

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة بلحاج بوشعيب - عين تموشنت  
Université Belhadj Bouchaib - Ain-Temouchent



Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Hydraulique

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Thème :

**Adduction à partir de la station de dessalement de Honaine w. Tlemcen  
pour le renforcement en AEP de 18 communes de la w.Sidi Belabes**

Thème :

**Présenté Par :**

Melle. BETAOUAF Imane Kamar

**Devant le jury composé de :**

Dr . BAGHLI Nawel

UAT.B.B (Ain Temouchent)

**Président**

Melle. MESTFAOUI Lila

UAT.B.B (Ain Temouchent)

**Examineur**

Dr .BENAICHA Mohamed

M A A UAT.B.B (Ain Temouchent )

**Encadrant**

Dr .ABABOU Habib

D R E UAT.B.B (Ain Temouchent )

**Co-Encadrant**

# Remerciement

*Je remercie en premier lieu **DIEU** tout puissant pour m'avoir accordé la puissance, la patience, le courage et la volonté de terminer ce modeste travail.*

*Je tiens à remercier **Mr ABABOU HABIB** de la DRE Ain temouchent pour son aide, son encouragement, ses précieux conseils et sa disponibilité tout au long de ce travail.*

*Je tiens à remercier **Mr ADADA Boukhatem** et **Madame SAHLI d'HPE**, **Mr ROUIGUEB Brahim** et **Mr Abdessamad** de l'entreprise STRAPHYDR Oran, **Mr Magherbi AEK** de l'ADE Tlemcen*

*Je tiens à remercier **Mr. BENAICHA MOUHAMED** pour avoir accepté d'encadrer ce travail et de m'avoir apporté ses connaissances et ses conseils précieux.*

*Je tiens à remercier À mes chers professeurs **Mr Nahari Abdelrahman**, **Mr GUEMOU Bouabdellah** , **Mr Benmia**, **Madame Ben Chokour hassiba** et **Madame Baghli nawel** pour tout ce que vous m'avez apporté en termes de connaissances, d'éducation et de conseils tout au long de mon parcours scolaire.*

*J'aimerais exprimer ma gratitude et mes sincères remerciements à tous les membres du jury pour avoir bien voulu donner de leur temps pour lire ce travail et faire partie des examinateurs. Leurs critiques et commentaires seront bénéfiques pour enrichir nos connaissances dans ce domaine.*

*Enfin, je tiens aussi à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

**Merci à tous et à toutes.**

# Dédicace

*Je dédie le fruit de mes efforts et de mes nuits blanches, cette réalisation modeste, à ceux qui ont cru en moi, m'ont soutenu et m'ont accompagné dans mon parcours scolaire, et à ceux qui ont été comme la lumière qui a éclairé mon chemin et m'a aidé à surmonter les obstacles.*

*En tête de liste, j'adresse mes sincères remerciements et ma gratitude à **ma chère mère**, symbole de don et de tendresse, qui a consacré sa vie pour moi et m'a choyé dès mon plus jeune âge, et m'a soutenu à chaque étape de ma vie.*

*Et à **mon cher père**, mon amour et mon soutien, je dédie ce succès, malgré son absence forcée, car il était présent par son cœur et ses prières, et ses lettres étaient ma boussole sur le chemin de la connaissance, pour me confirmer sa foi en mes capacités et m'encourager à persévérer.*

*Je n'oublie pas le mérite de mes chères sœurs, **Yasmine, Najat et Naïma**, qui étaient à la fois des amies et des mères, car elles m'ont apporté un soutien psychologique et moral, et ont partagé avec moi la joie du succès à chaque instant.*

*A mes chers frères, **Abdelghani, Hakim et Kamal**, j'adresse mes remerciements et ma reconnaissance, car ils ont été un soutien solide pour moi tout au long de mon parcours scolaire, et m'ont apporté un soutien matériel et moral, et m'ont encouragé à poursuivre mes objectifs.*

*Et aux filles de mon cher frère, **Nihad, Nada et Jana**, je dédie cette réalisation, car elles étaient comme des bougies qui éclairaient mon chemin par leurs rires et leur amour.*

*Et je n'oublie pas les fils de mon cher frère, **Riyad et Amir**, qui ont partagé avec moi la joie du succès en jouant avec moi et en passant les plus beaux moments.*

*A mes chères amies, **Marwa, Asmaa, Amira et Khadija**, j'adresse mes sincères remerciements et ma reconnaissance, car elles ont été comme une seconde famille pour moi, elles ont partagé ma joie et ma tristesse, et m'ont soutenu à chaque étape de ma vie.*

*Et à mon cher ami, **Abdelkader**, je te dédie cette réalisation, pour ton soutien et ton encouragement indéfectible ces derniers temps.*

*A mes professeurs du Coran, **Safia, Fatima et Souad**, merci de m'avoir appris le Coran et de m'avoir inculqué les nobles valeurs islamiques.*

*Cette réalisation est le fruit de vos efforts, de vos prières et de vos encouragements, et je vous adresse toute ma reconnaissance et mon appréciation.*

*Je prie Allah Tout-Puissant de me donner la chance de vous rendre la pareille et d'être votre meilleur ambassadeur dans la vie.*

*Avec mes sincères remerciements et ma reconnaissance*

## Résumé

Le présent mémoire, intitulée « Adduction a partir de la station de dessalement de Honaine w. Tlemcen pour le renforcement en AEP de 18 communes de la w.Sidi Belabes » c'est un projet qui a été réalisé pour le profit de la wilaya de sidi belabes qui souffre d'un déficit d'eau depuis plusieurs années. Les responsables de la ressource du dessalement de l'eau de mer de Honaine (Wilaya de Tlemcen) ont décidé d'alloué un quota de 100.000 m<sup>3</sup>/j au profit de 18 communes de la wilaya de Sidi Belabes par le biais d'un transfert (adduction) sur un linéaire global de **(30 108) ml**, ou nous avons eu l'opportunité d'étudier plusieurs variantes en passant par une étude technico-économique qui a fait ressortir un tracé idéal et économique. Le tracé en question est subdivisé par 03 tronçons : 02 tronçons gravitaires et 01 par pompage. Les ouvrages en lignes comporte 02 réservoirs de 20.000 m<sup>3</sup> chacun et une station de pompage dont nous étions dans l'obligation de dimensionner les conduites d'adductions, station de pompage, les réservoirs, cheminée d'équilibre et procéder une étude pour la protection contre les coups de bélier.

En fin, une étude du cout du projet s'avère nécessaire et qui a permis d'estimer le prix du mètre d'eau soit **10,66 DA/m<sup>3</sup>** en prenant en considération toutes les charges d'investissements et d'exploitations.

**Mots clés :** Adductions, AEP, dimensionnement, Cheminée d'équilibre.

### Summary :

The memorandum entitled "**Adduction from the Honaine desalination plant in Tlemcen province to reinforce the drinking water supply of 18 municipalities in Sidi Bel Abbès province**" is a project that was carried out for the benefit of Sidi Bel Abbès province, which has been suffering from a water deficit for several years. The managers of the Honaine seawater desalination resource (Tlemcen province) have decided to allocate a quota of 100,000 m<sup>3</sup>/day to 18 municipalities in Sidi Bel Abbès province by means of a transfer (adduction) over a total length of (30 108) ml. We had the opportunity to study several options through a techno-economic study that highlighted an ideal and economical route. The route in question is divided into 3 sections: 2 gravity sections and 1 pumping section. The linear works include 2 reservoirs of 20,000 m<sup>3</sup> each and a pumping station, where we had to dimension the adduction pipes, pumping station, reservoirs, balance chimney and carry out a study for protection against water hammer.

In the end, a study of the project cost was necessary, which allowed us to estimate the price of a meter of water at 10.66 DA/m<sup>3</sup>, taking into account all investment and operating costs.

**Keywords :** Adduction, Drinking water supply, Dimensioning, Balance chimney.

## الملخص

هذه المذكرة بعنوان "الإخراج من محطة تحليه هونايين ولاية تلمسان لتعزيز التزويد بالمياه الصالحة للشرب لـ 18 بلدية بولاية سيدي بلعباس" هو مشروع تم إنجازه لفائدة ولاية سيدي بلعباس التي تعاني من نقص المياه منذ عدة سنوات. قرر القائمون على مشروع تحليه مياه البحر بحنين (ولاية تلمسان) تخصيص حصة قدرها 100.000 م<sup>3</sup>/يوم لفائدة 18 بلدية بولاية سيدي بلعباس من خلال عملية نقل (تقريب) على طول إجمالي (30) 108 مل، حيث أتاحت لنا الفرصة لدراسة عدة متغيرات من خلال دراسة فنية اقتصادية كشفت عن طريق مثالي واقتصادي. ينقسم المسار المعني إلى 03 أقسام: 02 قسم الجاذبية و 01 عن طريق الضخ. تشمل أعمال الخط على خزانين سعة كل منهما 20.000 م<sup>3</sup> ومحطة ضخ حيث اضطررنا إلى قياس أبعاد أنابيب الإمداد ومحطة الضخ والخزانات ومدخنة التوازن وإجراء دراسة الحماية ضد المطرقة المائية

وأخيرا، فإن دراسة كلفة المشروع ضرورية، مما مكنت من تقدير سعر متر الماء، أي 10.66 دج/م<sup>3</sup>، مع الأخذ في الاعتبار جميع تكاليف الاستثمار والتشغيل

