidi Boudjenane et la station de Béni Ouassine sur une période de 18 ans (1980-1997).

### I-2-2. Température :

Les températures mensuelles très instables donnent des moyennes aléatoires. On peut durant les mois d'hiver observer des températures de 30c (novembre 94).

Au cours de l'année, les maxima peuvent atteindre ou dépasser 45c et les minima se situer en dessous de 0c.

### I-2-3. Pluviométrie :

Si on se limite à la zone d'étude seulement, on peut avancer que c'est très peu arrosée au environ de 300mm/ans, le climat semi arides, pluviométrie annuelle faible inférieur à 350mm. La pluviométrie de la région est illustrée sur le tableau n° 2

**Tableau I-02** : Précipitations de la zone d'étude pour Année hydrologique 1997-1998.

Stations	code	Sep	oct.	nov.	Dec	Jan	fev	Mar	avr	mai	jun	juil	Aut
<b>Sidi Boudjenane</b>	040103	55.8	12.2	50.9	94.6	34.8	42.9	48.2	19.7	32.8	3.2	0.8	3.8
<b>Maghnia frontière</b>	160302	60.6	17.3	34.5	53.4	29.5	42.0	21.8	16.0	40.6	1.1	0.8	0.4
<b>Beni Ouassine</b>	160303	57.7	25.7	20.0	38.8	12.5	12.5	20.1	12.8	16.3	0.0	0.2	0.4
<b>Beni Boussaid</b>	160315	46.5	0.0	13.3	18.9	26.4	24.5	1.8	16.3	32.4	0.0	0.0	0.0

### I-3. Situation Géologique et Hydrogéologie :

#### -Les aquifères : structure et lithologie

Quelques huit aquifères sont jusqu'à présent reconnus dans la zone d'étude.

- Les dépôts récents sable blancs ou grés de la rivières-pléistocène (actuellement épuisée).
- Les alluvions moyennes et grossières attribuées au plio-quadernaire.
- Les grés fins à grossiers jaunes clairs (débris de coquilles) à ciment calcaire et les sables au nord (zone du remblai) voir puits au coordonnées x=86.45, y=180.55, z=+433m.
- Les grés et sables du miocène.

- Les alluvions actuelles (oued abbés) inféro-flux.
- Les dolomies et calcaires des monts de Tlemcen.
- Les basaltes.
- Les schistes drainés par l'oued Rhoubet ou une nappe peu importante est exploitée par quelques puits domestiques.

Parmi cette suite d'aquifères, seul le plio-quadernaire est important.

En effet, il est le principal aquifère de la zone d'étude. Le remplissage du plio-quadernaire est très hétérogène. Le réservoir est constitué par des lentilles anastomosées formées par des graviers et galets hétérométriques plus ou moins cimentés, par des argiles et inégalement réparties sous les sols de la plaine. Le substratum de la nappe est formé par les marnes du miocène. Les parties les plus productrices de la nappe sont très localisées et se résument à : Un chenal orienté sud ouest nord est (chenal central) correspondant à une ancienne vallée de rivière comblée par des alluvions ou transitent des débits importants.

Enfin un talus orienté est ouest suivant une direction structurale renferme des poudingues à éléments décimétriques faiblement usés, ils sont d'un intérêt hydrogéologiques peu important.

#### **I-4. Topographie et relief :**

Le tracé retenu pour desservir les 19 centres urbains s'effectue dans deux directions allant du nord vers le sud par rapport à l'implantation de la SDEM de Souk Tleta, il est caractérisé par :

**Une chaîne des traras** : chaîne côtière à relief faible et tourmenté, elle comprend deux chaînes orientées sud ouest et nord est (djebel zendal 600m, djebel fillaoucene 1136m)

**Une zone hétérogène** : entaillée par les vallées de Tafna et Isser (plaine de Maghnia, de Sidi Abdlli, et de la région d'Ain Tellout)

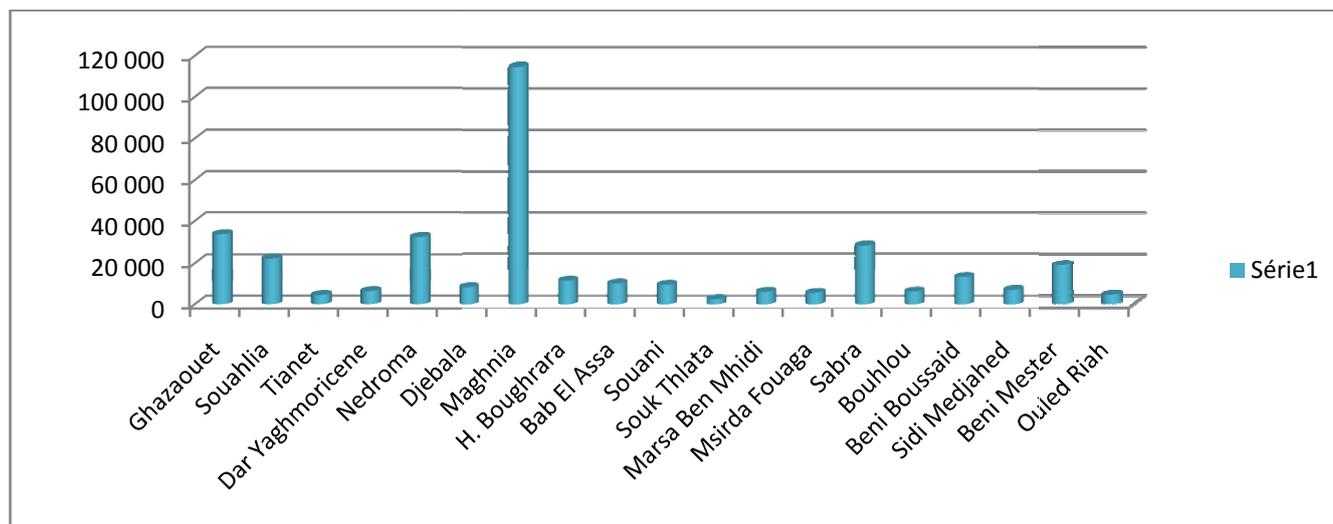
**Les monts de Tlemcen** : une chaîne de massif calcaire orienté du sud vers l'ouest et du nord vers l'est (Djebel Dar Cheikh 1616m, djebel Tenouchfi 1843m, djebel kenouch 1526m, djebel Rass Asfour 1502m, djebel ouargla 1717m, djebel Nador 1579m)



**Tableau-I-03** : Répartition de la population dans les différents centres urbains à l'horizon 2008.

Daira	Commune	Masculin	Féminin	Total	Taux d'accroissement
<b>GHAZAOUET</b>	Ghazaouet	17 099	16 674	33 774	0,2
	Souahlia	11 444	10 801	22 245	0,7
	Tianet	2 300	2 193	4 493	0,4
	Dar Yaghmorice	3 322	3 009	6 331	0,1
<b>NEDROMA</b>	Nedroma	16 377	16 120	32 498	0,4
	Djebala	4 311	4 058	8 369	0,9
<b>MAGHNIA</b>	Maghnia	58 280	56 353	114634	1,8
	H.Bougrara	5 925	5 519	11 444	1,1
<b>BAB EL ASSA</b>	Bab El Assa	5 173	4 974	10 147	1,2
	Souani	4 805	4 708	9 513	1,5
	Souk Thlata	1 417	1 339	2 756	0,5
<b>MARSA BEN M'HIDI</b>	Marsa Ben Mhidi	3 204	3 008	6 212	1,1
	Msirda Fouaga	2 863	2 830	5 693	0,4
<b>SABRA</b>	Sabra	14 364	14 191	28 555	1,5
	Bouhlou	3 222	3 125	6 347	1,1
<b>BENI BOUSSAID</b>	Beni Boussaid	6 788	6 393	13 182	1,1
	Sidi Medjahed	3 676	3 487	7 164	1,1
<b>MANSOURAH</b>	Beni Mester	9 618	9 033	18 651	1,8
<b>HENAYA</b>	Ouled Riah	2 244	2 085	4 329	0,9
				Total	346 337

Source (ONS).



**Figure I-03 :** Répartition de la population dans les différents centres urbains.

## I-6. Les ressources en eau de la zone d'étude :

### I-6-1. Les grands barrages:

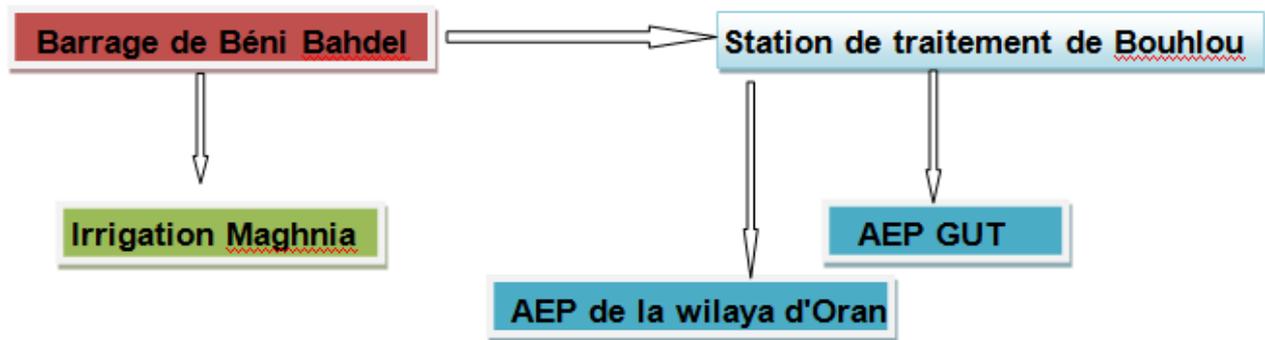
Jusqu'à l'année 1980, les deux grands barrages Béni Bahdel et Meffrouche arrivaient à subvenir aux besoins de la population locale (wilaya de Tlemcen) ainsi qu'à celle de la ville d'Oran. L'accroissement de la population, la diminution non négligeable de la pluviométrie ainsi que le développement socio-économique de la région a poussé les autorités locales à chercher à mobiliser encore plus de ressources en eau. Ainsi, d'autres grands ouvrages ont été réalisés dont ceux consignés dans le tableau I-3, Ce dernier résume les principales caractéristiques des grands barrages réalisés à travers la zone d'étude.

**Tableau I-04:** Principales caractéristiques des grands barrages de la zone d'étude (DHW).

Nom du barrage	Date de mise en service	Capacité (hm <sup>3</sup> )	Volume régularisable (hm <sup>3</sup> )	Surface du bassin versant en (Km <sup>2</sup> )
Béni Bahdel	1952	63	45,52	1016
H.Boughrara	1998	177	142	4000
Béni Boussaid (*)	2008	1,78	0.8	24,9
Total wilaya		241,78	189,30	5064

Les eaux mobilisées par les grands barrages ne sont pas toujours affectées vers les lieux d'utilisation prévus par l'étude. En effet, plusieurs facteurs entrent en jeu tels que le changement climatique, le développement socio-économique, la Conjoncture politique, etc...

Pour illustrer cela, nous donnons dans ce qui suit deux exemples de barrages réalisés dans la wilaya de Tlemcen et dont les eaux ont été réaffectées pour des raisons différentes. (DHW 2010)



**Figure I-04 :** L'affectation des eaux de ce barrage.

#### b/Le barrage de Hammam Boughrara :

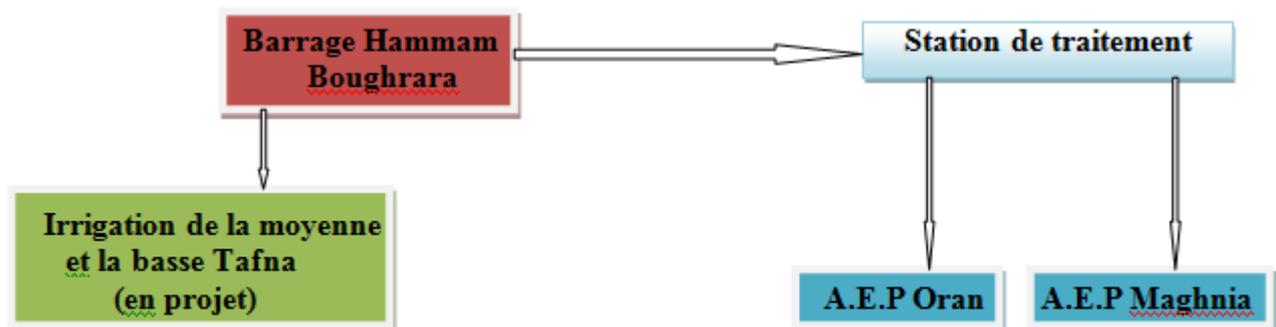
Au moment de l'étude de ce barrage, il a été proposé d'utiliser les eaux mobilisées pour la mise en valeur agricole de la moyenne et basse Tafna.

Actuellement, il y'a des lâchées d'eau qui sont effectuées dans ce but.

Deux transferts d'eau sont prévus : le premier est achevé et il permet l'acheminement de 17Hm<sup>3</sup>/an vers les deux réservoirs de 5000m<sup>3</sup> chacun, de la ville de Maghnia.

Le second transfert est prévu vers Oran et acheminera 33Hm<sup>3</sup>/an, Il est en cours de lancement.

L'affectation des eaux de ce barrage est représentée dans la figure suivante :



**Figure I-05:** Affectation des eaux du barrage Hammam Boughrara (DHW).

#### I-6-2 Les retenues collinaires :

Ce sont de petits ouvrages en terre destinés à emmagasiner des quantités d'eau peu importantes variant de 10.000 à 100.000m<sup>3</sup>. Elles sont faciles à réaliser et à mettre en œuvre. Ils ne demandent pas de gros investissements et les délais de réalisation sont assez courts. Les volumes d'eau mobilisés par ce moyen sont surtout destinés à la mise en valeur agricole à petite échelle.

Ce programme a permis la réalisation d'un grand nombre de ces petits ouvrages mais de conséquence peu positive, puisque nombreux sont ceux qui se sont envasés et sont devenus non fonctionnels.

**Tableau I-05:** Les retenues collinaires à travers la zone d'étude (DHW).

Daïra	Période de réalisation (1985-1989)	Etat de l'ouvrage
Maghnia	05	Envasées à 100 %
Ghazaouet	02	détruites
Nedroma	09	détruites
Bab al assa	14	03 en bon état
Sabra	07	01 en bon état

### I-6-1-3. Les potentialités en eaux souterraines :

Les principales ressources en eau souterraines de la zone d'étude sont :

a. Les nappes alluviales

b. Les grands aquifères contenus dans les formations détritiques du Néogène telles que la nappe de Maghnia.

c. Les grands aquifères karstiques des monts de Tlemcen. D'après les données de l'ADE Tlemcen (pour l'année 2009) le nombre des forages utilisés pour l'AEP est de 69 forages avec un débit total produit de 1049 l/s donc un volume annuel produit de plus de 33 Hm<sup>3</sup>/an. Pour l'irrigation le nombre est plus élevée, d'après la DSA il est de 1481 forages pour l'année 2009 avec un volume produit plus de 77 Hm<sup>3</sup>. Pour la même année la DSA Tlemcen enregistre un nombre de puits de 1448 avec un volume produit plus de 32Hm<sup>3</sup>.

d. Champ de captage : Les prospections effectuées sur la bande frontalière de la wilaya ont permis de mettre en évidence un champ de captage consistant. Il s'agit de la nappe de Zouia. L'adduction du couloir Ouest à partir de cette nappe souterraine constituera un point supplémentaire pour l'alimentation en eau potable du couloir et combler le déficit enregistre.

**Tableau I.06:** la dotation actuelle de quelques principales daïras de la zone d'étude (ADE).

Daïra	Dotation actuelle (l/j/hab)
Maghnia	72
Bab El Assa	53
Nedroma	61
Ghazaouet	86
Marsa Ben M'hidi	83
Sabra	59
Beni Boussaid	48
Mansourah	92
Henaya	66

D'après le tableau on remarque que la dotation actuelle des différents centres urbains ne dépasse pas 100 l/j/hab.

### **Conclusion :**

Ce chapitre nous a permis de déterminer les données nécessaires concernant la zone d'étude du point de vue topographie, géologie, démographie ainsi que la situation hydraulique. Ces données vont nous aider à garantir une meilleure projection du nouveau système d'alimentation en eau potable du couloir Nord Ouest de la wilaya de Tlemcen.

## **CHAPITRE II**

# ***ESTIMATION DES BESOINS EN EAU***

**Introduction :**

Les besoins en eau potable d'une agglomération dépendent du mode de vie de la population. Le calcul des besoins que se soit pour l'agglomération ou l'agriculture, exige une fixation impérative des normes de consommations unitaires qui doivent rester valables tant que les critères, qui ont contribué à l'établissement de ces normes restent inchangés.

En règle générale, les normes objectives résultent de l'adéquation des critères sociopolitiques et socioéconomiques, qui procèdent à la fois de :

- \* la volonté politique du pouvoir public qui fixe pour chaque période de planification les objectifs qualitatifs et quantitatifs.
- \* des ressources en eau susceptibles d'être mobilisées pour satisfaire qualitativement et quantitativement, les besoins en eau pour la consommation.

Nous pouvons dire que l'évaluation des besoins en eau potable que nous les citerons ci après, nous permet de connaître la consommation journalière et de dimensionner les ouvrages hydrauliques nécessaires. Ce qui entraîne dans ce chapitre le calcul des besoins pour un horizon d'étude de 2040.

**II -2. Estimation de la population à l'horizon d'étude :**

Le nombre de la population est estimé sur la base des statistiques relatives à la population correspondante au résultat du recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) de 2008 selon la relation des croissances continues donnée par la relation suivante :

$$P_n = P_0 * (1+\alpha)^n$$

$P_n$  : population à l'horizon de calcul (2040);

$P_0$  : population à l'année de recensement 2008 ;

$\alpha$  : taux d'accroissement démographique.

$n$  : nombre d'années séparant l'année de recensement et l'horizon de calcul.

**Tableau II-01:** Tableau de répartition de la population à l'horizon du projet(2040).

Daira	Commune	Taux d'accroissement	NOMBRE D'HABITANTS			
			Horizon 2008	Horizon 2020	Horizon 2030	Horizon 2040
GHAZAOUET	Ghazaouet	0,2	33774	34594	35292	36004
	Souahlia	0,7	22245	24187	25935	27808
	Tianet	0,4	4493	4713	4905	5105
	Dar Yaghmorice	0,1	6331	6407	6472	6537
NEDROMA	Nedroma	0,4	32498	34093	35481	36926
	Djebala	0,9	8369	9319	10192	11148
MAGHNIA	Maghnia	1,8	114634	141999	169732	202881
	H. Boughrara	1,1	11444	13049	14558	16241
BAB EL ASSA	Bab El Assa	1,2	10147	11709	13192	14863
	Souani	1,5	9513	11374	13200	15319
	Souk Thlata	0,5	2756	2926	3076	3233
MARSA BEN M'HIDI	Marsa Ben Mhidi	1,1	6212	7083	7902	8816
	Msirda Fouaga	0,4	5693	5972	6216	6469
SABRA	Sabra	1,5	28555	34141	39622	45983
	Bouhlou	1,1	6347	7237	8074	9008
BENI BOUSSAID	Beni Boussaid	1,1	13182	15031	16769	18708
	Sidi Medjahed	1,1	7164	8169	9113	10167
MANSOURAH	Beni Mester	1,8	18651	23103	27616	33009
HENAYA	Ouled Riah	0,9	4329	4820	5272	5766
TOTAL			<b>346337</b>	<b>399929</b>	<b>452619</b>	<b>513991</b>

### II-3. Estimation des besoins :

Les besoins en eau sont très différents d'une région à l'autre .L'agriculture est l'activité la plus consommatrice d'eau, avant même l'industrie et surtout les besoins domestiques. L'estimation des besoins futurs doit être envisagée pour une période dite raisonnable qui équivaut à la durée de vie du projet. Il est donc conseillé pour définir le niveau des consommateurs, d'effectuer une analyse détaillée des différents besoins unitaires c'est-à-dire:

- Besoins domestiques (Catégorie 1).
- Besoins des services publics (Catégorie 2).
- Besoins de commerçants (Catégorie 3).
- Besoins industriels (Catégorie 4).

### II-4. L'évaluation de la consommation moyenne journalière :[5]

Pour calculer les différents débits journaliers (débit moyen journalier, débit max journalier et le débit min journalier) on va baser sur les hypothèses suivantes :

**Tableau II-02 :** les hypothèses de calcul des besoins futures en eau potable pour la wilaya de Tlemcen pour la période (2008-2040).

L'horizon	Les pertes en (%)	La dotation (l/j/hab)	Θ1	Θ2	Θ3
2008	30%	150	15%	5%	10%
2020	25%	200	15%	5%	10%
2030	20%	200	15%	5%	10%
2040	15%	200	15%	5%	10%

Source(ADE)

Θ1 : le coefficient de proportionnalité de services publics (CAT 2).

Θ2 : le coefficient de proportionnalité de commerçants (CAT 3).

Θ3 : le coefficient de proportionnalité du secteur industriel (CAT 4).

#### II-4-1. Estimation des besoins moyens journaliers domestiques à l'horizon 2008:

Pour le calcul des besoins moyens journaliers, en utilise la formule suivante :

$$Q_{moy.j} = \frac{1}{1000} \times d \times N \quad (m^3/j)$$

$Q_{moy.j}$  : débit moyen journalier

$dot$ : dotation moyenne en (l/j/hab)

$N$ : nombre d'habitants.

#### II-5. Détermination des consommations maximales et minimales journalières :[2]

##### II -5-1. Consommation maximale journalière :

Par rapport à la consommation moyenne journalière déterminée, nous pouvons mettre en évidence un rapport nous indiquant de combien de fois la consommation maximale dépassera la moyenne de consommation. Ce rapport est désigné sous le terme de coefficient d'irrégularité

journalière maximum et noté  $K_{max,j}$ . Ainsi nous pouvons écrire:

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

$Q_{max,j}$  : Consommation maximale journalière (m3/s)

$Q_{moy,j}$  : Consommation moyenne journalière (m3/s)

Avec :  $K_{max,j} \in [1, 1,3]$

On prend  $K_{max,j}=1,3$ .

D'où :  $Q_{max,j}=1,3*Q_{moy,j}$ .

##### II-5-2. Consommation minimale journalière :

Par rapport à la consommation moyenne journalière déterminée, nous pouvons aussi mettre en évidence un rapport nous indiquant de combien de fois la consommation minimale est inférieure à la moyenne de consommation. Ce rapport est désigné sous le terme de coefficient d'irrégularité journalière minimum et noté  $K_{min,j}$ . Ainsi nous pouvons écrire:

$$K_{\min j} = \frac{Q_{\min j}}{Q_{\text{moy } j}}$$

$Q_{\min j}$  : Consommation minimale journalière (m<sup>3</sup>/s)

$Q_{\text{moy } j}$  : Consommation moyenne journalière (m<sup>3</sup>/s)

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

On prend  $K_{\min j} = 0,8$

D'où :  $Q_{\min j} = 0,8 * Q_{\text{moy } j}$

### II-6. Calcul des pertes :

Les pertes d'eau sont constituées par des fuites diverses (joints de raccordement), contrairement au jugement que l'on pourrait croire les pertes sont loin d'être négligeables, elles atteignent des chiffres de 20 à 30 % du volume distribué et même 50% dans le cas d'un réseau ancien et mal entretenu. Les fuites sur les branchements particuliers sont en règle générale les plus nombreuses

La valeur du taux de fuite est estimée à 30% sur l'adduction pour l'horizon 2008 et elle diminue jusqu'à 15% à l'horizon 2040.

**Tableau II-03:** Récapitulation des différents débits journaliers à l'horizon 2008.

Daira	Commune	Horizon 2008	Dotation (l/j/hab)	Débit Moy (m <sup>3</sup> /j)	Débit Max (m <sup>3</sup> /j)	CAT 2 (15%)	CAT 3 (5%)	CAT 4 (10%)	Pertes (%)	débit total (m <sup>3</sup> /j)
GHAZAOUET	Ghazaouet	33774	150	5066,10	6585,93	987,89	329,30	658,59	30%	11130,22
	Souahlia	22245	150	3336,75	4337,78	650,67	216,89	433,78	30%	7330,84
	Tianet	4493	150	673,95	876,14	131,42	43,81	87,61	30%	1480,67
	Dar Yaghmorice	6331	150	949,65	1234,55	185,18	61,73	123,45	30%	2086,38
NEDROMA	Nedroma	32498	150	4874,70	6337,11	950,57	316,86	633,71	30%	10709,72
	Djebala	8369	150	1255,35	1631,96	244,79	81,60	163,20	30%	2758,00
MAGHNIA	Maghnia	114634	150	17195,10	22353,63	3353,04	1117,68	2235,36	30%	37777,63
	H. Boughrara	11444	150	1716,60	2231,58	334,74	111,58	223,16	30%	3771,37
BAB EL ASSA	Bab El Assa	10147	150	1522,05	1978,67	296,80	98,93	197,87	30%	3343,94
	Souani	9513	150	1426,95	1855,04	278,26	92,75	185,50	30%	3135,01
	Souk Thlata	2756	150	413,40	537,42	80,61	26,87	53,74	30%	908,24
MARSA BEN M'HIDI	Marsa Ben Mhidi	6212	150	931,80	1211,34	181,70	60,57	121,13	30%	2047,16
	Msirda Fouaga	5693	150	853,95	1110,14	166,52	55,51	111,01	30%	1876,13
SABRA	Sabra	28555	150	4283,25	5568,23	835,23	278,41	556,82	30%	9410,30
	Bouhlou	6347	150	952,05	1237,67	185,65	61,88	123,77	30%	2091,65
BENI BOUSSAID	Beni Boussaid	13182	150	1977,30	2570,49	385,57	128,52	257,05	30%	4344,13
	Sidi Medjahed	7164	150	1074,60	1396,98	209,55	69,85	139,70	30%	2360,90
MANSOURAH	Beni Mester	18651	150	2797,65	3636,95	545,54	181,85	363,69	30%	6146,44
HENAYA	Ouled Riah	4329	150	649,35	844,16	126,62	42,21	84,42	30%	1426,62
TOTAL		346337		51950,55	67535,72					<b>114135,36</b>

D'après le tableau II-7 on remarque que la consommation maximale journalière est estimée à **114135,36 m<sup>3</sup>/j** et la SDEM produit un volume journalier constant égal à **200000 m<sup>3</sup>/j** c'est-à-dire qu'on a un surplus de: **85864,64 m<sup>3</sup>/j** pour l'année 2008.

**Tableau II-04:** Récapitulation des différents débits journaliers à l'horizon 2020.

Daira	Commune	Horizon 2020	Dotation (l/j/hab)	Débit Moy (m3/j)	Débit Max (m3/j)	CAT 2 (15%)	CAT 3 (5%)	CAT 4 (10%)	Pertes (%)	débit total (m3/j)
GHAZAOUET	Ghazaouet	34594	200	6918,71	8994,32	1349,15	1349,15	1349,15	25%	16302,21
	Souahlia	24187	200	4837,45	6288,68	943,30	943,30	943,30	25%	11398,23
	Tianet	4713	200	942,69	1225,50	183,83	183,83	183,83	25%	2221,22
	Dar Yaghmorice	6407	200	1281,48	1665,92	249,89	249,89	249,89	25%	3019,48
NEDROMA	Nedroma	34093	200	6818,54	8864,10	1329,61	1329,61	1329,61	25%	16066,18
	Djebala	9319	200	1863,79	2422,93	363,44	363,44	363,44	25%	4391,56
MAGHNIA	Maghnia	141999	200	28399,90	36919,87	5537,98	5537,98	5537,98	25%	66917,26
	H. Boughrara	13049	200	2609,89	3392,85	508,93	508,93	508,93	25%	6149,55
BAB EL ASSA	Bab El Assa	11709	200	2341,71	3044,23	456,63	456,63	456,63	25%	5517,66
	Souani	11374	200	2274,78	2957,22	443,58	443,58	443,58	25%	5359,96
	Souk Thlata	2926	200	585,20	760,76	114,11	114,11	114,11	25%	1378,87
MARSA BEN M'HIDI	Marsa Ben Mhidi	7083	200	1416,69	1841,70	276,25	276,25	276,25	25%	3338,08
	Msirda Fouaga	5972	200	1194,47	1552,81	232,92	232,92	232,92	25%	2814,47
SABRA	Sabra	34141	200	6828,18	8876,63	1331,49	1331,49	1331,49	25%	16088,89
	Bouhlou	7237	200	1447,48	1881,72	282,26	282,26	282,26	25%	3410,62
BENI BOUSSAID	Beni Boussaid	15031	200	3006,25	3908,13	586,22	586,22	586,22	25%	7083,48
	Sidi Medjahed	8169	200	1633,80	2123,94	318,59	318,59	318,59	25%	3849,65
MANSOURAH	Beni Mester	23103	200	4620,68	6006,88	901,03	901,03	901,03	25%	10887,47
HENAYA	Ouled Riah	4820	200	964,08	1253,30	187,99	187,99	187,99	25%	2271,61
TOTAL		399929		79985,76	103981,49					<b>188466,44</b>

D'après le tableau II-8 on remarque qu'on a un surplus de: **11533,557m<sup>3</sup>/j** pour l'année 2020.

**Tableau II-05:** Récapitulation des différents débits journaliers à l'horizon 2030.

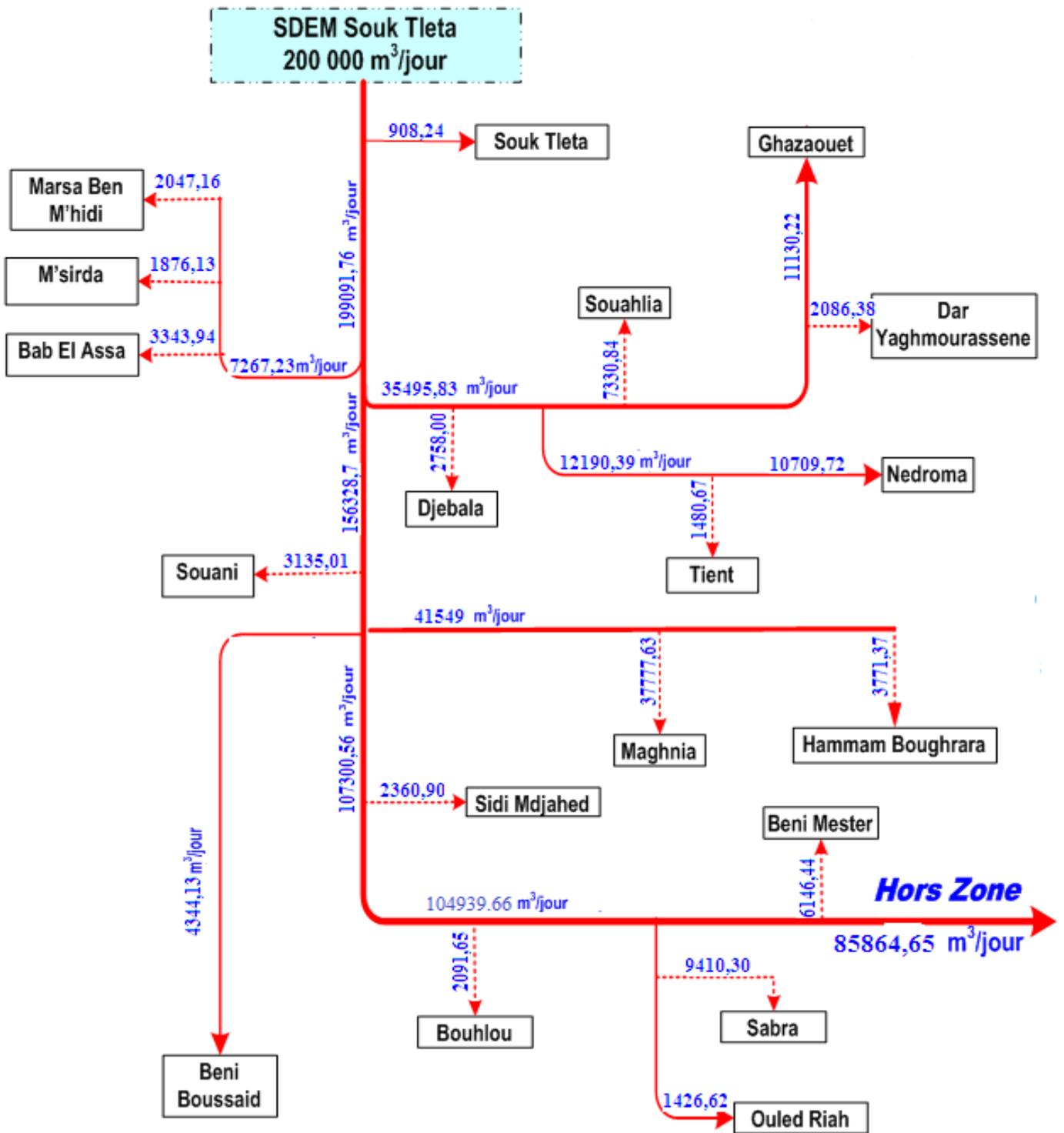
Daira	Commune	Horizon 2030	Dotation (l/j/hab)	Débit Moy (m3/j)	Débit Max (m3/j)	CAT 2 (15%)	CAT 3 (5%)	CAT 4 (10%)	Pertes (%)	débit total (m3/j)
GHAZAOUET	Ghazaouet	35292	200	7058,34	9175,84	1376,38	458,79	917,58	20%	14314,31
	Souahlia	25935	200	5186,93	6743,01	1011,45	337,15	674,30	20%	10519,10
	Tianet	4905	200	981,09	1275,41	191,31	63,77	127,54	20%	1989,65
	Dar Yaghmorice	6472	200	1294,35	1682,66	252,40	84,13	168,27	20%	2624,94
NEDROMA	Nedroma	35481	200	7096,24	9225,11	1383,77	461,26	922,51	20%	14391,18
	Djebala	10192	200	2038,49	2650,04	397,51	132,50	265,00	20%	4134,06
MAGHNIA	Maghnia	169732	200	33946,47	44130,40	6619,56	2206,52	4413,04	20%	68843,43
	H. Boughrara	14558	200	2911,61	3785,09	567,76	189,25	378,51	20%	5904,75
BAB EL ASSA	Bab El Assa	13192	200	2638,39	3429,91	514,49	171,50	342,99	20%	5350,65
	Souani	13200	200	2639,98	3431,97	514,80	171,60	343,20	20%	5353,88
	Souk Thlata	3076	200	615,12	799,66	119,95	39,98	79,97	20%	1247,47
MARSA BEN M'HIDI	Marsa Ben Mhidi	7902	200	1580,47	2054,61	308,19	102,73	205,46	20%	3205,20
	Msirda Fouaga	6216	200	1243,12	1616,06	242,41	80,80	161,61	20%	2521,05
SABRA	Sabra	39622	200	7924,38	10301,69	1545,25	515,08	1030,17	20%	16070,64
	Bouhlou	8074	200	1614,82	2099,27	314,89	104,96	209,93	20%	3274,85
BENI BOUSSAID	Beni Boussaid	16769	200	3353,80	4359,94	653,99	218,00	435,99	20%	6801,50
	Sidi Medjahed	9113	200	1822,68	2369,49	355,42	118,47	236,95	20%	3696,40
MANSSOURAH	Beni Mester	27616	200	5523,10	7180,04	1077,01	359,00	718,00	20%	11200,86
HENAYA	Ouled Riah	5272	200	1054,44	1370,78	205,62	68,54	137,08	20%	2138,41
TOTAL		452619		90523,83	117680,97					<b>183582,32</b>

D'après le tableau II-9 on remarque qu'on a un surplus de: **16417,6829** m<sup>3</sup>/j pour l'année 2030.

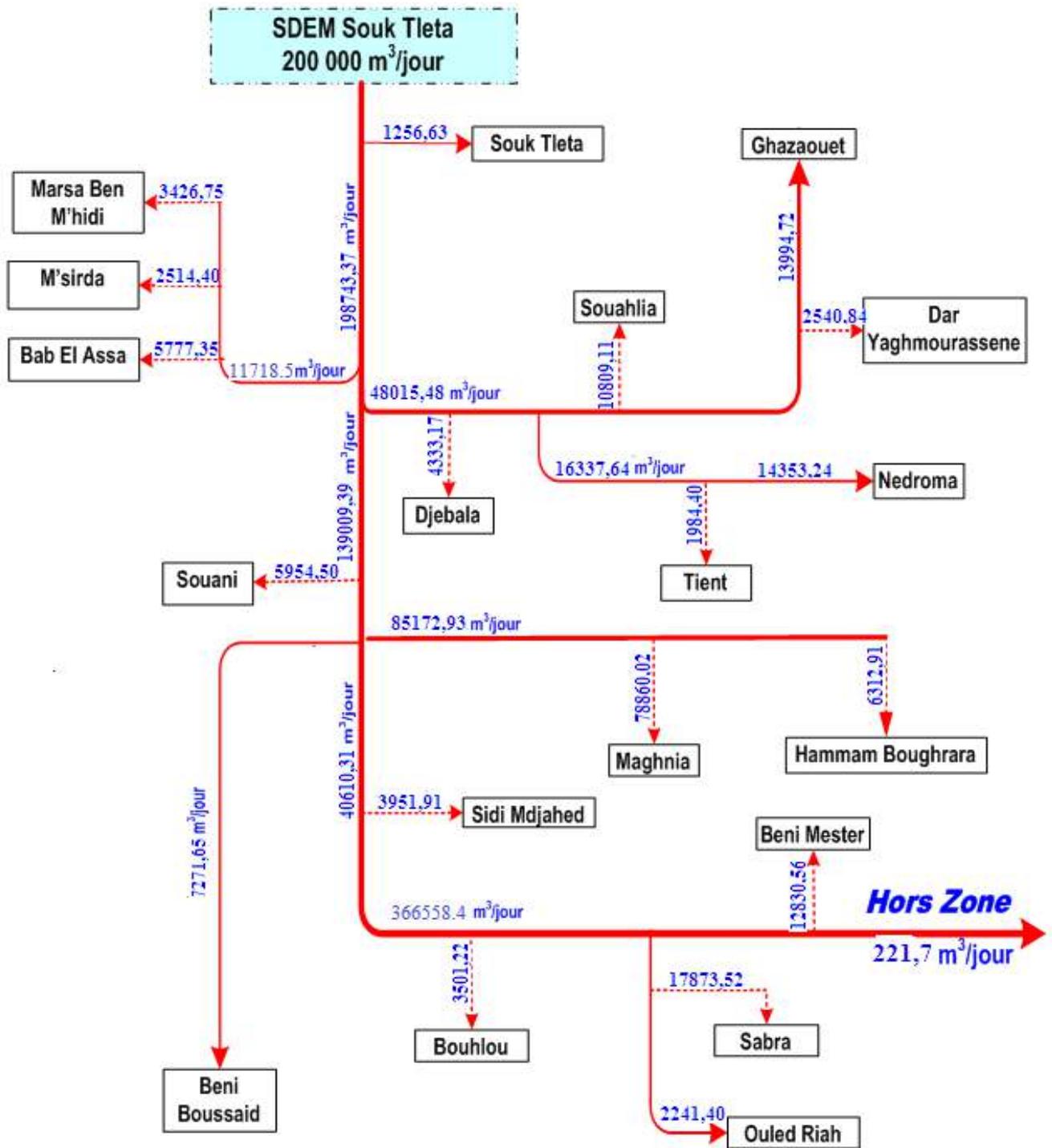
**Tableau II-06:** Récapitulation des différents débits journaliers à l'horizon 2040.

Daira	Commune	Horizon 2040	Dotation (l/j/hab)	Débit Moy (m3/j)	Débit Max (m3/j)	CAT 2 (15%)	CAT 3 (5%)	CAT 4 (10%)	Pertes (%)	débit total (m3/j)
GHAZAOUET	Ghazaouet	36004	200	7200,78	9361,01	1404,15	468,05	936,10	15%	13994,72
	Souahlia	27808	200	5561,67	7230,18	1084,53	361,51	723,02	15%	10809,11
	Tianet	5105	200	1021,05	1327,36	199,10	66,37	132,74	15%	1984,40
	Dar Yaghmorice	6537	200	1307,35	1699,56	254,93	84,98	169,96	15%	2540,84
NEDROMA	Nedroma	36926	200	7385,25	9600,83	1440,12	480,04	960,08	15%	14353,24
	Djebala	11148	200	2229,57	2898,44	434,77	144,92	289,84	15%	4333,17
MAGHNIA	Maghnia	202881	200	40576,29	52749,18	7912,38	2637,46	5274,92	15%	78860,02
	H. Boughrara	16241	200	3248,22	4222,68	633,40	211,13	422,27	15%	6312,91
BAB EL ASSA	Bab El Assa	14863	200	2972,65	3864,45	579,67	193,22	386,44	15%	5777,35
	Souani	15319	200	3063,80	3982,94	597,44	199,15	398,29	15%	5954,50
	Souk Thlata	3233	200	646,58	840,56	126,08	42,03	84,06	15%	1256,63
MARSA BEN M'HIDI	Marsa Ben Mhidi	8816	200	1763,19	2292,14	343,82	114,61	229,21	15%	3426,75
	Msirda Fouaga	6469	200	1293,75	1681,87	252,28	84,09	168,19	15%	2514,40
SABRA	Sabra	45983	200	9196,56	11955,53	1793,33	597,78	1195,55	15%	17873,52
	Bouhlou	9008	200	1801,51	2341,96	351,29	117,10	234,20	15%	3501,22
BENI BOUSSAID	Beni Boussaid	18708	200	3741,52	4863,98	729,60	243,20	486,40	15%	7271,65
	Sidi Medjahed	10167	200	2033,40	2643,42	396,51	132,17	264,34	15%	3951,91
MANSSOURAH	Beni Mester	33009	200	6601,78	8582,31	1287,35	429,12	858,23	15%	12830,56
HENAYA	Ouled Riah	5766	200	1153,28	1499,26	224,89	74,96	149,93	15%	2241,40
TOTAL		513991		102798,20	133637,66					<b>199788,30</b>

D'après le tableau II-10 on remarque qu'on a un surplus de: **211,6964** m<sup>3</sup>/j pour l'année 2040.



**Figure II-01:** Répartition du débit à horizon 2008.



**Figure II-02:** Répartition du débit à horizon 2040.

**Conclusion :**

L'objectif de ce chapitre est de définir les besoins en eau potable pour plusieurs horizons de notre zone d'étude alimentés à partir de la station de dessalement d'eau de mer de Souk Tleta (Wilaya de Tlemcen) qui produit un débit journalier constant égal à 200000 m<sup>3</sup>/j et qui satisfait les besoins de la zone d'études jusqu'à l'horizon 2040.

# **CHAPITRE III**

## ***ADDUCTION***

**Introduction :**

L'acheminement de l'eau pour n'importe quel réseau d'alimentation en eau potable doit avoir une adduction, soit par pompage, soit gravitaire soit mixte. Notre étude consiste à étudier les voies et moyens, tant sur le plan technique qu'économique, en vu d'acheminer les eaux prélevées de la station de dessalement de Souk Tleta jusqu'à le réservoir tampon de Bouhlou en desservant les différents localités en route.

**III-1. Quelques notions simples sur l'adduction :****III-1-1. Principe du choix du tracé :[2]**

L'adduction principale suivra un tracé en parallèle avec les routes nationales et les chemins de wilaya selon les localités à traversées.

Dans le cas d'un projet d'une adduction les principaux critères du choix du tracé sont:

- Distance la plus courte entre deux points à desservir, mais utilisation préférentielle d'un tracé longeant une voie de circulation existante (éventuellement une piste).
- Eviter le passage par des points hauts nécessitant davantage le pompage.
- Condition, de poses à priori plus faciles en absence d'une topographie plus précise et de données géotechniques.
- Conditions d'accès aisées (travaux, entretien, surveillance).

**III-1-2.Type d'adduction :**

D'après leur fonctionnement, on distingue trois types d'adduction :

- Adduction gravitaire
- Adduction par refoulement
- Adduction mixte

**III-1-2-1. Adduction gravitaire :**

Dans une adduction gravitaire, le point de captage se situe à une altitude supérieure à celle du réservoir de desserte de l'agglomération et l'écoulement peut être à surface libre, c'est-à-dire sans pression, grâce à la pente, ordinairement uniforme sur tout le parcours ou en charge, c'est-à-dire sous pression.

**III-1-2-2. Adduction par refoulement :**

Dans une adduction par refoulement, le point à alimenté se trouve à une altitude supérieure à celle du captage donc l'écoulement est en charge par pompage

**III-1-2-3. Adduction mixte :**

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

**III-1-3.Type d'écoulement :**

On distingue deux types d'écoulement :

**III-1-3-1.Ecoulement à surface libre :**

L'écoulement à surface libre se fait sans charge c'est-à-dire à la pression atmosphérique. On rencontre ce type d'écoulement dans les aqueducs fermés et les canaux à ciel ouvert.

**III-1-3-2.Ecoulement en charge :**

L'écoulement en charge se manifeste grâce à une certaine pression qui est supérieure à la pression atmosphérique .On rencontre ce type d'écoulement dans des réseaux sous pression ou dans les adductions par refoulement.

**III-2.Etude des variantes :**

Le tracé des conduites et les sites d'implantation des ouvrages de génie civil seront choisis en tenant compte de l'accessibilité du site en évitant les obstacles existants (routes ; les agglomérations ; les réseaux techniques existants ...etc.)

Pour la détermination de la variante la plus économique, il y aura lieu de tenir compte de certains impératifs que l'on s'efforcera, dans la mesure du possible, de respecter.

Tout d'abord, il importe de rechercher un profil en long aussi régulier que possible, établi, de préférence, avec une pente toujours dans le même sens vers le réservoir d'accumulation.

Il y a lieu d'éviter, en effet les contre-pentes qui, au droit du point haut ainsi formé, peuvent donner lieu, en exploitation, à des cantonnements d'air plus ou moins difficiles à évacuer.

De plus en cas d'arrêt inopiné, et si les dispositions prises pour s'opposer aux effets du coup de Bélier n'ont pas été suffisantes, il peut apparaître en ces points hauts, en régime transitoire,

par la suite de la dépression régnant dans la conduite une cavitation pouvant occasionner des éclatements au cours de la phase de surpression qui succède.

En ce qui concerne le choix des sites d'implantation des ouvrages d'arrivés (réservoirs tampons) il faut respecter les critères suivantes :

-permettre le maximum de souplesse pour la répartition future des volumes mobilisés sur les différents secteurs de chaque commune

-éviter les pompages inutiles, quant il s'agit de plusieurs étages de distribution.

-exploiter au maximum l'infrastructure de distribution existante (réservoirs ; station de pompage ; adduction...etc.).

D'après la carte topographique échelle (1/50.000) et le levé topographique qui nous permettra de définir les itinéraires les plus adoptés pour l'exécution du projet un seul tracé peut être retenu, cependant nous proposons 02 variantes sur lesquelles les stations de pompages sont implantées à différentes cotes. Après les différentes propositions une seule variante sera retenue.

### **III-2-1. Choix de la variante :**

#### **➤ Variante N°1 :**

Pour cette première variante, les stations de pompage sont implantées comme suit :

La première station (SP01) est implantée à une cote de 280 m NGA à, et alimentée par refoulement par la station de dessalement. Cette station de pompage alimente le réservoir RT01 implanté à une cote de 510 m NGA.

La deuxième station (SP02) est implantée à une cote de 436 m NGA, alimentée gravitairement par le réservoir RT01. Cette deuxième station alimente le réservoir RT02 implanté à une cote de 590 m NGA.

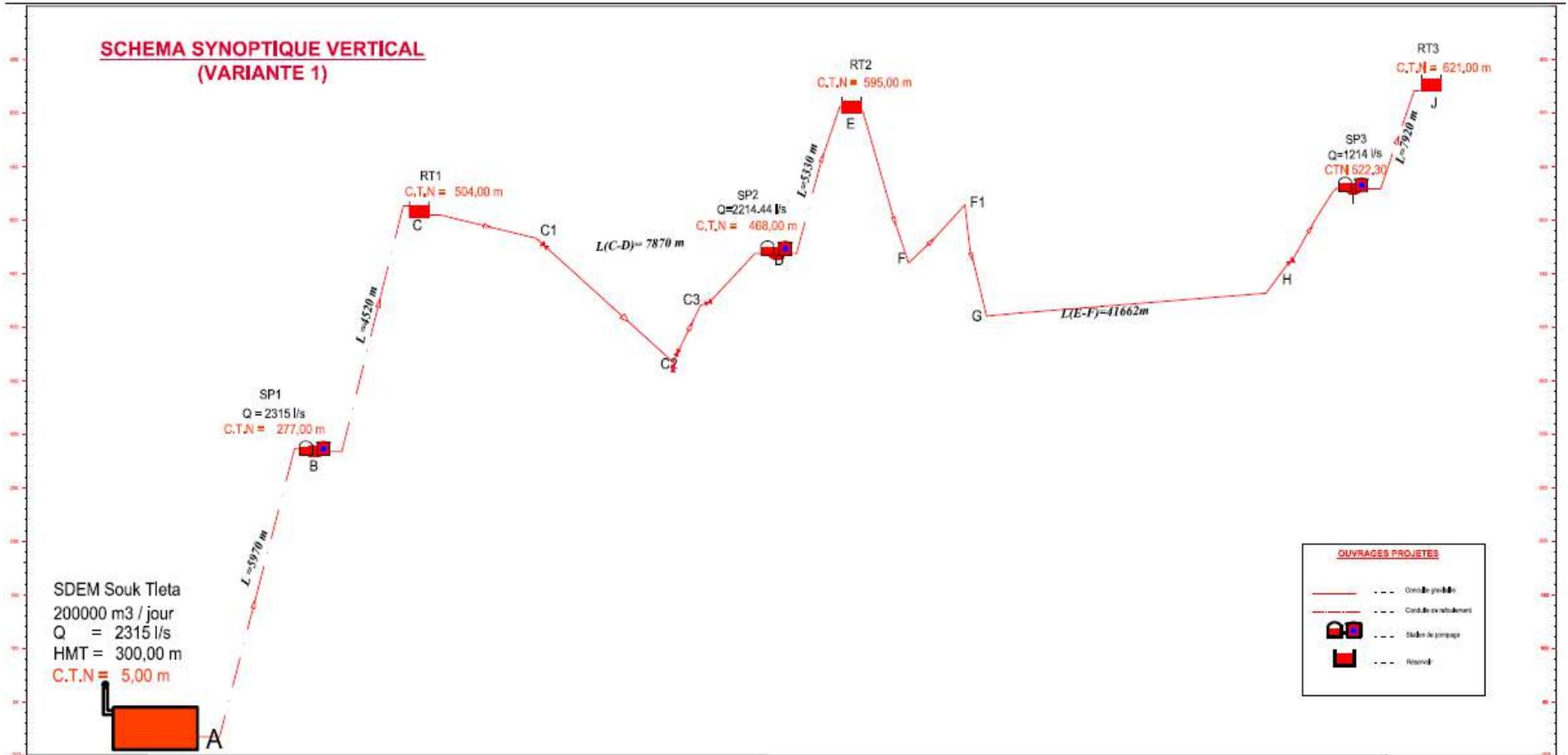
La troisième station (SP03) est implantée à une cote de 518 m NGA à Sidi Mdjahed, et alimentée par le réservoir RT02. Cette station de pompage alimente le réservoir RT03 implantée à une cote de 610 m NGA.

#### **➤ Variante N°2 :**

Dans la deuxième variante, la première et la deuxième station de pompage sont identiques à la première variante seule la troisième station de pompage qui sera implantée à une cote de 520 m NGA à Bouhlou et distante de 6200m part rapport à SP3, Cette station de pompage alimente le réservoir RT03 implantée à une cote de 610 m NGA.

### **Conclusion :**

De point de vu technico-économique la première variante est la plus avantageuse, donc c'est la variante choisie.



**Figure III-01 :** Schéma synoptique vertical (variante N°01).

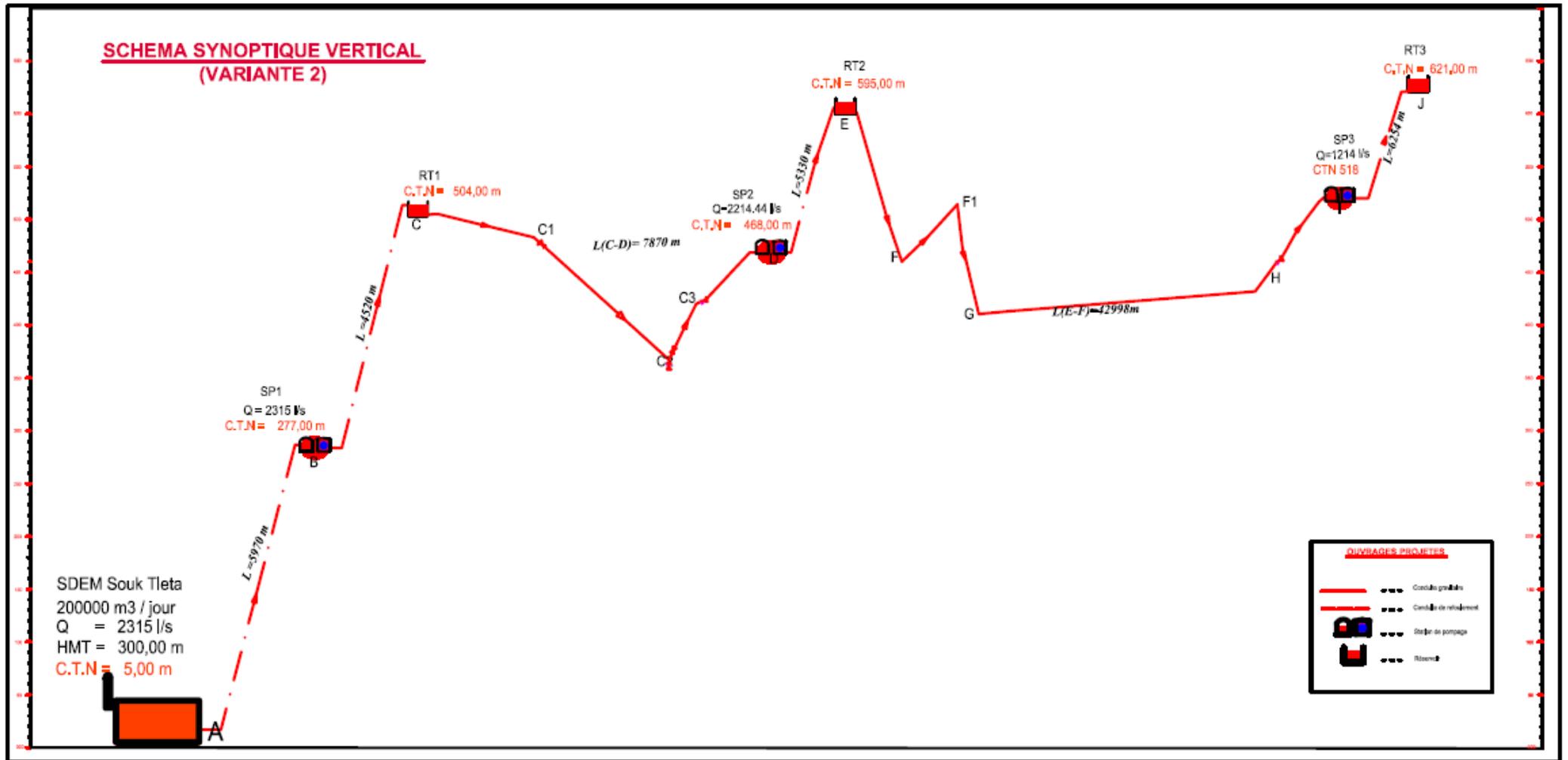


Figure III-02 : Schéma synoptique vertical (variante N°02).

### III-2-2.Choix du matériau des conduites :

Les matériaux susceptibles d'être utilisés pour les conduites sont la fonte, l'acier, le PEHD et l'amiante de ciment.

#### • Fonte :

La fonte est un matériau noble apte à prendre en charge les grandes pressions, il n'est pas sensible à la corrosion et sa pose se fait sans grande contrainte

Néanmoins elle nécessite beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite

#### • Acier :

L'acier est un matériau apte à prendre en charge les grandes pressions, il est très sensible à la corrosion surtout qu'il s'agit de sol agressif, une protection cathodique est indispensable.

Pour une conduite maîtresse alimentant une ville, l'acier n'est pas recommandé pour éviter une perturbation de l'alimentation en cas de fuite.

#### • PEHD :

Le PEHD est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il est incorrodable, son collage se fait par chauffage.

Ils nécessitent beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite.

#### • Amiante Ciment :

L'amiante ciment reste déconseillé pour l'alimentation en eaux potables. Il nécessite beaucoup de pièces spéciales dont la disponibilité reste aléatoire

Le choix du matériau des conduites enterrées pour le transport du fluide dépend aussi bien de leur faisabilité technique qu'économique.

-Sur le plan technique :

Résistance aux attaques chimiques, aux pressions et à la résistance des charges mobiles ; Adaptation aux terrains de pose ; Bonne étanchéité ; Facilité d'entretien et de mise en service.

-Sur le plan économique :

Du prix de la fourniture et du transport ; De leur disponibilité sur le marché local.

*Remarque :* Dans notre cas, nous optons pour des conduites en fonte ductile pour les tronçons du projet où la pression est supportable par la quelle, vu les avantages qu'elles présentent à savoir:

- souple et plus résistante.
- supporte des pressions de service atteignant 50 bars.
- une épaisseur de conduite voisine du 1/20eme du rayon.
- des longueurs jusqu'à 7m à partir du diamètre de 700mm.
- différents types de joints sont utiliser pour assembler ces conduites.

Dans les premiers tronçons de refoulement (la sorties des stations de pompage) ou la pression dépasse 25 bars on utilise comme matériau l'acier qui résiste jusqu'à une pression de 40 bars.

### III-3. Etude technico-économique :

La topographie de notre zone d'étude nous impose une adduction mixte refoulement-gravitaire ; gravitaire-refoulement.

#### III-3-1. Adduction par refoulement

Pour la partie de refoulement le diamètre est déterminé en fonction des calculs économiques, qui visent à minimiser :

- .charges annuelles d'amortissement et d'exploitation de la conduite,
- .charges annuelles d'amortissement et d'exploitation de la station de pompage.

#### III-3-2. Adduction gravitaire

Le diamètre dans ce cas doit satisfaire certaines conditions de fonctionnement, qui sont comme suit :

- ❖ la charge résiduelle à l'extrémité aval de la conduite soit positive
- ❖ l'épaisseur choisie supporte la pression engendrée par la topographie surtout dans le cas de siphons.

### III-4. Calcul des diamètres économiques des conduites de refoulements [4]:

On utilise généralement deux méthodes, selon l'importance du projet :

#### ■ Petits projets

On applique la formule de VIBERT, valable pour les petits et moyens DN, et les longueurs faibles :

$$D = 1.456 \left( \frac{n \dot{e}}{f} \right)^{0.154} \times Q^{0.46} \quad (\text{III-1})$$

Où

$D$  : diamètre économique

$f$  : prix de la conduite posée en DA/kg

$Q$  : débit en m<sup>3</sup>/s

$$n = \frac{\text{d u é e d e p o m p a g e e n h}}{24}$$

$e$  : prix du kWh en DA.

Le coefficient 1,456 tient compte d'un taux d'amortissement de 8% pendant 50 ans.

Le DN choisi doit être identique ou immédiatement supérieur au diamètre  $D$ .

### ■ Grands projets

Pour les grandes longueurs et les diamètres importants, il faut effectuer une étude économique détaillée.

Le diamètre retenu sera celui correspondant à un coût annuel minimal (amortissement de l'investissement+ frais de pompage).

La vitesse varie de façon importante avec le diamètre.

En plus des pertes de charge, il convient par conséquent de vérifier sa compatibilité avec les phénomènes éventuels de :

- coups de bélier,
- cavitation,
- abrasion.

Dans notre cas pour le calcul des diamètres économiques des conduites de refoulement, on utilise en première approximation les deux formules approchées de BRESS et de BONNIN:

#### -Formule de BRESSE

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

#### -Formule de BONNIN

$$D = \sqrt{Q} \quad (\text{III-3})$$

$Q$ : débit à élever en m<sup>3</sup>/s.

Remarque : La formule de Bress n'est valable que pour les petits linéaire (longueur de conduite  $\leq 1\text{Km}$ ).

A partir de ces deux diamètres déterminés, on choisit une gamme de diamètres parmi lesquels on optera pour celui qui présentera les frais les moins élevés.

### III-4-1. Calcul des pertes de charge :

#### III-4-1-1. Pertes de charge linéaires :

L'écoulement est toujours turbulent et les parois doivent être considérées comme rugueuses (au sens de la mécanique des fluides). De très nombreuses études depuis le XIXe siècle ont été menées visant la détermination de la perte de charge en fonction du débit et de

la section ; Les pertes de charge sont des pertes d'énergie hydraulique essentiellement dues à la viscosité de l'eau et au frottement de celle-ci contre les parois.

Elles ont pour conséquence :

- une chute de pression globale au bas d'un réseau gravitaire,
- une dépense d'énergie supplémentaire de pompage en refoulement.

La formule universelle de Darcy Wesbach donne :

$$\Delta H_l = I * L = \lambda \frac{L V^2}{D 2g} \quad (\text{III-4})$$

Sachant que la formule de la continuité nous donne  $Q=V*S$

$$\text{Alors : } \Delta H_l = \frac{8\lambda L}{\pi^2 D^5} \frac{Q^2}{g} \quad (\text{III-5})$$

$V$ : vitesse moyenne d'écoulement en (m/s).

$\Delta H_l$ : pertes de charge linéaires en (m)

$I$ : gradient hydraulique en (m/m)

$Q$  : débit  $m^3/s$

La détermination de  $\lambda$  a été affinée par les chercheurs successifs et la valeur la plus communément donnée est celle de **Colebrook** :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left( \frac{k}{3.7 D} + \frac{2.5}{R \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{III-6})$$

Avec :  $Re$  : nombre de Reynolds  $= \frac{V D}{\nu}$

$k$  : paramètre lié à la rugosité de la paroi

$\nu$  : viscosité cinématique.

Une autre étude a été faite par M<sup>r</sup> **Nikuradsé** pour la détermination de  $\lambda$ , dont la formule de calcul est comme suit :

$$\lambda = \left( 1,14 - 0,86 \lg \frac{K_s}{D} \right)^{-2} \quad (\text{III-7})$$

Avec :  $K_s$  est La rugosité absolue, qui est déterminée en mesurant l'épaisseur de rugosité des parois du tuyau.

$$K_s = K_0 + \alpha T \quad (\text{III-8})$$

$K_0$ : rugosité absolue des tuyaux neufs, égale à 0,8 mm (voir l'annexe I).

$\alpha$  : vieillissement déterminé à partir de l'abaque de « PETER-LAMONT »

$\alpha = 0,027$  mm/an (voir l'annexe II)

$T$ : temps de service,  $T=30$  ans.

Alors,  $K_s = 0,8 + 0,027 * 30 = 1.6$ mm.

### III-4-1-2. Pertes de charge singulières

Les pertes de charge singulières sont provoquées par des accidents de parcours dus à des changements plus ou moins brusques dans la géométrie de la conduite ; la perte de charge est due au brassage du fluide, à la réorganisation de l'écoulement et elle s'exprime sans référence au nombre de Reynolds ou à la rugosité de la paroi. Bien que la singularité géométrique soit parfois très localisée comme par exemple un élargissement brusque de section, la réorganisation de l'écoulement se fait sur une longueur de l'ordre d'une dizaine du diamètre en aval. Cela pose une convention à définir dans l'évaluation de la perte de charge par voie expérimentale pour atteindre une approche correcte du coefficient de perte de charge.

Pour le dimensionnement des adductions hydrauliquement longues les singularités sont estimées entre 5% et 10 % des pertes de charge linéaires.

Pour le notre cas on prendra  $\Delta H_s = 0,10 * \Delta H_l$  (III-9)

### III-4-2. Hauteur manométrique totale :

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

$$H_m \approx H_{géo} + J_{asp} + J_{ref} \quad (III-10)$$

### III-4-3. Puissance absorbée par la pompe :

C'est la puissance fournie à pompe, définie comme suit:

$$P = \frac{g * Q * HMT}{\eta} \quad (III-11)$$

Avec :  $\eta$ : rendement de la pompe en (%) ( $\eta=82\%$ )

Q: débit refoulé par la pompe en ( $m^3/s$ )

g: pesanteur ( $9.81 m/s^2$ )

### III-4-4. Energie consommée par la pompe :

$$E = P * t * 365 \text{ [Kwh]} \quad (III-12)$$

Avec : t: c'est le temps de pompage par jour en (heure); dans notre cas  $t=24h$

P: puissance de la pompe en (kW)

### III-4-5. Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation sont définis par la formule suivante:

$$F_{ex} = E * e \text{ [DA]} \quad (III-13)$$

Avec :E: énergie consommée par la pompe en (KwH)

e: prix unitaire d'un Kwh imposé par la SONELGAZ.

**Tableau III-01:** Variation journalière des tarifs de l'énergie (tarif 41).

Périodes	Horaires	Nombre d'heure	Prix du KWh d'énergie
		(H)	(DA)
Heures pleines	06h-17h	11	1,615
Heures de pointes	17h-21h	4	7,267
Heures creuses	21h-06h	9	0,853

$$\text{Donc : } e = \frac{1,615 * 11 + 7,267 * 4 + 0,853 * 9}{24} \Rightarrow e = 2,27DA$$

### III-4-6. Frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement sont donnés par la formule suivante:

$$F_{am} = P_{rc} * A \quad [DA] \quad (III-14)$$

Avec :  $P_{rc}$ : prix de la conduite en (DA)

A: Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante:

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i \quad (III-15)$$

Avec : i: Taux d'annuité annuel,  $i = 8\%$

n: nombre d'années d'amortissement,  $n = 30$ ans

$$A = \frac{0,08}{(0,08+1)^{30} - 1} + 0,08 = 0,089 = 8,9 \%$$

Les prix du mètre linéaire des conduites de la fonte ductile sont donnés à l'annexe(III).

### III-4-7. Calcul des longueurs des différents tronçons :

Les longueurs des différents tronçons sont présentées dans le tableau suivant:

**Tableau III-02:** Longueurs des différents tronçons de l'adduction.

TRONCON		Ecoulement	Longueur	Débit
			(m)	(l/s)
<b>A – B</b>	SDEM – SP1	Refoulement	5 970	2315
<b>B - C</b>	SP1 – RT1	Refoulement	4 520	2315
<b>C – D</b>	RT1 – SP2	Gravitaire	7 870	2315
<b>D – E</b>	SP2 – RT2	Refoulement	5 330	2220
<b>E – F</b>	RT2 – SP3	Gravitaire	41662	2220
<b>I – J</b>	SP3 – RT3	Refoulement	7 930	1214

- **Tronçon: A-B (SDEM – SP1)**

$$Q = 2.315 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 5993 \text{ m}$$

$$H_g = 277 \text{ m}$$

Avant de commencer le calcul économique on calcule le diamètre par la formule de Bonnin :

$$D = \sqrt{Q}$$

Donc :

$$D = \sqrt{2.315} = 1.522 \text{ m}$$

Les différents calculs, pour la détermination de diamètre économique sont résumés dans les tableaux suivants :

**Tableau III-03: Calcul de la HMT.**

Diamètre en (mm)	V (m/s)	Re	$\lambda$	j (m/m)	L (m)	H (m)	Ht(m)	hg	HMT (m)
1000	2,949	2949044,58	0,024	0,011	5993	63,175	69,493	277	346,49
1100	2,437	2680949,62	0,023	0,006	5993	38,254	42,079	277	319,07
1200	2,048	2457537,15	0,023	0,004	5993	24,204	26,624	277	303,62
<b>1400</b>	1,505	2106460,41	0,022	0,002	5993	10,764	11,841	277	288,84
1500	1,311	1966029,72	0,021	0,001	5993	7,492	8,241	277	285,24
1600	1,152	1843152,86	0,021	0,001	5993	5,339	5,872	277	282,87
1800	0,910	1638358,10	0,020	0,0005	5993	2,877	3,165	277	280,16
2000	0,737	1474522,29	0,020	0,0003	5993	1,656	1,821	277	278,82

**Tableau III-04: Calcul de frais d'exploitation.**

Diamètre en (mm)	P (K Watt)	E (KWh)	F <sub>exploitations</sub> (DA)
1000	9596,22	84062896,7	190822775,6
1100	8836,99	77412033,4	175725315,8
1200	8408,97	73662589	167214076,9
<b>1400</b>	7999,53	70075905,6	159072305,6
1500	7899,84	69202604,9	157089913,2
1600	7834,23	68627926,5	155785393,3
1800	7759,25	67971079,3	154294350,0
2000	7722,04	67645099,2	153554375,3

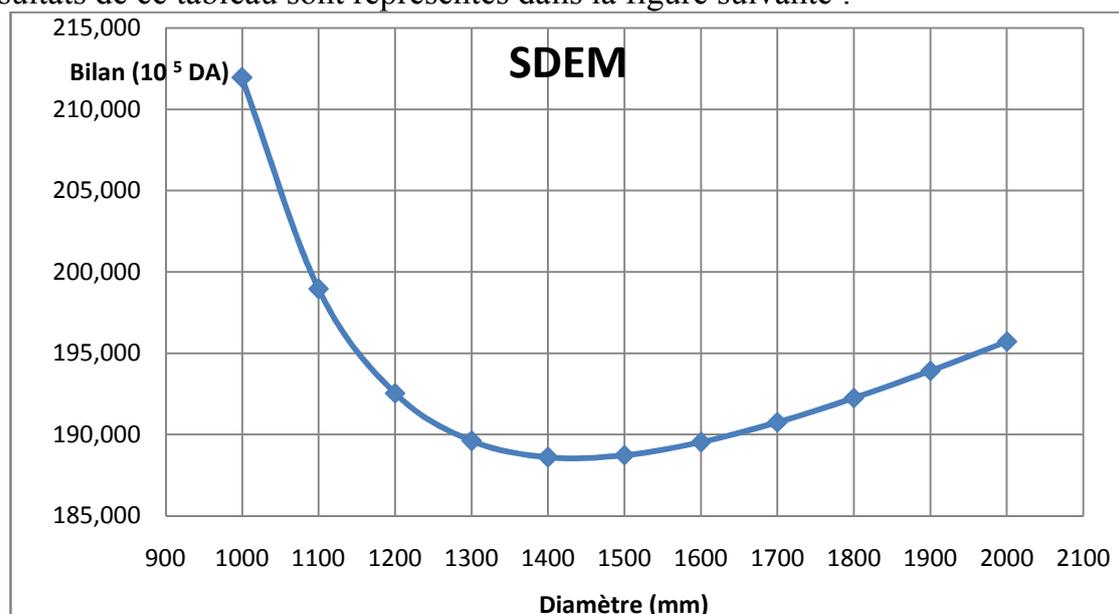
**Tableau III-05:** Calcul des frais d'amortissement.

Diamètre en (mm)	Prix de ml (DA)	L (m)	Prix total (DA)	F <sub>amortissement</sub> (DA)
1000	39609	5993	237373740,5	21126263
1100	43554	5993	261016125,5	23230435
1200	47499	5993	284658510,5	25334607
<b>1400</b>	<b>55389</b>	<b>5993</b>	<b>331943280,5</b>	<b>29542952</b>
1500	59334	5993	355585665,5	31647124
1600	63279	5993	379228050,5	33751296
1800	71169	5993	426512820,5	37959641
2000	79059	5993	473797590,5	42167986

**Tableau III-06:** Bilan des frais d'exploitation et d'investissement.

Diamètre en (mm)	F <sub>investissement</sub> (DA)	F <sub>exploitations</sub> (DA)	Bilan (10 <sup>6</sup> DA)
1000	21126263	190822776	211,949
1100	23230435	175725316	198,956
1200	25334607	167214077	192,549
<b>1400</b>	<b>29542952</b>	<b>159072306</b>	<b>188,615</b>
1500	31647124	157089913	188,737
1600	33751296	155785393	189,537
1800	37959641	154294350	192,254
2000	42167986	153554375	195,722

Les résultats de ce tableau sont représentés dans la figure suivante :

**Figure III-03:** Bilan des frais d'investissement et d'exploitation (tronçon AB.).

Selon la combinaison des frais d'investissement et d'exploitation le diamètre économique du tronçon de refoulement AB est :  $D=1400\text{mm}$  avec une vitesse d'écoulement de  $V=1.5\text{ m/s}$ .

**Tronçon: B-C : (SP1-RT1)**

$$Q = 2.217\text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 5060\text{m}$$

$$H_g = 230\text{ m}$$

Avant de commencer le calcul économique on calcule le diamètre par la formule de Bonnin :

$$D = \sqrt[3]{Q}$$

Donc :

$$D = \sqrt[3]{2.217} = 1.490\text{m}$$

Les différents calculs, pour la détermination de diamètre économique sont résumés dans les tableaux suivants :

***Tableau III-07: Calcul de la HMT.***

Diamètre en (mm)	V (m/s)	Re	$\lambda$	j (m/m)	L (m)	H (m)	HT(m)	hg	HMT (m)
1000	2,949	2949044,58	0,024	0,011	5060	53,340	58,674	230	288,674
1100	2,437	2680949,62	0,023	0,006	5060	32,298	35,528	230	265,528
1200	2,048	2457537,15	0,023	0,004	5060	20,436	22,480	230	252,480
<b>1400</b>	1,505	2106460,41	0,022	0,002	5060	9,089	9,997	230	239,997
1500	1,311	1966029,72	0,021	0,001	5060	6,326	6,958	230	236,958
1600	1,152	1843152,86	0,021	0,001	5060	4,507	4,958	230	234,958
1800	0,910	1638358,10	0,020	0,0005	5060	2,429	2,672	230	232,672
2000	0,737	1474522,29	0,020	0,0003	5060	1,398	1,538	230	231,538

***Tableau III-08: Calcul de frais d'exploitation.***

Diamètre en (mm)	P (K Watt)	E (KWh)	F <sub>exploitations</sub> (DA)
1000	7666,82	67161417,9	152456418,6
1100	7052,10	61776411,2	140232453,5
1200	6705,54	58740597,4	133341156
<b>1400</b>	6374,03	55836566,3	126749005,5
1500	6293,31	55129480,7	125143921,2
1600	6240,20	54664180,7	124087690,1
1800	6179,49	54132350,9	122880436,6
2000	6149,36	53868414,6	122281301,1

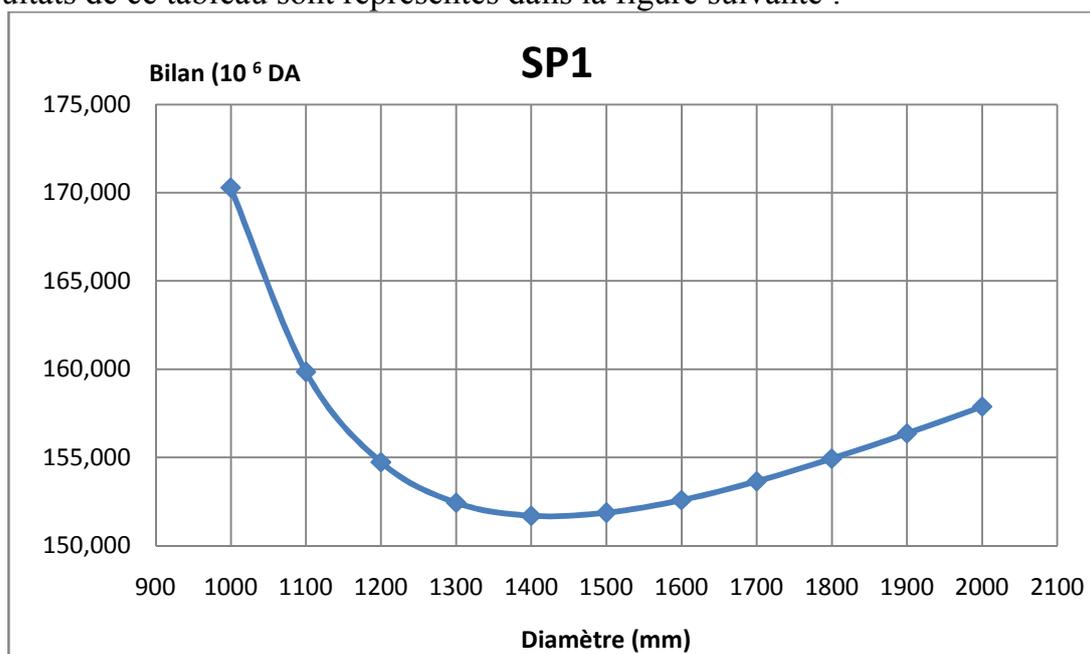
**Tableau III-9:** Calcul des frais d'amortissement.

Diamètre en (mm)	Prix de ml (DA)	L (m)	Prix total (DA)	F <sub>amortissement</sub> (DA)
1000	39609	5060	200419010	17837292
1100	43554	5060	220380710	19613883
1200	47499	5060	240342410	21390474
<b>1400</b>	<b>55389</b>	<b>5060</b>	<b>280265810</b>	<b>24943657</b>
1500	59334	5060	300227510	26720248
1600	63279	5060	320189210	28496840
1800	71169	5060	360112610	32050022
2000	79059	5060	400036010	35603205

**Tableau III-10:** Bilan des frais d'exploitation et d'investissement.

Diamètre en (mm)	F <sub>investissement</sub> (DA)	F <sub>exploitations</sub> (DA)	Bilan (10 <sup>6</sup> DA)
1000	17837292	152456419	170,294
1100	19613883	140232453	159,846
1200	21390474	133341156	154,732
<b>1400</b>	<b>24943657</b>	<b>126749005</b>	<b>151,693</b>
1500	26720248	125143921	151,864
1600	28496840	124087690	152,585
1800	32050022	122880437	154,930
2000	35603205	122281301	157,885

Les résultats de ce tableau sont représentés dans la figure suivante :

**Figure III-04 :** Bilan des frais d'investissement et d'exploitation (tronçon BC).

Selon la combinaison des frais d'investissement et d'exploitation le diamètre économique du tronçon de refoulement BC est :  $D=1400\text{mm}$  avec une vitesse d'écoulement de  $V=1.50\text{ m/s}$ .