**الكلمات المفتاحية:** التقريبات، إمدادات مياه الشرب، التحجيم، مدخنة التوازن

# Table des matières

---

Table des matières .....	1
<b>INTRODUCTION GENERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I :.....</b>	<b>1</b>
<b>Recherche bibliographique sur l’AEP.....</b>	<b>1</b>
<b>I. Adduction .....</b>	<b>2</b>
1.1. Définition.....	2
1.2. Principe de fonctionnement.....	2
1.3. Les différents types d'adduction .....	2
1.4. Les différents matériaux utilisés.....	3
1.5. Les différents équipements .....	3
<b>II. Distribution .....</b>	<b>3</b>
2.1. Définition.....	3
2.2. Principe de fonctionnement.....	4
2.3. Les différents types de distribution.....	4
2.4. Les différents matériaux utilisés.....	5
2.5. Les différents équipements .....	5
<b>III. Pompages.....</b>	<b>5</b>
3.1. Définition.....	5
3.2. Principe de fonctionnement.....	5
3.3. Les différents types de pompes .....	5
3.4. Les différents matériaux utilisés.....	6
3.5. Les différents équipements .....	6
<b>IV. stockage .....</b>	<b>6</b>
4.1. Définition.....	6
4.2. Principe de fonctionnement.....	6
4.3. Les différents types de stockage .....	7
4.4. Les différents matériaux utilisés.....	7
4.5. Les différents équipements .....	7
<b>V. Station de traitement.....</b>	<b>7</b>
5.1. Définition.....	7
5.2. Principe de fonctionnement.....	8
5.3. Les différents types de traitement.....	8
5.4. Les différents équipements utilisés .....	9

<b>VI.</b>	<b>station de dessalement.....</b>	<b>9</b>
6.1.	<i>Définition.....</i>	9
6.2.	<i>Principe de fonctionnement.....</i>	9
6.3.	<i>Les différents types de stations de dessalement.....</i>	11
6.4.	<i>Les avantages et les inconvénients des stations de dessalement .....</i>	11
<b>VII.</b>	<b>Protection contre l'anti-bélier .....</b>	<b>11</b>
7.1.	<i>Définition.....</i>	12
7.2.	<i>Principe de fonctionnement.....</i>	12
<b>VIII.</b>	<b>Le volant d'inertie .....</b>	<b>12</b>
8.1.	<i>Définition.....</i>	12
8.2.	<i>Principe de fonctionnement.....</i>	12
8.3.	<i>Application à la protection contre les coups de bélier.....</i>	12
<b>IX.</b>	<b>Les cheminées d'équilibre.....</b>	<b>12</b>
9.1.	<i>Définition.....</i>	12
9.2.	<i>Principe de fonctionnement.....</i>	12
9.3.	<i>Application à la protection contre les coups de bélier .....</i>	12
9.4.	<i>-Brise charge .....</i>	13
2.4.1.	<i>Définition.....</i>	13
2.4.2.	<i>Principe de fonctionnement.....</i>	13
2.4.3.	<i>Les différents types de brise-charge .....</i>	13
2.4.4.	<i>Les avantages et les inconvénients .....</i>	13
9.5.	<i>Débitmètre électromagnétique .....</i>	14
2.5.1.	<i>Définition.....</i>	14
2.5.2.	<i>Principe de fonctionnement.....</i>	14
<b>X.</b>	<b>Ventouse .....</b>	<b>15</b>
10.1.	<i>Définition : .....</i>	15
10.2.	<i>Principe de fonctionnement :.....</i>	15
10.3.	<i>Avantages des ventouses : .....</i>	17
<b>XI.</b>	<b>Vidange.....</b>	<b>17</b>
11.1.	<i>Définition.....</i>	17
11.2.	<i>Principe de fonctionnement.....</i>	17
11.3.	<i>Les différents types de vidange.....</i>	17
11.4.	<i>Les différents équipements utilisés .....</i>	18
11.5.	<i>Les différentes normes et réglementations .....</i>	18
<b>XII.</b>	<b>clapet anti-retour .....</b>	<b>18</b>
12.1.	<i>Définition.....</i>	18
12.2.	<i>Principe de fonctionnement.....</i>	18
12.3.	<i>Applications dans l'AEP .....</i>	19
12.4.	<i>Exemples d'applications .....</i>	19

<b>XIII.</b>	<b>Régulateur de pression.....</b>	<b>19</b>
13.1.	<i>Définition.....</i>	19
13.2.	<i>Principe de fonctionnement.....</i>	19
13.3.	<i>Les différents types de régulateurs de pression.....</i>	19
13.4.	<i>Les différents matériaux utilisés.....</i>	20
13.5.	<i>Les différents équipements.....</i>	20
<b>XIV.</b>	<b>Régulateur de débit .....</b>	<b>20</b>
14.1.	<i>Définition.....</i>	20
14.2.	<i>Principe de fonctionnement.....</i>	20
14.3.	<i>Les différents types de régulateurs de débit.....</i>	21
14.4.	<i>Les applications des régulateurs de débit dans l'AEP :.....</i>	22
<b>XV.</b>	<b>Les conduites en PEHD : .....</b>	<b>23</b>
15.1.	<i>Définition : .....</i>	23
15.2.	<i>Principe de fonctionnement :.....</i>	23
15.3.	<i>Avantages des conduites en PEHD:.....</i>	23
15.4.	<i>Types de conduites en PEHD:.....</i>	23
15.5.	<i>Mise en œuvre des conduites en PEHD:.....</i>	23
15.6.	<i>Normes et réglementations:.....</i>	24
<b>Chapitre II :</b>	<b>.....</b>	<b>25</b>
<b>Présentation de la zone d'étude.....</b>	<b>.....</b>	<b>25</b>
<b>I. Introduction :</b>	<b>.....</b>	<b>26</b>
<b>II. Situation géographique.....</b>	<b>.....</b>	<b>26</b>
<b>III. Géologie :.....</b>	<b>.....</b>	<b>28</b>
<b>IV. Le Climat : .....</b>	<b>.....</b>	<b>28</b>
1.	<i>Caractéristiques climatiques.....</i>	28
1.	<i>L'indice d'aridité de DEMARTON : .....</i>	32
2.	<i>Diagramme Ombrothermique :.....</i>	33
3.	<i>Climagramme d'EMBERGER :.....</i>	33
<b>V. Démographie :.....</b>	<b>.....</b>	<b>34</b>
<b>VI. besoins en eau du projet : .....</b>	<b>.....</b>	<b>37</b>
<b>CHAPITRE III : ADDUCTION .....</b>	<b>.....</b>	<b>41</b>
<b>I. INTRODUCTION :.....</b>	<b>.....</b>	<b>42</b>
<b>II. CRITERES DU TRACEDU PROJET :.....</b>	<b>.....</b>	<b>42</b>
<b>III. ETUDE DES VARIANTES ET VARIANTE RETENUE :.....</b>	<b>.....</b>	<b>42</b>
<b>1.....</b>	<b>.....</b>	<b>45</b>
<b>IV. CALCUL ET OPTIMISATION DESCONDUITES :.....</b>	<b>.....</b>	<b>46</b>
4.1	<i>Introduction :.....</i>	46
4.2	<i>Dimensionnement des conduites d'adductions : .....</i>	49
4.3	<i>Calculs hydrauliques et choix des diamètres :.....</i>	52

4.4	<i>RESULTATS DES CALCULS :</i>	55
4.5	<i>OUVRAGES DE STOCKAGE :</i>	65
4.6	<i>STATION DE POMPAGE:</i>	67
<b>CHAPITRE IV :</b>		<b>81</b>
<b>PROTECTION CONTRE LES COUPS DE BELIER</b>		<b>81</b>
I.	<i>Introduction</i>	82
II.	<i>Phénomène du coup de bélier :</i>	82
III.	<i>cheminee d'EQUILIBRE:</i>	91
1.	<b>INTRODUCTION</b>	<b>91</b>
2.	<b>DIMENSIONNEMENT DE LA CHEMINÉE D'ÉQUILIBRE</b>	<b>91</b>
<b>CHAPITRE V :</b>		<b>93</b>
<b>COUT DU PROJET ET DU METRE CUBE D'EAU</b>		<b>93</b>
I.	<i>Estimation DU COUT DE L'Aménagement</i>	94
II.	<i>Adductions</i>	94
III.	<i>Réservoirs</i>	94
IV.	<i>Stations de pompage</i>	95
V.	<i>Supervision et Télégestion</i>	96
VI.	<i>Récapitulatif des Investissements</i>	96
VII.	<i>MONTANT DE UN METRE CUBE D'EAU ;</i>	98
<b>CONCLUSION GENERALE :</b>		<b>103</b>
<b>ANNEXE ;</b>		<b>1</b>
<b>BIBLIOGRAPHIQUES :</b>		<b>1</b>

# Table des figures

Figure I : Adduction. ....	2
Figure II : Distribution. ....	4
Figure III : Schémas d'une station de traitement .....	8
Figure IV :Schéma de principe d'une unité de dessalement basé sur le principe d'osmose inverse. ....	9
Figure V : Station de dessalement par évaporation. ....	10
Figure VI :Station de dessalement par distillation. ....	10
Figure VII : Station de dessalement par électrodialyse. ....	11
Figure VIII : Schéma de principe d'un débitmètre électromagnétique. ....	14
Figure IX : Ventouses simples. ....	16
Figure X :Ventouse double fonction. ....	16
Figure XI : Ventouses triple fonction. ....	17
Figure XII : Régulateur de débit à obstruction . ....	21
Figure XIII : Régulateur de débit à bille. ....	21
Figure XIV : Régulateur de débit à membrane . ....	22
Figure XV : Régulateur de débit à électrovanne. ....	22
Figure XVI : Moyennes mensuales et annuelles des précipitations .....	29
Figure XVII : Moyennes mensuelles et annuelles des températures. ....	30
Figure XVIII : Moyennes mensuelles et annuelles des ensoleillements. ....	30
Figure XIX : Moyennes mensuelles et annuelles des vitesses de vent .....	31
Figure XX ;Diagramme Ombrothermique. ....	33
Figure XXI: Quotient pluviométrique. ....	34
Figure XXII : variantes de transfert SDEM vers la station de Sidi Abdelli .....	44
Figure XXIII :la carte d'état majeure (Adduction gravitaire et refoulement) .....	46
Figure XXIV : Tronçon 1 - gravitaire - RT2 – réservoir de transit sekkak SP .....	47
Figure XXV : TRONCON 2 - REFOULEMENT – SP VERS CHEMINEE D'EQUILIBRE .....	48
Figure XXVI : TRONCON 3 - GRAVITAIRE – CHEMINEE D'EQUILIBRE – R.Sidi Abdelli .....	49
Figure XXVII : Bilan des couts des conduites .....	64
Figure XXVIII : schéma du projet .....	68
Figure XXIX : Courbe de fonctionnement avec 3 pompes .....	69
Figure XXX : Station de Pompage.....	1
Figure XXXI : Chambre des équipements de la Station de pompage .....	1
Figure XXXII : Réservoir semi enterrés .....	1
Figure XXXIII : Réservoir semi enterrés.....	2
Figure XXXIV : Construction de cheminée d'équilibre .....	2
Figure XXXV : la cheminée d'équilibre.....	3