**Tronçon: D-F : (SP2-RT2)**

$$Q = 2.220\text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 5330\text{m}$$

$$H_g=159\text{ m}$$

Avant de commencer le calcul économique on calcule le diamètre par la formule de Bonnin :

$$D = \sqrt{Q}$$

Donc :

$$D = \sqrt{2.22} = 1.490\text{m}$$

Les différents calculs, pour la détermination de diamètre économique sont résumés dans les tableaux suivants :

**Tableau III-11: Calcul de la HMT.**

Diamètre en (mm)	V (m/s)	Re	$\lambda$	j (m/m)	L (m)	H (m)	HT(m)	hg	HMT (m)
1000	2,828	2828025,5	0,024	0,010	5330	51,669	56,836	159	215,836
1100	2,337	2570932,3	0,023	0,006	5330	31,287	34,415	159	193,415
1200	1,964	2356687,9	0,023	0,004	5330	19,796	21,775	159	180,775
<b>1400</b>	1,443	2020018,2	0,022	0,002	5330	8,804	9,684	159	168,684
1500	1,257	1885350,3	0,021	0,001	5330	6,127	6,740	159	165,740
1600	1,105	1767515,9	0,021	0,001	5330	4,366	4,803	159	163,803
1800	0,873	1571125,3	0,020	0,0004	5330	2,353	2,589	159	161,589
2000	0,707	1414012,7	0,020	0,0003	5330	1,354	1,490	159	160,490

**Tableau III-12: Calcul de frais d'exploitation.**

Diamètre en (mm)	P (K Watt)	E (KWh)	F <sub>exploitations</sub> (DA)
1000	5732,349975	50215385,8	113988925,7
1100	5136,875996	44999033,7	102147806,6
1200	4801,175732	42058299,4	95472339,66
<b>1400</b>	4480,048005	39245220,5	89086650,6
1500	4401,858489	38560280,4	87531836,42
1600	4350,405615	38109553,2	86508685,73
1800	4291,595889	37594380	85339242,57
2000	4262,409809	37338709,9	84758871,53

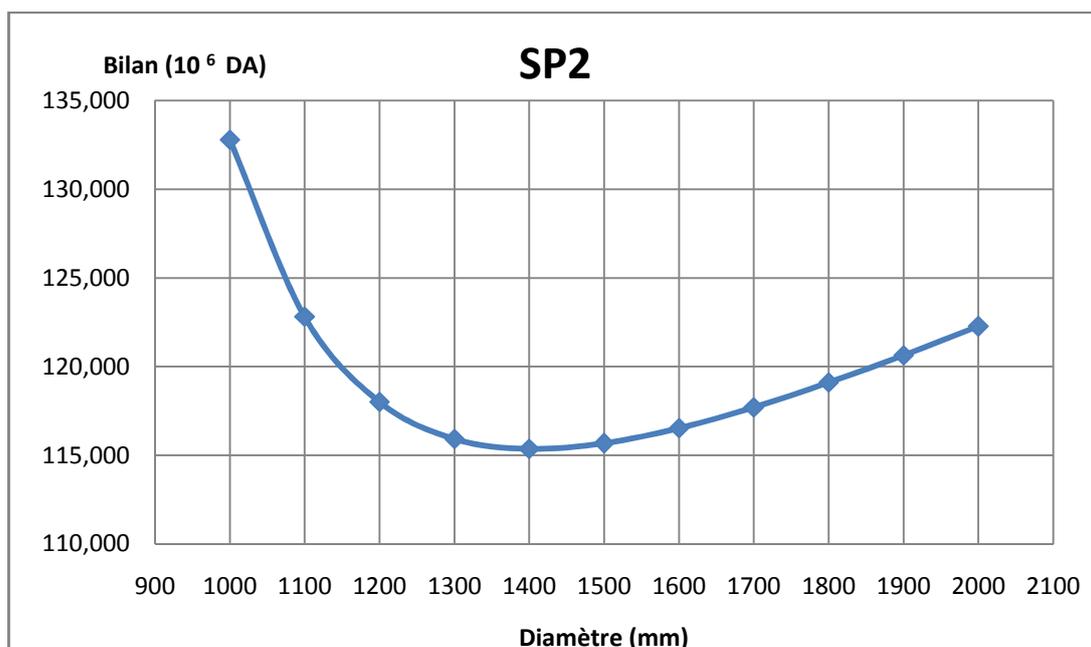
**Tableau III-13:** Calcul des frais d'amortissement.

Diamètre en (mm)	Prix de ml (DA)	L (m)	Prix total (DA)	F <sub>amortissement</sub> (DA)
1000	39609	5330	211113305	18789084
1100	43554	5330	232140155	20660474
1200	47499	5330	253167005	22531863
<b>1400</b>	55389	5330	295220705	26274643
1500	59334	5330	316247555	28146032
1600	63279	5330	337274405	30017422
1800	71169	5330	379328105	33760201
2000	79059	5330	421381805	37502981

**Tableau III-14:** Bilan des frais d'exploitation et d'investissement.

Diamètre en (mm)	F <sub>investissement</sub> (DA)	F <sub>exploitations</sub> (DA)	Bilan (10 <sup>6</sup> DA)
1000	18789084,15	113988926	132,778
1100	20660473,8	102147807	122,808
1200	22531863,45	95472339,7	118,004
<b>1400</b>	26274642,75	89086650,6	115,361
1500	28146032,4	87531836,4	115,678
1600	30017422,05	86508685,7	116,526
1800	33760201,35	85339242,6	119,099
2000	37502980,65	84758871,5	122,262

Les résultats de ce tableau sont représentés dans la figure suivante:

**Figure III-05 :** Bilan des frais d'investissement et d'exploitation (tronçon DF).

Selon la combinaison des frais d'investissement et d'exploitation le diamètre économique du tronçon de refoulement DF est :  $D=1400\text{mm}$  avec une vitesse d'écoulement de  $V=1.44\text{ m/s}$ .

**Tronçon: I-J: (SP3-RT3)**

$$Q = 1.214\text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 7929\text{ m}$$

$$H_g = 92\text{ m}$$

Avant de commencer le calcul économique on calcule le diamètre par la formule de Bonnin :

$$D = \sqrt{Q}$$

Donc :

$$D = \sqrt{1.214} = 1.102\text{m}$$

Les différents calculs, pour la détermination de diamètre économique sont résumés dans les tableaux suivants :

***Tableau III-15: Calcul de la HMT.***

Diamètre en (mm)	V (m/s)	Re	$\lambda$	j (m/m)	L (m)	H (m)	HT(m)	hg	HMT (m)
800	2,416	1933121	0,025	0,009	7929	74,490	81,939	92	173,939
900	1,909	1718329	0,024	0,005	7929	40,037	44,041	92	136,041
1000	1,546	1546496	0,024	0,003	7929	22,986	25,284	92	117,284
<b>1100</b>	1,278	1405906	0,023	0,002	7929	13,918	15,310	92	107,310
1200	1,074	1288747	0,023	0,001	7929	8,806	9,687	92	101,687
1400	0,789	1104640	0,022	0,000	7929	3,916	4,308	92	96,308

***Tableau III-16: Calcul des frais d'exploitation.***

Diamètre en (mm)	P (K Watt)	E (KWh)	F <sub>exploitations</sub> (DA)
800	2526,220927	22129695,3	50234408,38
900	1975,805393	17308055,2	39289285,4
1000	1703,386685	14921667,4	33872184,9
<b>1100</b>	1558,5258	13652686	30991597,23
1200	1476,860036	12937293,9	29367657,19
1400	1398,739332	12252956,5	27814211,36

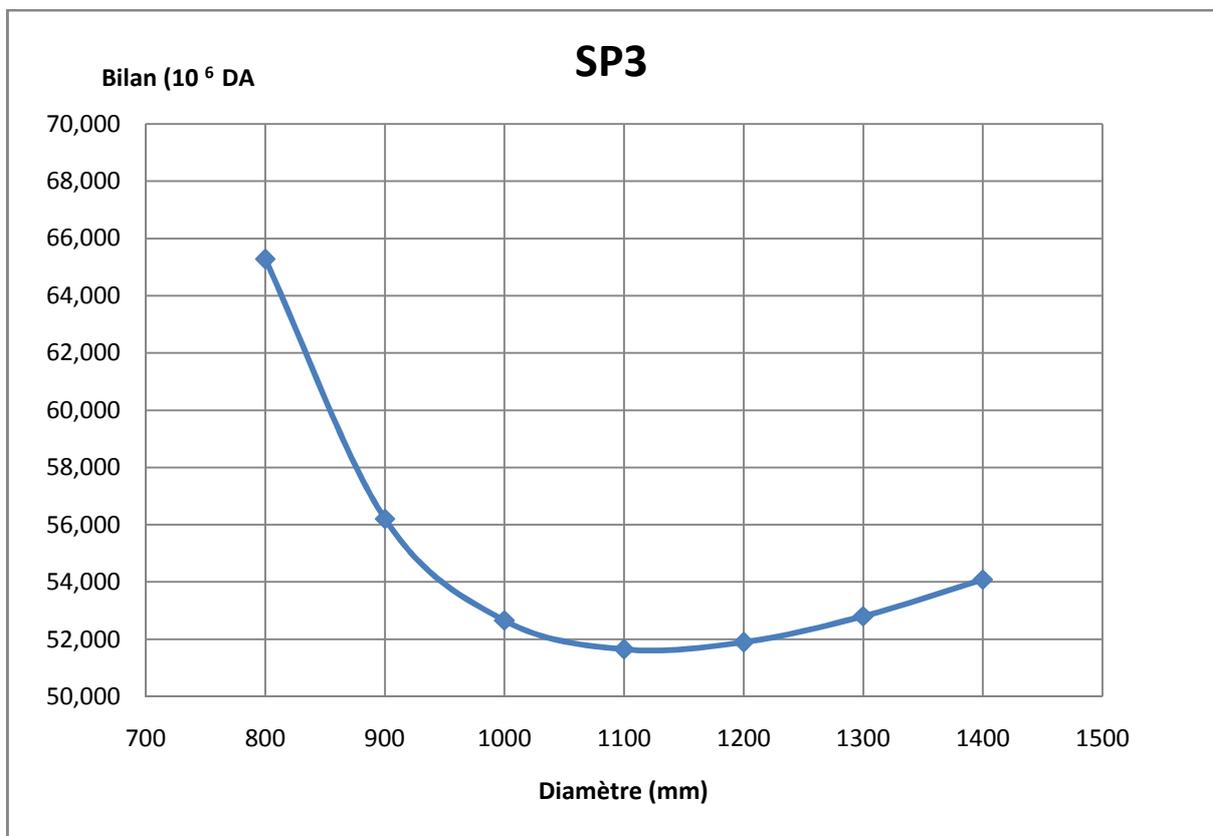
***Tableau III-17: Calcul des frais d'amortissement.***

Diamètre en (mm)	Prix de ml (DA)	L (m)	Prix total (DA)	F <sub>amortissement</sub> (DA)
800	31719	5330	169059605	15046305
900	35664	5330	190086455	16917694
1000	39609	5330	211113305	18789084
<b>1100</b>	43554	5330	232140155	20660474
1200	47499	5330	253167005	22531863
1400	55389	5330	295220705	26274643

**Tableau III-18:** Bilan des frais d'exploitation et d'investissement.

Diamètre en (mm)	F <sub>investissement</sub> (DA)	F <sub>exploitations</sub> (DA)	Bilan (10 <sup>6</sup> DA)
800	15046304,85	50234408,4	65,281
900	16917694,5	39289285,4	56,207
1000	18789084,15	33872184,9	52,661
<b>1100</b>	20660473,8	30991597,2	51,652
1200	22531863,45	29367657,2	51,900
1400	26274642,75	27814211,4	54,089

Les résultats de ce tableau sont représentés dans la figure suivante :

**Figure III-06 :** Bilan des frais d'investissement et d'exploitation (tronçon I-J).

Selon la combinaison des frais d'investissement et d'exploitation le diamètre économique du tronçon de refoulement I-J est : D=1100mm avec une vitesse d'écoulement de V=1.28 m/s.

**III-4-7. Calcul des diamètres avantageux des tronçons gravitaires :**

Le calcul se fait avec la formule Darcy-Weisbakh

$$\Delta H_t = \frac{K' * L_e * Q^\beta}{D_{av}^m} \quad (\text{III-16})$$

$\Delta H_t$  : Perte de charge totale (m)

$K'$  : Coefficient de frottement

$L_{eq}$  : Longueur équivalente de la conduite (m)

$$L_{eq} = L_g + L_{e_e} \quad (\text{III-17})$$

$L_g$  : Longueur géométrique de la conduite (m)

$L_{e_e}$  : Longueur équivalente des pertes de charge singulière (m)

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à **10%** des pertes de charge linéaires.

$$\Delta H_t = 1,10 * \Delta H_p^{lin} \Rightarrow L_{eq} = 1,10 * L_g \quad (\text{III-18})$$

$Q$  : Débit véhiculé par la conduite (m<sup>3</sup>/s) ;

$D_{av}$  : Diamètre avantageux calculé de la conduite (m) ;

$\beta$  : Exposant tenant compte du régime d'écoulement ;

$m$  : Exposant tenant compte du type du matériau.

Selon le type de matériau les coefficients **K'**, **m** et  **$\beta$**  sont donnés dans le tableau III.7

**Tableau III-19:** Coefficients  $K'$ ,  $m$ ,  $\beta$ , pour différents types du tuyau.

Tuyau	$K'$	$m$	$\beta$
Acier et fonte	0,00179 - 0,001735	5,1 - 5,3	1,9 - 2
Amiante-ciment	0,00118	4,89	1,85
Plastique	0,001052	4,772	2

On déduit alors le diamètre calculé de la conduite gravitaire :

$$D_{av} = \sqrt[m]{\frac{K' * L_e * Q^\beta}{\Delta H_t}} \quad (\text{III-19})$$

Pour notre étude, on prend :  **$K'$  = 0,001735 ;  $\beta$  = 2 ;  $m$  = 5,3.**

**III-4-7-1. Calcul des longueurs des différents tronçons :**

Les différentes longueurs sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau III-20:** Les longueurs des différents tronçons de l'adduction.

TRONCON		Longueur (géométrique) (m)	Longueur équivalente (m)
C – C1	RT1 – Piquage Marsa Ben M'Hidi	60	69
C1 – C2	Piquage Marsa – Piquage Souk Tleta	1 465	1684,75
C2 – C3	Piquage Souk Tleta – Piquage Bab El Assa	5 444	6260,6
C3 – D	Piquage Bab El Assa – SP2	961	1105,15
E – F	RT2 – Piquage (Ghazaouet – Nedroma)	2 440	2806
F – F1	Piquage (Ghazaouet – Nedroma) – Piquage Souani	4 505	5180,75
F1 – G	Piquage Souani – Piquage Maghnia	19 990	22988,5
G – H	Piquage Maghnia – Piquage Zouia	6 165	7089,75
H – I	Piquage Zouia – SP3	8 562	9846,3

**III-4-7-2. Les altitudes des différents points :**

Les altitudes des différents points de notre adduction sont données dans le tableau ci-après:

**Tableau III-21:** Les altitudes des différents points de l'adduction.

Réservoirs	TRONCON	Cote du terrain naturel
C	RT1	504
C1	Piquage Marsa Ben M'Hid	480
C2	Piquage Souk Tleta	368
C3	Piquage Bab El Assa	412
D	SP2	473
E	RT2	600
F	Piquage (Ghazaouet- Nedroma)	460
F1	Piquage Souani	514
G	Piquage Maghnia	413
H	Piquage Zouia	433
I	SP3	527
I1	Piquage Sidi M'djahed	522

**III-4-7-3. Calcul des diamètres :****Tronçon: C-D: (RT1-SP2)**

\* Calcul de la charge disponible entre le réservoir Tampon(RT1) et le point le plus éloigné (SP2).

$$H_d = C_{RT1} - C_{SP2}$$

Avec:

$H_d$  : La charge disponible.

$C_{RT1}$ : Cote du radibgt er du réservoir tampon.

$C_{SP2}$ : Cote du terrain du point E

$$\Delta H_d = 504 - 473 = 31 \text{ m}$$

\* calcul de la somme des longueurs des tronçons de la ligne principale :

$$L_{eq} = 1,10 * L_g$$

$$\sum L_i = 7930 \text{ m} \rightarrow \sum L_{eq} = 8723 \text{ m}$$

\*Détermination du gradient moyen

$$J_{moy} = \frac{\Delta H}{\sum L_{eq}}$$

$$J_{moy} = \frac{31}{8723} = 0.0036$$

\*Détermination du diamètre

$$J = \frac{\Delta H}{L} = \frac{K' Q^\beta}{D^m} \quad D = \sqrt[m]{\frac{K' Q^\beta}{J}} \quad (\text{III-20})$$

Sachant que :  $K' = 0.001735$

$$m = 5.3$$

$$\beta = 2$$

**Tableau III-22:** Diamètres avantageux de la conduite gravitaire tronçon C-D.

TRONÇON	L g(m)	Le(m)	Q (L/S)	D (m)	DN (mm)	$\Delta H$ (m)	$\Delta H = J * L$ (m)	V (m/s)
C – C1	60	66	2,31	1,199	1,200	0,23	0,23	2,05
C1 – C2	1 465	1611,5	2,27	1,190	1,200	5,48	5,72	2,01
C2 – C3	5 444	5988,4	2,26	1,188	1,200	20,17	21,26	2,00
C3 – D	961	1057,1	2,22	1,180	1,200	3,44	3,75	1,96
Total	7930	8723				29,32	30,97	

Remarque : d'après les diamètres retenus on aura une charge résiduelle de 1.64m.

**Tronçon: E-I: (RT2-SP3)**

\* Calcul de la charge disponible entre le réservoir Tampon(RT2) et le point le plus éloigné (SP3).

$$H_d = C_{RT2} - C_{SP3} \quad (III-21)$$

Avec:

$H_d$  : La charge disponible.

$C_{RT2}$ : Cote du radier du réservoir tampon.

$C_{SP3}$ : Cote du terrain du point E

$$\Delta H_d = 600 - 527 = 73 \text{ m}$$

\* calcul de la somme des longueurs des tronçons de la ligne principale :

$$L_{eq} = 1,10 * L_g$$

$$\sum L_i = 41662 \rightarrow \sum L_{eq} = 45828,2 \text{ m}$$

\* Détermination du gradient moyen

$$J_{moy} = \frac{\Delta H}{\sum L_{eq}}$$

$$J_{moy} = \frac{73}{47911,3} = 0,0016$$

\* Détermination du diamètre

$$J = \frac{\Delta H}{L} = \frac{K' Q^\beta}{D^m} \quad D = \sqrt[m]{\frac{K' Q^\beta}{J}}$$

Sachant que :  $K' = 0,001735$

$$m = 5,3$$

$$\beta = 2$$

**Tableau III-23:** Diamètres avantageux de la conduite gravitaire tronçon E-I.

TRONÇON	L g(m)	Le(m)	Q (L/S)	D (m)	DN (mm)	$\Delta H$ (m)	$\Delta H = J * L$ (m)	V (m/s)
E – F	2 440	2684	2,22	1,374	1,400	3,86	4,27	1,44
F – F1	4 505	4955,5	1,81	1,272	1,300	7,01	7,88	1,36
F1 – G	19 990	21989	1,77	1,262	1,300	29,86	34,96	1,34
G – H	6 165	6781,5	1,29	1,120	1,100	11,85	10,78	1,36
H – I	8 562	9418,2	1,24	1,103	1,100	15,21	14,97	1,31
<b>Total</b>	<b>41 662</b>	<b>45828,2</b>	<b>1,21</b>			<b>67,78</b>	<b>72,87</b>	

Le diamètre 1300 n'est pas normalisé alors on utilise DN1400 avec une longueur L1 et DN1200 avec une longueur L2 pour le tronçon F1- G

**Tableau III-24:** Diamètres avantageux de la conduite gravitaire tronçon E-I.

TRONÇON	L g(m)	Le(m)	Q (L/S)	D (m)	DN (mm)	ΔH (m)	ΔH=J*L (m)	V (m/s)
E – F	2 440	2684	2,22	1,374	1,400	3,86	4,27	1,44
F – F1	4 505	4955,5	1,81	1,272	1,400	4,73	7,88	1,18
F1 – G	6 609	7270	1,77	1,262	1,400	6,67	11,56	1,15
	13 381	14719	1,77	1,262	1,200	30,55	23,40	1,57
G – H	6 165	6781,5	1,29	1,120	1,100	11,85	10,78	1,36
H – I	8 562	9418,2	1,24	1,103	1,100	15,21	14,97	1,31
<b>Total</b>	41 662	45828,2				72,87	72,87	

#### III-4-7-4. Détermination des cotes piézométriques et des pressions au niveau des points de piquage :

$$C_{P(i+1)} = C_{pi} + \Delta H_{(i+1-i)} \quad (\text{III-22})$$

Avec:

$C_{P(i+1)}$  : Cote piézométrique au point (i+1).

$C_{pi}$  : Cote piézométrique au point (i).

$\Delta H_{(i+1-i)}$ : La perte de charge du point (i+1) au point (i).

$$P = C_p - C_T \quad (\text{III-23})$$

Avec:

P : Pression.

$C_p$ : cote piézométrique

$C_T$ : cote du terrain.

**Tableau III-25 :** Détermination des cotes piézométriques et des pressions.

NOEUD		Q (l/s)	ΔH	∑ ΔH	CP (m)	CT (m)	P (m)	P (bar)
<b>C1</b>	Piquage Marsa Ben M'Hid	45,408	0,23	0,23	503,77	480	23,77	2,38
<b>C2</b>	Piquage Souk Tleta	10,512	5,48	5,71	498,29	368	130,29	13,03
<b>C3</b>	Piquage Bab El Assa	38,703	20,17	25,88	478,12	412	66,12	6,61
<b>F</b>	Piquage Ghazaouet - Nedroma	410,831	3,86	3,86	596,14	460	136,14	13,61
<b>F1</b>	Piquage Souani	36,285	4,73	8,59	591,41	514	77,41	7,74
<b>G</b>	Piquage Maghnia	480,891	37,21	45,80	554,20	413	141,20	14,12
<b>H</b>	Piquage Zouia	50,279	11,85	57,65	542,35	433	109,35	10,94
<b>I1</b>	Piquage Sidi M'djahed	27,325	15,21	72,86	527,14	522	5,14	0,51

**Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons proposé deux variantes pour le tracé du transfert d'eau potable à partir de la SDEM pour alimenter notre zone d'étude et vu les avenages présentes par la première variante c'est celle qui a été choisie et c'est celle que nous avons dimensionné.

## **CHAPITRE IV**

### ***ETUDE DES RESERVOIRS***

## Introduction

Dans le cadre de notre projet d'adduction, les réservoirs de stockage représentent un élément indispensable pour l'acheminement de l'eau recueilli à la sortie de la station de dessalement vers les consommateurs. Donc le but de ce chapitre est de déterminer les volumes de stockage nécessaires et les vérifier de telle façon qu'on assure le meilleur fonctionnement des réseaux.

### IV-2. Le rôle des réservoirs [3]

Les réservoirs d'eau potable assurent des fonctions générales multiples et de nature à la fois technique et économique

#### a- Fonction technique

-Régulation du débit: Le réservoir est un ouvrage régulateur de débit, il permet d'adapter la production à la consommation.

-Sécurité d'approvisionnement: Le réservoir assure une fonction de sécurité d'approvisionnement dans l'éventualité d'un incident sur les équipements d'alimentation du réseau de distribution (pollution, rupture d'une canalisation, interruption de l'alimentation en énergie)

-Régulation de la pression: Le réservoir est un régulateur de pression puisque sa charge conditionne la perte de charge sur le réseau.

-Simplification de l'exploitation en permettant l'arrêt pour l'entretien ou réparation de certaines installations.

-Réacteur participant au traitement: les réservoirs disposés à l'aval immédiat d'une station de traitement en assurant un temps de contact suffisant entre l'agent désinfectant et l'eau, garantissant une désinfection adéquate de celle avant la distribution.

#### b- Fonction économique

-Réduction des investissements sur le réseau de distribution: Les réservoirs peuvent conduire à des économies significatives sur les investissements à réaliser sur le réseau de distribution, en réduisant le diamètre des canalisations maîtresses (réservoir d'équilibre).

-Réduction des dépenses d'énergie: Les réservoirs permettent de privilégier le pompage pendant les heures de plus faible coût de l'énergie.

### IV-3. Classification des réservoirs [1]

Les réservoirs sont classés selon les critères suivants:

➤ D'après la nature des matériaux, on distingue :

- Réservoirs métalliques
- Réservoirs en maçonnerie

- Réservoirs en béton armé
- Réservoirs en plastique
  - D'après la situation des lieux, ils peuvent être:
    - Réservoirs enterrés
    - Réservoirs semi enterrés
    - Réservoirs surélevés
    - même niveau sur sol
      - D'après la forme de la cuve
        - Réservoirs carrés.
        - Réservoirs circulaires.
        - Réservoirs rectangulaires.
        - D'après la nature du liquide:
          - Réservoirs d'eau
          - Réservoirs à hydrocarbure (pétrole, essence)
            - D'après le mode de couverture:
              - Réservoirs non couverts.
              - Réservoirs couverts.
                - D'après des considérations esthétiques, ils peuvent :
                  - Soit affirmer les fonctions de l'ouvrage.
                  - Soit s'intégrer au paysage.

#### **IV-4. Détermination analytique du volume des réservoirs d'alimentation :**

Pour assurer leur rôle, les réservoirs doivent avoir une capacité suffisante.

La capacité du réservoir doit être estimée en tenant compte des variations des débits à l'entrée comme à la sortie ; c'est-à-dire d'une part du mode d'exploitation des ouvrages situés en amont et d'autre part de la variation de la demande. Le plus souvent, la capacité est calculée pour satisfaire aux variations journalières du débit de consommation en tenant compte bien entendu du jour de plus forte consommation et de la réserve d'eau destinée à l'incendie. Il est possible de réduire leur capacité en calculant le volume minimum pour assurer la continuité de la distribution. A la limite, le réservoir peut servir de simple régulateur de pression en fonction du rythme d'enclenchement de la pompe.

Deux méthodes peuvent être appliquées pour déterminer le volume des réservoirs :

- Méthode analytique
- Méthode graphique

**IV-4-1. Méthode analytique :**

La méthode analytique consiste à calculer pour chaque heure de la journée, le résidu dans le réservoir afin de déterminer son volume qui sera :

$$V_r = \frac{Q_{max,j} * R_{max}}{100} \dots\dots\dots (IV-1)$$

Avec:

$V_r$  : volume de régulation de réservoir (m<sup>3</sup>).

$R_{max}$  : résidu maximal.

$Q_{max,j}$  : débit maximum journalier entrant dans le réservoir (m<sup>3</sup>/j).

La réserve d'incendie est par définition, la réserve minimale d'eau nécessaire pour l'extinction d'un sinistre moyen d'une durée de deux heures avec un débit moyen de 60m<sup>3</sup>/h, en conséquence cette réserve minimale à prévoir est de 120 m<sup>3</sup>. Le volume du réservoir serait donc :

$$V_t = V_r + V_{inc} \dots\dots\dots (IV-2)$$

**IV-4-2. Méthode graphique**

Cette méthode est basée sur le traçage des courbes de la consommation maximale journalière et celle caractérisant l'apport de la station de pompage; en additionnant en valeur absolue les écarts de deux extremums de la courbe de consommation par rapport à celle d'apport, on obtiendra le résidu maximal journalier.

$$R_{max} = |V^+| + |V^-| \dots\dots\dots (IV-3)$$

Le volume de régulation  $V_r$  est calculé selon la formule suivante :

$$V_r = \frac{Q_{max,j} * R_{max}}{100}$$

Dont le volume total sera :

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

**IV-5. Dimensionnement des réservoirs:**

Pour notre projet et pour déterminer la capacité du réservoir on utilise la méthode analytique

**IV-5-1. Réservoirs de stockage :**

Les réservoirs de stockage du réseau d'adduction constituent les réservoirs de tête des réseaux de distribution des différentes localités à desservir. Dans cette présente étude dix-neuf communes sont concernées par le projet d'alimentation en eau potable.

**V-5-1-1. Réservoir de Tianet :**

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique.

Détermination de la capacité du réservoir **Tianet**; (voir l'annexe-VII-2)

Calcul de la capacité du réservoir de **Tianet**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{2\ 24\ 9\ 1\ 9\ 8.4}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 446.29\text{m}^3$

- La capacité totale sera :  $V_t = 446.29 + 120 \Rightarrow V_t = 566.29\text{m}^3$

- La capacité normalisée sera :  $V_n = 750\text{m}^3$ .

#### IV-5-1-2. Réservoir de Dar Yaghmoricensene :

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique.

Détermination de la capacité du réservoir **Dar Yaghmoricensene**; (voir l'annexe-VII-2)

Calcul de la capacité du réservoir de **Dar Yaghmoricensene**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{2\ 24\ 9\ 2\ 5\ 4.84}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 571.43\text{m}^3$

- La capacité totale sera :  $V_t = 571.43 + 120 \Rightarrow V_t = 691.43\text{m}^3$

- La capacité normalisée sera :  $V_n = 750\text{m}^3$ .

#### IV-5-1-3. Réservoir de Souk Thlata:

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Souk Thlata**; (voir l'annexe-VII-2)

Calcul de la capacité du réservoir de **Souk Thlata**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{2\ 24\ 9\ 1\ 2\ 5.63}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 282.62\text{m}^3$

- La capacité totale sera :  $V_t = 282.62 + 120 \Rightarrow V_t = 402.62\text{m}^3$

- La capacité normalisée sera :  $V_n = 500\text{m}^3$ .

#### IV-5-1-4. Réservoir de Marsa Ben Mhidi:

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Marsa Ben Mhidi**; (voir l'annexe-VII-2)

Calcul de la capacité du réservoir de **Marsa Ben Mhidi**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{2\ 24\ 9\ 3\ 4\ 2.75}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 770.68\text{m}^3$

- La capacité totale sera :  $V_t = 770.68 + 120 \Rightarrow V_t = 890.68\text{m}^3$

- La capacité normalisée sera :  $V_n = 1000\text{m}^3$ .

**IV-5-1-5. Réservoir de Msirda Fouaga:**

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Msirda Fouaga**;(voir l'annexe-VII-2)

Calcul de la capacité du réservoir de **Msirda Fouaga**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{2\ 24\ 92\ 5\ 1.44}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 565.49\text{m}^3$
- La capacité totale sera :  $V_t = 565.49 + 120 \Rightarrow V_t = 685.49\text{m}^3$
- La capacité normalisée sera :  $V_n = 750\text{m}^3$ .

**IV-5-1-6. Réservoir de Bouhlou:**

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Bouhlou**;(voir l'annexe-VII-2)

Calcul de la capacité du réservoir de **Bouhlou**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{2\ 24\ 93\ 5\ 0.22}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 787.87\text{m}^3$
- La capacité totale sera :  $V_t = 787.87 + 120 \Rightarrow V_t = 907.87\text{m}^3$
- La capacité normalisée sera :  $V_n = 1000\text{m}^3$ .

**IV-5-1-7. Réservoir de Ouled Riah:**

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Ouled Riah**;(voir l'annexe-VII-2)

Calcul de la capacité du réservoir de **Ouled Riah**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{2\ 24\ 92\ 2\ 4.4}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 504.09\text{m}^3$
- La capacité totale sera :  $V_t = 504.09 + 120 \Rightarrow V_t = 624.09\text{m}^3$
- La capacité normalisée sera :  $V_n = 750\text{m}^3$ .

**IV-5-1-8. Réservoir de Ghazaouet:**

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Ghazaouet**;(voir l'annexe-VII-3)

Calcul de la capacité du réservoir de **Ghazaouet**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{1\ 91\ 61\ 3\ 9\ 9742}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 2681.39\text{m}^3$
- La capacité totale sera :  $V_t = 2681.39 + 120 \Rightarrow V_t = 2801.39\text{m}^3$

- La capacité normalisée sera :  **$V_n = 3000m^3$** .

#### IV-5-1-9. Réservoir de Souahlia:

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Souahlia**;(voir l'annexe-VII-3)

Calcul de la capacité du réservoir de **Souahlia**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{1\ 91\ 61\ 0\ 8\ 01\ 91}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 2071.03m^3$

- La capacité totale sera :  $V_t = 2071.03 + 120 \Rightarrow V_t = 2191.03m^3$

- La capacité normalisée sera :  **$V_n = 2200m^3$** .

#### IV-5-1-10. Réservoir de Nedroma:

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Nedroma**;(voir l'annexe-VII-3)

Calcul de la capacité du réservoir de **Nedroma**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{1\ 91\ 61\ 4\ 3\ 52\ 34}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 2750.01m^3$

- La capacité totale sera :  $V_t = 2750.01 + 120 \Rightarrow V_t = 2870m^3$

- La capacité normalisée sera :  **$V_n = 3000m^3$** .

#### IV-5-1-11. Réservoir de Djebala:

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Djebala**;(voir l'annexe-VII-3)

Calcul de la capacité du réservoir de **Djebala**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{1\ 91\ 64\ 3\ 3\ 3\ 37}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 830.24m^3$

- La capacité totale sera :  $V_t = 830.24 + 120 \Rightarrow V_t = 950.24m^3$

- La capacité normalisée sera :  **$V_n = 1000m^3$** .

#### IV5-1-12. Réservoir de H. Boughrara:

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **H. Boughrara**;(voir l'annexe-VII-3)

Calcul de la capacité du réservoir de **H. Boughrara**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{1\ 91\ 66\ 3\ 1\ 21}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 1209.55m^3$

- La capacité totale sera :  $V_t = 1209.55 + 120 \Rightarrow V_t = 1329.55\text{m}^3$
- La capacité normalisée sera :  $V_n = 1500\text{m}^3$ .

#### IV-5-1-13. Réservoir de Bab El Assa:

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Bab El Assa**;(voir l'annexe-VII-3)

Calcul de la capacité du réservoir de **Bab El Assa**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{1\ 91\ 65\ 7\ 7.375}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 1106.94\text{m}^3$
- La capacité totale sera :  $V_t = 1106.94 + 120 \Rightarrow V_t = 1226.94\text{m}^3$
- La capacité normalisée sera :  $V_n = 1500\text{m}^3$ .

#### IV-5-1-14. Réservoir de Souani:

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Souani**;(voir l'annexe-VII-3)

Calcul de la capacité du réservoir de **Souani**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{1\ 91\ 65\ 9\ 5.510}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 1140.88\text{m}^3$
- La capacité totale sera :  $V_t = 1140.88 + 120 \Rightarrow V_t = 1260.88\text{m}^3$
- La capacité normalisée sera :  $V_n = 1500\text{m}^3$ .

#### IV-5-1-15. Réservoir de Sabra :

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Sabra**;(voir l'annexe-VII-3)

Calcul de la capacité du réservoir de **Sabra**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{1\ 91\ 61\ 7\ 8\ 7.32}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 3424.57\text{m}^3$
- La capacité totale sera :  $V_t = 3424.57 + 120 \Rightarrow V_t = 3544.57\text{m}^3$
- La capacité normalisée sera :  $V_n = 3750\text{m}^3$ .

#### IV-5-1-16. Réservoir de Beni Boussaid:

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Beni Boussaid**;(voir l'annexe-VII-3)

Calcul de la capacité du réservoir de **Beni Boussaid**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{1\ 91\ 67\ 2\ 7.95}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 1393.25\text{m}^3$
- La capacité totale sera :  $V_t = 1339.25 + 120 \Rightarrow V_t = 1459.25\text{m}^3$
- La capacité normalisée sera :  $V_n = 1500\text{m}^3$ .

#### IV-5-1-17. Réservoir de Sidi Medjahed:

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Sidi Medjahed**;(voir l'annexe-VII-3)

Calcul de la capacité du réservoir de **Sidi Medjahed**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{1\ 91\ 63\ 9\ 5.91}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 757.19\text{m}^3$
- La capacité totale sera :  $V_t = 757.19 + 120 \Rightarrow V_t = 877.19\text{m}^3$
- La capacité normalisée sera :  $V_n = 1000\text{m}^3$ .

#### IV-5-1-18. Réservoir de Beni Mester:

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Beni Mester**;(voir l'annexe-VII-3)

Calcul de la capacité du réservoir de **Beni Mester**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{1\ 91\ 61\ 2\ 8\ 3.06}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 2458.36\text{m}^3$
- La capacité totale sera :  $V_t = 2458.36 + 120 \Rightarrow V_t = 2578.36\text{m}^3$
- La capacité normalisée sera :  $V_n = 3000\text{m}^3$ .

#### IV-5-1-19. Réservoir de Maghnia:

Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode analytique

Détermination de la capacité du réservoir **Maghnia**;(voir l'annexe-VII-1)

Calcul de la capacité du réservoir de **Maghnia**:

- Le volume résiduel sera :  $V_r = \frac{6.4\ 17\ 8\ 8\ 6.02}{1\ 0\ 0} \Rightarrow V_r = 5054.93\text{m}^3$
- La capacité totale sera :  $V_t = 5054.93 + 120 \Rightarrow V_t = 5174.93\text{m}^3$
- La capacité normalisée sera :  $V_n = 5200\text{m}^3$ .

**Tableau IV-01** : Récapitulation de calcul des réservoirs pour l'horizon 2040.

| Réservoirs    | Qmaxj    | V<br>calculé | Vt      | R<br>éxistant | V.exist-<br>Vt | R.projté |
|---------------|----------|--------------|---------|---------------|----------------|----------|
| Tianet        | 1984,40  | 446,49       | 566,49  | 250           | -316           | 500      |
| Dar           | 2540,84  | 571,69       | 691,69  | 1000          | 308            |          |
| Souk Thlata   | 1256,63  | 282,74       | 402,74  | 150           | -253           | 300      |
| Marsa Ben     | 3426,75  | 771,02       | 891,02  | 600           | -291           | 300      |
| Msirda Fouaga | 2514,40  | 565,74       | 685,74  | 250           | -436           | 500      |
| Bouhlou       | 3501,22  | 787,78       | 907,78  | 500           | -408           | 500      |
| Ouled Riah    | 2241,40  | 504,32       | 624,32  | 500           | -124           | 200      |
| Ghazaouet     | 13994,72 | 2681,39      | 2801,39 | 2720          | -81            | 300      |
| Souahlia      | 10809,11 | 2071,03      | 2191,03 | 750           | -1441          | 1500     |
| Nedroma       | 14353,24 | 2750,08      | 2870,08 | 2550          | -320           | 500      |
| Djebala       | 4333,17  | 830,23       | 950,23  | 750           | -200           | 200      |
| H. Boughrara  | 6312,91  | 1209,55      | 1329,55 | 250           | -1080          | 1100     |
| Bab El Assa   | 5777,35  | 1106,94      | 1226,94 | 750           | -477           | 500      |
| Souani        | 5954,50  | 1140,88      | 1260,88 | 1000          | -261           | 300      |
| Sabra         | 17873,52 | 3424,57      | 3544,57 | 2500          | -1045          | 1100     |
| Beni Boussaid | 7271,65  | 1393,25      | 1513,25 | 1500          | -13            | 150      |
| Sidi Medjahed | 3951,91  | 757,19       | 877,19  | 750           | -127           | 150      |
| Beni Mester   | 12830,56 | 2458,33      | 2578,33 | 1000          | -1578          | 1600     |
| Maghnia       | 78860,02 | 5054,93      | 5174,93 | 21500         | 16325          |          |

#### IV-5-2. Forme des réservoirs de stockage :

Ce qui concerne la forme des réservoirs de stockage, on opte pour la forme circulaire puisque nos volumes sont tous inférieur à 10000 m<sup>3</sup>. La hauteur de l'eau dans la cuve est comprise entre 3 et 6 m en moyenne, toutefois, les réservoirs de grande capacité des agglomérations importante peuvent présenter des hauteurs d'eau comprise entre 7 et 10 m.

- Le diamètre D de la cuve :

$$S = \frac{V_n}{h} \Rightarrow \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{V_n}{h} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times V_n}{\pi \times h}} \dots \dots \dots \text{(IV-4)}$$

- Réévaluation de la hauteur d'eau h :

$$h = \frac{4 \times V_n}{\pi \times D^2} \dots\dots\dots \text{(IV-5)}$$

- La section de la cuve :

$$S = \frac{V_n}{h} \dots\dots\dots \text{(IV-6)}$$

- La hauteur totale du réservoir :

$$H = h + R \dots\dots\dots \text{(IV-7)}$$

R: marge de sécurité

- La hauteur de la réserve d'incendie :

$$h_{i n c} = \frac{V_{i n c}}{S} \dots\dots\dots \text{(IV-8)}$$

**Tableau IV-02:** Tableau donnant les dimensions des réservoirs de stockage.

| Réservoirs    | Volume en (m3) | h(m) | D (m) | S (m2) | h <sub>r</sub> (m) | h inc | R (m) | H (m) |
|---------------|----------------|------|-------|--------|--------------------|-------|-------|-------|
| Tianet        | 500            | 3    | 14,5  | 165,13 | 3,03               | 0,73  | 0,5   | 3,53  |
| Souk Thlata   | 300            | 3    | 11    | 95,03  | 3,16               | 1,26  | 0,5   | 3,66  |
| Marsa Ben     | 300            | 3    | 11    | 95,03  | 3,16               | 1,26  | 0,5   | 3,66  |
| Msirda Fouaga | 500            | 3    | 14,5  | 165,13 | 3,03               | 0,73  | 0,5   | 3,53  |
| Bouhlou       | 500            | 3    | 14,5  | 165,13 | 3,03               | 0,73  | 0,5   | 3,53  |
| Ouled Riah    | 200            | 3    | 10    | 78,54  | 2,55               | 1,53  | 0,5   | 3,05  |
| Ghazaouet     | 300            | 3    | 11    | 95,03  | 3,16               | 1,26  | 0,5   | 3,66  |
| Souahlia      | 1500           | 5    | 20    | 314,16 | 4,77               | 0,38  | 0,5   | 5,27  |
| Nedroma       | 500            | 3    | 14,5  | 165,13 | 3,03               | 0,73  | 0,5   | 3,53  |
| Djebala       | 200            | 3    | 10    | 78,54  | 2,55               | 1,53  | 0,5   | 3,05  |
| H. Boughrara  | 1100           | 5    | 17    | 226,98 | 4,85               | 0,53  | 0,5   | 5,35  |
| Bab El Assa   | 500            | 3    | 14,5  | 165,13 | 3,03               | 0,73  | 0,5   | 3,53  |
| Souani        | 300            | 3    | 11    | 95,03  | 3,16               | 1,26  | 0,5   | 3,66  |
| Sabra         | 1100           | 5    | 17    | 226,98 | 4,85               | 0,53  | 0,5   | 5,35  |
| Beni Boussaid | 150            | 3    | 8     | 50,27  | 2,98               | 2,39  | 0,5   | 3,48  |
| Sidi Medjahed | 150            | 3    | 8     | 50,27  | 2,98               | 2,39  | 0,5   | 3,48  |
| Beni Mester   | 1600           | 5    | 20    | 314,16 | 5,09               | 0,38  | 0,5   | 5,59  |

**IV-5-3. Dimensionnement du réservoir tampon :**

**Définition:** Le réservoir tampon est un réservoir de régulation son but principal est d'assurer en premier lieu la commande automatique des groupes de la station de pompage, il permet aussi de garantir un volume ou une réserve de sécurité pour la mise en charge de la conduite gravitaire.

**IV-5-3-1. Détermination analytique du volume du réservoir tampon :**

Le volume du réservoir tampon est donné par la méthode suivante :

$$V=V_r+V_s+V_l..... (IV-9)$$

V<sub>r</sub> : volume de régulation.

$$V_r = Q T/4..... (IV-10)$$

Q:le débit transité dans la conduite.

T : pris égal à 45minutes

V<sub>s</sub> : volume de sécurité.

$$V_s=Q t..... (IV-11)$$

Q:le débit transité dans la conduite.

t: temps de fermeture de la vanne (15min)

V<sub>l</sub> : volume correspondant au signal d'alarme.

$$V_l =Sh..... (IV-12)$$

$$S= (V_r+V_s)/H..... (IV-13)$$

h : hauteur proposée pour le réservoir=10cm.

**Tableau IV-03:** Calculs des volumes des réservoirs tampons.

|            | Q <sub>tr</sub><br>(m <sup>3</sup> /h) | V <sub>r</sub><br>(m <sup>3</sup> /h) | V <sub>s</sub><br>(m <sup>3</sup> /h) | V <sub>r</sub> +V <sub>s</sub><br>(m <sup>3</sup> /h) | S<br>(m <sup>2</sup> ) | V <sub>l</sub><br>(m <sup>3</sup> ) | V <sub>t</sub><br>(m <sup>3</sup> ) | Volume<br>normalisé |
|------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| <b>RT1</b> | 8333,33                                | 1562,50                               | 2083,33                               | 3645,83   | 729,17                 | 72,92                               | 3718,75                             | 3800                |
| <b>RT2</b> | 7972,00                                | 1494,75                               | 1993,00                               | 3487,75   | 697,55                 | 69,76                               | 3557,51                             | 3600                |
| <b>RT3</b> | 4370,40                                | 819,45                                | 1092,60                               | 1912,05   | 382,41                 | 38,24                               | 1950,29                             | 2000                |

**IV-5-3-2. Forme des réservoirs tampons:**

Ce qui concerne la forme des réservoirs tampons, on opte pour la forme circulaire puisque nos volumes sont tous inférieur à 10000 m<sup>3</sup>.

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

Lorsque le réservoir tampon a un volume supérieur à 10000 m<sup>3</sup>, on opte pour la forme rectangulaire et la hauteur de l'eau dans la cuve est comprise entre 7 et 10 m en moyenne, car ils sont des réservoirs de grande capacité.

**Tableau IV-04:** Tableau donnant les dimensions des réservoirs tampons.

| Volume (m <sup>3</sup> ) | H | D (m) | D (m) | S (m <sup>2</sup> ) | h (m) | R (m) | H (m) |
|--------------------------|---|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|
| 3800                     | 5 | 31    | 31    | 754,77              | 5,03  | 0,5   | 5,53  |
| 3600                     | 5 | 30    | 31    | 754,77              | 4,77  | 0,5   | 5,27  |
| 2000                     | 5 | 23    | 23    | 415,48              | 4,81  | 0,5   | 5,31  |

#### IV-6. Bâches de reprise pour différentes stations de pompage :

Pour toutes les stations de pompage, l'alimentation des pompes en eau se fait à partir d'une bache de reprise à surface libre. La bache de reprise se situe à un niveau plus élevé que celui de l'axe des pompes afin de se mettre à l'abri d'éventuels problèmes d'amorçage et de cavitation.

La bache de reprise dans notre cas joue un rôle transitoire. Son dimensionnement est basé sur le temps nécessaire pour maintenir la crépine en charge qui est généralement, estimé à un quart d'heure (15min).

Le volume de la bache de reprise est déterminé selon la formule suivante :

$$V_{\text{bache}} = \frac{Q_{\text{max},j} \times T}{24} \dots \dots \dots \text{(IV-14)}$$

Avec :

$Q_{\text{max},j}$  : débit maximal journalier total.

T: le temps de fonctionnement de la station de pompage (T = 24h)

t : temps nécessaire pour maintenir la crépine en charge (t=0,25h)

##### IV-6-1. Bache de la station de pompage (SP1) :

La station de pompage (SP1) se situe à 5970 m de la station de dessalement. La bache de reprise elle-même est alimentée par une conduite de refoulement. La station de pompage (SP1) alimente le réservoir RT1. Le débit entrant à la station de pompage (SP1) est de 8333.33m<sup>3</sup>/h, soit un débit de 2315 l/s.

Alors le volume de la bache de (SP1) est déterminé par la relation suivante:

$$V_{\text{b\^ache}} = \frac{Q_{\text{max j*t}}}{24} = \frac{200000}{24} \times \frac{1}{4} = 2083.33 \text{ m}^3$$

En choisi un volume normalise de 2100 m<sup>3</sup>.

#### IV-6-2. B\^ache de la station de pompage (SP2) :

La station de pompage (SP2) se situe \u00e0 7870 m du r\u00e9servoir tampon RT1. La b\^ache de reprise elle m\^eme est aliment\u00e9e par une conduite gravitaire. La station de pompage (SP1) alimente le r\u00e9servoir tampon RT2. Le d\u00e9bit entrant \u00e0 la station de pompage (SP1) est de 7992m<sup>3</sup>/h, soit un d\u00e9bit de 2220 l/s.

Alors le volume de la b\^ache de reprise (SP2) est calcul\u00e9 comme suit:

$$V_{\text{b\^ache}} = \frac{Q_{\text{max j*t}}}{24} = \frac{19180.81}{24} \times \frac{1}{4} = 1998 \text{ m}^3$$

En choisi un volume normalise de 2000 m<sup>3</sup>.

#### IV-6-3. B\^ache de la station de pompage (SP3) :

La station de pompage (SP3) se situe \u00e0 41662 m du r\u00e9servoir tampon (RT2). La b\^ache de reprise elle m\^eme est aliment\u00e9e par une conduite gravitaire. La station de pompage (SP3) alimente le r\u00e9servoir tampon (RT3). Le d\u00e9bit entrant \u00e0 la station de pompage (SP3) est de 4370.4m<sup>3</sup>/h, soit un d\u00e9bit de 1214 l/s.

Alors le volume de la b\^ache de reprise (SP3) est calcul\u00e9 comme suit:

$$V_{\text{b\^ache}} = \frac{Q_{\text{max j*t}}}{24} = \frac{1048.69}{24} \times \frac{1}{4} = 1092.6 \text{ m}^3$$

En choisi un volume normalise de 1100 m<sup>3</sup>.

Les dimensions des b\^aches de reprise sont regroup\u00e9es dans les tableaux suivants:

**Tableau IV-05:** *Tableau donnant les dimensions des b\^aches de reprise pour une forme circulaire.*

| B\^ache de reprise | Volume (m <sup>3</sup> ) | D (m) | S (m <sup>2</sup> ) | h (m) | R (m) | H (m) |
|--------------------|--------------------------|-------|---------------------|-------|-------|-------|
| SP 1               | 2100                     | 23    | 415,48              | 5,05  | 0,5   | 5,55  |
| SP 2               | 2000                     | 23    | 415,48              | 4,81  | 0,5   | 5,31  |
| SP 3               | 1100                     | 17    | 226,98              | 4,85  | 0,5   | 5,35  |

**Tableau IV-06:** *Tableau donnant les dimensions des b\^aches de reprise pour une forme rectangulaire.*

| B\^ache de reprise | Volume (m <sup>3</sup> ) | L(m) | h (m) | l (m) | S (m <sup>2</sup> ) | R (m) | H   |
|--------------------|--------------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-----|
| SP 1               | 2100                     | 21   | 5     | 20    | 420                 | 0,5   | 5,5 |
| SP 2               | 2000                     | 20   | 5     | 20    | 400                 | 0,5   | 5,5 |
| SP 3               | 1100                     | 22   | 5     | 10    | 220                 | 0,5   | 5,5 |

#### **IV-7. Emplacement du réservoir :**

Il faut, évidemment que l'emplacement choisi pour édifier le réservoir soit compatible avec l'un des rôles qu'il doit jouer, c'est-à-dire donner aux abonnés une pression suffisante au moment de la pointe.

En conséquence, on doit toujours tenir compte des considérations suivantes :

- pour des raisons d'économie, il est préférable que le remplissage du réservoir se fasse par gravité, ce qui implique qu'on puisse le placer à un niveau bas par rapport au réservoir tampon.
- l'alimentation du réseau de distribution doit se faire par gravité, le réservoir doit être construit à un niveau supérieur à celui de l'agglomération. .
- lorsque plusieurs réservoirs sont nécessaires, on doit les implanter de préférence soit en extrémité du réseau soit à proximité du centre important de consommation;
- l'emplacement du réservoir doit être aussi choisi de telle façon à pouvoir satisfaire les abonnés avec une pression suffisante.
- la cote du radier doit être supérieure à la plus haute cote piézométrique exigé dans le réseau ce qui est respecté dans nos ville.

#### **IV-8. Choix du réservoir :**

Ce sera bien entendu une question d'esèce pour chaque cas .cependant à chaque fois que cela sera possible .Il sera préférable d'avoir recours au réservoir enterré, semi enterré ou au plus en élévation au dessus du sol avec radier légèrement enterré

Le choix du réservoir dépends des :

- Conditions topographiques
- Conditions géotechniques.
- Conditions hydrauliques.
- Conditions économiques.

#### **IV-9. Les équipements du réservoir :**

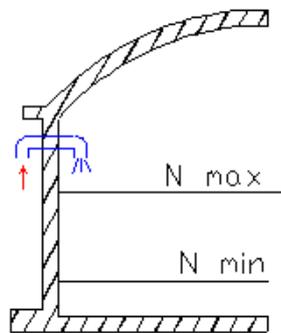
Pour permettre leur exploitation les réservoirs sont munis de plusieurs conduites, organes et accessoires .Chacun d'eux est équipé entre autre de:

##### **IV-9-1. Conduite d'arrivée ou d'alimentation : [1]**

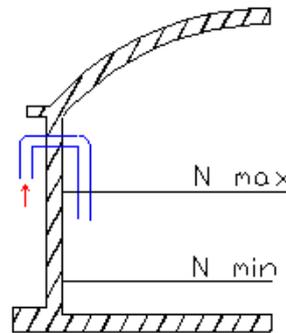
La conduite d'adduction a son débouché dans le réservoir et doit pouvoir s'obturer quant l'eau atteint dans la cuve son niveau maximal, Obturation par robinet-flotteur si l'adduction est gravitaire ou dispositif permettant l'arrêt du moteur si l'adduction s'effectue par refoulement.

Cette conduite peut être installée de plusieurs manières:

**a- Par surverse :** soit avec chute libre soit en plongeant la conduite de façon à ce que son extrémité soit toujours noyée, le premier cas provoque une oxygénation de l'eau mais il libère facilement le gaz carbonique dissous et par suite il favorise l'entartrage du réservoir et des conduites.

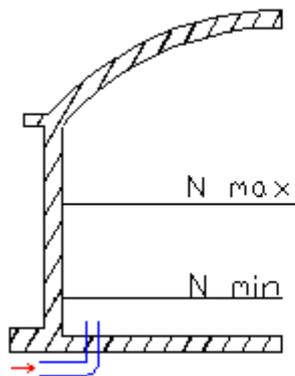


**Figure IV-01:** Arrivée par surverse  
(Chute libre).

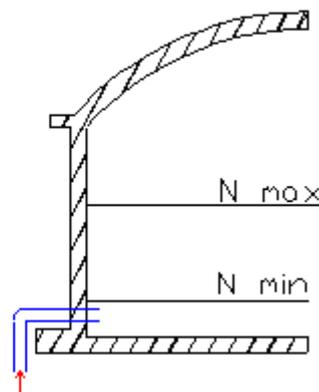


**Figure IV-02:** Arrivée par sur verse  
(Noyée).

**b- Par dessous:** soit par le bas à travers les parois du réservoir soit par le fond à travers le radier.



**Figure IV-03:** Arrivée par dessous  
(Par le fond).



**Figure IV-04:** Arrivée par dessous  
(Par le bas).

#### Remarque

Pour notre réservoir tampon on opte pour une arrivée de la conduite par le fond car elle permet le renouvellement de la réserve d'incendie par mélange en créant des perturbations et un écoulement en rouleau et évite l'entartrage de notre réseau.

La conduite d'arrivée doit toujours être à l'opposé de la conduite de départ pour provoquer le brassage et permettre le renouvellement d'eau par mélange en créant des perturbations et un écoulement par rouleaux.

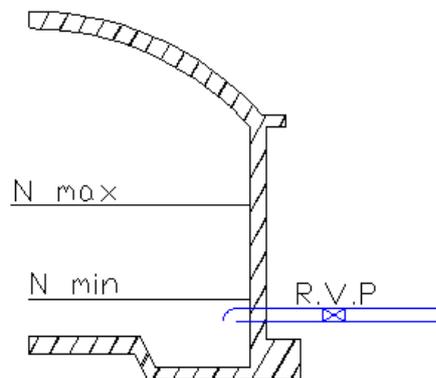
### IV-9-2. Conduite de départ ou de distribution : [1]

Le départ de la conduite de distribution s'effectue à 0.15 ou 0.2m au-dessus du radier en vue d'éviter d'introduire dans la distribution des boues ou des sables qui éventuellement pourrait se décompter dans la cuve.

On réserve au minimum 0.5m au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite en cas d'abaissement maximal du plan d'eau.

L'extrémité de la conduite est munie d'une grille ou crépine courbée pour éviter le phénomène de vortex.

En cas de rupture de la conduite de distribution et dans l'hypothèse d'un grand réservoir, il faut avoir la possibilité de l'isoler rapidement pour éviter les pertes d'eau en cas de cassure de la conduite de distribution .il pourra être envisagé de rendre automatique la fermeture du robinet en utilisant une vanne-papillon qui se met en marche dès qu'une surtension se manifestera dans la conduite.



**Figure IV-05:** Conduite de départ.

### IV-9-3. Conduite de trop-plein : [1]

Cette conduite devra pouvoir évacuer la totalité du débit  $Q$  arrivant au réservoir. Elle ne comportera pas de robinet sur son parcours. Sa section transversale sera disposée selon un plan horizontal situé à une distance  $h$  au dessous du niveau maximal susceptible d'être atteint dans la cuve.

La canalisation de trop-plein débouchera à un exutoire, mais on peut craindre par cet exutoire une pollution ou une introduction d'animaux ou de moustiques qui pourraient ainsi pénétrer dans le réservoir, ainsi ménage-t-on un joint hydraulique constitué par un siphon qui maintient en eau le tronçon.

Si le réservoir est compartimenté chaque cuve doit avoir une conduite de trop-plein.

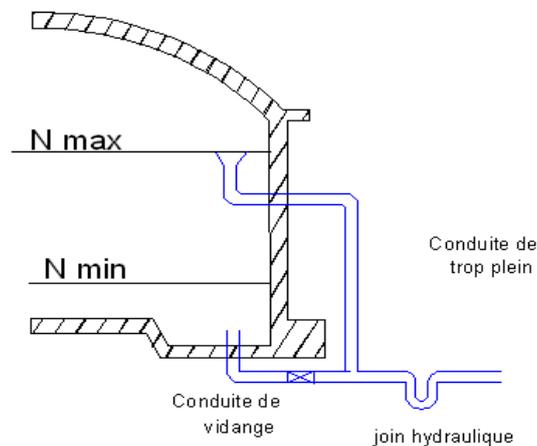
#### IV-9-4. Conduite de vidange : [1]

La conduite de vidange placée au point bas du réservoir permet une décharge complète vers l'égout pour permettre l'inspection et le nettoyage du réservoir, ainsi que d'éventuelles réparations.

Elle part du point bas du réservoir et se raccorde sur la canalisation de trop-plein. Elle comporte un robinet vanne qui doit être nettoyé après chaque vidange pour éviter le dépôt de sable (difficulté de manœuvre).

Un dispositif de clapet de nez doit être installé sur les canalisations de trop-plein et de vidange afin de protéger le réservoir d'éventuelle contamination.

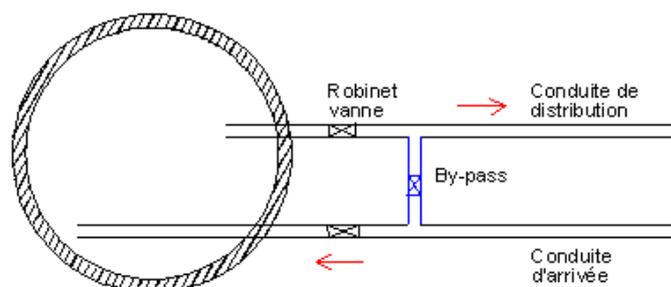
Des détecteurs de niveau peuvent être installés dans le réservoir pour signaler les niveaux critiques, le niveau de débordement et le niveau bas notamment pour la protection des pompes.



**Figure IV-06:** Conduite de vidange et de trop-plein.

#### IV-9-5. Conduite by-pass : [1]

En cas d'indisponibilité de nettoyage ou réparation si le réservoir n'est pas compartimenté il est bon de prévoir une communication entre les deux conduites (adduction et distribution).



**Figure IV-07:** Conduite by-pass.

**IV-9-6. Matérialisation de la réserve d'incendie:**

Quand la surveillance du plan d'eau dans le réservoir ne peut être assurée par du personnel à demeure, ce qui est le cas pour les installations automatiques, il importe que des dispositions soient prises en vue d'éviter dans le cas d'un soutirage intensif que la réserve d'incendie ne puisse passer dans la distribution. Nous distinguons deux types de systèmes : le système à deux prises et le système à siphon.

Dans le système à deux prises on remarque une tranche d'eau morte qui ne se renouvelle pas contrairement au système à siphon qui se désamorce grâce à un évent ouvert à l'air libre et la réserve ne serait pas entamée en cas de sinistre.

**IV-9-7. Système automatisé:**

Un système automatisé sera placé et aura pour rôle de se déclencher au moment où le niveau d'eau atteint la limite voulue.

**IV-10. Conclusion :**

La détermination de la capacité des réservoirs d'alimentation nous permet de savoir s'il y a intérêt de projeter un réservoir ou non, selon notre calcul nous avons trouvé des volumes insuffisants pour la plus parts des communes donc on doit projeter des réservoirs en plus pour satisfaire les besoins jusqu'au l'horizon 2040.

## **CHAPITRE V**

# ***DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE POMPAGE***

**Tableau V-01:** La fiche technique SP-01.

| N° | Désignation  | Unité   | Quantité  | Destination  |
|----|--|---|---|--|
| 01 | <u>Station de pompage</u>  |   |   | type d'installation est en charge  |
| 02 | <u>Quantité d'eau à élevée</u>   | m <sup>3</sup> /h   | 2777 ,78  |  |
| 03 | <u>Type de pompage</u><br>- Nombre de pompes<br>- Débit d'une pompe<br>- H <sub>mt</sub><br>. Puissance absorbée<br>- (NPSH)r<br>- $\eta_p$<br>- Vitesse de rotation   | <br>l/s<br>mce<br>Kwh<br>m<br><br>tr/min                      | <br>03<br>771,60<br>240<br>2200<br>10<br>80<br>1750 | KSB CPNK 4-710   |
| 04 | <u>Caractéristiques du réseau</u><br>-Longueur d'aspiration<br>-Diamètre d'aspiration<br>-Longueur de refoulement<br>-Diamètre de refoulement<br>-Type de matériau<br><u>Nombre de collecteurs :</u><br>- D'aspiration<br>- De refoulement | <br>m<br>mm<br>m<br>mm<br>Acier-F.D<br><br>Acier<br>Acier-F.D | <br>30<br>800<br>4520<br>1400<br><br>03<br>01       | <u>Aspiration :</u><br>Assurer l'arrivée des eaux à la pompe<br><u>Refoulement :</u><br>Assurer l'arrivée de l'eau aux réservoirs de stockage. |
| 06 | <u>Bâtiment :</u><br>- Type<br>- Longueur<br>- Hauteur<br>- Largeur  | <br>m<br>m<br>m   | <br>40<br>07<br>32,5                                | Type surface.  |
| 07 | <u>Dimensions de la bache d'eau</u><br>- Longueur<br>- Largeur<br>- Volume   | <br>m<br>m<br>m <sup>3</sup>                                  | <br>21<br>20<br>2100                                |  |

**Tableau V-02:** La fiche technique SP-02.

| N° | Désignation  | Unité   | Quantité  | Destination   |
|----|--|---|---|---|
| 01 | <u>Station de pompage</u>  |   |   | type d'installation<br>est en charge  |
| 02 | <u>Quantité d'eau à élevée</u>   | m <sup>3</sup> /h                                     | 2657,33   |   |
| 03 | <u>Type de pompage</u><br>- Nombre de pompes<br>- Débit d'une pompe<br>- H <sub>mt</sub><br>- Puissance absorbée<br>- (NPSH) <sub>r</sub><br>- $\eta_p$<br>- Vitesse de rotation   |   | 03<br>738,15<br>170<br>2170<br>10<br>80<br>1750 | KSB CPNK 4-710  |
| 04 | <u>Caractéristiques du réseau</u><br>-Longueur d'aspiration<br>-Diamètre d'aspiration<br>-Longueur de refoulement<br>-Diamètre de refoulement<br>-Type de matériau<br><u>Nombre de collecteurs :</u><br>- D'aspiration<br>- De refoulement | m<br>mm<br>m<br>mm<br>Acier-F.D<br>Acier<br>Acier-F.D | 30<br>800<br>4520<br>1400<br><br>03<br>01       | <u>Aspiration :</u><br>Assurer l'arrivée des<br>eaux à la pompe<br><u>Refoulement :</u><br>Assurer l'arrivée de<br>l'eau aux réservoirs de<br>stockage. |
| 06 | <u>Bâtiment :</u><br>- Type<br>- Longueur<br>- Hauteur<br>- Largeur  | m<br>m<br>m   | 40<br>07<br>32,5                                | Type surface.   |
| 07 | <u>Dimensions de la bache d'eau</u><br>- Longueur<br>- Largeur<br>- Volume   | m<br>m<br>m <sup>3</sup>                              | 20<br>20<br>2000                                |   |

**Tableau V-03:** La fiche technique SP-03.

| N° | Désignation  | Unité   | Quantité   | Destination   |
|----|--|---|--|---|
| 01 | <u>Station de pompage</u>  |   |  | type d'installation<br>est en charge  |
| 02 | <u>Quantité d'eau à élevée</u>   | m <sup>3</sup> /h                                     | 874,08   |   |
| 03 | <u>Type de pompage</u><br>- Nombre de pompes<br>- Débit d'une pompe<br>- H <sub>mt</sub><br>- Puissance absorbée<br>- (NPSH) <sub>r</sub><br>- $\eta_p$<br>- Vitesse de rotation   | <br>l/s<br>mce<br>Kwh<br>m<br><br>tr/min              | <br>05<br>242,80<br>108<br>338<br>12,5<br>77<br>3500 | KSB Multitec150/12.2  |
| 04 | <u>Caractéristiques du réseau</u><br>-Longueur d'aspiration<br>-Diamètre d'aspiration<br>-Longueur de refoulement<br>-Diamètre de refoulement<br>-Type de matériau<br><u>Nombre de collecteurs :</u><br>- D'aspiration<br>- De refoulement | <br>m<br>mm<br>m<br>mm<br>Fonte<br><br>Fonte<br>Fonte | <br>30<br>600<br>7920<br>1100<br><br>05<br>01        | <u>Aspiration :</u><br>Assurer l'arrivée des<br>eaux à la pompe<br><u>Refoulement :</u><br>Assurer l'arrivée de<br>l'eau aux réservoirs de<br>stockage. |
| 06 | <u>Bâtiment :</u><br>- Type<br>- Longueur<br>- Hauteur<br>- Largeur  | <br>m<br>m<br>m                                       | <br>45<br>07<br>30                                   | Type surface.   |
| 07 | <u>Dimensions de la bache d'eau</u><br>- Longueur<br>- Largeur<br>- Volume   | <br>m<br>m<br>m <sup>3</sup>                          | <br>22<br>10<br>1100                                 |   |

**Introduction :**

Le bon fonctionnement d'une installation de pompage ne dépend pas seulement de la qualité des pompes, ou plus généralement de la qualité des appareils qui la constituent, mais aussi, et pour une très large part, de la façon dont l'installation a été conçue, puis réalisée et finalement exploitée.

La station de pompage comporte principalement :

- La bâche d'aspiration.
- La salle des commandes.
- La salle des machines, comportant généralement plusieurs groupes élévatoires.

Chaque groupe élévatoire est constitué d'un moteur et d'une pompe.

**V-1. Définition :**

Une pompe est un système d'élévation d'eau, c'est la transformation d'énergie mécanique en énergie hydraulique composée par des organes différents.

La pompe est entraînée par un moteur électrique. Elle peut être une pompe à axe :

- horizontal
- vertical
- oblique

**V-2. Choix de variantes pour les stations de pompage :**

Les conditions de choix de variantes pour la station de pompage sont telles :

- Qu'il est préférable de situer la prise d'eau le plus proche possible de la station de pompage, et si c'est possible proche de l'agglomération pour diminuer les coûts de projet.
- Qu'il ne faut jamais construire la prise d'eau, la station de pompage, dans les zones sismiques et les zones non stables, respectez les normes : distance minimale entre la station de pompage un aéroport et une prise d'eau doit être 30 km.
- Que le site de la prise d'eau doit être approuvé par les services de la santé publique et l'environnement.
- Que les différents ouvrages des stations de pompage ne doivent pas se trouver dans les lieux libres du tracé en cas de crue.
- Situer les ouvrages de sorte que la prise soit réparée sans interruption de l'adduction d'eau.

**V-3. Choix du type de pompe :**

Les critères de choix du type de pompe sont :

- Assurer le débit appelé  $Q_{app}$  et la hauteur  $HMT$  avec le meilleur rendement;
- Vérifier la condition de non cavitation ;
- Encombrement et poids les plus faibles ;
- Vitesse de rotation la plus élevée ;
- Puissance absorbée minimale ;
- Etre fabriquée en série.

On opte pour les pompes Allemandes (pompes à hautes pressions) de marque KSB qui sont fabriquées en série.

En plus de ses avantages technique et mécanique, ce type de pompe nous assure le débit et la hauteur manométrique totale appelés avec une vitesse de rotation élevée à savoir ( $n= 1750$  tr/min ;  $n= 2900$  tr/min et  $n= 3500$  tr/min).

**V-4. Couplage des pompes :**

Il peut s'effectuer en série ou en parallèle

**V-4-1. 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.

**V-4-2. Couplage en parallèle:**

Chaque conduite de refoulement aboutit à une conduite générale commune.

- Cette dernière sera composée de la somme des débits de chaque pompe.
- La caractéristique de l'ensemble des groupes sera obtenue en sommant pour une même ordonnée  $H$  les débits abscisses de chaque groupe.

**V-5. Choix du nombre de pompes :**

Les critères de choix du nombre de pompes sont :

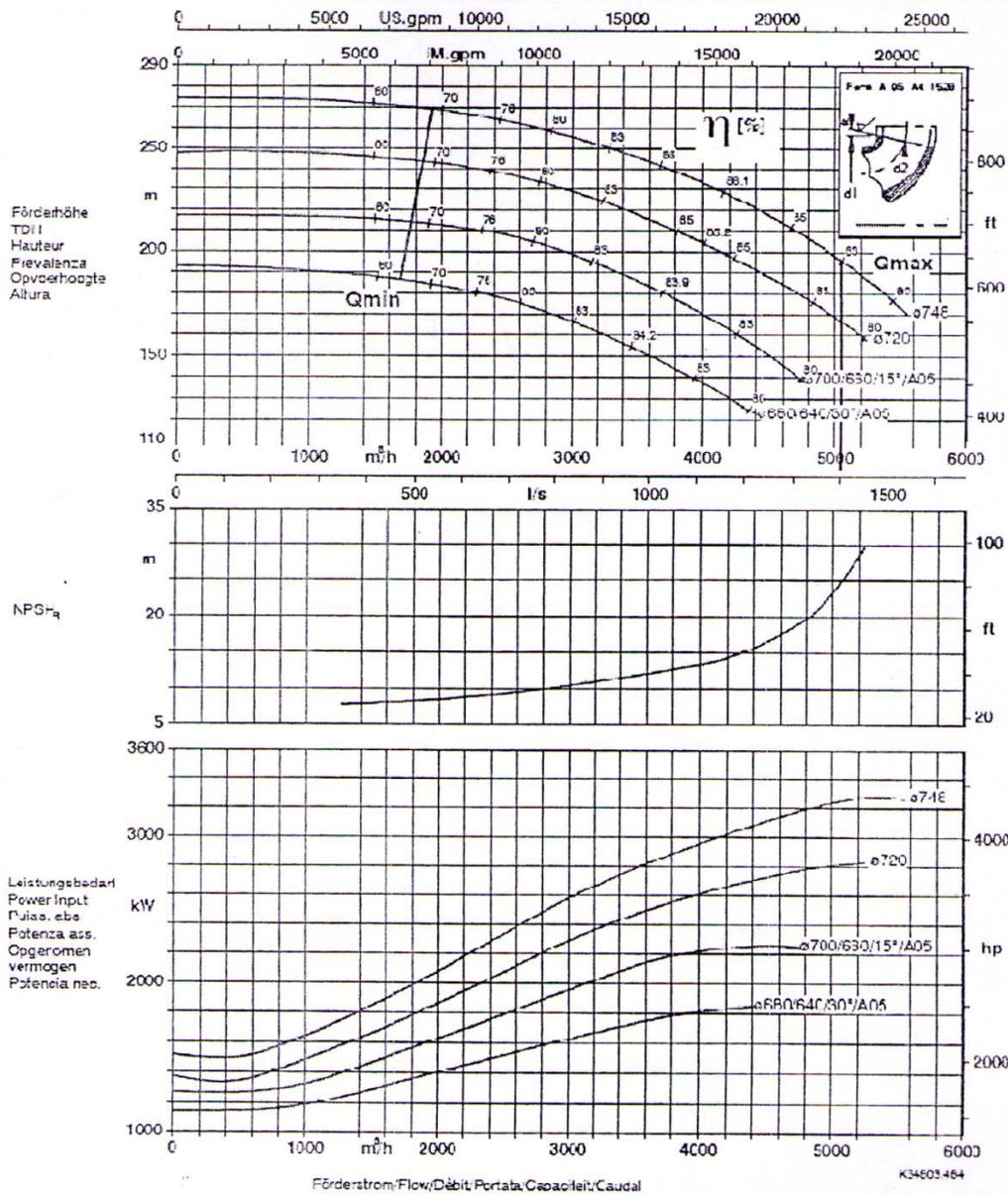
- Nombre de pompes  $n$  minimal ;
- Meilleur rendement ;
- Charge nette d'aspiration requise ( $NPSH$ ) $_r$  minimale ;
- Nombre d'étage minimal ;
- Puissance absorbée minimale.

**V-5-1. Refoulement : SP1-RT1**

Nous avons besoin de refouler un débit total d'eaux de 23 15 l/s sur une hauteur de 240m (La  $H_{mt}$  déjà calculée au chapitre III des adductions).

Type de pompe KSB CPKN 400-710 (Ø748).

|  |                                |   |   |  |                                    |  |
|--|--------------------------------|---|---|--|------------------------------------|--|
| Bezeichnung<br>Type-Size<br>Modèle<br>CPKN 400-710<br>-<br>HPK | Typ<br>Série<br>Typ            | Nenn Drehzahl<br>Nom. speed<br>Vitesse nom.<br>1750 1/min | Velocità di rotazione nom.<br>Nominal barerati<br>Revoluciones nom. | Laufred-ø<br>Impeller Dia.<br>Diamètre de roue | ø Girante<br>ø Waaijer<br>ø Rodete | <br>KSB Aktiengesellschaft<br>Postfach 1351<br>91253 Pegnitz<br>Bundesrepublik<br>91257 Pegnitz |
| Projekt<br>Projet<br>Projet                                    | Progetto<br>Projet<br>Proyecto | Angebots-Nr.<br>Project No.<br>No. de offre               | Offerte-Nr.<br>Offering No.<br>Oferte-No                            | Pos.-Nr.<br>Item No.<br>No. de pos             | Pos.-Nr.<br>Position<br>Pos.-Nr.   |  |



Laufredausstrichbreite/Impeller outlet width/Largeur à la sortie de la roue 72 mm  
 Luoc de a girante/Waaijer uitdooresrecte/Anchura de salida rodete 72 mm

**Figure V-01:** Courbe individuelle de la pompe de type CPKN 400-710.

**Tableau V-04:** Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre.71

| n        | Q appelé (m3/h) | HMT appelée (m) | Type de pompe | Hydraulique (indice) | $\eta$ (%) | Vitesse (tr/min) | Nbre d'étage | Pabs (Kw)   | (NPSH)r (m) | $\varnothing$ roue (mm) |
|----------|-----------------|-----------------|---------------|----------------------|------------|------------------|--------------|-------------|-------------|-------------------------|
| 1        | 8333.33         | 240             | -             | -                    | -          | -                | -            | -           | -           | -                       |
| 2        | 4166.67         | 240             | -             | -                    | -          | -                | -            | -           | -           | -                       |
| <b>3</b> | <b>2777.78</b>  | <b>240</b>      | <b>CPNK</b>   | <b>400-710</b>       | <b>80</b>  | <b>1750</b>      | <b>1</b>     | <b>2200</b> | <b>10</b>   | <b>720</b>              |

A partir du tableau (V-1), on déduit que la variante de trois (03) pompes est la seule qui peut assurer le débit appelé et la Hmt appelée.

Nous optons pour un nombre de pompe de trois (03) et une pompe de secours.

Ces quatre (4) pompes sont identiques de type CPNK 400-710.

### V-5-2. Refoulement : SP2-RT2

Nous avons besoin de refouler un débit total d'eaux de 2214.44 l/s sur une hauteur de 170m (La H<sub>mt</sub> déjà calculée au chapitre (III) des adductions).

Type de pompe **KSB CPKN 400-710 (Ø748)**.

**Tableau V-05:** Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre.

| n        | Q appelé (m3/h) | HMT appelée (m) | Type de pompe | Hydraulique (indice) | $\eta$ (%) | Vitesse (tr/min) | Nbre d'étage | Pabs (Kw)   | (NPSH)r (m) | $\varnothing$ roue (mm) |
|----------|-----------------|-----------------|---------------|----------------------|------------|------------------|--------------|-------------|-------------|-------------------------|
| 1        | 7972            | -               | -             | -                    | -          | -                | -            | -           | -           | -                       |
| 2        | 3986            | 170             | CPNK          | 400-710              | 83.5       | 1750             | 1            | 2600        | 13.5        | 720                     |
| <b>3</b> | <b>2657.33</b>  | <b>170</b>      | <b>CPNK</b>   | <b>400-710</b>       | <b>80</b>  | <b>1750</b>      | <b>1</b>     | <b>2170</b> | <b>10</b>   | <b>720</b>              |

A partir du tableau (V-05), on déduit que la troisième variante (03) pompes est la meilleure du point de vue rendement, puissance absorbée et nombre de pompes en parallèle.