# Table des tableaux

Tableau I : Caractéristiques de la station de référence (Sidi Bel Abbés) .....	28
Tableau II: Moyennes mensuales et annuelles des précipitations. [12].....	28
Tableau III: Moyennes mensuelles et annuelles des températures . [12] .....	29
Tableau IV : Moyennes mensuelles et annuelles des ensoleillements. [12].....	30
Tableau V : Echelle télégraphique.....	31
Tableau VI: Moyennes mensuelles et annuelles des vitesses de vent Période : 2001-2010 .[12].....	31
Tableau VII :Moyennes mensuelles du taux d'humidité relative, période 1985-2005. [12].....	32
Tableau VIII : Indice d'aridité. [12].....	32
Tableau IX : Quotient pluviométrique [12].....	34
Tableau X : Population de la zone d'étude (RGPH 2008). [11].....	35
Tableau XI : Taux d'accroissement démographique .[11].....	36
Tableau XII : résultats de calculs de la population en fonction du temps .....	37
Tableau XIII : la dotation hydrique.[11].....	38
Tableau XIV : Récapitulation des besoins en eau pour la zone du projet jusqu'à l'an 2050 (m <sup>3</sup> /an).....	38
<i>Tableau I : Comparaison des éléments clé des variantes de tracé.....</i>	45
Tableau II : calcul de la conduite gravitaire en DN 800 .....	55
Tableau III : calcul de la conduite gravitaire en DN 1000 .....	56
Tableau IV : calcul de la conduite gravitaire en DN 1200 .....	57
Tableau V : calcul de la conduite gravitaire en DN 1200 .....	58
<i>Tableau VI : calcul de la conduite gravitaire en DN 1000 .....</i>	59
Tableau VII : calcul de la conduite gravitaire en DN 1200 .....	60
Tableau VIII : Calcul du diamètre économique.....	61
Tableau IX :Calcul des H M T .....	62
Tableau X : Prix d'exploitation de pompage .....	62
Tableau XI : Calcul du prix de revient de la conduite .....	63
Tableau XII : composition du bilan des coûts .....	63
Tableau XIII : ouvrages en ligne .....	65
Tableau XIV : Caractéristiques du réservoir de transit.....	67
<i>Tableau XV : Caractéristiques de la station de pompage .....</i>	68
<i>Tableau XVI</i> récapitulatif du fonctionnement entre la vitesse fixe et la vitesse variable .....	74
Tableau I : <i>Les différentes valeurs de K en fonction du matériau .....</i>	88
Tableau I : Cout des adductions .....	94
Tableau II: Cout du réservoir .....	94
Tableau III :Cout de la station de pompage .....	95
Tableau IV :Cout supervision et télégestion .....	96
Tableau V : récapitulatif des investissements (Cout du projet) .....	96
Tableau VI Calcul des charges totales Annuelles pour Conduites.....	99
Tableau VII :Calcul des charges totales Annuelles pour réservoirs .....	99
Tableau VIII Calcul des charges totales Annuelles pour station de pompage : .....	100
<i>Tableau IX: Calcul des charges totales Annuelles pour équipements .....</i>	101
Tableau X : cout de l'énergie.....	101

# Liste Abréviation :

A : L'amortissement annuel (Annuité)

a : La célérité de l'onde (m/s)

ADE : Algérien Des Eaux

AEP : Alimentation en Eau Potable

B : La valeur du coup de bélier (m)

BC3 : Branchements Collectifs

C : Coefficient de perte de charge de la tuyère

C' : coefficient de perte de charge dans un diaphragme

CTN : côte terrain naturel (m)

$C_{TP}$  : Cote d'arrivée du trop-plein

$C_{SP}$  : Cote de départ de la station de pompage

D : diamètre de la conduite (m)

ENHPO : Entreprise Nationale Hydro Projet Ouest

e : épaisseur du tuyau

g : Accélération de la pesanteur ( $g=9,81\text{ m/s}^2$ ).

Hs : La valeur maximale de la pression-surpression ;

Hd : La valeur maximale de la pression-dépression ;

Ha : Hauteur d'aspiration en (m) ;

Hg : hauteur géométrique (m).

HMT : Hauteur Manométrique Totale

H0 : Pression absolue de la conduite (m) ;

J : perte de charge en mètre par mètre de conduite.

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

L : Longueur de la conduite en (m) ;

Ni: Nombre de consommateurs ;

N : Vitesse de rotation de la pompe (tr/min) ;

(NPSH) d : Charge nette minimale disponible à l'aspiration (m) ;

(NPSH) r : Charge nette minimale requise à l'aspiration (m);

NGA : Niveau Géométrique Altimétrique

ONM : office national de méthodologie

P : Population de l'horizon considéré ;

P0 : Population de l'horizon de référence ;

Pa : Puissance absorbée par la pompe en (KW) ;

PE: Polyéthylène

PEHD : Polyéthylène HauteDensité

PRFV : PolyesterRenforcé en Fibre de Verre

PVC : Polychlorure de Vinyle

Q : débit dans la conduite en (m<sup>3</sup>/s)

q : Dotation moyenne journalière des consommateurs en (l/j/cons) ;

Re : Nombre de Reynolds ;

S : Section de la conduite (m<sup>2</sup>) ;

SDEM : Station Dessalement de l'eau de Mer

V : Vitesse d'écoulement en (m/s) ;

Z : Pression dans le réservoir d'air (m);

Z0 : Pression absolue (m) ;

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

$\eta$  : Rendement de la pompe en % ;

$\lambda$ : Coefficient de pertes de charge ;

# **INTRODUCTION**

## **GENERAL**

## **INTRODUCTION GENERALE :**

L'alimentation en eau potable est un processus essentiel qui vise à fournir aux populations une eau salubre et de qualité, indispensable à la santé et au bien-être.

Ce mémoire présente un projet d'adduction d'eau potable réalisé pour la wilaya de Sidi Belabes, en Algérie, qui souffre d'un déficit hydrique depuis plusieurs années. Le projet vise à transférer 100 000 m<sup>3</sup>/j d'eau dessalée de la station de Honaine (wilaya de Tlemcen) vers 18 communes de Sidi Belabes sur une distance totale de 30 108 mètres.

Une étude technico-économique approfondie a été menée pour déterminer le tracé optimal pour l'adduction d'eau. Parmi plusieurs options, le tracé retenu se compose de deux tronçons gravitaires et d'un tronçon par pompage. Ce choix s'explique par sa viabilité économique et technique.

Le projet comprend la construction de deux réservoirs de 20 000 m<sup>3</sup> chacun, d'une station de pompage et d'une cheminée d'équilibre. Les conduites d'adduction ont été dimensionnées en tenant compte des débits et des pertes de charge attendus. Une étude spécifique a également été réalisée pour la protection contre les coups de bélier.

Une étude du coût du projet a été réalisée, estimant le prix du mètre d'eau à 10,66 DA/m<sup>3</sup>. Ce prix prend en compte toutes les charges d'investissement et d'exploitation.

Ce projet d'adduction d'eau potable permettra d'améliorer significativement l'accès à l'eau potable pour les populations des 18 communes concernées de la wilaya de Sidi Belabes. Le choix du tracé optimal, la conception des ouvrages d'adduction et l'étude du coût du projet ont été réalisés de manière rigoureuse et garantissent la viabilité et la durabilité de ce projet d'infrastructure crucial.

**Chapitre I :**

**Recherche**

**bibliographique sur**

**I' AEP**

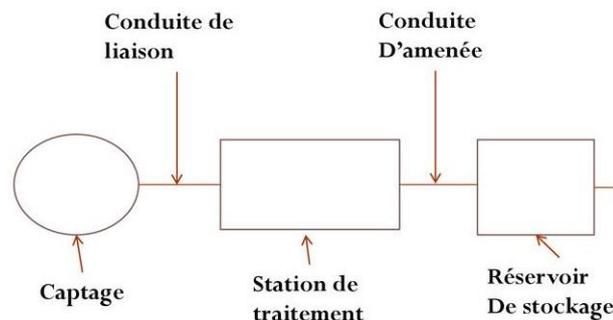
## **I. Adduction**

L'adduction d'eau est l'ensemble des techniques permettant de transporter l'eau depuis sa source jusqu'au lieu de consommation. Le terme d'adduction vient étymologiquement du latin « ad ducere », qui signifie « conduire vers ».

### **1.1. Définition**

L'adduction d'eau est composée de deux phases principales :

- L'approvisionnement, qui consiste à capter l'eau à sa source (rivière, lac, nappe phréatique, etc.) et à la prélever dans le respect de l'environnement.
- Le transport, qui consiste à acheminer l'eau jusqu'au lieu de consommation en utilisant un réseau de canalisations.



**Figure I : Adduction. [18]**

### **1.2. Principe de fonctionnement**

Le principe de fonctionnement de l'adduction d'eau est simple : l'eau est transportée par gravité ou par pompage.