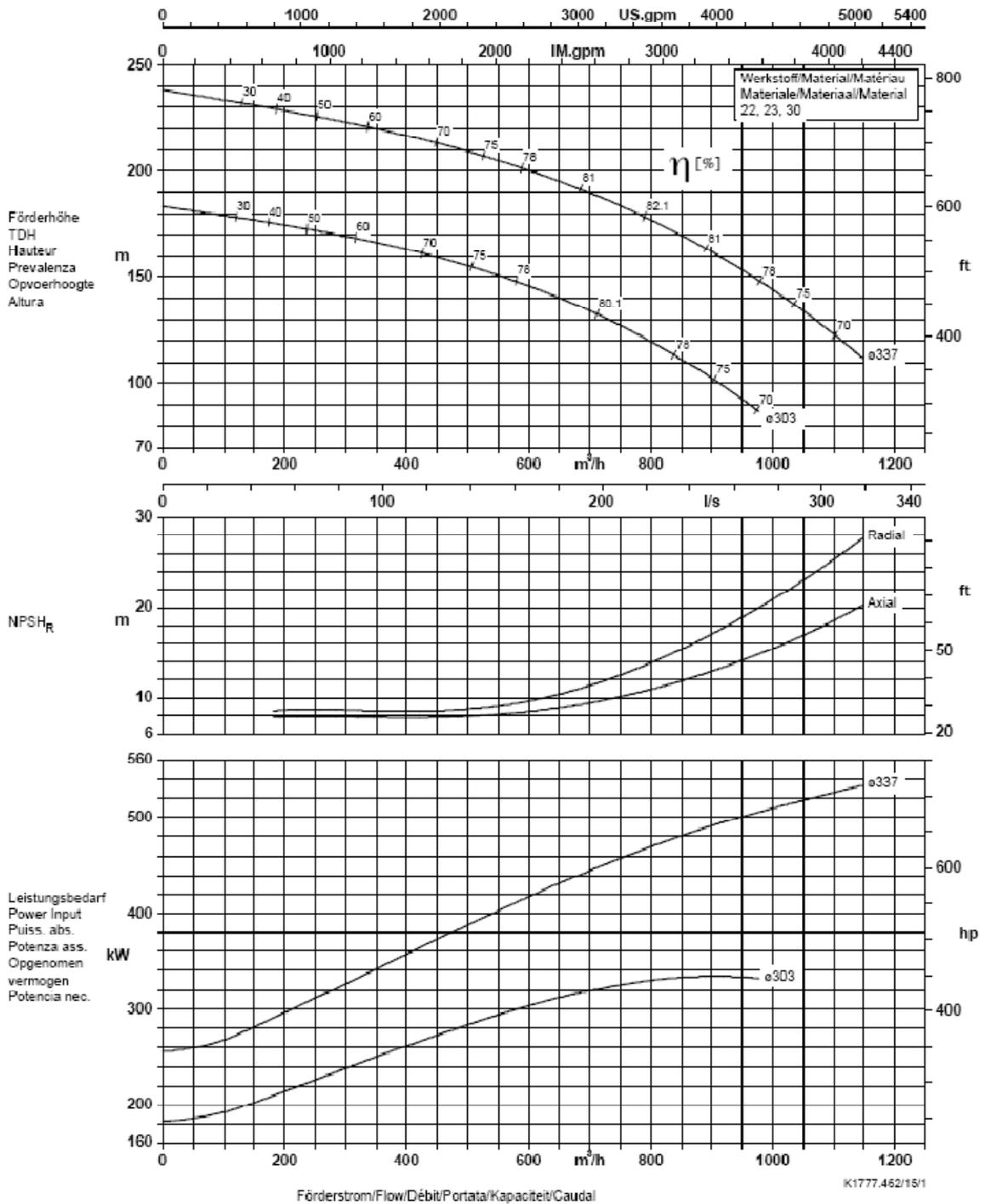
Nous optons pour un nombre de pompes (03) et une pompe de secours.

### V-5-3. Refoulement : SP3-RT3

Nous avons besoin de refouler un débit total d'eaux de 4370.40 l/s sur une hauteur de 108m (La Hmt déjà calculée au chapitre III des adductions).

Type de pompe KSB Multitec 150 12.2.

|                                       |                                 |   |   |  |                                   |  |
|---------------------------------------|---------------------------------|---|---|--|-----------------------------------|--|
| Baureihe-Größe<br>Type-Size<br>Modèle | Tipo<br>Serie<br>Tipo           | Nennrehzahl<br>Nom. speed<br>Vitesse nom.   | Velocità di rotazione nom.<br>Nominaal toerental<br>Revoluciones nom. | Laufrad-Ø<br>Impeller Dia.<br>Diamètre de roue | Ø Girante<br>Ø Waaler<br>Ø Rodete | <br>Division Pompes Industrie et Eau<br>KSB S. A.<br>Allée de Sagan - B.P. 189<br>36004 Châteauroux |
| Projekt<br>Project<br>Projet          | Progetto<br>Projekt<br>Proyecto | Angebots-Nr.<br>Project No.<br>No. de offre | Offerta-No.<br>Offertenr.<br>Offerta-No.                              | Pos.-Nr.<br>Item No.<br>No. de pos.            | Pos.-Nr.<br>Postitem.<br>Pos.-Nr. |  |
| Multitec 150 12.2<br>1.4408           |                                 | 3500 1/min                                  |   |  |                                   |  |



**Figure V-02:** Courbe individuelle de la pompe de type Multitec 150 12.2.

**Tableau V-06:** Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre.

| n | Q appelé (m <sup>3</sup> /h) | HMT appelée (m) | Type de pompe | Hydraulique (indice) | $\eta$ (%) | Vitesse (tr/min) | Nbre d'étage | Pabs (Kw) | (NPSH) <sub>r</sub> (m) | $\varnothing$ roue (mm) |
|---|------------------------------|-----------------|---------------|----------------------|------------|------------------|--------------|-----------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 4370.4                       | 108             | -             | -                    | -          | -                | -            | -         | -                       | -                       |
| 2 | 2185.2                       | 108             | -             | -                    | -          | -                | -            | -         | -                       | -                       |
| 3 | 1456.8                       | 108             | -             | -                    | -          | -                | -            | -         | -                       | -                       |
| 4 | 1092.6                       | 108             | multitec      | 150 12.2             | 70         | 3500             | 1            | 525       | 18.5                    | 337                     |
| 5 | 874.08                       | 108             | multitec      | 150 12.2             | 77         | 3500             | 1            | 338       | 12.5                    | 303                     |

A partir du tableau (V-06), on déduit que la quatrième et la cinquième variante seules qui peuvent assurer le débit appelé et la Hmt appelée.

La cinquième est la meilleure du point de vue rendement, puissance absorbée et nombre de pompes en parallèle.

Nous optons pour un nombre de pompes (05) en plus de deux (02) pompes de secours. Ces sept (7) pompes sont identiques de type Multitec 150 12.2.

#### V-6. Courbes caractéristiques des pompes :

Pour chaque pompe et pour une vitesse de rotation et un diamètre de la roue donnés, on distingue les courbes caractéristiques suivantes : [H-Q], [P<sub>abs</sub> - Q], [ $\eta_p$  - Q] et [(NPSH)<sub>r</sub> - Q]

Les courbes caractéristiques des pompes des stations de pompage SP1, SP2, et SP3 seront établies à base de la courbe individuelle (figure V-01), la station de pompage (SP2) est établit dans (Figure V-01), la station de pompage (SP3) dans (Figure V-02)

Ces courbes individuelles sont tirées du catalogue des pompes KSB.

Après le choix du type et du nombre de pompe en parallèle.

Le point de fonctionnement d'une pompe est le point d'intersection qui satisfait simultanément la courbe de la pompe et la courbe de charge de façon que le NPSH disponible soit supérieur à NPSH requis.

A delà, des petites bulles d'air se forment à l'intérieur de la pompe en quantité toujours plus croissante entraînant une baisse très rapide du rendement et du débit pompé. L'implosion et les chocs de ces petites bulles entre elles provoquent une importante érosion de la roue et des organes voisines de la pompe. On parle alors du phénomène de cavitation.

#### ➤ Courbe caractéristique de la conduite

La courbe caractéristique de la conduite est une parabole dont l'équation est la suivante :

$$H_c = H_g + \Delta h_t \dots \dots \dots (V.1)$$

Avec :

$H_g$  : hauteur géométrique (m) ;

$\Delta h_t$  : Perte de charge totale occasionnée par la conduite (m) ;

$$\Delta h_t = 1,1 * \Delta h_p^{lin} \dots\dots\dots (V.2)$$

Avec :

$\Delta h_p^{lin}$  : perte de charge linéaire (m) ;

$$\Delta h_p^{lin} = \frac{8 * \lambda * L_{ref} * Q^2}{\pi^2 * g * D_{ec}^5} \dots\dots\dots (V.3)$$

$\lambda$  : coefficient de frottement qui est en fonction de la rugosité de la paroi interne de la conduite et du régime d'écoulement,  $\lambda = 0,016$  (voir chapitre III) ;

$L_{ref}$  : longueur de la conduite de refoulement (m) ;

$Q$  : débit refoulé par la pompe (m<sup>3</sup>/s) ;

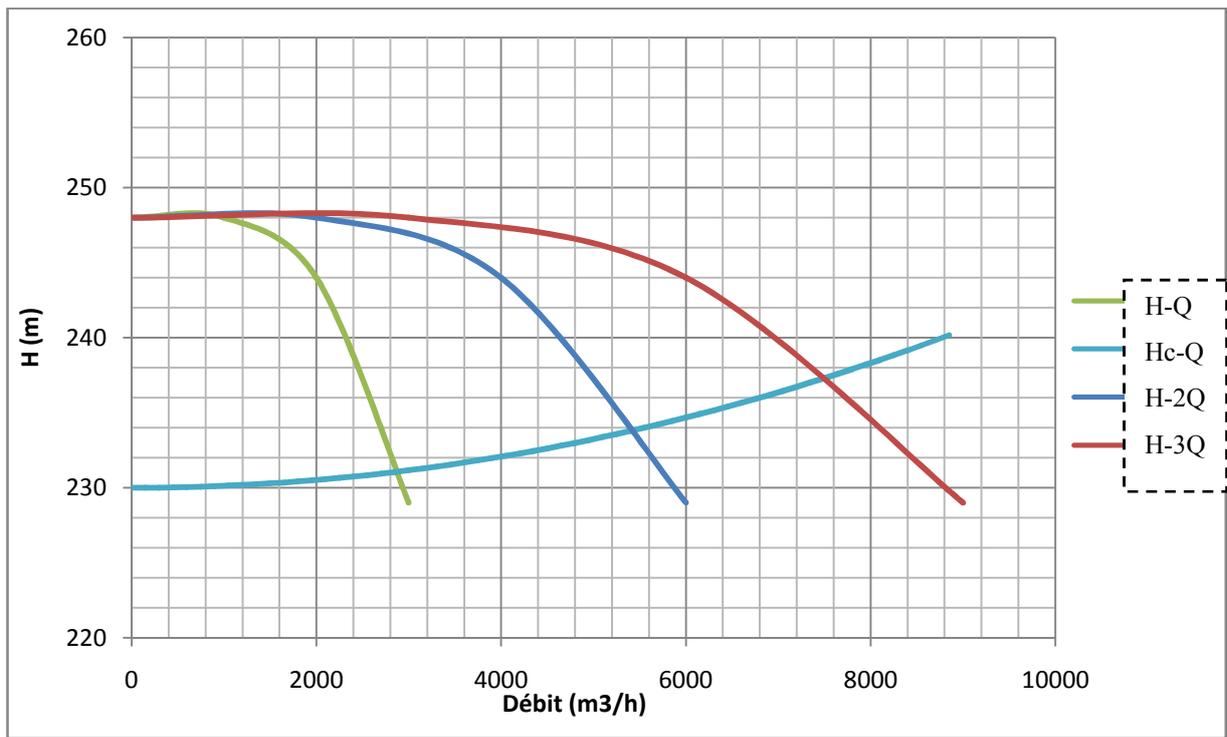
$D_{ec}$  : diamètre économique de la conduite de refoulement (m) ;

$g$  : accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>).

**V-6-1. Refoulement : SP1-RT1:**

***Tableau V-07 : Courbe caractéristique de la conduite de refoulement (SP1-RT1).***

| N° | Q<br>(m <sup>3</sup> /h) | 3Q<br>(m <sup>3</sup> /h) | H <sub>g</sub><br>(m) | L <sub>ref</sub><br>(m) | D <sub>ec</sub><br>(mm) | $\lambda$ | $\Delta h_p^{lin}$<br>(m) | $\Delta h_t$<br>(m) | H <sub>c</sub> |
|----|--------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|---------------------------|---------------------|----------------|
| 0  | 0                        | 0                         | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 0,00                      | 0,00                | 230,00         |
| 1  | 200                      | 600                       | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 0,04                      | 0,05                | 230,05         |
| 2  | 400                      | 1200                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 0,17                      | 0,19                | 230,19         |
| 3  | 600                      | 1800                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 0,38                      | 0,42                | 230,42         |
| 4  | 800                      | 2400                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 0,68                      | 0,75                | 230,75         |
| 5  | 1000                     | 3000                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 1,06                      | 1,17                | 231,17         |
| 6  | 1200                     | 3600                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 1,53                      | 1,68                | 231,68         |
| 7  | 1400                     | 4200                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 2,08                      | 2,29                | 232,29         |
| 8  | 1600                     | 4800                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 2,72                      | 2,99                | 232,99         |
| 9  | 1800                     | 5400                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 3,44                      | 3,78                | 233,78         |
| 10 | 2000                     | 6000                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 4,25                      | 4,67                | 234,67         |
| 11 | 2200                     | 6600                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 5,14                      | 5,65                | 235,65         |
| 12 | 2400                     | 7200                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 6,12                      | 6,73                | 236,73         |
| 13 | 2600                     | 7800                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 7,18                      | 7,90                | 237,90         |
| 14 | 2800                     | 8400                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 8,33                      | 9,16                | 239,16         |
| 15 | 3000                     | 9000                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 9,56                      | 10,51               | 240,51         |
| 16 | 3200                     | 9600                      | 230                   | 4520                    | 1400                    | 0,022     | 10,87                     | 11,96               | 241,96         |



**Figure V-03:** Point de fonctionnement des pompes de la SPI.

La courbe caractéristique de la conduite de refoulement et le point de fonctionnement (B) de la pompe sont donnés sur la figure V.3.

Le débit et la hauteur manométrique totale correspondant au point de fonctionnement (B) sont :

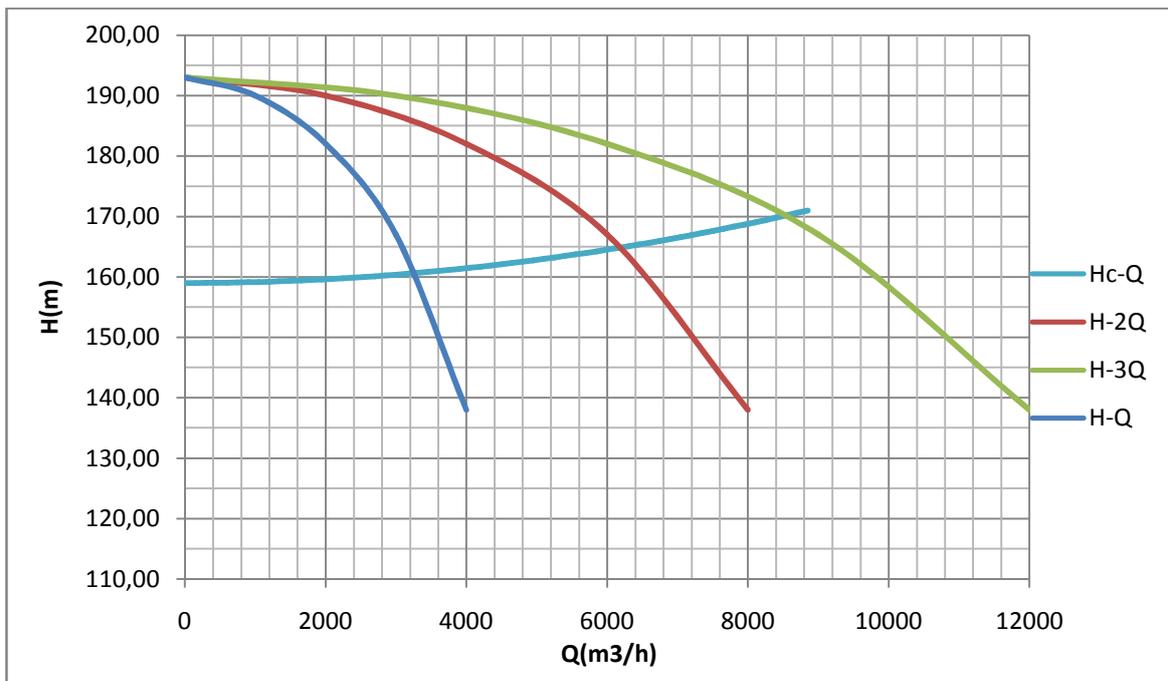
$$\begin{cases} Q_B = 7520 \text{ m}^3 / \text{h} < Q_{app} = 8333.33 \text{ m}^3 / \text{h} \\ H_B = 237.8 \text{ m} < H_{app} = 240 \text{ m} \end{cases}$$

Le débit et la hauteur manométrique correspondant au point de fonctionnement étant respectivement inférieurs au débit et à la hauteur manométrique appelés, une adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement s'impose.

**V-6-2. Refoulement : SP2-RT2:**

**Tableau V.8 :** Courbe caractéristique de la conduite de refoulement (SP2-RT2).

| N° | Q (m³/h) | 3Q (m³/h) | H <sub>g</sub> (m) | L <sub>ref</sub> (m) | D <sub>ec</sub> (mm) | λ     | Δh <sub>p</sub> <sup>lin</sup> (m) | Δh <sub>t</sub> (m) | Hc     |
|----|----------|-----------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|------------------------------------|---------------------|--------|
| 0  | 0        | 0         | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 0,00                               | 0,00                | 159,00 |
| 1  | 400      | 1200      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 0,20                               | 0,22                | 159,22 |
| 2  | 800      | 2400      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 0,80                               | 0,88                | 159,88 |
| 3  | 1200     | 3600      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 1,80                               | 1,98                | 160,98 |
| 4  | 1600     | 4800      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 3,21                               | 3,53                | 162,53 |
| 5  | 2000     | 6000      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 5,01                               | 5,51                | 164,51 |
| 6  | 2400     | 7200      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 7,21                               | 7,93                | 166,93 |
| 7  | 2800     | 8400      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 9,82                               | 10,80               | 169,80 |



**Figure V-04:** Point de fonctionnement des pompes de la SP2.

La courbe caractéristique de la conduite de refoulement et le point de fonctionnement (B) de la pompe sont donnés sur la figure V.4.

Le débit et la hauteur manométrique totale correspondant au point de fonctionnement (B) sont :

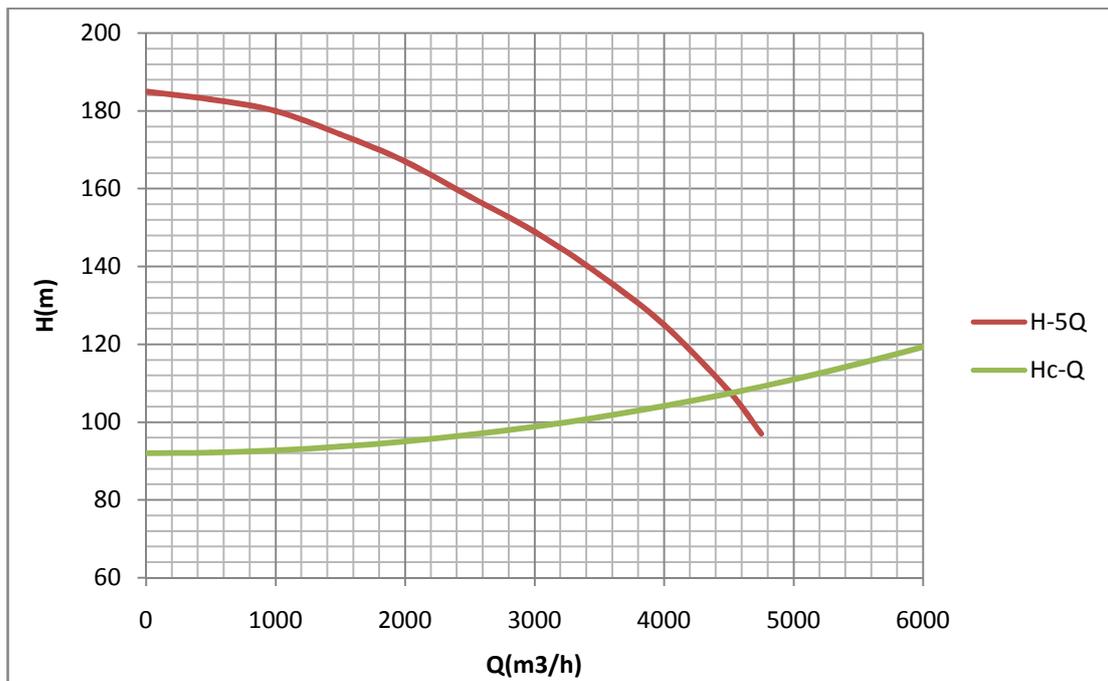
$$\begin{cases} Q_B = 8339 \text{ m}^3 / \text{h} \approx Q_{app} = 8333.33 \text{ m}^3 / \text{h} \\ H_B = 170.25 \text{ m} \approx H_{app} = 170 \text{ m} \end{cases}$$

Le débit et la hauteur manométrique correspondant au point de fonctionnement sont presque les mêmes que le débit et à la hauteur manométrique appelés.

**V-6-3. Refoulement : SP3-RT3:**

**Tableau V-9:** Courbe caractéristique de la conduite de refoulement (SP2-RT2).

| N° | Q (m³/h) | 3Q (m³/h) | H <sub>g</sub> (m) | L <sub>ref</sub> (m) | D <sub>ec</sub> (mm) | λ     | Δh <sub>p</sub> <sup>lin</sup> (m) | Δh <sub>t</sub> (m) | Hc     |
|----|----------|-----------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|------------------------------------|---------------------|--------|
| 0  | 0        | 0         | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 0,00                               | 0,00                | 159,00 |
| 1  | 400      | 1200      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 0,20                               | 0,22                | 159,22 |
| 2  | 800      | 2400      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 0,80                               | 0,88                | 159,88 |
| 3  | 1200     | 3600      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 1,80                               | 1,98                | 160,98 |
| 4  | 1600     | 4800      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 3,21                               | 3,53                | 162,53 |
| 5  | 2000     | 6000      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 5,01                               | 5,51                | 164,51 |
| 6  | 2400     | 7200      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 7,21                               | 7,93                | 166,93 |
| 7  | 2800     | 8400      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 9,82                               | 10,80               | 169,80 |
| 8  | 3200     | 9600      | 159                | 5330                 | 1400                 | 0,022 | 12,82                              | 14,11               | 173,11 |



**Figure V-05:** Point de fonctionnement des pompes de la SP3.

La courbe caractéristique de la conduite de refoulement et le point de fonctionnement (B) de la pompe sont donnés sur la figure V.5.

Le débit et la hauteur manométrique totale correspondant au point de fonctionnement (B) sont :

$$\begin{cases} Q_B = 4510 \text{ m}^3 / \text{h} > Q_{app} = 4370.4 \text{ m}^3 / \text{h} \\ H_B = 109 \text{ m} \approx H_{app} = 108 \text{ m} \end{cases}$$

Le débit correspondant au point de fonctionnement étant supérieur au débit appelé, une adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement s'impose.

#### V-7. Adaptation des pompes aux conditions de fonctionnement données : [4]

Selon le débit demandé ou appelé, soit plus petit ou plus grand que celui qui est disponible, on distingue les modes de réglage suivants :

##### A- Débit disponible > Débit appelé

Si le débit pompé est supérieur à la demande on corrige cet excès par un des modes de réglage suivants :

- **Réglage qualitatif :** c'est la réduction de la vitesse de rotation de la pompe si elle est variable c'est à dire qu'on a un moteur à vitesse variable.
- **Réglage quantitatif :** appelé aussi vannage, c'est la fermeture partielle du robinet vanne de refoulement.

Le rendement de l'installation après vannage est tel que :

$$\eta_{inst_{ap,van}} = \eta_{inst_{av,van}} * \frac{H_{app}}{H_{app} + h_v} \dots\dots\dots (V.4)$$

$\eta_{inst_{ap,van}}$  : rendement de l'installation après le vannage (%);

$\eta_{inst_{av,van}}$  : rendement de l'installation avant le vannage (%);

$H_{app}$  : hauteur manométrique appelée (m);

$h_v$  : différence entre la hauteur  $H'_c$  et la hauteur appelée

$$h_v = H'_c - H_{app} \dots\dots\dots (V.5)$$

$H'_c$  : hauteur correspondant à la projection du débit appelé sur la courbe caractéristique de la pompe (H-Q)<sub>R</sub> (m).

➤ **Rognage** : C'est la diminution du diamètre extérieur de la roue de la pompe de telle façon à refouler le débit appelé.

On utilisant les lois de similitude, on obtient l'équation de la droite de rognage :

$$H = \frac{H_{app}}{Q_{app}} * Q \dots\dots\dots (V.6)$$

$Q_{app}$  : débit demandé ou débit appelé ;

$H_{app}$  : hauteur manométrique totale appelé (m).

Après le rognage, le diamètre extérieur de la roue répond à l'équation suivante :

$$d = \phi * \sqrt{\frac{Q_{app}}{Q}} \dots\dots\dots (V.7)$$

$Q$  : débit correspondant au point au point homologue au point de fonctionnement.

$\phi$  : diamètre extérieur de la roue avant le rognage;

$d$  : diamètre extérieur de la roue après le rognage (mm).

**\*Rendement de rognage**

$$R = (1-m)*100 \dots\dots\dots (V.8)$$

$R$  : rendement de rognage (%);

$m$  : coefficient de rognage ;

$$m = \sqrt{\frac{Q_{app}}{Q}} \dots\dots\dots (V.9)$$

Remarque : Si le rendement de rognage est **inférieur à 15%** alors le rognage est efficace.

➤ **Augmentation des pertes de charge dans les conduites de refoulement** : en augmentant les singularités (des diffuseurs ou bien des rétrécissements brusques, les coudes..).

➤ **Diminution de temps de pompage** : dans le cas où le pompage s'effectuerait dans un réservoir.

Le nouveau temps de fonctionnement de la station est tel que :

$$t' = \frac{Q_{app}}{Q_{pf}} * t \dots\dots\dots(V.10)$$

t : temps prévu de fonctionnement de la station de pompage par jour (h);

t' : nouveau temps de fonctionnement de la station de pompage par jour (h);

Q<sub>pf</sub> : débit correspondant au point de fonctionnement de la pompe (m<sup>3</sup>/h).

➤ **Changement du type de la pompe** : si cela est possible.

**B- Débit disponible < Débit appelé :**

Dans ce cas la, il faut faire un réglage soit :

➤ **Qualitatif** : augmentation de la vitesse de rotation de la pompe.

➤ **Changement de type de pompe.**

Remarque :

On étudie les différents modes de réglage possibles pour opter au mode occasionnant la chute de rendement la plus faible et la puissance absorbée la plus faible.

Dans notre cas, les modes de réglage à étudier sont le vannage, la diminution du temps de pompage et le rognage si le nombre de cellules est inférieur à cinq.

**V-7-1. Refoulement : SP 1 - Réservoir RT 1**

On a Q<sub>app</sub> > Q<sub>pf</sub>

Dans ce cas, on va faire un réglage qualitatif donc on augmente la vitesse de rotation de la pompe :

La nouvelle vitesse de la pompe sera

D'après la loi de similitude on a :

$$\frac{Q_E}{Q_{app}} = \frac{n}{N} \Rightarrow n = N \frac{Q_{app}}{Q_{pf}}$$

$$n = 1750 \times \frac{8333}{8280} \quad n=1762 \text{ tr/min.}$$

N: la vitesse initiale de la pompe.

n: la nouvelle vitesse de la pompe.

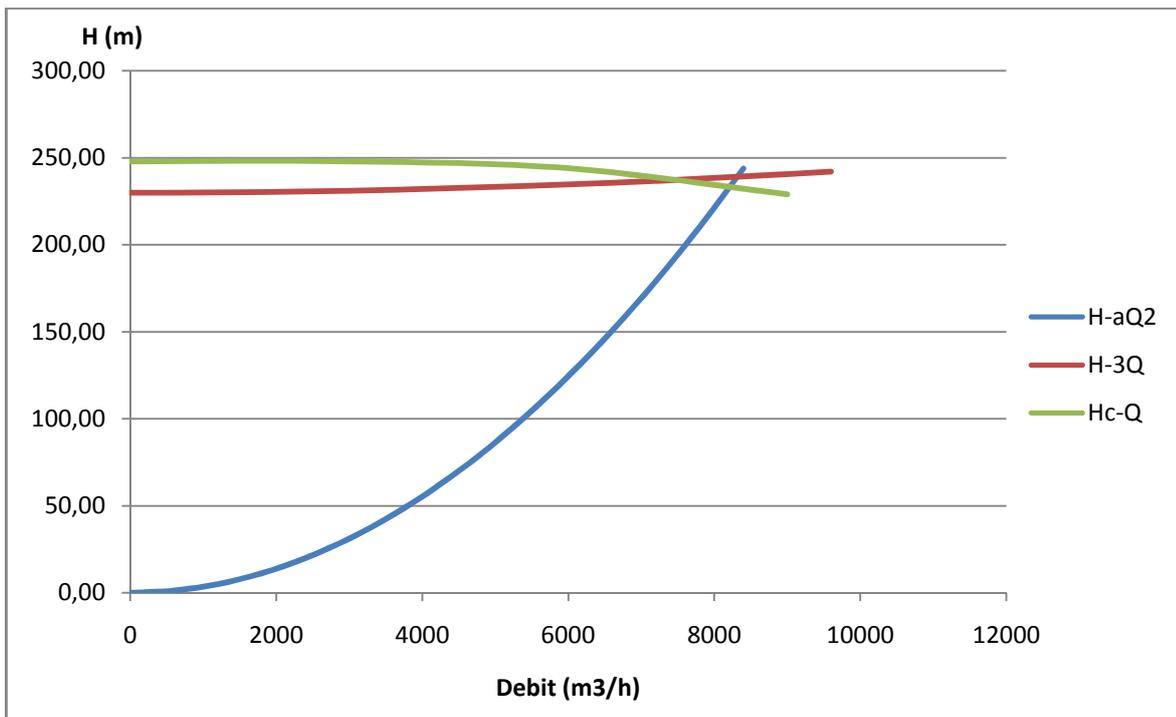
L'équation de la courbe de proportionnalité est égale: H = a \* Q<sup>2</sup>

Avec:

$$a = \frac{H_{app}}{Q_{app}^2}$$

$$a=3.45*10^{-6}$$

Le rendement après la similitude est : **73,2 %**.



**Figure V-06:** Mode de réglage de la SP1.

### V-7-2. Refoulement : SP 3- Réservoir RT3

#### a) Vannage

- $H_c' = 108$  m (Voir figure V.7).
- $h_v = 110 - 107 \Rightarrow h_v = 3$  m.
- $\eta_{inst\ av, van} = 77\%$  (Voir tableau V.2)
- $\eta_{inst\ ap, van} = 77 * \frac{107}{107 + 3} \Rightarrow \eta_{inst\ ap, van} = 74,9 \%$

Donc, la nouvelle puissance absorbée est calculée comme suite :

$$P_{abs} = \frac{g \times Q \times HMT}{\eta} \quad [kW];$$

Q : le débit refoulé par une seule pompe en (m<sup>3</sup>/s).

HMT : la hauteur de refoulement en (m).

$\eta$  : le rendement de la pompe en (%).

Sachant que 'Q' représente le débit refoulé par une seule pompe est :

$$Q = \frac{Q_{App}}{n} \quad (m^3/h);$$

Avec :  $Q_{App}$  : le débit demandé (m<sup>3</sup>/h).

n : le nombre de pompes en parallèle, pour notre cas (n = 5).

$$A.N \quad Q = \frac{4370.4}{5} \Rightarrow Q = 874.08 m^3 / h$$

$$\text{Ainsi : } P_{abs} = \frac{9,81 * 870.08 * 110}{0,749 * 3600} \Rightarrow P_{abs} = \mathbf{3\ 4\ 8\ k\ w}$$

### b) Diminution du temps de pompage

- Le nouveau temps de pompage sera :  $t' = \frac{4370.4}{4500} * 24 \Rightarrow t' = \mathbf{23\ h\ 18\ min\ 32\ sec}$
- La nouvelle puissance absorbée par la pompe sera, sachant que 'Q' représente le débit refoulé par une seule pompe est :

$$Q = \frac{4500}{5} = 900\text{m}^3/\text{h}$$

Donc :

$$P_{abs} = \frac{9,81 \times 900 \times 110}{0.749 \times 3600} \Rightarrow P_{abs} = \mathbf{3\ 6\ 0\ 0\ k;w}$$

### c) Rognage :

L'équation de la droite de rognage est telle que :

$$H = \frac{108}{4370.4} \times Q \Rightarrow H = \mathbf{0,0\ 2\ 5 \times Q ; [m]}$$

Avec Q : le débit refoule par une seule pompe en (m<sup>3</sup>/h).

Le débit de point d'intersection 'E'(point homologue) est  $Q_E = 4450\text{m}^3/\text{h}$

(D'après Figure V.7).

Donc, le diamètre de la roue après rognage sera : raie

$$d = 303 \times \sqrt{\frac{874}{890}} = 300[\text{mm}];$$

Le coefficient de rognage est :

$$m = \sqrt{\frac{874}{890}} = 0,98 ;$$

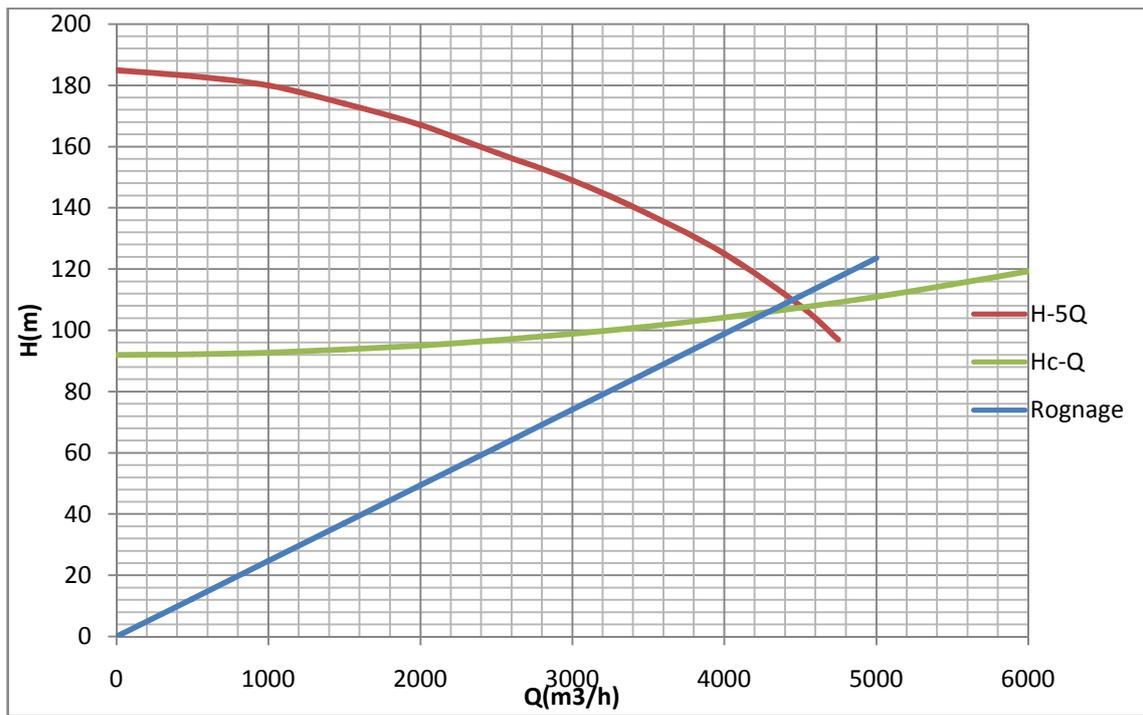
Le rendement de rognage est :  $R = (1-0,98) \times 100 \Rightarrow R = \mathbf{2\ \% < 15\ \%}$

⇒ Le rognage est une solution efficace.

Le rendement après rognage est :  $\mathbf{76.4\ \%}$  (figure V.01).

La puissance absorbée

$$P_{abs} = \frac{9,81 \times 874.08 \times 110}{0.764 \times 3600} \Rightarrow P_{abs} = \mathbf{3\ 4\ 2\ 4\ k;w}$$



**Figure V-07:** Mode de réglage de la SP3.

**Tableau V-10:** comparaison entre différents modes de réglage.

| mode de réglage               | rendement (%) | puissance absorbée(KW) |
|-------------------------------|---------------|------------------------|
| vannage                       | 74,9          | 348,2                  |
| réduction du temps de pompage | 77            | 360,2                  |
| rognage                       | 76,4          | 342,14                 |

D'après le tableau V-7 nous optons pour le réglage par rognage car ce mode nous assure un meilleur rendement et une puissance absorbée plus faible.

### V-8. Etude de la cavitation : [04]

On appelle cavitation d'une pompe centrifuge la vaporisation, à l'entrée de la roue, d'une partie du liquide pompé. C'est en effet en ce point que la pression est en général la plus basse.

On considère en général que cette vaporisation est liée au fait que la pression statique tombe en dessous de la pression de vapeur saturante du fluide pompé. En réalité, il s'agit parfois de la création de bulles de gaz dissous dans le liquide (cas de l'eau notamment), on parle alors de cavitation apparente.

Les effets de la cavitation peuvent être très néfastes pour la pompe:

- la création de bulle de vapeur à l'aspiration s'accompagnant de leur condensation brutale dans ou en sortie de roue, lorsque la pression remonte,
- implosion des bulles de vapeur au niveau de la roue ,
- vibrations anormales,
- bruit anormal (pompage de cailloux),
- destruction des garnitures d'étanchéité suite aux vibrations,
- arrachement de matière dans les zones d'implosion,
- chute du débit pompé lorsqu'apparaît le phénomène de cavitation.



**Figure V-08 :** Roue soumise à la cavitation.

La cavitation peut être prévue par le calcul du NPSH disponible à l'aspiration de la pompe, et sa comparaison avec le NPSH requis par la pompe. Afin d'éviter le phénomène de cavitation, la condition suivante doit être vérifiée :

$$(\text{NPSH})_d > (\text{NPSH})_r ;$$

$(\text{NPSH})_r$  : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur ;

$(\text{NPSH})_d$  : Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur.

$$(\text{NPSH})_d = (\text{NPSH})_r + r ;$$

$r$  : marge de sécurité,  $r = (0,3 - 0,5)$  m.

Pour notre calculs, on prend :  $r = 0,3$  m.

#### V-8-1. Calcul de la hauteur d'aspiration admissible :

Pour une pompe donnée fonctionnant à une vitesse déterminée, il existe une hauteur limite d'aspiration en deçà de laquelle il convient toujours de se tenir.

Dans notre cas, on a à faire à une installation en charge au niveau de la station de pompage, alors la hauteur d'aspiration admissible est régie par la relation suivante :

$$h_{a s p}^{a d m} = (\text{N P S})H + r - \frac{P_{a t m}}{\rho \times g} + T_v + \frac{V_{a s p}^2}{2 \times g} + \sum \Delta H_{a s p} ;$$

$V_a$  : vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration (m/s) ;

$P_{atm}$  : pression atmosphérique (mce) ;

$$P_{atm} = 10,33 - 0,00139 \times H \text{ [mce] } ;$$

Avec :  $H$  : altitude de la station en (mNGA).

$T_v$  : tension de vapeur d'eau (mce) ;

**Tableau V-11:** Variation de la tension de vapeur d'eau en fonction de la température.

| T (°C)               | 5    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 80   | 100   |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| T <sub>v</sub> (mce) | 0,09 | 0,12 | 0,24 | 0,43 | 0,75 | 1,25 | 4,82 | 10,33 |

La tension de vapeur d'eau sera choisie pour une température de 20°C

$\Delta h_{asp}$ : Perte de charge totale du coté aspiration.

$$\Delta h_{asp} = (1,10 - 1,15) \times \Delta h_{asp}^{lin};$$

$\Delta h_{asp}^{lin}$ : Perte de charge linéaire à l'aspiration (m), elle sera estimée pour le collecteur et la conduite d'aspiration. En utilisant la formule suivante :

$$\Delta h_{asp}^{lin} = 0,001735 \times \left( \frac{L_c \times Q_{app}^2}{D_c^{5,3}} + \frac{l_c \times Q_a^2}{D_a^{5,3}} \right) \text{ [m];}$$

Avec :

$L_c$  : longueur du collecteur d'aspiration,  $L_c = 50$  m ;

$l_c$  : longueur de la conduite d'aspiration,  $l_c = 3$  m ;

$Q_a$  : débit refoulé par une seule pompe ( $m^3/s$ ) ;

$$Q_a = \frac{Q_{app}}{n} \text{ [m}^3\text{/s] ;}$$

Avec :  $n$  : nombre de pompes en parallèles.

$Q_{app}$  : le débit appelé en ( $m^3/s$ ).