Dans le cas de l'adduction gravitaire, l'eau est acheminée par un réseau de canalisations en pente. La force de gravité permet à l'eau de s'écouler d'elle-même. Ce type d'adduction est généralement utilisé pour les sources d'eau situées à une altitude supérieure au lieu de consommation.

Dans le cas de l'adduction par pompage, l'eau est acheminée par un réseau de canalisations sous pression. La pression est créée par des pompes qui sont alimentées en énergie électrique ou hydraulique. Ce type d'adduction est généralement utilisé pour les sources d'eau situées à une altitude inférieure au lieu de consommation.

### **1.3. Les différents types d'adduction**

Il existe différents types d'adduction en fonction de la nature de la source d'eau, de la longueur du trajet à parcourir et de la pression nécessaire.

- a. *Adduction de surface : l'eau est prélevée dans un cours d'eau, un lac ou une mer. Ce type d'adduction est généralement utilisé pour les grandes villes.*
- b. *Adduction souterraine : l'eau est prélevée dans une nappe phréatique. Ce type d'adduction est généralement utilisé pour les petites communes ou les zones rurales.*
- c. *Adduction mixte : l'eau est prélevée à la fois en surface et en souterrain. Ce type d'adduction est généralement utilisé pour les zones côtières.*

#### **1.4. Les différents matériaux utilisés**

Les canalisations utilisées pour l'adduction d'eau sont généralement en fonte, en acier, en PVC ou en béton. Le choix du matériau dépend de la pression, de la température et de la durée de vie souhaitée.

- d. *La fonte est un matériau résistant et durable. Elle est généralement utilisée pour les canalisations de grande taille.*
- e. *L'acier est un matériau résistant et flexible. Il est généralement utilisé pour les canalisations de petite taille.*
- f. *Le PVC est un matériau léger et facile à installer. Il est généralement utilisé pour les canalisations de distribution.*
- g. *Le béton est un matériau résistant et durable. Il est généralement utilisé pour les canalisations enterrées.*
- h. *Le PEHD*

#### **1.5. Les différents équipements**

Les canalisations d'adduction d'eau sont équipées de différents dispositifs pour assurer leur bon fonctionnement. Ces dispositifs comprennent notamment :

- **Les vannes**, qui permettent de contrôler le débit d'eau.
- **Les purgeurs**, qui permettent d'évacuer l'air des canalisations.
- **Les compteurs**, qui permettent de mesurer la consommation d'eau.
- **Les stations de pompage**, qui permettent de maintenir la pression dans les canalisations.

## **II. Distribution**

### **2.1. Définition**

La distribution d'eau est l'ensemble des techniques permettant de transporter l'eau potable depuis le point d'arrivée de l'adduction jusqu'aux points de consommation. Elle comprend notamment les canalisations, les équipements de stockage et de traitement, ainsi que les dispositifs de contrôle et de mesure.



Figure II : Distribution.

## 2.2.Principe de fonctionnement

La distribution d'eau potable est basée sur le principe de la gravité. L'eau est acheminée par un réseau de canalisations en pente, de sorte que la force de gravité permet à l'eau de s'écouler d'elle-même.

Dans certains cas, il est nécessaire de maintenir une pression constante dans le réseau de distribution. Cela est notamment nécessaire pour alimenter les points hauts ou pour assurer un débit suffisant en cas de forte consommation. Dans ce cas, des pompes sont utilisées pour maintenir la pression.

## 2.3.Les différents types de distribution

Il existe différents types de distribution en fonction de la nature de la source d'eau, de la longueur du trajet à parcourir et de la pression nécessaire.

- **Distribution gravitaire** : l'eau est acheminée par un réseau de canalisations en pente, de sorte que la force de gravité permet à l'eau de s'écouler d'elle-même. Ce type de distribution est généralement utilisé pour les sources d'eau situées à une altitude supérieure au lieu de consommation.
- **Distribution par pompage** : l'eau est acheminée par un réseau de canalisations sous pression. La pression est créée par des pompes qui sont alimentées en énergie électrique ou hydraulique. Ce type de distribution est généralement utilisé pour les sources d'eau situées à une altitude inférieure au lieu de consommation.
- **Distribution mixte** : l'eau est acheminée par un réseau de canalisations en pente et par pompage. Ce type de distribution est généralement utilisé pour les sources d'eau situées à une altitude proche du lieu de consommation.

## **2.4. Les différents matériaux utilisés**

Les canalisations utilisées pour la distribution d'eau potable sont généralement en fonte, en acier, en PVC ou en béton. Le choix du matériau dépend de la pression, de la température et de la durée de vie souhaitée.

- **La fonte**
- **L'acier**
- **Le PVC.**
- **Le béton.**
- **Le PEHD.**

## **2.5. Les différents équipements**

Les canalisations de distribution d'eau sont équipées de différents dispositifs pour assurer leur bon fonctionnement. Ces dispositifs comprennent notamment :

- **Les vannes**, qui permettent de contrôler le débit d'eau.
- **Les purgeurs**, qui permettent d'évacuer l'air des canalisations.
- **Les compteurs**, qui permettent de mesurer la consommation d'eau.
- **Les réservoirs de stockage**, qui permettent de stocker l'eau en cas de besoin. [1]

## **III. Pompages**

### **3.1. Définition**

Une pompe est un dispositif mécanique qui permet de transporter un fluide d'un point à un autre en lui imprimant une énergie. Les pompes sont utilisées dans de nombreux domaines, dont l'alimentation en eau potable.

### **3.2. Principe de fonctionnement**

Le principe de fonctionnement d'une pompe est simple : le fluide est aspiré par un orifice d'entrée, puis il est propulsé par un orifice de sortie. L'énergie nécessaire au fonctionnement de la pompe est fournie par une source d'énergie, telle que l'électricité, l'énergie hydraulique ou l'énergie thermique.

### **3.3. Les différents types de pompes**

Il existe de nombreux types de pompes, qui se différencient par leur principe de fonctionnement, leur structure et leur application.

- **Les pompes centrifuges** sont les plus couramment utilisées pour l'alimentation en eau potable. Elles fonctionnent en faisant tourner une roue à aubes, qui propulse le fluide vers l'extérieur.
- **Les pompes volumétriques** fonctionnent en augmentant le volume du fluide. Elles comprennent notamment les pompes à piston, les pompes à membrane et les pompes à vis.
- **Les pompes centrifuges à vis** combinent les avantages des pompes centrifuges et des pompes volumétriques. Elles sont généralement utilisées pour des applications à débit élevé et à pression constante.

### **3.4. Les différents matériaux utilisés**

Les pompes sont généralement fabriquées en acier, en fonte, en bronze ou en plastique. Le choix du matériau dépend de la nature du fluide à pomper, de la pression et de la température de fonctionnement.

### **3.5. Les différents équipements**

Les pompes sont souvent équipées de différents dispositifs pour assurer leur bon fonctionnement. Ces dispositifs comprennent notamment :

- **Les moteurs**, qui fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement de la pompe.
- **Les variateurs de vitesse**, qui permettent de contrôler la vitesse de rotation de la pompe.
- **Les régulateurs de pression**, qui permettent de maintenir la pression dans le circuit.[2]

## **IV. stockage**

### **4.1. Définition**

Le stockage d'eau est l'ensemble des techniques permettant de stocker l'eau potable, en attendant sa distribution. Il permet de garantir un approvisionnement continu en eau, même en cas de variation de la demande ou de la production.

### **4.2. Principe de fonctionnement**

Le stockage d'eau potable repose sur le principe de la conservation de l'eau dans un réservoir. Ce réservoir peut être enterré, aérien ou semi-enterré.

Les réservoirs d'eau potable sont généralement en béton armé ou en acier. Ils sont équipés de vannes de vidange, de trop-plein et de contrôle de pression.

### **4.3. Les différents types de stockage**

Il existe différents types de stockage d'eau potable, en fonction de la capacité du réservoir, de la durée de stockage souhaitée et de la nature de l'eau.

- **Stockage gravitaire** : l'eau est stockée dans un réservoir à une altitude supérieure au point de distribution. La force de gravité permet à l'eau de s'écouler d'elle-même.
- **Stockage sous pression** : l'eau est stockée dans un réservoir sous pression. La pression est créée par des pompes.
- **Stockage tampon** : l'eau est stockée dans un réservoir afin de réguler la demande.

### **4.4. Les différents matériaux utilisés**

Les réservoirs d'eau potable sont généralement en béton armé ou en acier. Le choix du matériau dépend de la capacité du réservoir, de la durée de stockage souhaitée et de la nature de l'eau.

- **Le béton**
- **L'acier**

### **4.5. Les différents équipements**

Les réservoirs d'eau potable sont équipés de différents dispositifs pour assurer leur bon fonctionnement. Ces dispositifs comprennent notamment :

- **Les vannes**, qui permettent de contrôler le débit d'eau.
- **Les purgeurs**, qui permettent d'évacuer l'air des réservoirs.
- **Les compteurs**, qui permettent de mesurer la quantité d'eau stockée. [3]

## **V. Station de traitement**

### **5.1. Définition**

Une station de traitement d'eau potable est un ensemble d'installations et de dispositifs qui permettent de rendre l'eau brute, prélevée dans une source naturelle, conforme aux normes de potabilité.