$D_c$  : diamètre du collecteur d'aspiration (m),

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \times Q_{app}}{\pi \times V_c}};$$

Avec :  $V_c$  : vitesse d'écoulement dans le collecteur d'aspiration (m/s),

$D_a$  : diamètre de la conduite d'aspiration,

$D_a = (1,2 - 1,5) \times DN1$  [mm];

Avec :  $DN1$  : diamètre de la tubulure d'aspiration (mm).

### V-8-2. Calage de la pompe :

Le calage de la pompe est de déterminer la côte exacte de l'axe de la pompe par rapport à niveau du plan d'eau d'aspiration pour qu'elle fonctionne sans le moindre risque de cavitation.

Pour les installations en aspiration :

$$\nabla_{axe} = \nabla_{min} - h_{asp}^a + r \text{ [m];}$$

$\nabla_{axe}$  : Niveau de l'axe de la pompe (m.NGA) ;

$r$  : marge de sécurité,  $r = (0,1 - 0,3)$  m.

$\nabla_{m i n}$  : Niveau minimal du plan d'eau d'aspiration (m.NGA) ;

$$\nabla_{m i n} = C_p - h + h_{i n c} [m];$$

$C_p$  : côte du plan d'eau dans le réservoir (mNGA) ;

$h$  : hauteur d'eau dans le réservoir (m) ;

$h_{inc}$  : hauteur d'incendie dans le réservoir (m).

### V-8-3. Station de pompage SP1 :

La charge nette d'aspiration requise :  $(NPSH)_r = 10$  m.

La pression atmosphérique :  $P_{atm} = 10,33 - 0,00139 \times 282 \Rightarrow Pat = 10,72$  mce.

La tension de vapeur d'eau à une température  $T^\circ = 20$  °C  $\Rightarrow T_v = 0,24$  mce.

Le diamètre de la tubulure d'aspiration :  $DN1 = 500$  mm.

Donc, le diamètre de la conduite d'aspiration :

$$D_a = 1,5 \times 150 \Rightarrow D_a = 800 \text{ mm.}$$

Diamètre du collecteur d'aspiration :

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \times 8333.33}{3,14 \times 3600 \times 1,3}} = 1.500m \Rightarrow D_c = 1500m \text{ m}$$

Pour  $D_a = 1500$  mm, la vitesse sera  $V_a = 1,3$  m/s (cette vitesse est admissible).

La perte de charge linéaire à l'aspiration sachant que :

$$\Delta h_{a s p}^{l i n} = 0,001735 \times \left[ \frac{15 \times \left( \frac{8333.33}{3600} \right)^2}{1,5^{5,3}} + \frac{3 \times \left( \frac{2777.78}{3600} \right)^2}{0,8^{5,3}} \right] \Rightarrow \Delta h_{a s p}^{l i n} = 0,05 \text{ m.}$$

La perte de charge totale à l'aspiration :

$$\Delta h_{asp} = 1,15 \times 0,06 = 0,07 \text{ m.}$$

La hauteur d'aspiration admissible :

$$h_{a s p}^{a d m} = 10 + 0,3 - 9.93 + 0,24 + \frac{1.5^2}{2 \times 9,81} + 0.05 \Rightarrow h_{a s p}^{a d m} = 0.8 \text{ m;}$$

Le niveau minimum du plan d'aspiration :

$$\nabla_{m i n} = 282 - 5 + 0,2 = 277.2 \text{ m} \Rightarrow \nabla_{m i n} = 277.2 \text{ m. NGA ;}$$

La côte de l'axe de la pompe :

$$\nabla_{a x e} = 277,20 - 0.07 + 0,3 = 277.43 \Rightarrow \nabla_{a x e} = 277.43 \text{ m. NGA;}$$

Donc, la pompe doit être calé à une côte de 277.43 m.NGA pour éviter l'apparaitre de phénomène de cavitation.

**Conclusion :**

D'après l'étude que nous avons fait dans ce chapitre, nous avons adapté pour les stations de pompage projetées, des pompes centrifuges à axe horizontal type **KSB** pour hautes pressions et qui refoule des débits importants.

Afin d'assurer le bon fonctionnement des pompes tous en tenant compte des effets néfastes de la cavitation nous sommes astreint de faire le calage des pompes de la SP1 pour la bonne disposition des pompes.

- Les pompes de la SP1 doivent être installées à une côte de 277.43 m.NGA.

## **CHAPITRE VI**

# ***PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUP DE BELIER ET LA CORROSION***

**INTRODUCTION :**

La protection contre le régime transitoire et la corrosion est doit être effectuée pour les canalisations en contact avec la terre et fonctionnent en refoulement ou en charge à écoulement gravitaire. Les conduites en acier sont les plus sensibles à la corrosion que les conduites en fonte, dans notre projet d'étude nous avons opté pour des conduites en fonte, mais il est nécessaire de citer quelques types de corrosion avec leur remède.

**VI-1. PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUP DE BELIER : [04][09]****VI-1-1. Définition :**

Le coup de bélier ou les régimes transitoires sont des phénomènes complexes qu'il n'est pas possible de traiter de façon détaillée dans le cadre restreint de cette étude. Les régimes transitoires dépendent directement de variations brutales de la vitesse d'écoulement dans la conduite. Ces variations de vitesse sont à l'origine de variations de pression (également appelées coups de bélier) qui peuvent être positives ou négatives.

**VI-1-2.Origines des coups de bélier :**

Les régimes transitoires ou coups de bélier ont des causes très diverses, à titre d'exemple on peut citer :

- disjonction électrique,
- manœuvre rapide d'ouverture ou de fermeture d'un robinet-vanne
- fin de remplissage d'une conduite,
- implosion d'une poche de cavitation,
- arrêt et démarrage d'une pompe.
- le remplissage ou la vidange d'un système d'AEP.
- modification de la vitesse d'une pompe.
- variation d'un plan d'eau.
- la disparition de l'alimentation électrique dans une station de pompage qui est la cause la plus répandue du coup de bélier.

Dans le cas d'une station de pompage, les régimes transitoires les plus dangereux sont consécutifs à une disjonction électrique (ou panne de courant).

Il est rappelé que, dans le cas d'une disjonction électrique, la présence d'une variation de vitesse électronique ou de démarreur-ralentisseur électronique est sans effet sur les régimes transitoires et ne dispense pas, en conséquence, de l'étude et de l'installation de la protection anti-bélier.

Il est donc de toute première importance d'étudier des moyens propres à limiter ses effets puisqu'il en résultera une économie dans la construction des tuyaux, lesquels sont calculés notamment, pour résister à une pression intérieure donnée.

**VI-1-3. Amplitude des coups de bélier :**

L'amplitude maximale des coups de bélier, H, en absence de protection, est donnée par la formule d'Allievi (comptée à partir du niveau statique) :  $\Delta H = a \times \Delta V_0 / g$

Avec  $a$  : célérité des ondes,  $\Delta V_0$  : variation de vitesse et  $\Delta H$  : surpression en mce.

$g$  accélération de la pesanteur = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Exemple : Conduite en fonte :  $a = 1100$  m/s,  $\Delta V_0 = 1$  m/s,

La variation maximale de pression est alors de  $\Delta H = 112$  mce, soit 11 bar.

Cette formulation est valable si le temps  $T$  de la variation de vitesse est suffisamment court pour une longueur de conduite  $L$  ( $T < T_0$  avec  $T_0 = 2L/a$  temps d'aller-retour des ondes).

NB : La valeur maximale des coups de bélier est ainsi directement proportionnelle, d'une part à la variation de vitesse et d'autre part à la célérité des ondes (elles-mêmes dépendantes du type de matériaux de la conduite). Par ailleurs, plus la conduite est longue, plus celle-ci sera sensible au coup de bélier.

Dans le cas de manœuvre lente ( $T > 2L/a$ ), l'amplitude des coups de bélier est toujours proportionnelle à la variation de vitesse, mais inversement proportionnelle au temps de coupure du débit (ou au temps de manœuvre des équipements).

D'une manière générale, plus la vitesse d'écoulement est faible, moins important est le coup de bélier.

#### **VI-1-4. Risques dus aux coups de bélier :**

Les conséquences du coup de bélier peuvent être néfastes, elles deviennent de plus en plus dangereuses à mesure que les paramètres modificateurs deviennent importants (variation de pressions et de débits dans le temps).

Ces phénomènes se produisant dans une conduite en charge, peuvent provoquer des risques à la suite d'une dépression ou d'une surpression engendrées par les manœuvres brusques.

##### **a) Cas de la surpression :**

C'est une conséquence du coup de bélier engendrée par une pression importante se produisant à la suite d'une fermeture instantanée ou rapide d'une vanne de sectionnement ou bien à la suite d'une dépression causée par l'arrêt brusque d'une pompe. Si la pression totale c'est-à-dire la pression en régime permanent majorée de la valeur de surpression due au coup de bélier dépasse la pression maximale admissible des tuyaux il y a risques de rupture de ces derniers et déboîtement des joints (les anneaux d'étanchéité seront délogés).

##### **b) Cas de dépression :**

C'est une conséquence du coup de bélier engendrée par l'apparition d'une pression relative négative, à la suite d'un arrêt brusque d'une pompe ou d'une ouverture instantanée d'une vanne de sectionnement. Si cette pression devient inférieure à 10mce, il se produira une poche de cavitation. Si le profil en long de la canalisation est déformable la canalisation peut être aplatie par implosion et les joints aspirés. Le phénomène de cavitation, une fois apparu, peut provoquer la détérioration de la couche d'enduit intérieur du tuyau.

##### **c) Fatigue de la canalisation :**

En régime transitoire les alternances des surpressions et dépressions qui sont une conséquence inévitable du phénomène provoquent la fatigue du matériau de la canalisation même si leur amplitude est faible.

**VI-1-5. Risques pour un refoulement :**

En cas d'arrêt brutal d'une station de pompage, l'alimentation de la conduite n'est plus assurée, alors que l'eau, contenue dans celle-ci, continue à se déplacer par son inertie propre (à titre indicatif il y a 500 tonnes d'eau par km dans une conduite de DN 800).

La masse d'eau en mouvement s'arrêtant beaucoup moins vite que les pompes, la conduite en amont du refoulement est alors soumise à une surpression, tandis que la conduite en aval est soumise à une dépression.

Si la protection anti-bélier est absente ou insuffisante, les risques pour l'installation sont principalement :

- dégradation des conduites (décollement du revêtement intérieur, ...),
- perte d'étanchéité (aspiration des joints, ..),
- ovalisation ou aplatissement des conduites (conduites en inox, plastiques, ..),
- sollicitation des butées (variations des contraintes, ..),
- rupture des conduites (implosion de poche de cavitation, ..),
- aspiration d'eaux polluées par les fuites.

Compte tenu des masses respectives d'eau en mouvement à l'aspiration et au refoulement, la protection concerne principalement la conduite en aval des stations de pompage (sauf pour les surpresseurs en réseaux).

**VI-1-6. Les dispositifs de protection de la conduite de refoulement contre le coup de bélier :**

Il existe différents dispositifs de protection contre le coup de bélier :

- ballon hydropneumatique (cas d'une dépression en aval d'une station de pompage),
- soupape anti-bélier (cas d'une surpression à l'aspiration d'un surpresseur),
- volant d'inertie (cas d'une conduite de faible longueur),
- cheminée d'équilibre (cas de faible hauteur manométrique de refoulement),
- clapet d'aspiration auxiliaire (cas d'une bache d'aspiration en charge sur la pompe),
- clapet en by-pass des pompes (cas d'un surpresseur notamment en irrigation),
- réservoir à régulation d'air automatique (cas d'un refoulement en assainissement),
- clapet d'entrée d'air (cas de faible hauteur géométrique en assainissement).

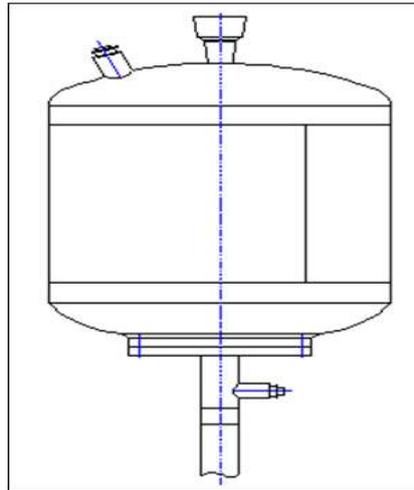
Une protection combinée avec plusieurs dispositifs peut permettre une optimisation des équipements.

Les dispositifs de protection sont spécifiques pour une sollicitation donnée, les plus courants sont :

### a) Réservoirs d'air :

L'alimentation continue de la veine liquide après disjonction du groupe peut être effectuée à l'aide d'une réserve d'eau accumulée sous pression dans une capacité métallique disposée à la station immédiatement à l'aval du clapet. Cette capacité contient de l'eau et de l'air.

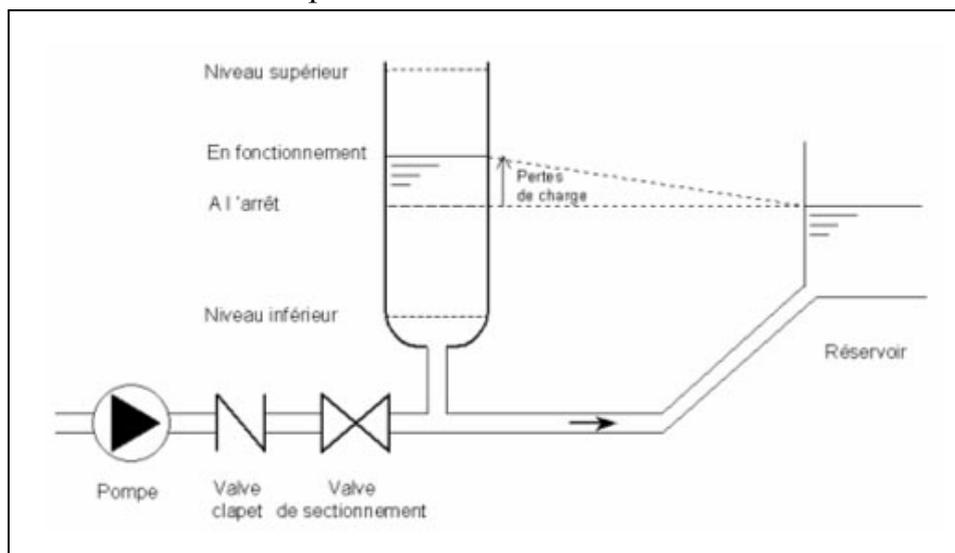
Ce dispositif est le plus simple et protégera les installations aussi bien contre les surpressions que contre les dépressions.



**Figure VI-01:** Réservoir hydropneumatique.90

### b) Cheminée d'équilibre :

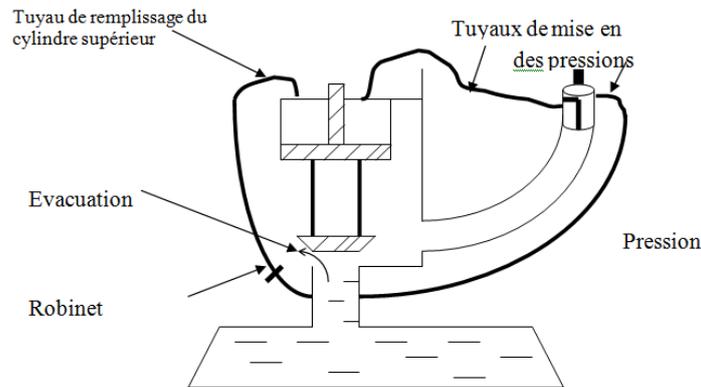
A la place d'un réservoir d'air sous pression, il peut être établi, à la station de pompage, un réservoir à l'air libre appelé cheminée d'équilibre. Cette cheminée jouera le même rôle que ce premier mais, dans le cas de hauteur de refoulement même moyenne, on arrive rapidement à des ouvrages d'art de hauteurs importantes.



**Figure VI-02:** Cheminée d'équilibre sur une conduite de refoulement.90

### c) Soupape de décharge :

C'est appareils font intervenir un organe mécanique, un ressort à boudin ordinairement, qui, par sa compression, obture, en exploitation normale, un orifice placé sur la conduite au point à protéger, c'est-à-dire où la surpression à craindre est maximale et libère, le cas échéant, le débit de retour de conduite correspondant à la valeur de la surpression admissible. Il y a lieu de prévoir l'évacuation vers l'extérieur, de l'eau ainsi libérée.



**Figure VI-03:** Soupape de décharge type LEZIER.91

### d) Volant d'inertie :

Calé sur l'arbre du groupe, il constitue un moyen assurant l'alimentation de veine liquide, malgré l'arrêt du moteur actionnant la pompe grâce à l'énergie qu'il accumule pendant la marche normale. Le volant la restitue au moment de la disjonction et permet ainsi d'allonger le temps d'arrêt de l'ensemble, donc de diminuer l'intensité du coup de bélier. Au démarrage, le groupe électropompe, avec le volant d'inertie, consomme plus d'énergie.

## VI-1-7. Les observations sur les différents éléments des dispositifs de protection :

### VI-1-7-1. Observations sur les ballons :

Les ballons hydropneumatiques sont très répandus et il existe presque toujours une solution ballon pour une protection de conduite lors d'une disjonction électrique.

Les ballons hydropneumatiques sont de type avec ou sans vessie (ou membrane).

Il est assez fréquent d'équiper les ballons hydropneumatiques d'un organe dissymétrique (tuyère, clapet percé ou échanuré en eaux usées) ou d'une soupape anti-bélier pour lutter contre les surpressions consécutives aux retours d'eaux en masse.

Les ballons anti-bélier à vessie seront préférentiellement de type vertical. Lors des régimes transitoires un volume résiduel suffisant d'eau doit être respecté.

**VI-1-7-2. Observations sur les clapets d'entrée d'air :**

Ce type de protection permet des solutions alternatives dans le cas de certains transferts d'eaux usées ou pluviales. Les clapets d'entrée d'air doivent être spécifiques et de très faible inertie. La protection par entrée d'air est généralement moins performante que celle d'un ballon, en raison de variations de pression plus brutales et de dépressions plus fortes. Il est fréquent de devoir installer un clapet d'entrée d'air supplémentaire en cours de réseau (suivant profil en long de la conduite). Ce type de protection nécessite des sorties d'air adaptées.

Dans le cas de profil en long de conduite comportant un point haut, la combinaison d'un ballon et d'une entrée d'air en réseau permet, dans certain cas de réduire le volume du ballon.

**VI-8-1. Règles diverses pour la protection contre le coup de bélier :****VI-8-1-1. Règles 1 : Pression minimale admissible :**

En présence d'eau potable ou d'eau destinée à la consommation humaine (avant traitement), aucune dépression de la conduite n'est admise. La pression intérieure de la conduite doit être supérieure à la pression extérieure (niveau maxi de la nappe ou des inondations). Dans le cas de l'assainissement, la dépression maximale admissible pour les conduites est de **5 mce** (en absence d'indication du fournisseur de la conduite).

**VI-8-1-2. Règles 2 : Maintenance**

La maintenance régulière des équipements de protection est indispensable. Lors d'une opération de maintenance sur un appareil de protection anti-bélier, la station de pompage n'est plus protégée, elle est alors indisponible. Un fonctionnement en mode dégradé de l'installation (à débit réduit) est souvent possible mais nécessite une étude préalable (cas des relevages d'eaux usées avec arrivée permanente d'effluents). Dans certains cas, notamment en zone urbaine, les équipements de protection sont doublés ou dédoublés.

Des moyens de vidange des organes de protection sont à prévoir avec, en assainissement, la récupération des eaux usées.

**VI-8-1-3. Règles 3 : Positionnement des dispositifs de protection :**

Les dispositifs de protection doivent être au plus près de la conduite à protéger pour éviter tout retard lié au temps de réponse. Le raccordement sera conçu avec le minimum de perte de charge, les robinets d'isolement à passage intégral de type robinet-vanne seront à ce titre préféré aux robinets à papillon. L'accès et les moyens de levage (pour maintenance et/ou remplacement) sont à prévoir.

**VI-8-1-4. Règles 4 : Recommandations diverses :**

- ✦ Pour la fourniture d'eau potable, les matériaux constitutifs des dispositifs de protection doivent être conformes à la réglementation.
- ✦ Les équipements exposés au gel doivent comporter une protection spécifique.
- ✦ Les compresseurs d'air doivent refouler de l'air non pollué.
- ✦ Les temporisations de redémarrage des pompes suite à une disjonction doivent être adaptées au temps d'amortissement des régimes transitoires.
- ✦ Une prise de pression pour la vérification de l'efficacité de la protection est à prévoir.
- ✦ Dans le cas de l'installation d'un surpresseur en aval d'un disconnecteur, la conduite d'aspiration peut être soumise à une pression supérieure à la pression de l'alimentation en eau.

Remarque : Dans ce projet, on propose comme moyen de protection des installations, le réservoir d'air.

**VI-9-1. 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.

Comme méthode de calcul, on distingue :

- **Méthode de VIBERT**

La méthode de VIBERT donne de bons résultats pour les petites installations et risque de donner des volumes de réservoirs d'air, important dans le cas de grandes installations.

- **Méthode de BERGERON**

La méthode de BERGERON est la plus répandue, elle donne de bons résultats que ça soit pour les petites ou pour les grandes installations.

**VI-9-1-1. Dimensionnement de réservoir d'air :**

On calculera la célérité d'onde à l'aide de la formule améliorée par SALAH Boualem pour les conduites enterrées :

$$C = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{2 \times K \times a \times (1 - v_m^2) \times (1 - v_s)}{(1 - v_m^2) \times a \times E_s + E_m \times e_m \times (1 - v_s)}}} \quad [m/s];$$

Avec :

K : Coefficient d'élasticité de l'eau ;  $K = 2,07 \times 10^9$  Pascal ;

$\rho$  : Masse volumique de l'eau ;  $\rho = 1000$  kg / m<sup>3</sup> ;

$E_m$ : module de Young du matériau de la conduite ;  $E_m = 1 \times 10^{11}$  pour la fonte ;

$E_s$  : module de Young du sol ;  $E_s = 2 \times 10^8$  Pascal ;

$\nu_m$  : coefficient de poisson du matériau.  $\nu_m = 0,3$  (fonte) ;

$\nu_s$  : coefficient de poisson du sol entourant la conduite.  $\nu_s = 0,33$  ;

$e_m$  : Epaisseur de la conduite (m).  $e_m = 0,0171$ m pour la fonte (DN1400) ;

$a$  : rayon intérieur de la conduite (m).

Remarque : on considère que tout le tronçon de refoulement est en fonte ductile.

$$Z = H_g + \frac{C \times V_0}{g} \text{ [m]};$$

$V_0$  : vitesse moyenne de refoulement en (m/s).

$g$  : l'accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>).

$H_g$  : la hauteur géométrique (m).

La charge statique absolue:

$$Z_0 : H_g + 10 \text{ [m]};$$

La charge maximale absolue:

$$Z_{max} = Z + 1 \text{ [m]};$$

On a:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{Z_{max}}{Z_0} \\ h_0 = \frac{V_0^2}{2 \times g} \Rightarrow \frac{h_0}{Z_0} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Abaque de VIBERT} \Rightarrow \frac{U_0}{L \times S}, \frac{Z_{min}}{Z_0}; \text{ voir (Annexe III)}$$

A partir de  $\frac{U_0}{L \times S}$ , L et S, on tire  $U_0$ , donc :

$$U_0 \times Z_0 = U_{max} \times Z_{min} \Rightarrow U_{max} = \frac{U_0 \times Z_0}{Z_{min}};$$

Avec  $U_{max}$  est le volume du réservoir d'air en (m<sup>3</sup>).

**Application :**

- **Les données de base :**

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

**Tableau VI-01:** Les caractéristiques de la conduite de refoulement.94

| Station de pompage | Type de matériau | D (mm) | S (m <sup>2</sup> ) | V (m/s) | L (m) | Hg (m) |
|--------------------|------------------|--------|---------------------|---------|-------|--------|
| SDEM               | Fonte            | 1400   | 1,54                | 1,50    | 5970  | 277    |
| SP1                | Fonte            | 1400   | 1,54                | 1,50    | 4520  | 230    |

- **Calcul de la célérité d'onde C :**

Les résultats trouvés pour le calcul de la célérité d'onde 'C' sont regroupés dans le tableau suivant:

**Tableau VI-02:** Calcul de célérité d'onde de la conduite de refoulement.95

| Station de pompage | K (Pa)               | P (kg/m <sup>3</sup> ) | a (m) | v <sub>m</sub> | v <sub>s</sub> | E <sub>s</sub> (Pa) | E <sub>m</sub> (Pa) | e <sub>m</sub> (m) | C (m/s) |
|--------------------|----------------------|------------------------|-------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------|
| SDEM               | 2,07×10 <sup>9</sup> | 1000                   | 0,7   | 0,3            | 0,33           | 2×10 <sup>8</sup>   | 2×10 <sup>11</sup>  | 0,0093             | 1429,05 |
| SP1                | 2,07×10 <sup>9</sup> | 1000                   | 0,7   | 0,3            | 0,33           | 2×10 <sup>8</sup>   | 2×10 <sup>11</sup>  | 0,0093             | 1429,05 |

- **Calcul de la capacité de réservoir d'air :**

Les résultats trouvés pour le calcul de volume de réservoir d'air sont regroupés dans le tableau suivant:

**Tableau VI-03:** Calcul de volume de réservoir d'air.95

| Station de pompage | Z <sub>0</sub> (m) | Z <sub>max</sub> (m) | V <sub>0</sub> (m/s) | g (m/s <sup>2</sup> ) | h <sub>0</sub> (m) | $\frac{h_0}{Z_0}$ | $\frac{U_0}{L \times S}$ | $\frac{Z_{mi}}{Z_0}$ | U <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> ) | U <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> ) | V <sub>normalisé</sub> (litre) |
|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| SDEM               | 287                | 506,163              | 1,5                  | 9,81                  | 0,115              | 0,00040           | 0,003                    | 0,625                | 27,55                            | 44,090                             | 44100                          |
| SP1                | 240                | 459,163              | 1,5                  | 9,81                  | 0,115              | 0,00048           | 0,003                    | 0,586                | 20,86                            | 35,603                             | 36000                          |

### VI-9-1-2. Caractéristiques finales du réservoir d'air :

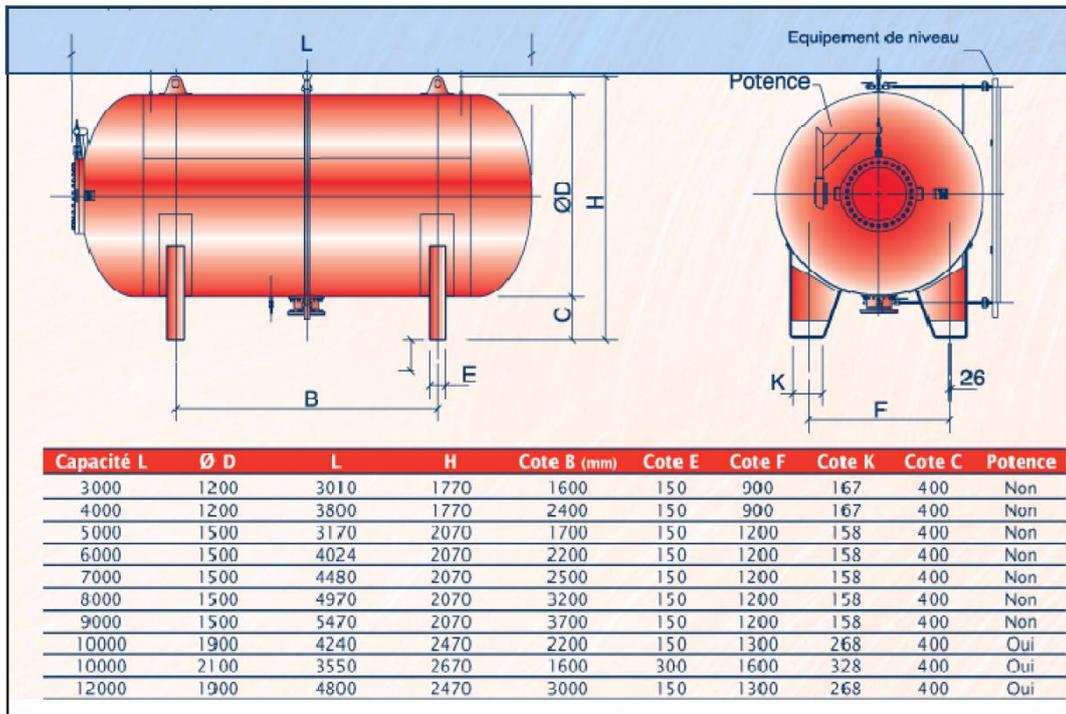
D'après la figure (VI-04), les dimensions de réservoir d'air sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau VI-04:** Les dimensions du réservoir d'air.95

| V <sub>normalisé</sub> (litre) | D (mm) | L (mm) | H (mm) | B (mm) | E (mm) | F (mm) | K (mm) | C (mm) |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 9000                           | 1500   | 5470   | 2070   | 3700   | 150    | 1200   | 158    | 400    |
| 10000                          | 2100   | 3550   | 2670   | 1600   | 300    | 1600   | 328    | 400    |
| 12000                          | 1900   | 4800   | 2470   | 3000   | 150    | 1300   | 268    | 400    |

### VI-9-1-3. Détails du réservoir d'air :

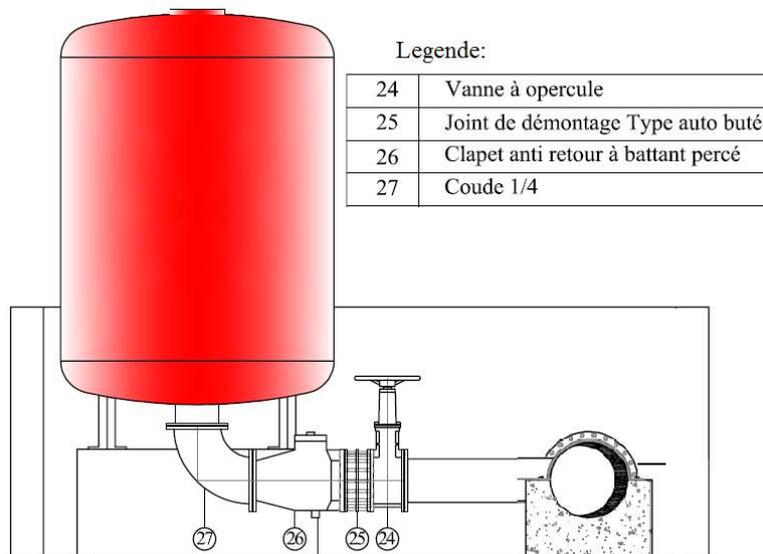
L'encombrement du réservoir d'air auquel on a opté est donné dans la figure suivante.



**Figure VI-04:** Planche d'encombrement des réservoirs d'air Hydrofort CHARLATTE.96

**VI-9-1-4. Installation du réservoir d'air :**

Vu ses dimensions, le réservoir d'air sera installé à l'extérieur du bâtiment de la station de pompage afin de réduire l'encombrement à l'intérieur de la salle des machines et de gagner sur son génie civil.



**Figure VI-05:** Schéma d'installation du réservoir d'air.96

Pour assurer la protection des stations de pompages contre le coup de bélier nous allons installer des réservoirs d'air au pré des stations de pompage à savoir :

- SDEM : 03 réservoirs d'air de capacité 12000 litres.  
01 réservoir d'air de capacité 9000 litres.
- SP1 : 03 réservoirs d'air de capacité 12000 litres

## VI-2. Protection des conduites contre la corrosion :

### VI-2-1. Définition :

C'est l'attaque destructive d'un métal par réaction chimique ou électrochimique avec son environnement. Les propriétés mécaniques des matériaux sont altérées.

La corrosion est due à une attaque physico-chimique du métal exposé, dépendant de la nature de l'eau et de celle du métal. La vitesse de dissolution du métal est inversement proportionnelle à l'alcalinité, à la dureté (teneur en calcium) et au PH de l'eau ; elle est directement proportionnelle au contraire à sa teneur en oxygène et en gaz carbonique dissous, à sa température et à sa vitesse de circulation. Nombreux sont toute fois les autres facteurs, plus ou moins bien connus, qui interviennent et compliquent le problème. Il est fréquent que les eaux naturelles soient moins corrosives que les eaux traitées de qualité apparemment semblable.

### VI-2-2. Les facteurs de la corrosion :

- L'eau elle-même n'a pas un caractère corrosif par contre certains éléments qui peuvent lui conférer ont des effets importants sur la corrosion.
- Le PH de l'eau dépend de la teneur en gaz dissout tel que CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>S, pratiquement, si le PH de l'eau est inférieur à 10, elle a un effet corrosif envers l'acier donc pour diminuer la corrosion, il faut augmenter le PH de l'eau tout en veillant sur son oxydation.
- La température : les fortes variations de la température entraînent l'accélération de la corrosion.
- Le métal : les conduites en acier enterrées dans un milieu de potentiel différent seraient constamment attaquées si une protection n'était pas envisagée.
- La vitesse de l'eau : L'excès de vitesse de l'eau dans les conduites, peut contribuer à la destruction du précipité calcique protecteur, il provoque une détérioration des canalisations.
- L'homme a sa part de responsabilité dans la détérioration des canalisations, en effet, il intervient :
  - Dans la qualité de la conduite et le choix du remblai.
  - La mauvaise installation des joints qui perturbe la circulation de l'eau.
- Hétérogénéité du terrain : La traversée des terrains des natures différentes par une conduite, peut être influencée sur la corrosion de cette dernière. Ceci induit à des différents électrolytes ; et la différence de potentiel du métal par rapport à cet électrolyte va varier. D'où la corrosion de la conduite va se déclencher.
- Hétérogénéité du métal : L'assemblage des métaux des natures différentes peut aussi encourager la corrosion. Etant donné que la différence de potentiel de ces métaux est

différente, il peut s'établir par conséquent, une circulation d'électrons à l'intérieur de métaux surtout au niveau de leur liaison, le courant électrique ainsi établi, sort du métal en direction d'électrolyte et le métal se corrode.

### VI-2-3. Corrosion externe :

Cette corrosion est caractérisée par une attaque du métal due à des phénomènes extérieurs en liaison, le plus souvent, soit avec la nature du sol, soit avec des installations électriques à courant continu situées au voisinage des réseaux d'alimentation en eau.

Si ces phénomènes sont importants, il peut se produire une destruction rapide des canalisations par formation de cratères qui mènent à une perforation, ou à une attaque sous forme de couche de rouille croûteuse ou filandreuse, annonçant une diminution de l'épaisseur du métal. Particulièrement les réseaux de conduite en acier, lesquels, ordinairement, sont plus vulnérables que les conduites en fonte.



**Figure VI-06:** Corrosion externe dans une conduite.98

### VI-2-4. Corrosion interne :

Il arrive que les eaux fortement minéralisées provoquent, dans les canalisations, des dépôts se fixant sur les parois, surtout si la vitesse de l'eau est faible. Ces dépôts constituent alors autant de petites piles dans un milieu bon conducteur et il en résulte des attaques locales du métal et éventuellement, des perforations.

La présence de fer dans l'eau, même à des doses inférieures à 0,10 mg/l, peut, également, être la cause de perforation. En flocculant sous forme d'oxyde, il constitue des dépôts, donc des piles très actives. Il apparaît, sous chaque concrétion, une diminution rapide d'épaisseur du métal de la conduite.

En vue de remédier aux inconvénients signalés ci-dessus, il est indispensable, tout d'abord, d'exiger un revêtement très soigné des canalisations. Par ailleurs, on devra étudier soigneusement notre canalisation de façon à éviter les faibles vitesses.

L'exécution des travaux devra être ensuite attentivement faite. La pose de la canalisation, en particulier les joints, doit être correctement effectuée.

En fin, l'exploitation joue un grand rôle dans le maintien en bon état d'un réseau, elle doit être confiée à un personnel hautement qualifié.



***Figure VI-07: Corrosion interne dans une conduite.99***

#### **VI-2-5. Protection des conduites contre la corrosion interne :**

Elle est due à l'agressivité de certaines eaux. Les eaux fortement minéralisées provenant des dépôts sur les parois de la conduite, surtout quand la vitesse d'écoulement est faible, il en résulte des perforations, pour pallier à ce phénomène, il faut :

- Eviter les faibles vitesses d'écoulement.
- Revêtir soigneusement les conduites intérieurement.
- Chasser l'air aux points hauts de la canalisation.
- Que la pose doit se faire avec soin.

#### **VI-2-6. Protection des conduites contre la corrosion externe :**

##### **VI-2-6-1. Les revêtements :**

Pour que les réactions anodiques et cathodiques ne se produisent pas, on isole le métal du milieu corrodant à l'aide de revêtement, ces derniers peuvent être, soit d'un autre métal ou alliage moins sensibles à la corrosion, soit des matières plastiques où des peintures, soit des oxydes protecteurs formés à partir du métal lui-même (oxydation anodique), soit en fin des couches passives obtenues en maintenant le métal à un certain potentiel.

##### **VI-2-6-2. Revêtements à protection passive :**

Ce revêtement a pour effet de soustraire le support à l'action du milieu environnant, il s'agit d'une barrière d'épaisseur variable neutre vis-à-vis du milieu extérieur et du support selon ses qualités propres (nature, épaisseur, étanchéité ...etc.).

**Conclusion :**

Dans notre cas de figure, On doit prévoir une protection cathodique le long de la conduite, et une couche de goudron assureront la protection des conduites en fonte ductile traversant des terrains agressifs.

## **CHAPITRE VII**

# ***POSE DE CANALISATION ET ACCESSOIRES***

**Introduction :**

L'étude de dimensionnement d'une adduction d'eau potable n'est jamais complète qu'avec une bonne réalisation de cette dernière.

Le but de ce chapitre est de déterminer les étapes nécessaires pour une pose de canalisation pour une bonne réalisation de l'étude, ainsi que les différents accessoires placés le long de l'adduction pour assurer un bon fonctionnement et protéger l'adduction.

**VII-1. Pose de canalisation :****VII-1-1. Principe de pose de canalisations :**

Les conduites sont posées généralement en terre, dans une fouille dont le fond a été réglé et nivelé conformément au profil en long définitif de la conduite.

La pose se fait selon les étapes suivantes :

**➤ Aménagement du lit de pose :**

Les conduites doivent être posées sur un lit de pose de 0,1 m d'épaisseur qui se compose généralement de sable bien nivelé suivant les côtes du profil en long.

Mais si les terrains sont peu consistants, le fond des tranchées sera consolidé. Chaque tuyau repose sur deux briques placées sur ce fond, le vide doit être rempli de sable.

Pour les mauvais terrains on opte pour des dalles en béton.

**➤ La mise en place des canalisations :**

La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

- Les éléments sont posés à partir de l'aval et l'emboîture des tuyaux est dirigée vers l'amont ;
- Chaque élément doit être posé avec précaution dans la tranchée et présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé ;
- Les tuyaux sont posés avec une pente régulière entre deux regards ;
- Avant la mise en place, il faut nettoyer le lit des tranchées ;
- Le calage soit définitif par remblai partiel, soit provisoire à l'aide des cales ;
- A chaque arrêt de travail, les extrémités des tuyaux non visitables sont provisoirement obturées pour éviter l'introduction des corps étrangers ;

**➤ Assemblage des conduites :**

Les joints des conduites circulaires à emboîtement sont effectués à l'aide d'une bague renforcée d'une armature et coulée sur place à l'intérieur d'un moule.

➤ **Construction des regards :**

Les regards sont généralement de forme carrée, leurs dimensions varient en fonction des conduites. La profondeur et l'épaisseur varient d'un regard à un autre.