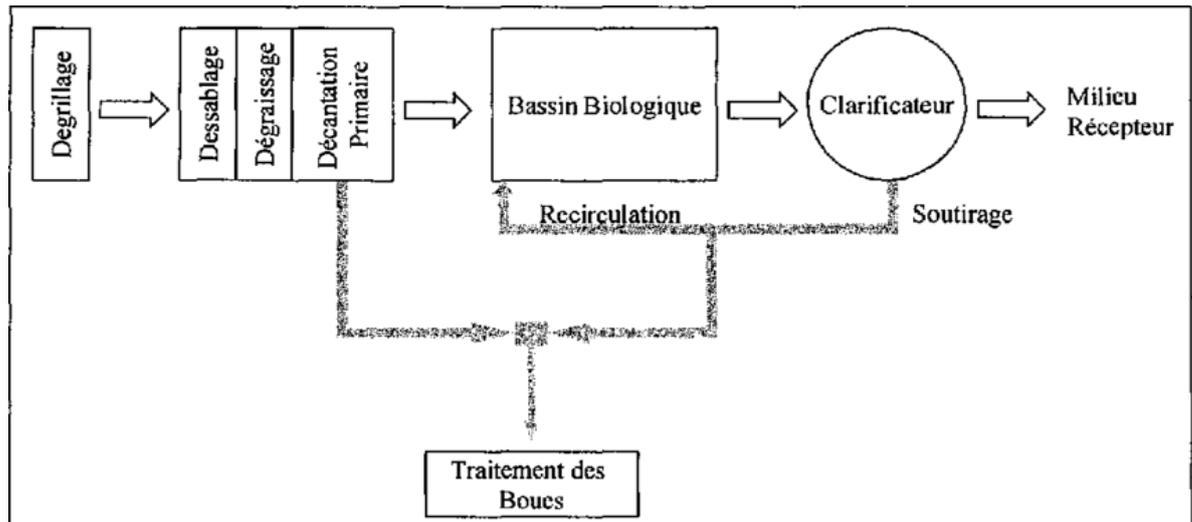


Figure III : Schémas d'une station de traitement .

## 5.2. Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'une station de traitement d'eau potable est basé sur l'élimination des différentes substances contaminants présentes dans l'eau brute. Ces substances peuvent être de nature physique, chimique ou biologique.

Les étapes de traitement de l'eau potable sont les suivantes :

- **Prétraitement** : cette étape consiste à éliminer les grosses particules en suspension, telles que les feuilles, les branches ou les insectes.
- **Coagulation-floculation** : cette étape consiste à agréger les particules en suspension en formant des flocons. Ces flocons sont ensuite éliminés par filtration.
- **Filtration** : cette étape consiste à retenir les particules en suspension, les matières organiques dissoutes et les micro-organismes.
- **Désinfection** : cette étape consiste à éliminer les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau.

## 5.3. Les différents types de traitement

Il existe différents types de traitement de l'eau potable, en fonction de la nature des contaminants présents dans l'eau brute.

- **Le traitement physico-chimique** est le type de traitement le plus courant. Il consiste à utiliser des agents chimiques pour éliminer les contaminants.
- **Le traitement biologique** consiste à utiliser des bactéries pour dégrader les matières organiques.

- **Le traitement par osmose inverse** consiste à utiliser une membrane semi-perméable pour éliminer les contaminants dissous dans l'eau.

#### **5.4. Les différents équipements utilisés**

Une station de traitement d'eau potable est équipée de différents équipements pour réaliser les différentes étapes de traitement.

- **Les dégrilleurs** sont utilisés pour retenir les grosses particules en suspension.
- **Les floculants** sont utilisés pour agréger les particules en suspension.
- **Les filtres** sont utilisés pour retenir les particules en suspension, les matières organiques dissoutes et les micro-organismes.
- **Les désinfectants** sont utilisés pour éliminer les micro-organismes pathogènes.

### **VI. station de dessalement**

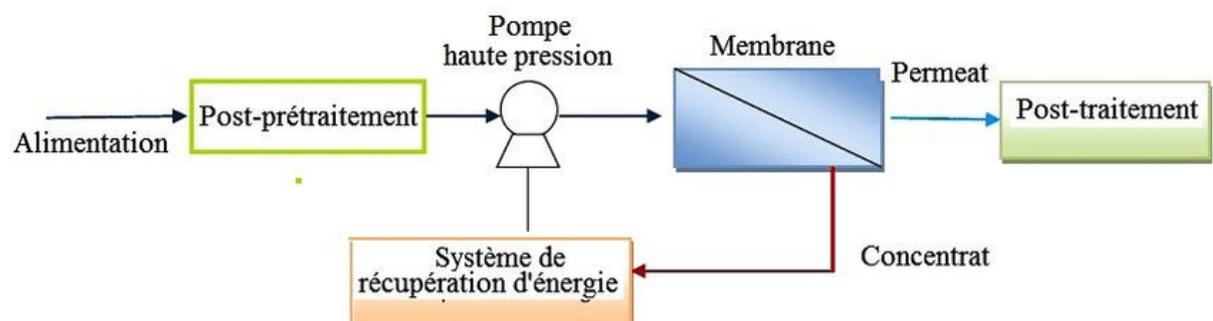
#### **6.1. Définition**

Une station de dessalement est une installation industrielle qui permet d'obtenir de l'eau potable à partir d'eau salée ou saumâtre. Le terme de dessalement vient du latin « desalinus », qui signifie « sans sel ».

#### **6.2. Principe de fonctionnement**

Il existe plusieurs technologies de dessalement, mais le principe de base est toujours le même : il s'agit de séparer l'eau des sels dissous. Les principales technologies de dessalement sont les suivantes :

- **L'osmose inverse** est la technologie la plus répandue. Elle consiste à appliquer une pression sur l'eau salée, ce qui permet à l'eau pure de traverser une membrane semi-perméable, laissant les sels derrière.



**Figure IV :Schéma de principe d'une unité de dessalement basé sur le principe d'osmose inverse.**

**L'évaporation** consiste à évaporer l'eau salée, puis à condenser la vapeur d'eau pour obtenir de l'eau pure.



Figure V : Station de dessalement par évaporation. [19]

**La distillation** est une variante de l'évaporation. Elle consiste à faire bouillir l'eau salée, puis à condenser la vapeur d'eau pour obtenir de l'eau pure.

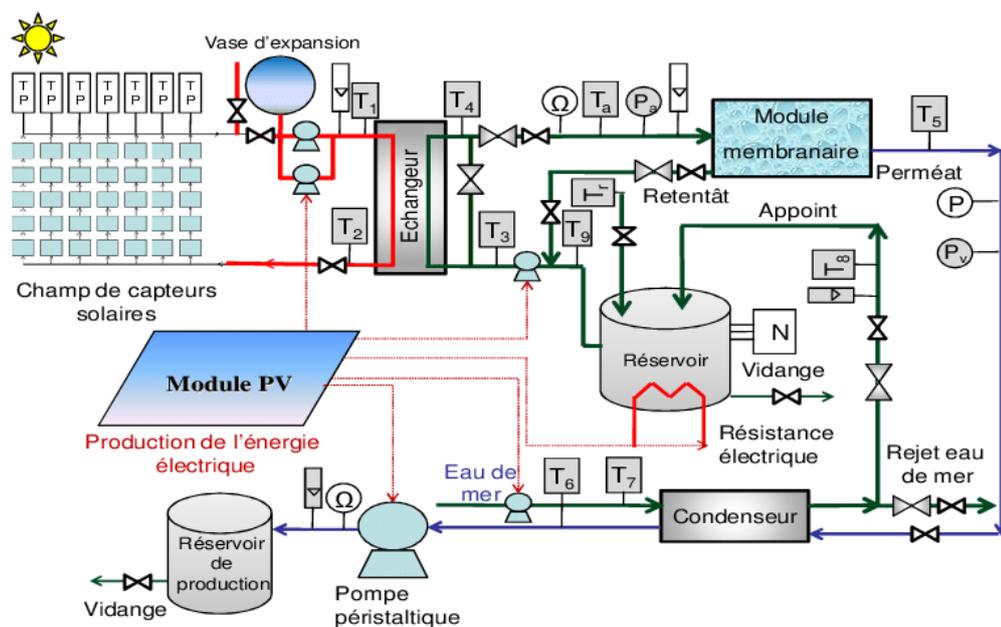


Figure VI : Station de dessalement par distillation. [20]

**L'électrodialyse** consiste à faire passer l'eau salée entre deux électrodes. Les sels sont attirés par les électrodes et sont éliminés de l'eau.

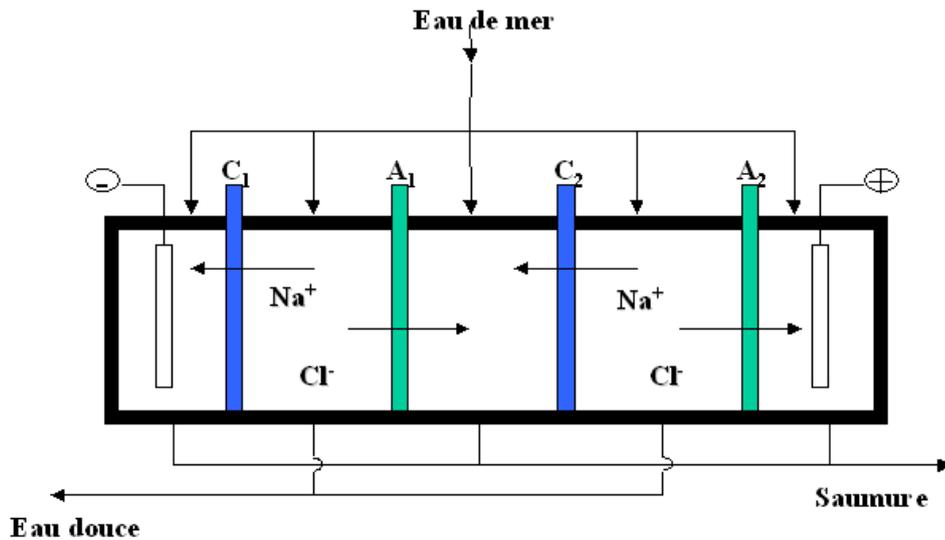


Figure VII : Station de dessalement par électrodialyse. [21]

### **6.3. Les différents types de stations de dessalement**

Il existe deux principaux types de stations de dessalement :

- Les stations de dessalement de surface sont utilisées pour dessaler l'eau de mer.
- Les stations de dessalement de nappes phréatiques sont utilisées pour dessaler l'eau saumâtre des nappes phréatiques.