Les différentes opérations pour l'exécution d'un regard sont les suivantes :

- Réglage du fond du regard ;
- Exécution de la couche du béton de propreté ;
- Ferrailage du radier de regard ;
- Bétonnage du radier ;
- Ferrailage des parois ;
- Coffrage des parois ;
- Bétonnage des parois ;
- Décoffrage des parois ;
- Ferrailage de la dalle ;
- Coffrage de la dalle ;
- Bétonnage de la dalle ;
- Décoffrage de la dalle ;

➤ **Remblai des tranchées :**

Après avoir effectué la pose de canalisations dans les tranchées, on procède au remblaiement par la méthode suivante :

- L'enrobage de (10 : 15 cm) au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite,
- Le matériau utilisé est constitué par des déblais expurgés des pierres grossières ;
- A l'aide des engins on continue à remblayer par des couches successives de 0,25 m compactées l'une après l'autre. Pour cette étape on utilise la terre des déblais ;

Pour que les conduites résistent aux forces extérieures dues à des charges fixes et mobiles et au remblai il faut choisir des matériaux qui garantissent la résistance à ce dernier.

**VII-1-2. Pose de canalisation en pente :**

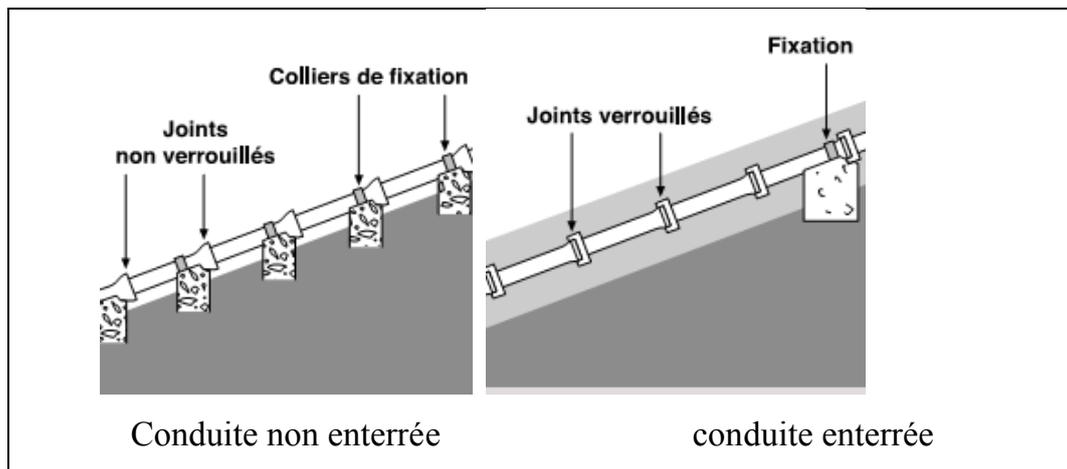
Au-delà d'une certaine pente, les frottements entre la canalisation et les terres sont insuffisants pour maintenir la conduite. Il convient alors d'équilibrer la composante axiale de gravité par l'utilisation de butées d'ancrage ou de joints verrouillés, les deux techniques pouvant être associées.

Par simplification, on retiendra qu'il convient d'ancrer une conduite lorsque la déclivité dépasse :

- 20 % pour une conduite aérienne,
- 25 % pour une conduite enterrée.

La pose en pente d'une canalisation en fonte ductile peut être faite de deux façons :

- en réalisant des massifs en béton pour chaque tuyau,
- en réalisant un massif en béton en tête de tronçon verrouillé.



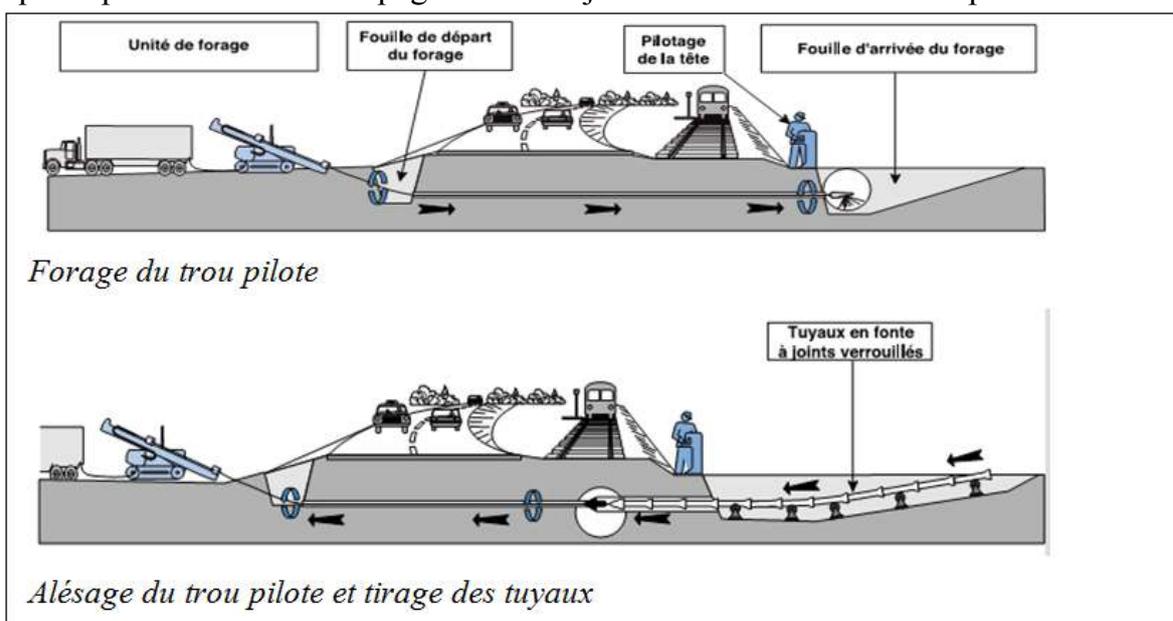
**Figure VII-01** : Pose de canalisation en pente

### VII-1-3. Pose sans tranchée:

Ce type de pose est indiqué pour le franchissement d'obstacles, de rivières, d'autoroute, de voies ferrées,... sans tranchée ouverte et sans perturbation de l'activité de surface.

La pose d'une canalisation en fonte par forage dirigé se fait en plusieurs étapes :

- a) reconnaissance soigneuse du sous-sol, faisant notamment appel à l'utilisation d'un géoradar,
- b) forage du trou pilote à l'aide d'une tête pilotée et orientable qui creuse le terrain. Elle entraîne derrière elle un train de tiges en rotation,
- c) alésage du trou pilote et tirage des tuyaux en fonte. Le train de tiges installé dans le forage à l'issue de l'étape b) est utilisé pour tirer (« au retour ») une tête d'alésage suivie des tuyaux en fonte, assemblés et verrouillés les uns aux autres au fur et à mesure de l'avancement. Cette opération, ainsi que la précédente s'accompagne d'une injection et d'une circulation permanente

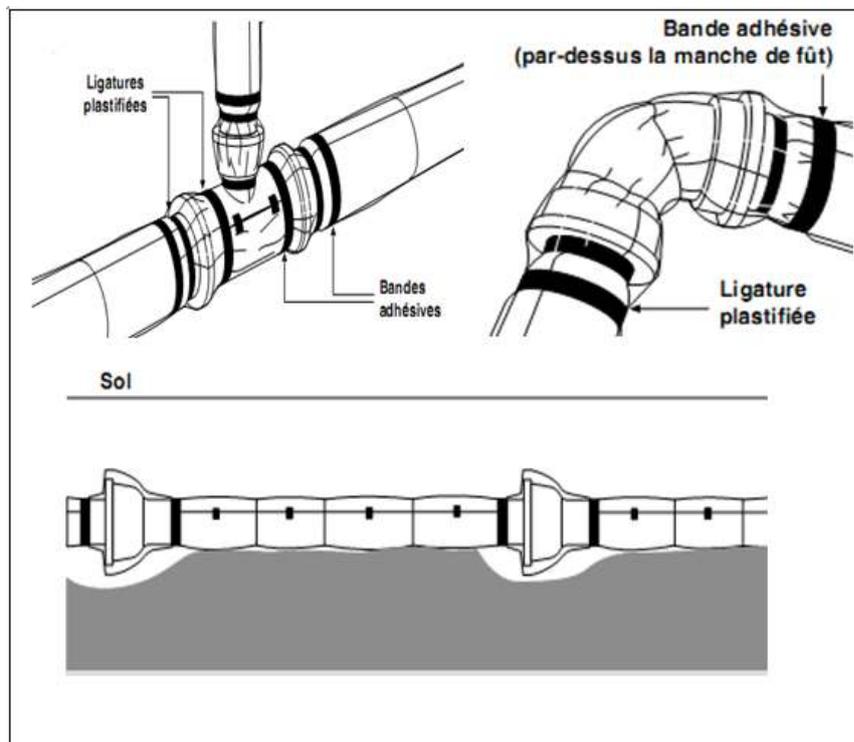


**Figure VII-02** : Pose de canalisation sans tranchée.

#### VII-1-4. Cas d'un terrain agressif :

La protection des conduites enterrées en fonte, contre les phénomènes de corrosion, est à réaliser par une manche en film de polyéthylène lorsque le terrain présente une résistivité inférieure à  $1500 \Omega \cdot \text{cm}$  ou lorsqu'il y a présence de sulfures, de sulfates ou de chlorures.

La manche en polyéthylène d'une certaine ampleur drapé la canalisation et doit la plaquer au maximum. La totalité du pli, dont l'extrémité est toujours dirigée vers le bas, se situe dans la partie supérieure de la canalisation. La manche est maintenue par des bandes adhésives ou des colliers souples à agrafage automatique à raison de 4 par tuyau. Les manches successives sont posées avec un recouvrement minimal de 0,30m.



***Figure VII-03 : Pose de canalisation sans tranchée***

#### VII-2. Accessoires :

Les accessoires sont comme suit :

##### VII-2-1. Robinets vannes :

On distingue différents types de robinets vannes :

##### VII-2-1-1. Robinets-vanne à opercule :

Appareils de sectionnement fonctionnant soit en ouverture totale, soit en fermeture totale. La vanne est une sorte de lentille épaisse qui s'abaisse ou s'élève verticalement à l'aide d'une vis tournant dans un écran fixé à la vanne. Diamètres allant de 40 à 300 mm.



a- robinet vanne à opercule



b- robinet vanne à opercule élastomère

**Figure VII-04** : Robinets vanne à opercule (D'après document Pont-à-Mousson).

### VII-2-1-2. Vannes papillon:

Appareils de réglage de débit et de sectionnement et dont l'encombrement est faible. Il s'agit d'un élément de conduite traversé par un axe déporté entraînant, en rotation, un disque obturateur appelé papillon. Diamètres plus importants de 100 à 2500 mm parfois plus.



Robinet vanne papillon



Robinet à papillon de survitesse

**Figure VII-05** : Robinets vanne papillon (D'après document Pont-à-Mousson)

#### Remarque :

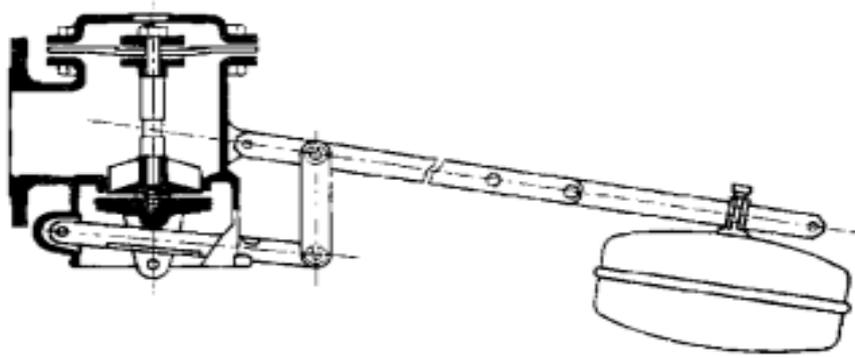
Dans notre cas, on prévoit l'installation:

- Des robinets vanne à opercule à la sortie de chaque pompe, sur chaque conduite d'arrivées et de vidange des réservoirs, sur la conduite d'aspiration de chaque pompe et au maximum chaque 400m de la conduite gravitaire et de refoulement.
- Des robinets vanne papillon sur chaque conduite de départ du réservoir.

### VII-2-1-3. Robinet à flotteur :

Situé dans les réservoirs, il permet d'arrêter ou d'activer leur alimentation. La commande est transmise par flotteur ou par la pression hydrostatique.

Il sert à régler la tranche d'eau (marnage) sur laquelle on veut travailler.



**Figure VII-06 :** *Robinet à flotteur (d'après document Bayard)*

Remarque :

Pour notre cas, on prévoit des robinets à flotteur dans :

- La bêche d'aspiration de la station de pompage.
- L'alimentation des réservoirs.

**VII-2-1-4. Vanne de régulation (avale):**

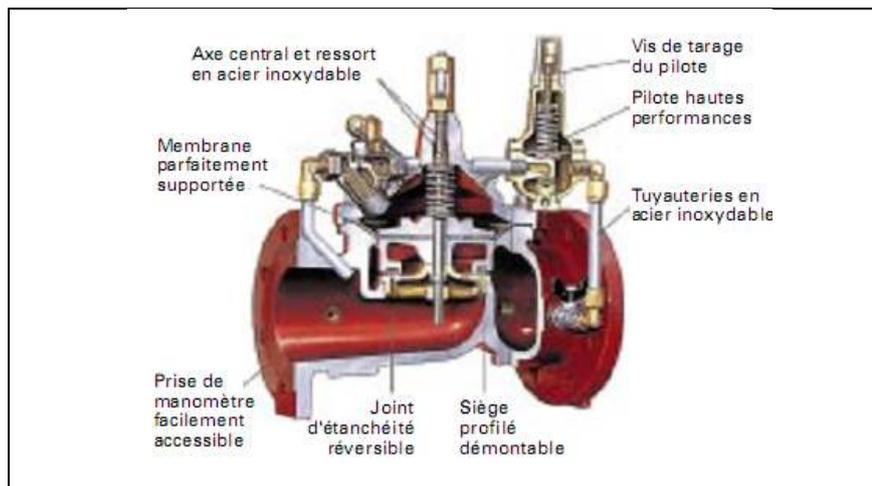
Fonctionne à action directe ou indirecte (hydraulique). Son but est de fournir une pression aval constante. La vanne à action directe est liée à un ressort : plus la course est grande et plus il faut de force. La vanne à action hydraulique possède une commande qui se situe hors appareil.

**VII-2-1-5. Vanne de régulation (amont) :**

Elle maintient la pression amont à une valeur de consigne, quelles que soient les variations de pression et le débit à l'aval. La vanne règle en fait le débit pour assurer qu'à l'amont la pression reste suffisante. En freinant le débit, on diminue la perte de charge et on augmente la pression. On obtient ainsi un compromis entre un minimum de pression à l'amont et un minimum de débit à l'aval.

**VII-2-1-6. Vanne de régulation de débit :**

Elle limite et stabilise le débit à une valeur de consigne constante quelles que soient les variations de pression amont et aval.

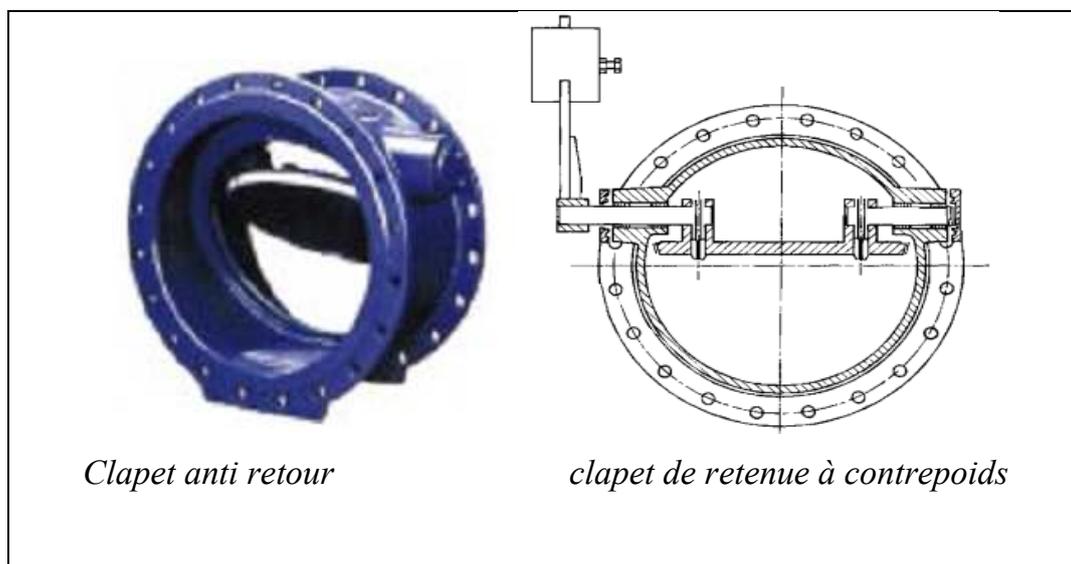


**Figure VII-07** : Appareil de régulation modulaire (d'après document Pont-à-Mousson)

Remarque : Dans notre cas ce type de vanne est prévu dans la station de traitement, car elle est d'une grande utilité.

### VII-2-2. Clapets de retenue :

Ils sont destinés à empêcher la circulation en retour. Leur emploi est général dans les stations de pompage où ils sont souvent disposés à la sortie même des pompes, entre celles-ci et les robinets de sectionnement. On en trouve également sur les canalisations de distribution.



**Figure VII-08** : Clapets de retenue (d'après document Pont-à-Mousson)

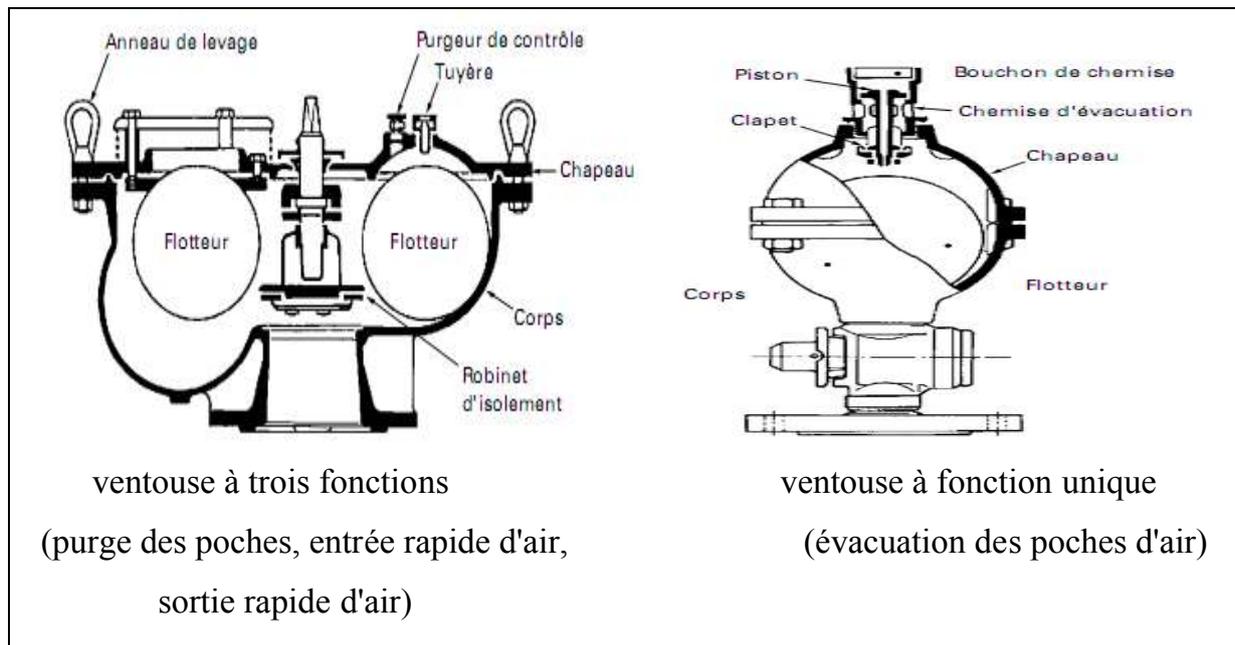
#### Remarque :

Dans notre cas, on prévoit l'installation d'un clapet anti-retour à la sortie de chaque pompe.

### VII-2-3. Ventouses :

Appareils mis en place aux points hauts de la canalisation et servant à l'évacuation de l'air occlus. L'air, compressible, est le pire ennemi des installations. Les bouchons d'air se compriment et décompressent créant des pressions qui varient sans cesse. Les sous-pressions sont souvent plus dévastatrices que les surpressions. Si l'on ne prévoit pas d'entrée d'air

lorsque l'on vide les tuyaux, cela engendre le phénomène de vacuum qui engendre des déformations et dégradations importantes des tuyaux. On injecte donc de l'air par les ventouses.



**Figure VII-09 :** Ventouses (d'après document Pont-à-Mousson)

Remarque :

Dans notre projet, on opte pour les ventouses à trois fonctions.

#### VII-2-4. Moyens anti-bélier :

Les différents moyens de protection anti-bélier sont :

➤ **Cheminée d'équilibre** : elle protège les installations aussi bien contre les surpressions que contre les dépressions, elle n'est économique que si la hauteur géométrique est faible. A cause de son encombrement, elle est déconseillée en AEP.

➤ **Volant d'inertie** : couplé au moteur, il constitue un moyen permettant d'allonger le temps d'arrêt du moteur et cela protège les installations contre les dépressions.

➤ **Soupape de décharge** : Elle ne lutte que contre les surpressions, elle est munie d'un ressort qui avec le temps devient raide et n'accomplit pas son rôle. La protection des installations contre les surpressions est accompagnée de perte d'eau par éjection en cas de gonflement.

➤ **Réservoirs d'air** : il protège les installations aussi bien contre les surpressions que contre les dépressions, il est le meilleur remède contre le coup de bélier .

Remarque :

Dans notre projet, la protection contre le coup de bélier est détaillée dans le chapitre VI.

#### VII-2-5. By-pass :

Le by pass est utilisé pour :

- ✓ Faciliter la manoeuvre de la vanne à fermeture lente ;
- ✓ Remplir à débit réduit, la conduite avant sa mise en service ;

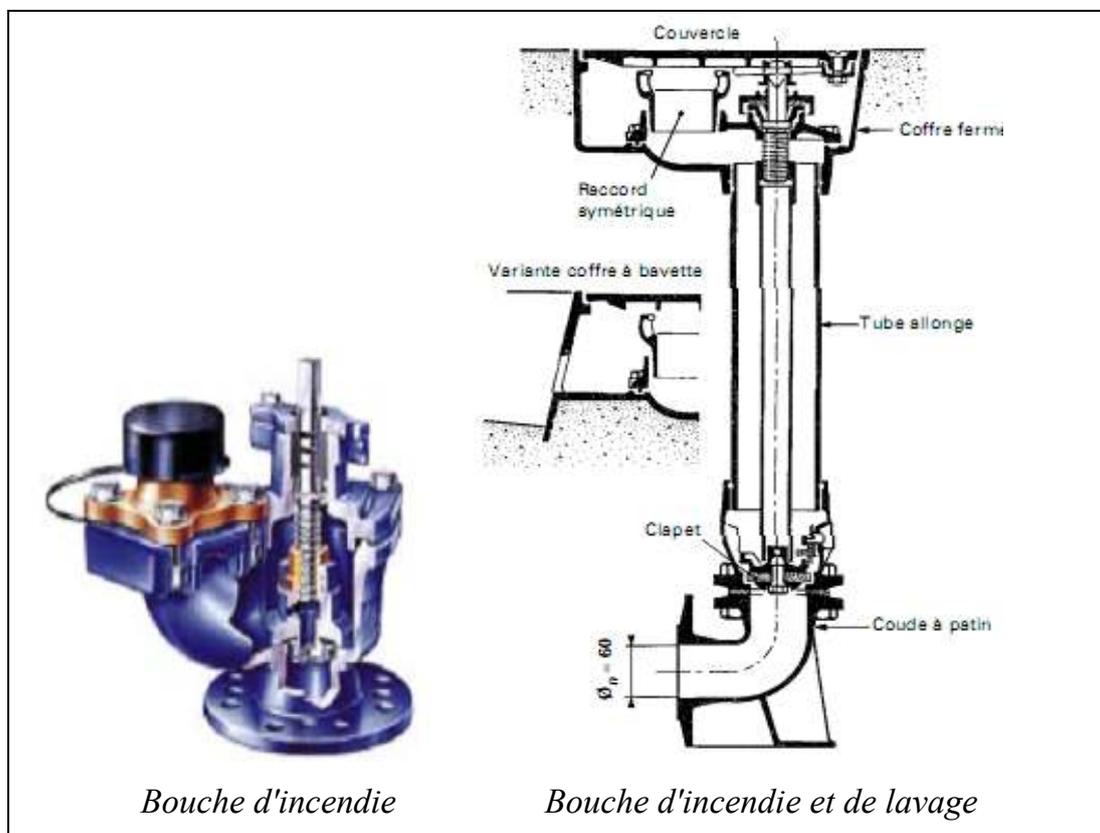
- ✓ Relier la conduite d'arrivée à la conduite de départ du réservoir.

Dans notre cas, les by pass sont placés parallèlement aux vannes de sectionnement se trouvant le long de la conduite gravitaire et de refoulement pour remplir les deux premiers rôles, et à l'intérieur de chambre de vannes pour remplir le troisième rôle.

### VII-2-6. Poteaux d'incendie :

Leur diamètre est normalisé à 100 ou 125 mm. Ils doivent être alimentés par des conduites de même diamètre qui doivent assurer un débit minimal de 17 L/s sous 1 bar ; la disposition du réseau (réserve d'incendie) doit permettre aux pompiers de disposer de 120 m<sup>3</sup>

Quand ils ne sont pas en service, les poteaux d'incendie sont mis hors gel par vidange de leur corps, commandée par la fermeture de leur vanne. Ils peuvent, dans certains cas, prendre la forme d'une bouche d'incendie et de lavage.



**Figure VII-10 :** Bouches d'incendies (D'après document Pont à Mousson)

#### Remarque :

Etant donné que la station de pompage est située dans le même site un réseau de protection contre l'incendie peut être projeté.

### VII-2-7. Crépines :

La crépine évite l'entrée des corps solides dans la pompe, elle est constituée par un cylindre perforé qui refuse le passage à des objets.

Il est à noter qu'une crépine doit toujours être entièrement immergée pour éviter les rentrées d'air (une marge suffisante doit être prévue pour le vortex) et éloignée d'environ 0,5 m du fond du puisard.

#### VII-2-8. Déversoirs de trop plein :

Dans certains cas lorsque le débit d'apport est important, on a intérêt à transformer l'extrémité supérieure de la conduite de trop plein en forme d'entonnoir dimensionné.

#### VII-2-9. Joints de raccordement :

Les tuyaux sont assemblés par des joints non verrouillés, verrouillés ou à brides. Les joints verrouillés permettent une auto butée des canalisations, évitant des massifs en béton lourds, encombrants et longs à réaliser. Les joints les plus couramment utilisés sont:

- le joint express (verrouillé ou non) ;
- le joint standard (verrouillé ou non) ;
- les joints automatiques verrouillés ;
- le joint à brides (fixe ou orientable).

Les joints modernes sont verrouillés grâce à des bagues de joint en élastomère comportant des inserts métalliques. De même, le joint proprement dit, qui se place entre les brides, est actuellement en élastomère garni d'inserts métalliques pour éviter le fluage à la compression lors du serrage.

Selon les diamètres et les types de joints, une certaine déviation est admise à la pose variant de 1 à 5°.

#### VII-2-10. Organes de mesure :

##### ➤ Mesure de débit

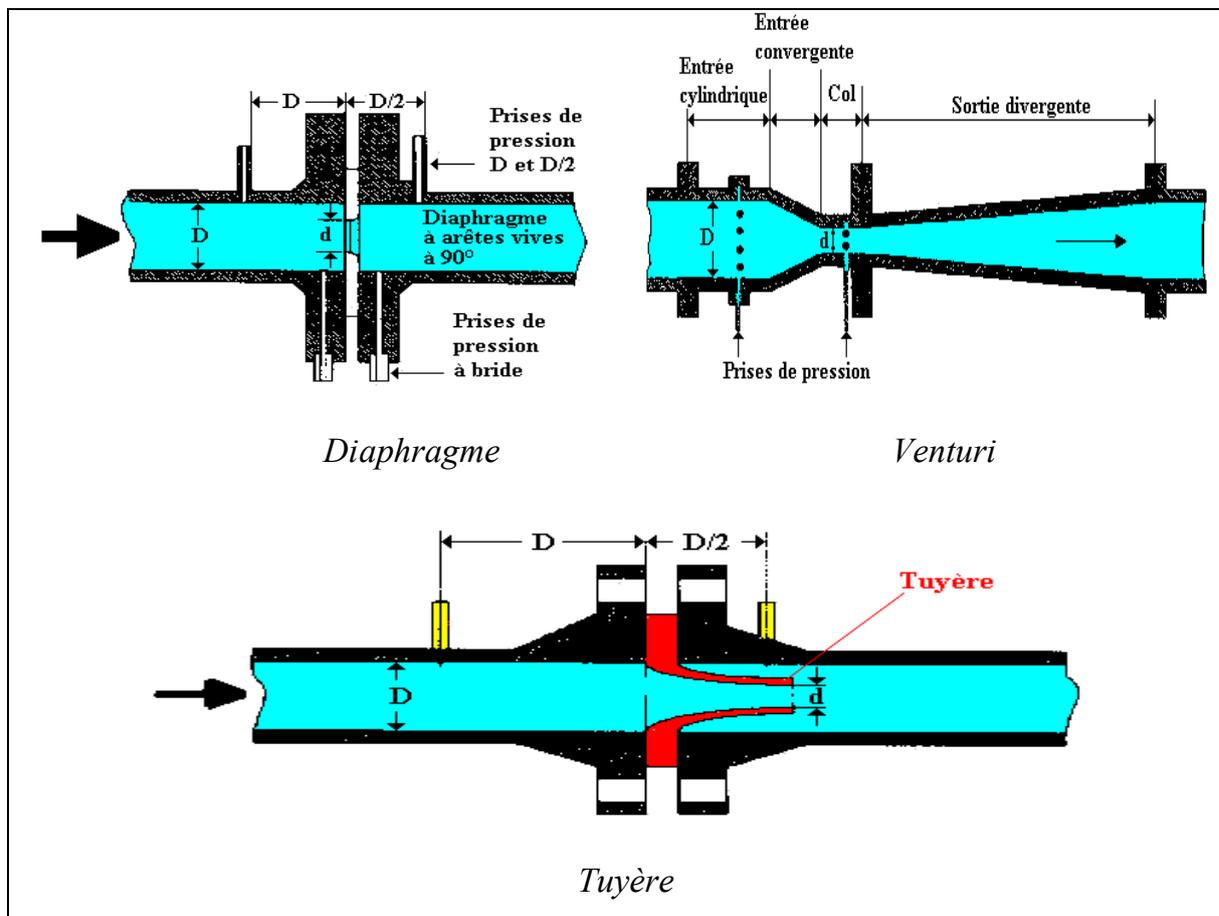
Les différents dispositifs de mesure sont :

- ✓ Le diaphragme ;
- ✓ Le venturi ;
- ✓ La tuyère ;

Ces débitmètres de type manométrique sont les plus utilisés pour la mesure des débits de fluide. Ils exploitent la loi de BERNOULLI qui indique la relation existant entre le débit et la perte de charge résultante d'un changement de section de la conduite. Ces dispositifs sont utilisables que lorsque l'écoulement est turbulent. En partant de la relation  $Q = S \times V$  et en supposant une masse volumique constante (fluide incompressible), on peut écrire l'équation de continuité :  $Q = S_1 \times V_1 = S_2 \times V_2$

Celle ci montre qu'avec un écoulement régulier et uniforme, une réduction de diamètre de la canalisation entraîne une augmentation de la vitesse du fluide, donc de l'énergie potentielle ou de la pression de la canalisation.

La pression différentielle est convertie en débit volumique, à l'aide de coefficients de conversion, selon le type de débitmètre manométrique utilisé et le diamètre de la conduite.



**Figure VII-11** : Différents types de débitmètres

➤ **Mesure de pression :**

Les appareils utilisés pour la mesure de pression sont :

➤ **Manomètres à aiguilles**

Dans les manomètres à aiguille, le mouvement est transmis à l'aiguille soit par un secteur denté soit par un levier soit par une membrane. L'avantage de cette transmission est la facilité d'étalonnage et son inconvénient réside dans usure rapide de la denture surtout si le manomètre subit des vibrations.

➤ **Manomètres à soufflet**

Ce sont des manomètres dont l'organe actif est un élément élastique en forme de soufflet. Sous l'effet de la pression, le soufflet se déforme dans la direction axiale. Les manomètres à soufflet présentent l'avantage d'éliminer le danger de gel et leur inconvénient réside dans leur sensibilité aux vibrations et au sur-chauffage.

**VII-2-11. Organes de raccordement :**

Les organes de raccordement sont nécessaires pour :

- ✓ La déviation d'une partie d'écoulement ;
- ✓ L'introduction dans la conduite d'un débit supplémentaire ou son soutirage ;
- ✓ Le changement de diamètre de la conduite ;
- ✓ Le montage et le démontage des accessoires ;
- ✓ Le changement de direction de la conduite.

➤ **Coudes**

Les coudes sont des accessoires utiles surtout pour les réseaux maillé et ramifié, lorsque la conduite change de direction. Généralement, les coudes sont maintenus par des massifs de butées, convenablement dimensionnés.

On y distingue des coudes à deux emboîtements ou bien à emboîtements et à bout lisse ; les deux types de coude se présentent avec un angle  $\alpha$  de :  $\frac{1}{4}$  ( $90^\circ$ ),  $\frac{1}{8}$  ( $45^\circ$ ),  $\frac{1}{16}$  ( $22^\circ 30'$ ),  $\frac{1}{32}$  ( $11^\circ 15'$ ).

➤ **Cônes**

Les cônes sont utilisés pour relier deux conduites de diamètres différents comme on les rencontre aussi à l'entrée et à la sortie des pompes. On distingue :

- ✓ Les cônes à deux emboîtements ;
- ✓ Les cônes à deux brides ;
- ✓ Les cônes à emboîtement et bride.

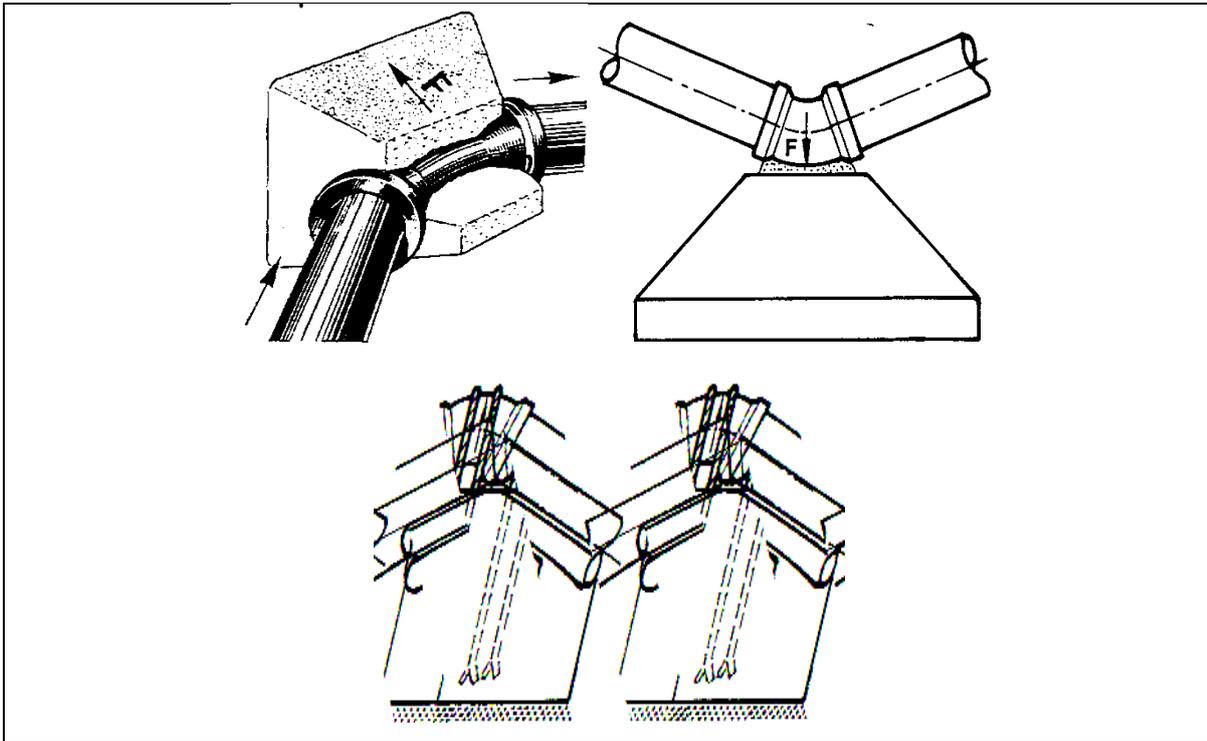
➤ **Tés**

Les tés sont utilisés dans le but de soutirer un débit d'une canalisation ou d'ajouter un débit complémentaire. Ils sont rencontrés au niveau des réseaux maillés, ramifiés et des canalisations d'adduction en cas de piquage.

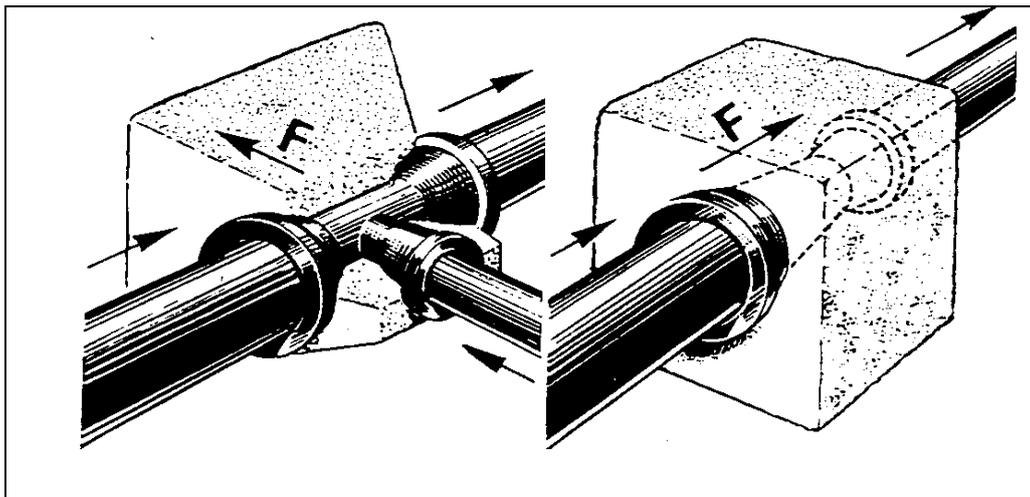
Les tés se présentent soit à trois emboîtements, soit à deux emboîtements et brides.

➤ **Joints de démontage**

En pratique, on rencontre des manchons à bouts lisses des deux extrémités, à deux emboîtements, à emboîtement et bout lisse, à deux brides, à bride et bout lisse, à emboîtement et bride, on les rencontre surtout au niveau des montages des appareils accessoires (vannes, clapet...) et au niveau de certains joints.



*Figure VII-12 : Emplacement des coudes*



*Figure VII-13 : Emplacement des Tés et des Cônes*

### Conclusion :

Étant donné que nous avons une adduction à diamètre variable, la largeur de la tranchée ne sera pas constante le long du tracé, mais variable selon le changement de diamètre. Afin d'assurer un bon fonctionnement de l'adduction, les accessoires doivent être installés soigneusement, pour cela les raccordements seront effectués par des personnes qualifiées et compétentes.