### **6.4. Les avantages et les inconvénients des stations de dessalement**

**Les stations de dessalement présentent plusieurs avantages, notamment :**

- Elles permettent d'obtenir de l'eau potable dans des régions où les ressources en eau douce sont limitées.
- Elles peuvent être utilisées pour dessaler l'eau de mer, ce qui permet de réduire la pression sur les ressources en eau douce.

**Les stations de dessalement présentent également quelques inconvénients, notamment :**

- Elles sont coûteuses à construire et à exploiter.
- Elles nécessitent une source d'énergie importante.
- Elles produisent des saumures qui peuvent avoir un impact environnemental négatif.

## **VII. Protection contre l'anti-bélier**

Le réservoir anti-bélier (balan anti-bélier)

### **7.1. Définition**

Un réservoir anti-bélier est un dispositif qui permet de protéger les canalisations d'eau contre les coups de bélier. Il est constitué d'un réservoir d'eau situé en amont de la zone à protéger.

### **7.2. Principe de fonctionnement**

Lorsque le débit d'eau est coupé brusquement, le réservoir anti-bélier se remplit d'eau. Cette eau amortit le choc de pression et empêche la formation d'un coup de bélier.[5]

## **VIII. Le volant d'inertie**

### **8.1. Définition**

Un volant d'inertie est un dispositif qui permet de réguler la vitesse de rotation d'une machine. Il est constitué d'un disque lourd, généralement en fonte ou en acier.

### **8.2. Principe de fonctionnement**

Lorsque la vitesse de rotation d'une machine augmente, le volant d'inertie emmagasine de l'énergie cinétique. Lorsque la vitesse de rotation diminue, le volant d'inertie restitue cette énergie cinétique.

### **8.3. Application à la protection contre les coups de bélier**

Un volant d'inertie peut être utilisé pour protéger les canalisations d'eau contre les coups de bélier. Il permet de réduire les variations de pression dans les canalisations en amortissant les chocs. [5]

## **IX. Les cheminées d'équilibre**

### **9.1. Définition**

Une cheminée d'équilibre est un dispositif qui permet de réguler la pression dans un circuit hydraulique. Elle est constituée d'une colonne d'eau verticale, généralement en acier.

### **9.2. Principe de fonctionnement**

Lorsque la pression dans le circuit augmente, l'eau s'élève dans la cheminée d'équilibre. Lorsque la pression diminue, l'eau redescend dans la cheminée d'équilibre.

### **9.3. Application à la protection contre les coups de bélier**

Une cheminée d'équilibre peut être utilisée pour protéger les canalisations d'eau contre les coups de bélier. Elle permet de réduire les variations de pression dans les canalisations en amortissant les chocs.[5]

## **9.4.-Brise charge**

### **2.4.1. Définition**

Un brise-charge est un dispositif qui permet de réduire la pression de l'eau dans une conduite. Il est généralement utilisé dans les réseaux d'alimentation en eau potable pour protéger les canalisations et les équipements des coups de bélier.

### **2.4.2. Principe de fonctionnement**

Le brise-charge fonctionne en créant une perte de charge dans la conduite. Cette perte de charge peut être due à une vanne pointeau, à un orifice ou à un rétrécissement de la conduite.

Lorsque l'eau arrive sur la vanne pointeau, elle est ralentie et sa pression diminue. Cette perte de pression permet d'amortir les chocs causés par les coups de bélier.

### **2.4.3. Les différents types de brise-charge**

Il existe différents types de brise-charge, en fonction de la manière dont ils créent la perte de charge.

- **Brise-charge à vannepointeau** : c'est le type de brise-charge le plus courant. Il est constitué d'une vanne pointeau qui est réglée de manière à créer une perte de charge suffisante.
- **Brise-charge à orifice** : ce type de brise-charge est constitué d'un orifice qui est percé dans la conduite. La perte de charge est due à la vitesse de l'eau qui passe par l'orifice.
- **Brise-charge à rétrécissement** : ce type de brise-charge est constitué d'un rétrécissement de la conduite. La perte de charge est due à la réduction de la section de la conduite.

### **2.4.4. Les avantages et les inconvénients**

Les brise-charge présentent de nombreux avantages, notamment :

- Ils protègent les canalisations et les équipements des coups de bélier.
- Ils permettent de réduire la pression de l'eau dans la conduite.
- Ils peuvent être utilisés pour réguler le débit de l'eau.
- Les brise-charge présentent également quelques inconvénients, notamment :
  - Ils peuvent réduire le débit d'eau dans la conduite.
  - Ils peuvent être obstrués par des débris.

## 9.5. Débitmètre électromagnétique

### 2.5.1. Définition

Un débitmètre électromagnétique est un appareil de mesure qui permet de mesurer le débit d'un fluide conducteur. Il fonctionne selon le principe de l'induction électromagnétique, qui stipule qu'un champ magnétique induit une tension électrique dans un conducteur traversant ce champ.

### 2.5.2. Principe de fonctionnement

Un débitmètre électromagnétique est composé de deux éléments principaux :

- Une bobine qui génère un champ magnétique.
- Un capteur qui mesure la tension induite par le fluide.

Le fluide à mesurer est acheminé à travers un tube, dans lequel est placé le capteur. Le champ magnétique généré par la bobine traverse le fluide, ce qui induit une tension électrique dans le capteur. L'intensité de cette tension est proportionnelle au débit du fluide.

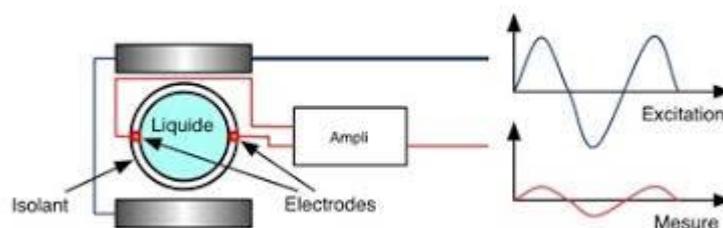


Figure VIII : Schéma de principe d'un débitmètre électromagnétique. [21]

### • Avantages

Les débitmètres électromagnétiques présentent de nombreux avantages, notamment :

- **Précision** : ils sont capables de mesurer le débit avec une grande précision.
- **Robustesse** : ils sont robustes et durables.
- **Polyvalence** : ils peuvent être utilisés pour mesurer le débit de divers fluides conducteurs.

### • Inconvénients

Les débitmètres électromagnétiques présentent quelques inconvénients, notamment :

- **Coût** : ils sont généralement plus coûteux que d'autres types de débitmètres.
- **Conductivité** : ils nécessitent que le fluide soit conducteur, ce qui limite leur utilisation à certains types de fluides.

### • Applications

Les débitmètres électromagnétiques sont utilisés dans de nombreuses applications, notamment :

- **L'industrie** : pour mesurer le débit de fluides dans les pipelines, les usines et les centrales électriques.
- **L'environnement** : pour mesurer le débit de rivières, de lacs et d'eaux usées.
- **La recherche** : pour mesurer le débit de fluides dans les laboratoires. [6]

## X. Ventouse

### 10.1. Définition :

Une ventouse est un appareil hydromécanique installé sur les conduites d'eau potable pour garantir un écoulement optimal et prévenir divers dysfonctionnements. Son rôle principal est d'évacuer l'air emprisonné dans les canalisations et d'assurer l'admission d'air lors de la vidange du réseau.

### 10.2. Principe de fonctionnement :

Le fonctionnement d'une ventouse repose sur un flotteur interne qui réagit aux variations de pression et de niveau d'eau dans la conduite.

**Évacuation de l'air** : Lorsque l'air s'accumule dans la conduite, le flotteur descend et ouvre un orifice d'échappement, permettant l'évacuation des gaz et le rétablissement d'un écoulement fluide.

**Admission d'air** : Lors de la vidange du réseau, le flotteur descend et ouvre un orifice d'admission d'air, ce qui permet d'éviter la création d'une dépression susceptible d'endommager les canalisations.

#### **Types de ventouses :**

Il existe différents types de ventouses, chacune répondant à des besoins spécifiques :

**Ventouses simples (purgeurs)** : Conçues uniquement pour l'évacuation de l'air, elles sont généralement installées en points hauts du réseau.



**Figure IX : Ventouses simples. [22]**

**Ventouses doubles fonctions :** Assurent l'évacuation de l'air et l'admission d'air, et sont souvent installées en points bas du réseau.



**Figure X : Ventouse double fonction. [22]**

**Ventouses triples fonctions :** En plus des fonctions des ventouses doubles, elles disposent d'un système de sécurité pour prévenir les coups de bélier.



Figure XI : Ventouses triple fonction. [22]

### **10.3. Avantages des ventouses :**

**Amélioration du flux d'eau :** L'évacuation de l'air permet d'éviter les perturbations de l'écoulement et les bruits gênants dans les canalisations.

**Protection du réseau :** Les ventouses préviennent les coups de bélier, les surpressions et les dépressions qui peuvent endommager les canalisations.

**Réduction des coûts d'exploitation :** En limitant les incidents et les interventions de maintenance, les ventouses contribuent à la pérennité du réseau et à la réduction des coûts. [7]

## **XI. Vidange**

### **11.1. Définition**

La vidange est une opération qui consiste à évacuer l'eau d'un réseau d'adduction ou de distribution d'eau. Elle est généralement effectuée pour des raisons de maintenance ou de réparation, ou pour purger le réseau d'air ou de contaminants.

### **11.2. Principe de fonctionnement**

La vidange d'un réseau d'adduction ou de distribution d'eau s'effectue généralement en ouvrant une vanne de vidange située à l'extrémité du réseau. L'eau s'écoule alors par gravité ou par pompage, jusqu'à ce que le réseau soit complètement vide.

### **11.3. Les différents types de vidange**

Il existe différents types de vidange en fonction du type de réseau et de la raison de la vidange.

- **Vidange complète** : l'ensemble du réseau est vidé. Cette opération est généralement effectuée pour des raisons de maintenance ou de réparation.
- **Vidange partielle** : une partie du réseau est vidé. Cette opération est généralement effectuée pour purger le réseau d'air ou de contaminants.
- **Vidange de secours** : le réseau est vidé en cas d'urgence, par exemple en cas de rupture de canalisation.

#### **11.4. Les différents équipements utilisés**

Les vidanges de réseaux d'adduction ou de distribution d'eau sont généralement effectuées à l'aide de vannes de vidange. Ces vannes sont généralement situées à l'extrémité du réseau, dans un regard de vidange.

#### **11.5. Les différentes normes et réglementations**

La vidange des réseaux d'adduction ou de distribution d'eau est régie par des normes et des réglementations spécifiques. Ces normes et réglementations définissent les conditions dans lesquelles la vidange doit être effectuée, notamment les équipements à utiliser et les procédures à respecter. [8]

### **XII. clapet anti-retour**

#### **12.1. Définition**

Un clapet anti-retour est un dispositif qui empêche le retour d'un fluide dans la direction opposée à son sens d'écoulement. Il est utilisé dans de nombreuses applications, notamment dans l'alimentation en eau potable (AEP), l'industrie, le bâtiment et les transports.

#### **12.2. Principe de fonctionnement**

Le principe de fonctionnement d'un clapet anti-retour est simple : il repose sur l'utilisation d'un obstacle qui bloque le passage du fluide en sens inverse. Cet obstacle peut être un battant, une plaque, un disque ou un autre dispositif.

Les clapets anti-retour sont classés en plusieurs types en fonction de leur principe de fonctionnement :

- **Clapets anti-retour à battant** : le battant est un élément mobile qui se déplace pour bloquer le passage du fluide.
- **Clapets anti-retour à plaque** : la plaque est un élément rigide qui se déplace pour bloquer le passage du fluide.
- **Clapets anti-retour à disque** : le disque est un élément rigide qui se déplace pour bloquer le passage du fluide.

- **Clapets anti-retour à ressort** : le ressort est un élément qui maintient le battant ou la plaque en position fermée.

### **12.3.Applications dans l'AEP**

Les clapets anti-retour sont utilisés dans l'AEP pour protéger le réseau de distribution contre le retour d'eaux usées ou d'eaux de surface. Ils sont également utilisés pour empêcher le retour d'eau dans les installations de pompage ou de traitement de l'eau.

### **12.4.Exemples d'applications**

- Clapets anti-retour installés sur les branchements d'eau potable pour empêcher le retour d'eaux usées dans le réseau public.
- Clapets anti-retour installés sur les installations de pompage pour empêcher le retour d'eau dans la pompe.
- Clapets anti-retour installés sur les installations de traitement de l'eau pour empêcher le retour d'eau dans les équipements de traitement. [9]

## **XIII.Régulateur de pression**

### **13.1.Définition**

Un régulateur de pression est un dispositif qui permet de maintenir une pression constante dans un système hydraulique. Il est utilisé dans de nombreux domaines, notamment l'alimentation en eau potable, l'industrie, l'agriculture et le chauffage.

### **13.2.Principe de fonctionnement**

Le principe de fonctionnement d'un régulateur de pression est simple. Il comporte deux éléments principaux :

- Un capteur de pression, qui mesure la pression dans le système.
- Un dispositif de régulation, qui ajuste le débit d'eau pour maintenir la pression constante.

Le capteur de pression est généralement un manomètre. Il mesure la pression dans le système et la transmet au dispositif de régulation.

Le dispositif de régulation est généralement une vanne. Elle ajuste le débit d'eau pour maintenir la pression constante.

### **13.3.Les différents types de régulateurs de pression**

Il existe différents types de régulateurs de pression en fonction de la nature du système dans lequel ils sont utilisés.

- Les régulateurs de pression différentiels sont utilisés pour maintenir une différence de pression constante entre deux points d'un système.
- Les régulateurs de pression proportionnels sont utilisés pour maintenir une pression proportionnelle à un autre paramètre, tel que le débit d'eau.
- Les régulateurs de pression électroniques sont utilisés pour maintenir une pression constante en utilisant des composants électroniques.

### **13.4. Les différents matériaux utilisés**

Les régulateurs de pression sont généralement fabriqués en acier, en fonte ou en laiton. Le choix du matériau dépend de la pression et de la température du système dans lequel il est utilisé.

### **13.5. Les différents équipements**

Les régulateurs de pression peuvent être équipés de différents dispositifs pour assurer leur bon fonctionnement. Ces dispositifs comprennent notamment :

- Un orifice de réglage, qui permet d'ajuster la pression de sortie.
- Un manomètre, qui permet de mesurer la pression de sortie.
- Un filtre, qui permet de protéger le régulateur de pression des impuretés. [10]

## **XIV. Régulateur de débit**

### **14.1. Définition**

Un régulateur de débit est un dispositif qui permet de contrôler le débit d'un fluide, généralement de l'eau. Il est utilisé dans de nombreux domaines, notamment l'alimentation en eau potable, l'industrie et l'agriculture.

### **14.2. Principe de fonctionnement**

Le principe de fonctionnement d'un régulateur de débit est simple : il utilise une obstruction pour limiter le passage du fluide. Cette obstruction peut être fixe ou variable, ce qui permet de contrôler le débit de manière précise.

Les régulateurs de débit sont généralement classés en fonction de leur principe de fonctionnement :

- **Les régulateurs de débit à obstruction fixe** utilisent une obstruction fixe, comme un orifice ou une vanne. Le débit est déterminé par la taille de l'obstruction.

Une obstruction **fixe** (géométrie invariable au cours de la ventilation) entraîne une diminution des débits **expiratoires et inspiratoires**

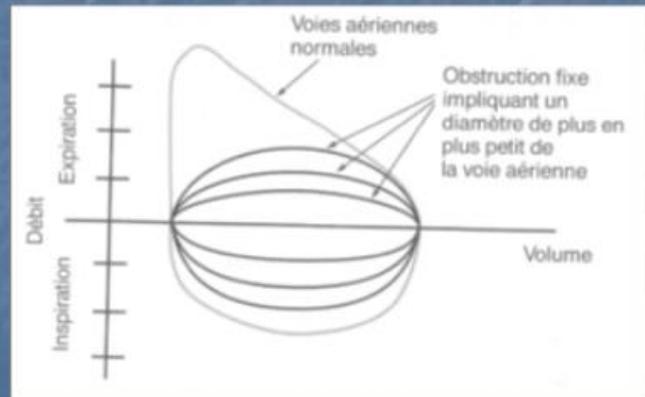


Figure XII : Régulateur de débit à obstruction. [23]

- **Les régulateurs de débit à obstruction variable** utilisent une obstruction variable, comme une vanne à papillon ou une membrane. Le débit est contrôlé en modifiant la taille de l'obstruction.

### **14.3. Les différents types de régulateurs de débit**

Il existe de nombreux types de régulateurs de débit, chacun avec ses propres avantages et inconvénients. Les principaux types de régulateurs de débit utilisés dans l'alimentation en eau potable sont :

- **Les régulateurs de débit à bille** sont les plus courants. Ils sont simples et peu coûteux, mais ils ne sont pas très précis.



Figure XIII : Régulateur de débit à bille.

Les régulateurs de débit à membrane sont plus précis que les régulateurs de débit à bille. Ils sont également plus chers et plus complexes à installer.



Figure XIV : Régulateur de débit à membrane .

Les régulateurs de débit à électrovanne sont contrôlés par un signal électrique. Ils permettent de contrôler le débit de manière très précise et sont souvent utilisés dans les installations automatiques.

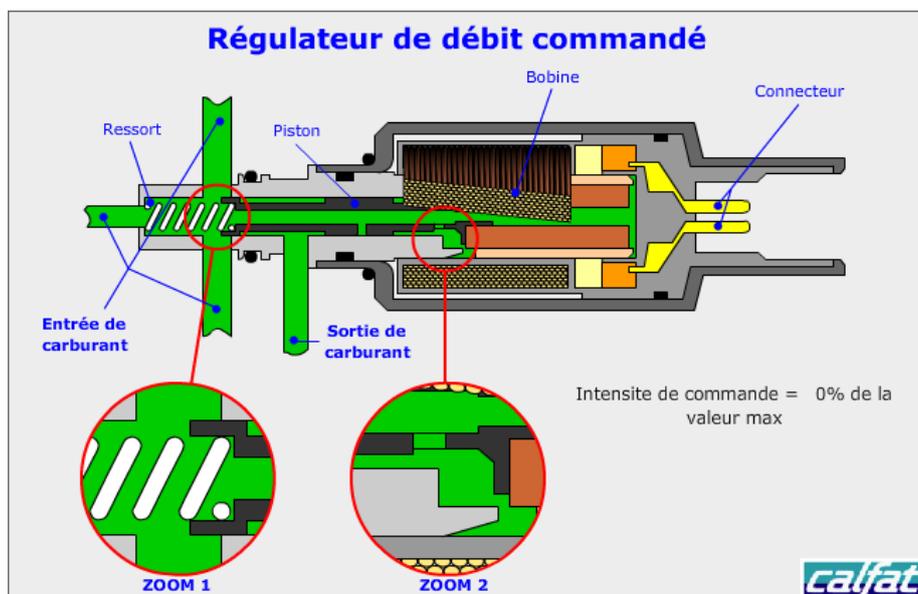


Figure XV : Régulateur de débit à électrovanne. [23]

#### **14.4. Les applications des régulateurs de débit dans l'AEP :**

Les régulateurs de débit sont utilisés dans l'AEP pour contrôler le débit d'eau dans les réseaux de distribution. Ils sont utilisés pour :

- Maintenir une pression constante dans le réseau
- Limiter la consommation d'eau
- Protéger les canalisations

Les régulateurs de débit sont également utilisés dans les installations de traitement de l'eau pour contrôler le débit des fluides dans les différents équipements.