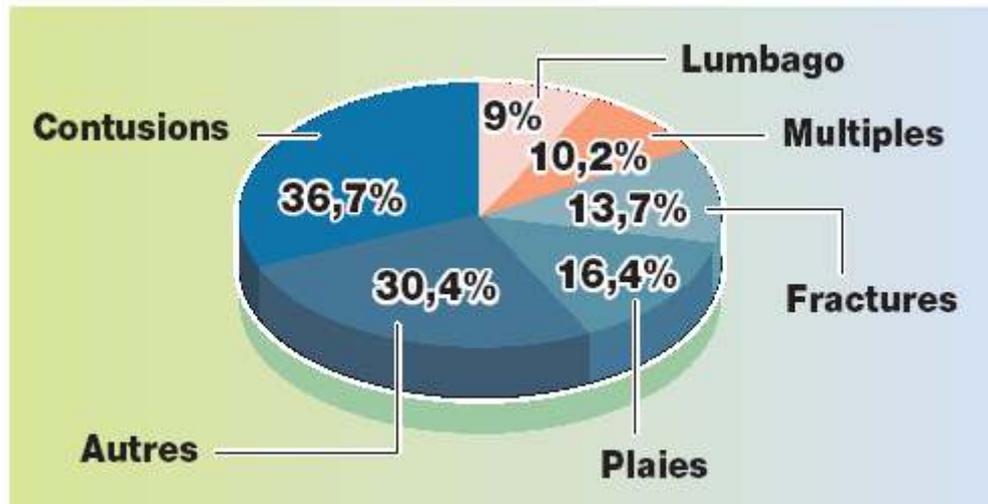
# **CHAPITRE VIII**

## ***PROTECTION ET SECURITE DE TRAVAIL***

**Introduction :**

Ce chapitre a une importance non négligeable tant du point de vue économique que social. Au cours des dix dernières années, le nombre des accidents du travail dus au matériel et engins de terrassement a été réduit de moitié. Une tendance qui exprime les évolutions touchant à la sécurité des matériels et à la formation des personnels.

Cette baisse concerne aussi les accidents graves dont le nombre est passé de 1531 en 1990 à 852 en 1999, cette évolution encourageante ne doit pas pour autant masquer la particulière gravité de ces accidents que soulignent le cercle de sécurité suivant.



**Figure VIII-1 :** Pourcentage des différentes natures d'accident.

**VIII-1. Les causes des accidents de travail dans un chantier :**

Comment établir l'arbre des causes ? On écrit sur un graphique toutes les causes de l'accident : certaines découlent les unes des autres et donc s'enchaînent linéairement et forment une branche, certaines sont indépendantes mais provoquent l'accident par leur réunion et forment donc plusieurs branches.

Chaque élément de chaque branche est un facteur potentiel et une cible pour la prévention : si on coupe une seule des branches principales, l'accident ne peut pas se produire ou se reproduire.

La survenue d'un accident de travail regroupe par conséquent plusieurs facteurs :

- humain,
- l'organisation du travail : ambiance physique, facteurs sociaux...,
- la tâche et ses exigences,
- Le matériel

\*Les causes fréquentes des accidents travail sont :

- Mauvaise conception des engins
- Catachrèse : utilisation d'une machine en dehors de ses limites ou de l'usage pour lequel il est prévu
- Contraintes de la tâche, rendement
- Défaut d'organisation générale du travail
- Manque d'information sur l'état du système
- Facteurs liés au groupe : le taux d'accident de travail peut être considéré comme un indice de tension entre le personnel et l'entreprise
- Défaut de formation technique

\*Durant chaque phase de la réalisation d'un projet en alimentation en eau potable, le risque de produire un accident est éventuellement ouvert, soit dans la phase des travaux de terrassement, soit dans la réalisation des travaux de bétonnage, soit dans les installations électriques ou des installations sous pressions soit après la finition du projet (travaux d'entretien des pompes, des installations)

## **VIII-2. La prévention :**

### **VIII-2-1. Les partenaires de la prévention :**

#### **VIII-2-1-1. Dans l'entreprise :**

- Le chef d'entreprise est le seul responsable de la sécurité
- Le service médical :médecin du travail, infirmières du travail, technicien hygiène et sécurité
- Le service de sécurité dans les grandes entreprises.
- Le comité d'entreprise et les délégués du personnel.

#### **VIII-2-1-2. En dehors de l'entreprise :**

- Le service de prévention
- Les comités techniques régionaux qui ont un pouvoir financier,
- Les instituts de médecine du travail et les consultations de pathologie professionnelle
- L'inspection du travail,
- Certains organismes agréés par le ministère du travail.

**VIII-2-2. Prévention technique :****VIII-2-2-1. Prévention collective :**

Elle doit toujours être mise en œuvre en premier lieu. C'est l'employeur, avec le service de sécurité, et conseillé par le médecin du travail, qui organise la prévention dans le cadre de la législation en vigueur afin d'empêcher que l'accident se produise à nouveau en détectant les risques. Les moyens possibles sont nombreux :

- Prévention intégrée : c'est la prévention de conception qui supprime l'existence du risque en installant dès la conception des dispositifs de protection et de sécurité sur les engins et machines dangereuses.
- Entretien des engins
- Contrôle et certification de conformité des engins.
- La signalisation dans l'entreprise doit être évidente et connue de tous, utilisation des couleurs de sécurité (rouge, orange, vert), isolement des zones dangereuses (barrières, écrans, cartons).
- Contrôle régulier du fonctionnement et entretien des systèmes de sécurité.
- Amélioration des techniques de travail : étiquetage des produits, travail en vase clos, aspiration des vapeurs et des poussières, remplacement d'un produit dangereux par un autre quand c'est techniquement possible.
- Amélioration des ambiances de travail (éclairage, bruit, empoussièrement, ambiance thermique)
- Contrôle des matériaux : obligation est faite aux fabricants, importateurs et vendeurs de fournir à l'entreprise toute information sur les produits nouveaux.
- Affichage des consignes de sécurité et du règlement intérieur de l'entreprise. Education sanitaire et développement des facteurs d'hygiène contribuant à la prévention : interdiction de boire, manger et fumer sur les lieux de travail, hygiène stricte (lavage des mains, douches).

**VIII-2-2-2. Prévention individuelle :**

Elle ne supprime pas le risque mais elle permet au travailleur de le connaître, de l'éviter ou de s'en protéger. Elle repose sur la formation et les protections individuelles.

***Formation des salariés à la sécurité :***

La formation à la sécurité est sous la responsabilité du chef d'entreprise avec la coopération du service de sécurité (quand il existe) et du médecin du travail. Le temps passé à la formation à la sécurité est payé comme un temps normal de travail et se passe durant les heures de travail. Elle est obligatoire dans le mois suivant l'embauche ou en cas de changement de poste. Elle passe par l'instruction générale au cours de la scolarité puis par l'enseignement spécifique lors

de la formation professionnelle ; elle enseigne les consignes et les gestes de sécurité, ainsi que la conduite à tenir face à un autre salarié victime d'un accident du travail ou d'une intoxication. Elle doit être renouvelée périodiquement. On procède aussi à des formations spécialisées pour les sauveteurs-secouristes du travail.

### ***Protections individuelles.***

Elles sont moins fiables que la protection collective et ne devrait être mises en œuvre que lorsque celle-ci est impossible. La protection individuelle reste souvent indispensable. Elle n'est pas toujours respectée par le salarié ou mise à disposition par l'employeur.

- Combinaisons étanches ou spécifiques à certains risques (Casques de protection contre les objets pouvant tomber),
- Protection des mains : gants, crèmes protectrices, produits de nettoyage spécifiques non nocifs.
- Chaussures de protection (semelle épaisse, antidérapante, avec coquille métallique de protection des orteils)
- Lunettes de sécurité (UV, chaleur, projection de débris)
- Protecteurs auditifs (casques anti-bruit, bouchons d'oreille)
- Masques et cagoules anti-poussières ou contre les gaz
- Moyens de protection anti-chutes

### **VIII-2-3. Prévention médicale : (Les missions du médecin du travail)**

#### **VIII-2-3-1. Examen clinique, éventuels examens complémentaires :**

Le médecin du travail doit s'attacher à dépister les contre-indications médicales à certains postes lors de la visite d'embauche et des visites systématiques, comme par exemple :

- postes dangereux comportant un risque pour le salarié avec une législation particulière
- poste de sécurité avec risque pour le travailleur ou pour les autres salariés, recherche d'épilepsie, diabète, problème cardiaque, examen psychotechnique...

En aucun cas, le médecin du travail ne doit accepter un risque grave pour le travailleur lui-même et pour son entourage.

#### **VIII-2-3-2. Information du salarié par le médecin du Travail :**

Elle porte :

- sur les risques encourus et les précautions à prendre. Cette information doit précéder la prise de poste et être renouvelée régulièrement à chaque visite médicale ou lors de la visite des lieux de travail.

- sur les résultats des analyses biologiques de surveillance, lors de l'exposition à des risques particuliers (plomb, benzène, rayonnements ionisants). Le salarié doit être également informé des mesures de prévention et des contrôles effectués dans les locaux de travail.

#### **VIII-2-4. Prévention pour les conducteurs d'engin :**

- Lire la notice d'utilisation de l'engin.
- Déterminer l'ordre des opérations en respectant les plans et cahiers des charges.
- Contrôler la machine avant et après démarrage.
- Adapter l'équilibre de l'engin et la tâche (creuser, saisir, lever, pousser, charger).
- Déblayer le terrain.
- Procéder au nivellement selon les situations dans toutes les dimensions (cotes) définies.
- Creuser des tranchées selon les indications topographiques.
- Remblayer à la surface ou en profondeur (une fouille).
- Réaliser un talus d'après des gabarits.
- Remplir une fiche technique d'intervention.
- Prendre les mesures de sécurité assurant la protection individuelle et collective.
- Assurant la maintenance de premier niveau des outils et du matériel.
- Communiquer les défauts aux supérieurs.

#### **Conclusion**

La prévention devrait tendre à ne plus être conçue comme un correctif et s'appuyer uniquement sur des critères défensifs. Avec les avancées du progrès technique et scientifique, on doit pouvoir en saisir les acquis pour renverser la tendance, c'est à dire faire de la prévention une action offensive pour qu'il n'y ait plus de risques.

A cet effet, il convient d'accorder d'avantage d'intérêt aux aspects éducationnels de l'homme au travail afin de lui permettre une grande maîtrise de l'outil de production et une plus grande adaptation à son environnement.

# **CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

Dans ce mémoire de fin d'étude, nous avons procédé à l'étude d'un projet d'alimentation en eau potable de la région Nord Ouest de la wilaya de Tlemcen.

Dans un premier temps, un important travail de collecte des données sur les caractéristiques de la population a été réalisé sur place avec l'aide des différentes administrations concernées.

Dans un second temps, une analyse approfondie des documents ainsi rassemblés a pu être faite, Cette analyse a permis de déterminer l'état actuel de l'approvisionnement en eau des villes du projet.

Dans un troisième temps, un dimensionnement de la conduite principale de l'adduction, ainsi que le choix du nombre et type de pompe utilisé pour les tronçons de refoulement, aussi bien l'emplacement des trois réservoirs tampons de tel sort à assurer une alimentation gravitaire de la grande partie des localités situées à l'aval et le volume des réservoirs de stockage nécessaire pour chaque commune. Et pour le bon fonctionnement et la protection des conduites contre le phénomène du coup de bélier, une étude simplifiée et un dimensionnement des réservoirs d'air ont été faits.

Cette étude nous a permis de mettre en pratique, toutes les connaissances que nous avons acquises dans tous les domaines de l'hydraulique durant notre cycle de formation, et j'espère que, ce modeste travail peut servir, aux nos élèves ingénieurs comme référence d'étude de ce projet.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### Ouvrages généraux

- [1] **ERIC DROUART** et **MICHEL VOUILLAMOZ** «Alimentation en eau des populations menacées», édition Hermann 1999.
- [2] **J.BONNIN** «Hydraulique urbaine », édition Eyrolles, Paris 1986, p108
- [3] **JEAN PIERE BONNIVILLE** «Hydraulique appliquée aux installations d’extinction», Presse internationales polytechnique 2002.
- [4] **PAM ADDUCTION D’EAU** «tuyaux et raccords en fonte ductile pour l’adduction d’eau potable et l’irrigation», Edition 05.2003

### Mémoire de fin d’études

- [5] **Benammar Sid Ahmed et Mankouri Abousseyf** «L’apport de dessalement dans la nouvelle répartition des ressources en eau au niveau de la wilaya de Tlemcen», Université de Tlemcen promotion 2009-2010

### Sites internet

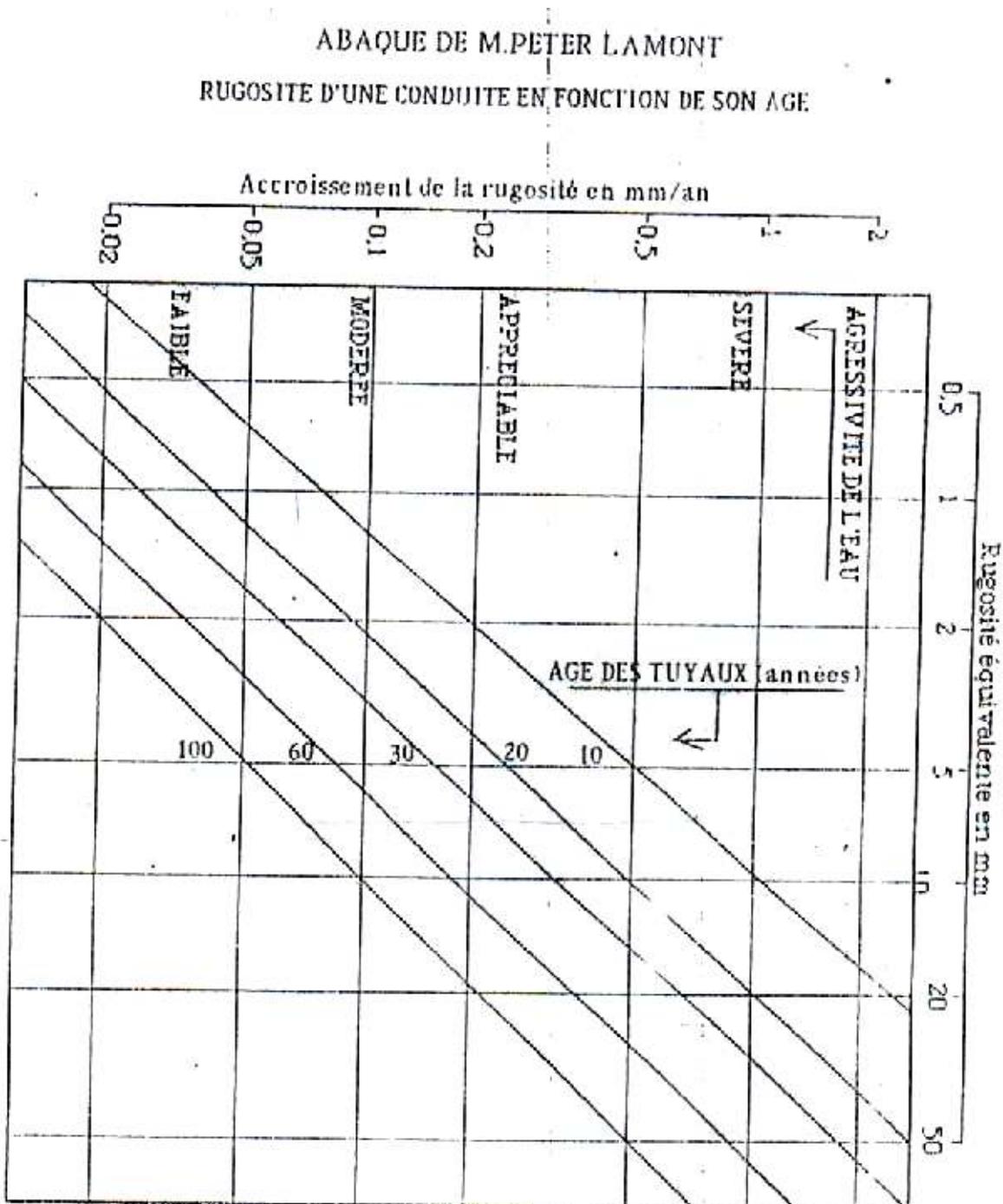
- [8] [www.ksb.com](http://www.ksb.com) (visité le : 15-09-2011)
- [9] [www.memoireonline.com](http://www.memoireonline.com) (visité le : 06-07-2011)
- [11] [www.pamapplications.com](http://www.pamapplications.com) (visité le : 24-08-2011)
- [12] [www.travail-et-securite.fr](http://www.travail-et-securite.fr) (visité le : 21-09-2011)
- [13] [www.wikipedia.org/wiki/Tlemcen.fr](http://www.wikipedia.org/wiki/Tlemcen.fr) (visité le : 14-08-2011)

# **ANNEXES**

**Annexe (I):** Les Valeurs usuelles indices de rugosité (K) en mm.

| N°        | Nature de la surface intérieure | Indice rugosité k |
|-----------|---------------------------------|-------------------|
| 1         | cuivre, plomb, laiton, inox     | 0,001 à 0,002     |
| 2         | Tube PVC                        | 0,0015            |
| 3         | Acier inox                      | 0,015             |
| 4         | tube acier du commerce          | 0,045 à 0,09      |
| 5         | Acier étiré                     | 0,015             |
| 6         | Acier soudé                     | 0,045             |
| 7         | acier galvanisé                 | 0,15              |
| 8         | Acier rouillé                   | 0,1 à 1           |
| <b>9</b>  | <b>fonte neuve</b>              | <b>0,25 à 0,8</b> |
| <b>10</b> | <b>fonte usagée</b>             | <b>0,8 à 1,5</b>  |
| <b>11</b> | <b>fonte incrustée</b>          | <b>1,5 à 2,5</b>  |
| 12        | tôle ou fonte asphaltée         | 0,01 à 0,015      |
| 13        | ciment bien lissé               | 0,3               |
| 14        | Béton ordinaire                 | 1                 |
| 15        | béton grossier                  | 5                 |
| 16        | bois bien raboté                | 5                 |
| 17        | bois ordinaire                  | 1                 |

Annexe (II): Abaque de M.PETER LAMONT (Rugosité d'une conduite en fonction de son âge).



**Annexe (III):** Tableau du prix du mètre linéaire des conduites en fonte ductile d'après entreprise chinoise **KOUG.C.**

| <b>Diamètre en (mm)</b> | <b>Prix de ml (DA)</b> |
|-------------------------|------------------------|
| <b>800</b>              | <b>31719</b>           |
| <b>900</b>              | <b>35664</b>           |
| <b>1000</b>             | <b>39609</b>           |
| <b>1100</b>             | <b>43554</b>           |
| <b>1200</b>             | <b>47499</b>           |
| <b>1400</b>             | <b>55389</b>           |
| <b>1500</b>             | <b>59334</b>           |
| <b>1600</b>             | <b>63279</b>           |
| <b>1800</b>             | <b>71169</b>           |
| <b>2000</b>             | <b>79059</b>           |

**Remarque:** les prix mentionnés ci dessus sont les prix de **vente et de pose** des conduites en fonte ductile par mètre linéaire.

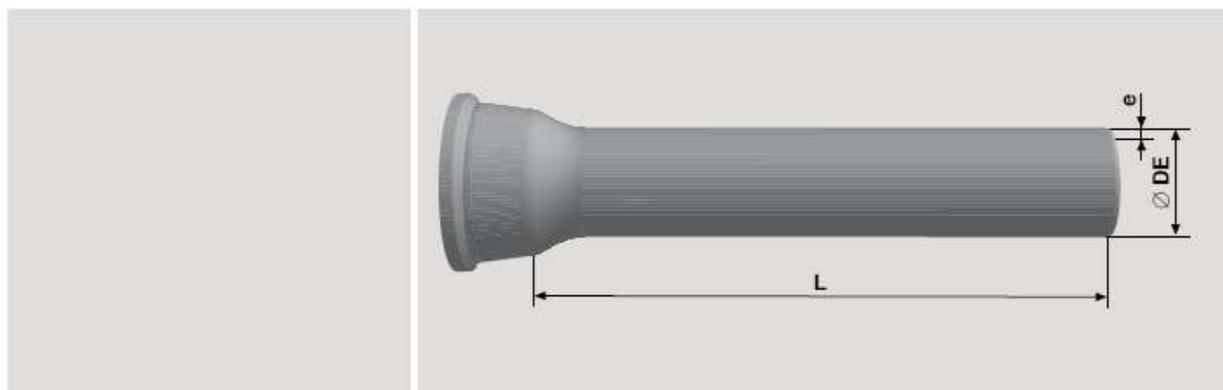
**Annexe(IV): Répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants**

| <b>HEURES</b> | <b>NOMBRE D'HABITANTS</b> |                        |                       |                       |                                     |
|---------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|
|               | <b>Moins de 10000</b>     | <b>10 001 à 50 000</b> | <b>50001 à 100000</b> | <b>Plus de 100000</b> | <b>Agglomération de type rurale</b> |
| 0-1           | 01                        | 1.5                    | 03                    | 3.35                  | 0.75                                |
| 1-2           | 01                        | 1.5                    | 3.2                   | 3.25                  | 0.75                                |
| 2-3           | 01                        | 1.5                    | 2.5                   | 3.3                   | 01                                  |
| 3-4           | 01                        | 1.5                    | 2.6                   | 3.2                   | 01                                  |
| 4-5           | 02                        | 2.5                    | 3.5                   | 3.25                  | 03                                  |
| 5-6           | 03                        | 3.5                    | 4.1                   | 3.4                   | 5.5                                 |
| 6-7           | 05                        | 4.5                    | 4.5                   | 3.85                  | 5.5                                 |
| 7-8           | 6.5                       | 5.5                    | 4.9                   | 4.45                  | 5.5                                 |
| 8-9           | 6.5                       | 6.25                   | 4.9                   | 5.2                   | 3.5                                 |
| 9-10          | 5.5                       | 6.25                   | 4.6                   | 5.05                  | 3.5                                 |
| 10-11         | 4.5                       | 6.25                   | 4.8                   | 4.85                  | 06                                  |
| 11-12         | 5.5                       | 6.25                   | 4.7                   | 4.6                   | 8.5                                 |
| 12-13         | 07                        | 05                     | 4.4                   | 4.6                   | 8.5                                 |
| 13-14         | 07                        | 05                     | 4.1                   | 4.55                  | 06                                  |
| 14-15         | 5.5                       | 5.5                    | 4.2                   | 4.75                  | 05                                  |
| 15-16         | 4.5                       | 06                     | 4.4                   | 4.7                   | 05                                  |
| 16-17         | 05                        | 06                     | 4.3                   | 4.65                  | 3.5                                 |
| 17-18         | 6.5                       | 5.5                    | 4.1                   | 4.35                  | 3.5                                 |
| 18-19         | 6.5                       | 05                     | 4.5                   | 4.4                   | 06                                  |
| 19-20         | 5.0                       | 4.5                    | 4.5                   | 4.3                   | 06                                  |
| 20-21         | 4.5                       | 04                     | 4.5                   | 4.3                   | 06                                  |
| 21-22         | 03                        | 03                     | 4.8                   | 3.75                  | 03                                  |
| 22-23         | 02                        | 02                     | 4.6                   | 3.75                  | 02                                  |
| 23-24         | 01                        | 1.5                    | 3.3                   | 3.7                   | 01                                  |

Source (polycops SALAH.B)

**Annexe (V):** Les caractéristiques des conduites en fonte ductile.

*Tuyau à emboîture*



| DIMENSIONS ET MASSES*** |                              |       |                     |                 |          |                     |                 |          |                     |                 |          |
|-------------------------|------------------------------|-------|---------------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|----------|
| DN                      | Longueur utile moyenne*<br>L | DE    | Gamme de base       |                 |          | Gamme STANDARD TT   |                 |          | Gamme ISOPAM        |                 |          |
|                         |                              |       | e fonte<br>K = 9 ** | Masses moyennes |          | e fonte<br>K = 9 ** | Masses moyennes |          | e fonte<br>K = 9 ** | Masses moyennes |          |
|                         |                              |       |                     | d'un tuyau      | métrique |                     | d'un tuyau      | métrique |                     | d'un tuyau      | métrique |
| m                       | mm                           | mm    | kg                  | kg              | mm       | kg                  | kg              | mm       | kg                  | kg              |          |
| 60                      | 6                            | 77    | 6                   | 67,5            | 11,5     | 6                   | 70              | 12       | -                   | -               | -        |
| 80                      | 6                            | 98    | 6                   | 87,5            | 15       | 6                   | 90,5            | 15,5     | -                   | -               | -        |
| 100                     | 6                            | 118   | 6,1                 | 109             | 18,5     | 6,1                 | 113             | 19       | 6,1                 | 133             | 22       |
| 125                     | 6                            | 144   | 6,2                 | 137             | 23       | 6,2                 | 142             | 24       | 6,2                 | 165             | 27,5     |
| 150                     | 6                            | 170   | 6,3                 | 164             | 27,5     | 6,3                 | 170             | 28,5     | 6,3                 | 198             | 33       |
| 200                     | 6                            | 222   | 6,4                 | 222             | 37       | 6,4                 | 230             | 38,5     | 6,4                 | 272             | 45,5     |
| 250                     | 6                            | 274   | 6,8                 | 290             | 48       | 6,8                 | 300             | 49,5     | 6,8                 | 367             | 61       |
| 300                     | 6                            | 326   | 7,2                 | 364             | 61       | 7,2                 | 377             | 63       | 7,2                 | 453             | 75,5     |
| 350                     | 6*                           | 378   | 7,7                 | 482             | 80,5     | 7,7                 | 512             | 85       | 7,7                 | 597             | 99,5     |
| 400                     | 6*                           | 429   | 8,1                 | 573             | 95,5     | 8,1                 | 607             | 101      | 8,1                 | 701             | 117      |
| 450                     | 6*                           | 480   | 8,6                 | 676             | 113      | 8,6                 | 720             | 120      | -                   | -               | -        |
| 500                     | 6*                           | 532   | 9                   | 781             | 131      | 9                   | 827             | 138      | 9                   | 856             | 143      |
| 600                     | 6*                           | 635   | 9,9                 | 1 018           | 170      | 9,9                 | 1 018           | 170      | Nous consulter      |                 |          |
| 700                     | 7                            | 738   | 10,8                | 1 517           | 218      | 10,8                | 1 517           | 218      |                     |                 |          |
| 800                     | 7                            | 842   | 11,7                | 1 862           | 267      | 11,7                | 1 862           | 267      |                     |                 |          |
| 900                     | 7                            | 945   | 12,6                | 2 235           | 320      | 12,6                | 2 235           | 320      |                     |                 |          |
| 1 000                   | 7                            | 1 048 | 13,5                | 2 641           | 378      | 13,5                | 2 641           | 378      |                     |                 |          |
|                         | 8,27                         | 1 048 | 13,5                | 3 091           | 378      | 13,5                | 3 091           | 378      |                     |                 |          |
| 1 100                   | 8,27                         | 1 151 | 14,4                | 3 605           | 441      | 14,4                | 3 605           | 441      |                     |                 |          |
| 1 200                   | 8,26                         | 1 255 | 15,3                | 4 155           | 506      | 15,3                | 4 155           | 506      |                     |                 |          |
| 1 400                   | 8,19*                        | 1 462 | 17,1                | 5 643           | 694      | 17,1                | 5 643           | 694      |                     |                 |          |
| 1 500                   | 8,18*                        | 1 565 | 18                  | 6 327           | 779      | 18                  | 6 327           | 779      |                     |                 |          |
| 1 600                   | 8,18*                        | 1 668 | 18,9                | 7 049           | 868      | 18,9                | 7 049           | 868      |                     |                 |          |
| 1 800                   | 8,17*                        | 1 875 | 20,7                | 8 581           | 1 058    | 20,7                | 8 581           | 1 058    |                     |                 |          |
| 2 000                   | 8,13                         | 2 082 | 22,5                | 10 189          | 1 262    | 22,5                | 10 189          | 1 262    |                     |                 |          |

Annexe (VI):Abaque de VIBERT.

ABAQUE

DE M. VIBERT

POUR LE CALCUL SIMPLIFIÉ  
DES RÉSERVOIRS D'AIR

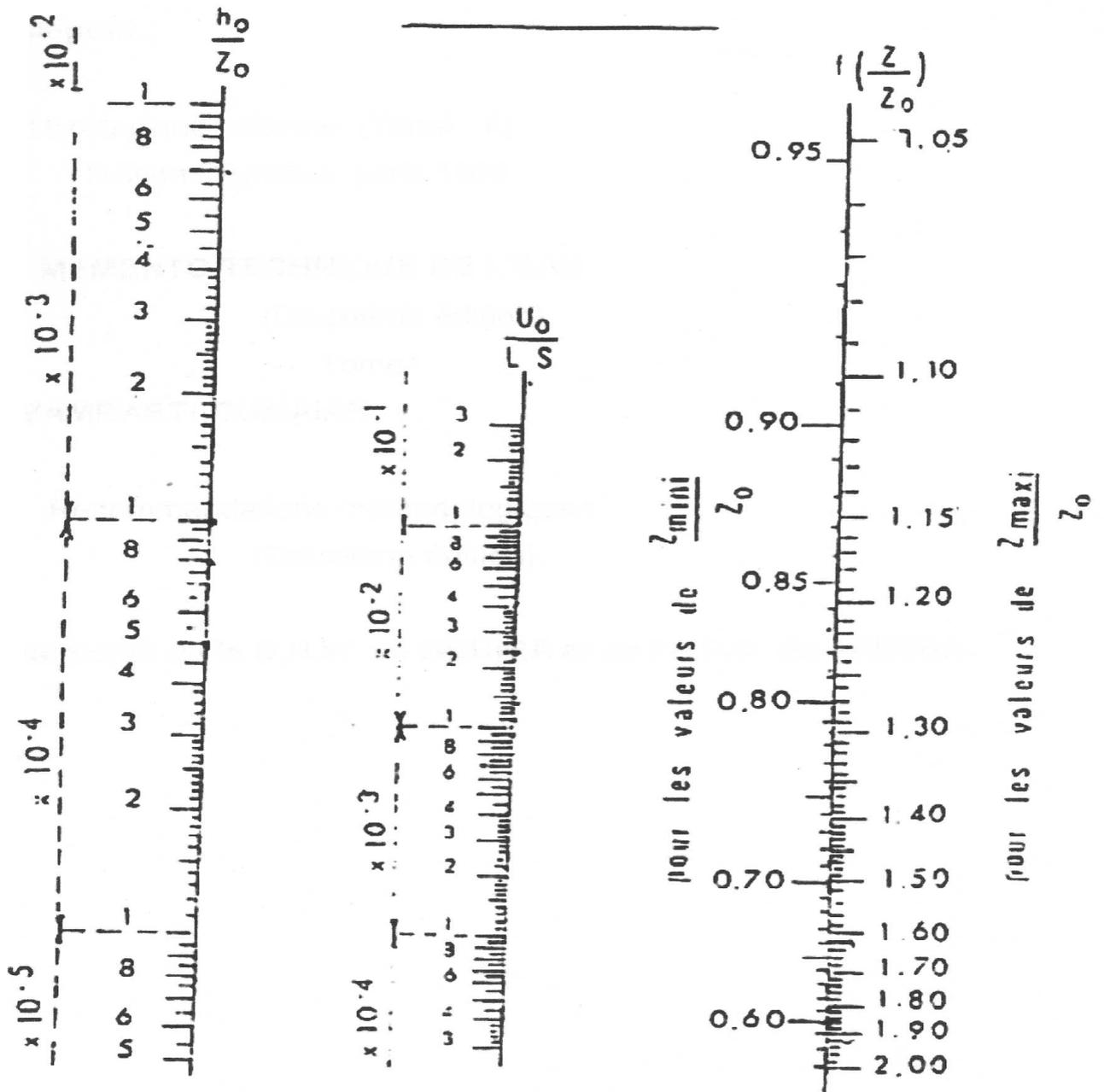


PLANCHE XXVII



## Annexe (VII-1) : détermination de la capacité du réservoir.

(50001 à 100000 habitants).

| Heures       | Apports      | Distribution (%) | Surplus      | Déficit (%)  | Résidu (%)   |
|--------------|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| 00 - 01      | 4,17         | 03               | 1,166        | -            | 2,033        |
| 01 - 02      | 4,17         | 3.2              | 0,966        | -            | 3            |
| 02 - 03      | 4,17         | 3                | 1,666        | -            | 4,666        |
| 03 - 04      | 4,17         | 3,1              | 1,566        | -            | 6,233        |
| 04 - 05      | 4,17         | 3.5              | 0,666        | -            | 6,9          |
| 05 - 06      | 4,17         | 4.1              | 0,066        | -            | <b>6,966</b> |
| 06 - 07      | 4,17         | 4.5              | -            | 0,333        | 6,633        |
| 07 - 08      | 4,17         | 4.9              | -            | 0,733        | 5,9          |
| 08 - 09      | 4,17         | 4.9              | -            | 0,733        | 5,166        |
| 09 - 10      | 4,17         | 4.6              | -            | 1,433        | 3,733        |
| 10 - 11      | 4,17         | 4.8              | -            | 0,633        | 3,1          |
| 11 - 12      | 4,17         | 4.7              | -            | 0,533        | 2,566        |
| 12 - 13      | 4,17         | 4.4              | -            | 0,233        | 2,333        |
| 13 - 14      | 4,17         | 4.1              | 0,066        | -            | 2,4          |
| 14 - 15      | 4,17         | 4.2              | -            | 0,033        | 2,366        |
| 15 - 16      | 4,17         | 4.4              | -            | 0,233        | 2,133        |
| 16 - 17      | 4,17         | 4.3              | -            | 0,133        | 2            |
| 17 - 18      | 4,17         | 4.1              | 0,066        | -            | 2,066        |
| 18 - 19      | 4,17         | 4.5              | -            | 0,333        | 1,733        |
| 19 - 20      | 4,17         | 4.5              | -            | 0,333        | 1,4          |
| 20 - 21      | 4,17         | 4.5              | -            | 0,333        | 1,066        |
| 21 - 22      | 4,17         | 4.8              | -            | 0,633        | 0,433        |
| 22 - 23      | 4,17         | 4.6              | -            | 0,433        | 0            |
| 23 - 00      | 4,17         | 3.3              | 0,866        | -            | 0,866        |
| <b>Total</b> | <b>100 %</b> | <b>100 %</b>     | <b>6,966</b> | <b>6,966</b> |              |

Annexe (VII-2) : détermination de la capacité du réservoir.  
(Moins de 10000 habitants).

| Heures       | Apports      | Distribution (%) | Surplus       | Déficit (%)    | Résidu (%)   |
|--------------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------|
| 00 - 01      | 4,17         | 01               | 3,17          | -              | 9,66         |
| 01 - 02      | 4,17         | 01               | 3,17          | -              | 12,83        |
| 02 - 03      | 4,17         | 01               | 3,17          | -              | 16,00        |
| 03 - 04      | 4,17         | 01               | 3,17          | -              | 19,17        |
| 04 - 05      | 4,17         | 02               | 2,16          | -              | 21,33        |
| 05 - 06      | 4,17         | 03               | 1,16          | -              | <b>22,49</b> |
| 06 - 07      | 4,17         | 05               | -             | 0,83           | 21,66        |
| 07 - 08      | 4,17         | 6.5              | -             | 2,34           | 19,32        |
| 08 - 09      | 4,17         | 6.5              | -             | 2,34           | 16,98        |
| 09 - 10      | 4,17         | 5.5              | -             | 1,33           | 15,65        |
| 10 - 11      | 4,17         | 4.5              | -             | 0,33           | 15,32        |
| 11 - 12      | 4,17         | 5.5              | -             | 1,33           | 13,99        |
| 12 - 13      | 4,17         | 07               | -             | 2,83           | 11,16        |
| 13 - 14      | 4,17         | 07               | -             | 2,83           | 8,33         |
| 14 - 15      | 4,17         | 5.5              | -             | 1,33           | 7,00         |
| 15 - 16      | 4,17         | 4.5              | -             | 0,33           | 6,67         |
| 16 - 17      | 4,17         | 05               | -             | 0,83           | 5,84         |
| 17 - 18      | 4,17         | 6.5              | -             | 2,34           | 3,50         |
| 18 - 19      | 4,17         | 6.5              | -             | 2,34           | 1,16         |
| 19 - 20      | 4,17         | 5.0              | -             | 0,83           | 0,33         |
| 20 - 21      | 4,17         | 4.5              | -             | 0,33           | <b>0,00</b>  |
| 21 - 22      | 4,17         | 03               | 1,16          | -              | 1,16         |
| 22 - 23      | 4,17         | 02               | 2,16          | -              | 3,32         |
| 23 - 00      | 4,17         | 01               | 3,17          | -              | 6,49         |
| <b>Total</b> | <b>100 %</b> | <b>100 %</b>     | <b>22,49%</b> | <b>22,49 %</b> | <b>-</b>     |

Annexe (VII-3) : détermination de la capacité du réservoir.  
(10 001 à 50 000 habitants).

| Heures       | Apports      | Distribution (%) | Surplus       | Déficit (%)    | Résidu (%)   |
|--------------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------|
| 00 - 01      | 4,17         | 1.5              | 2,67          | -              | 8,82         |
| 01 - 02      | 4,17         | 1.5              | 2,67          | -              | 11,49        |
| 02 - 03      | 4,17         | 1.5              | 2,67          | -              | 14,16        |
| 03 - 04      | 4,17         | 1.5              | 2,67          | -              | 16,83        |
| 04 - 05      | 4,17         | 2.5              | 1,66          | -              | 18,49        |
| 05 - 06      | 4,17         | 3.5              | 0,67          | -              | <b>19,16</b> |
| 06 - 07      | 4,17         | 4.5              | -             | 0,33           | 18,83        |
| 07 - 08      | 4,17         | 5.5              | -             | 1,33           | 17,50        |
| 08 - 09      | 4,17         | 6.25             | -             | 2,09           | 15,41        |
| 09 - 10      | 4,17         | 6.25             | -             | 2,09           | 13,32        |
| 10 - 11      | 4,17         | 6.25             | -             | 2,09           | 11,23        |
| 11 - 12      | 4,17         | 6.25             | -             | 2,09           | 9,14         |
| 12 - 13      | 4,17         | 05               | -             | 0,83           | 8,31         |
| 13 - 14      | 4,17         | 05               | -             | 0,83           | 7,48         |
| 14 - 15      | 4,17         | 5.5              | -             | 1,33           | 6,15         |
| 15 - 16      | 4,17         | 06               | -             | 1,83           | 4,32         |
| 16 - 17      | 4,17         | 06               | -             | 1,83           | 2,49         |
| 17 - 18      | 4,17         | 5.5              | -             | 1,33           | 1,16         |
| 18 - 19      | 4,17         | 05               | -             | 0,83           | 0,33         |
| 19 - 20      | 4,17         | 4.5              | -             | 0,33           | <b>0,00</b>  |
| 20 - 21      | 4,17         | 04               | 0,16          | -              | 0,16         |
| 21 - 22      | 4,17         | 03               | 1,16          | -              | 1,32         |
| 22 - 23      | 4,17         | 02               | 2,16          | -              | 3,48         |
| 23 - 00      | 4,17         | 1.5              | 2,67          | -              | 6,15         |
| <b>Total</b> | <b>100 %</b> | <b>100 %</b>     | <b>19,16%</b> | <b>19,16 %</b> | -            |