## **XV. Les conduites en PEHD :**

### **15.1. Définition :**

Le PEHD, ou polyéthylène haute densité, est un matériau thermoplastique largement utilisé pour la fabrication de conduites d'eau potable. Il se distingue par sa résistance, sa flexibilité et sa durabilité, ce qui en fait un choix pertinent pour les réseaux d'AEP.

### **15.2. Principe de fonctionnement :**

Les conduites en PEHD acheminent l'eau potable depuis les sources de production jusqu'aux robinets des consommateurs. Elles sont installées sous terre et constituent un réseau complexe de canalisations de différents diamètres.

### **15.3. Avantages des conduites en PEHD:**

- **Résistance:** Le PEHD est un matériau robuste capable de résister aux pressions élevées et aux chocs.
- **Flexibilité:** Le PEHD est un matériau flexible qui facilite l'installation et l'adaptation aux terrains difficiles.
- **Durabilité:** Le PEHD est un matériau durable avec une durée de vie estimée à plus de 50 ans.
- **Étanchéité:** Le PEHD est un matériau imperméable qui garantit l'absence de fuites et de contamination de l'eau.
- **Résistance à la corrosion:** Le PEHD est un matériau résistant à la corrosion, ce qui en fait un choix idéal pour les sols agressifs.
- **Facilité d'installation:** Le PEHD est un matériau léger et facile à manipuler, ce qui réduit les coûts d'installation.
- **Impact environnemental réduit:** Le PEHD est un matériau recyclable et sa production nécessite moins d'énergie que d'autres matériaux traditionnels.

### **15.4. Types de conduites en PEHD:**

**Conduites PEHD pression:** Utilisées pour le transport d'eau potable sous pression dans les réseaux d'adduction et de distribution.

**Conduites PEHD non pression:** Utilisées pour l'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales.

### **15.5. Mise en œuvre des conduites en PEHD:**

**Choix du diamètre:** Le diamètre de la conduite est déterminé en fonction du débit d'eau requis et de la pression du réseau.

**Raccordement des tuyaux:** Les tuyaux en PEHD peuvent être raccordés par différents moyens, tels que le soudage par électrofusion, le soudage bout à bout ou l'utilisation de raccords mécaniques.

**Installation:** Les conduites en PEHD sont généralement installées sous terre, dans des tranchées.

### **15.6. Normes et réglementations:**

Les conduites en PEHD pour l'AEP doivent respecter les normes et réglementations en vigueur dans le pays d'installation. En France, la norme NF DTU 60.1 "Réseaux enterrés en polyéthylène (PE) pour l'adduction d'eau potable" définit les prescriptions techniques applicables à la mise en œuvre de ces conduites.

**Chapitre II :**  
**Présentation de la**  
**zone d'étude**

## **I. Introduction :**

Le but de ce chapitre est de donner un aperçu sur la situation de la zone d'étude et en particulier la démographie touchée par le projet, un point de situation sur sa géographie, latopographie son climat et un passage sur sa géologie.

## **II. Situation géographique.**

*La zone d'étude est située à l'extrême Ouest du Pays, dans la wilaya de Tlemcen. Elle s'étale sur deux wilayate, Tlemcen et Sidi Bel Abbes. Elle est limitrophe :*

Au nord : Wilaya d'Oran et Ain Temouchent

A l'est : Wilaya de Mascara et Saida

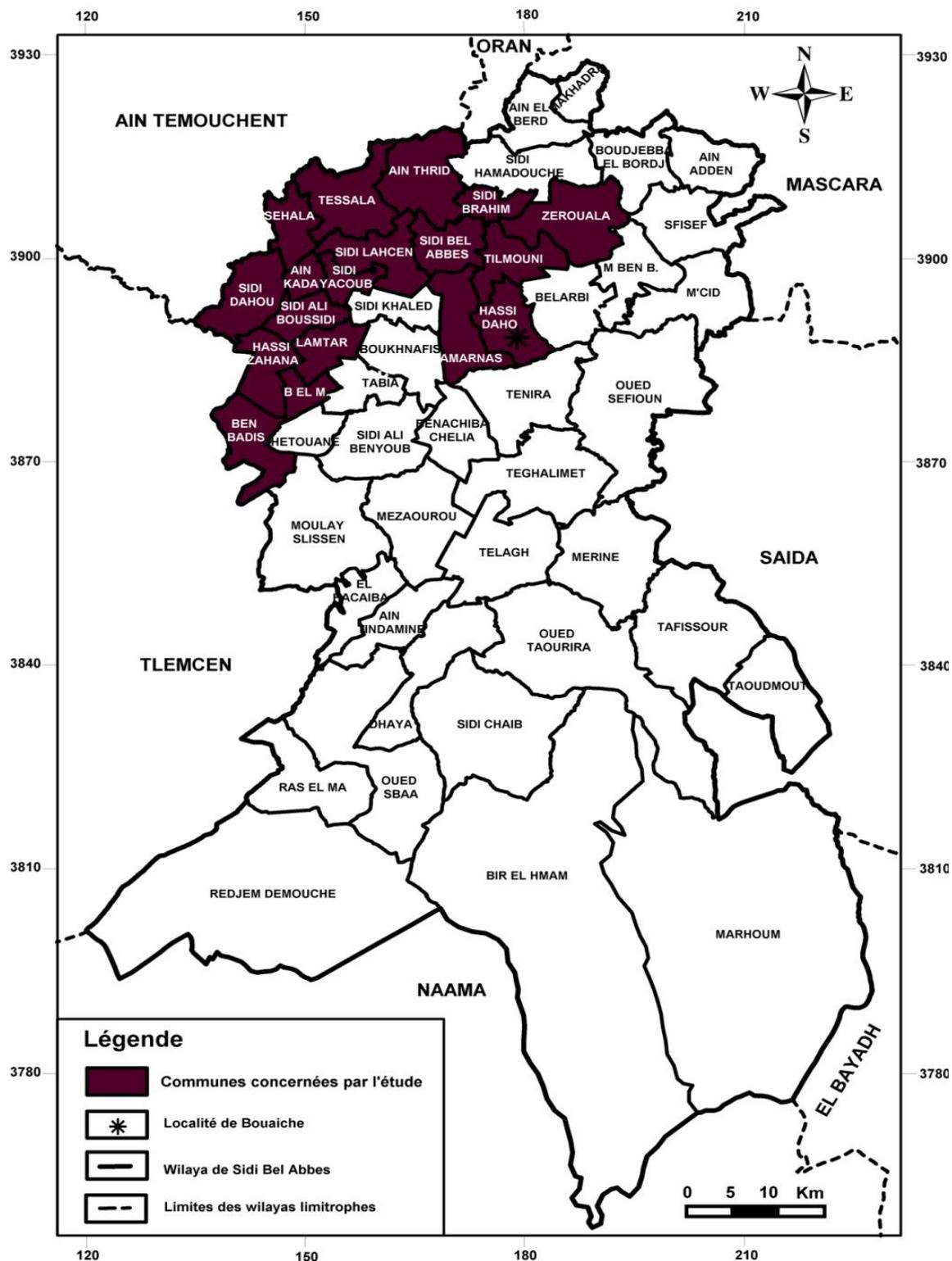
A l'ouest : Tlemcen .

Au Sud : Wilaya de Naâma et Saida.

La wilaya de Sidi Bel Abbes qui est seule concernée par le transfert, s'étend sur 9 150.63 km<sup>2</sup> avec une population à fin 2008 de 604 744 habitants.

La zone d'étude se trouve dans la vallée de l'oued Tafna et surtout de son affluent principal l'oued Isser à morphologie assez accusée avec des reliefs peu élevés au Nord et au Sud de l'Isser. Les altitudes de la zone varient de 100 à 1000 m d'altitude environ.

La ressource en eau est constituée des excédents des débits du transfert du dessalement des eaux de mer de Honaine (Tlemcen) et ceux du transfert à partir du barrage de Béni Bahdel vers le BC3.[11]



### III. Géologie :

La région d'étude est située dans les monts du Tessala qui fait partie du domaine externe de l'orogénèse nord Maghrébine. Au cours du miocène moyen, des unités essentiellement marneuses et d'origine septentrionales se sont superposées dans un bassin marin subsident à sédimentation continue.

Après une période d'érosion, la région a été recouverte par les dépôts du miocène supérieur (Tortonien supérieur et Massinien) dont il subsiste des niveaux de base.

Par la suite la région est demeurée une zone haute sans caractère faiblement mamelonnée et déprimée dans sa partie centrale où se trouve la ville de Sidi Bel Abbès.

Elle est encadrée par la chaîne du Tessala segment occidentale de l'Atlas Tellien au nord et de la dépression sud Tellienne au sud.

### IV. Le Climat :

#### 1. Caractéristiques climatiques

L'aspect climatique est un facteur important à considérer pour un projet de station d'épuration, car il intervient dans le fonctionnement du procédé d'épuration d'une part et d'autre part sur le choix du site.

Le climat de la Commune du projet est très chaud en été. La douce fraîcheur des nuits repose les habitants des ardeurs du jour ensoleillé. En hiver, la neige tombe parfois en abondance. Une saison sèche et chaude coïncidant avec la saison estivale, et une saison froide et pluvieuse.

L'analyse climatique de la commune d'étude a été effectuée à partir des données de la station de Sidi Bel Abbès.[11]

Tableau I : Caractéristiques de la station de référence (Sidi Bel Abbés) .

<b>Indicatif</b>	<b>520</b>
<b>Latitude</b>	35°12 N
<b>Longitude</b>	00°37 W
<b>Altitude</b>	475 m

Les principaux paramètres météorologiques se présentent comme suit :

#### ➤ Les précipitations :

Tableau II: Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations.[12]

Période : 2001-2010

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
P(mm)	51,2	39,4	31,7	31,8	23,2	4,6	2,2	8,5	17,2	128,3	56,8	49,4	358,3

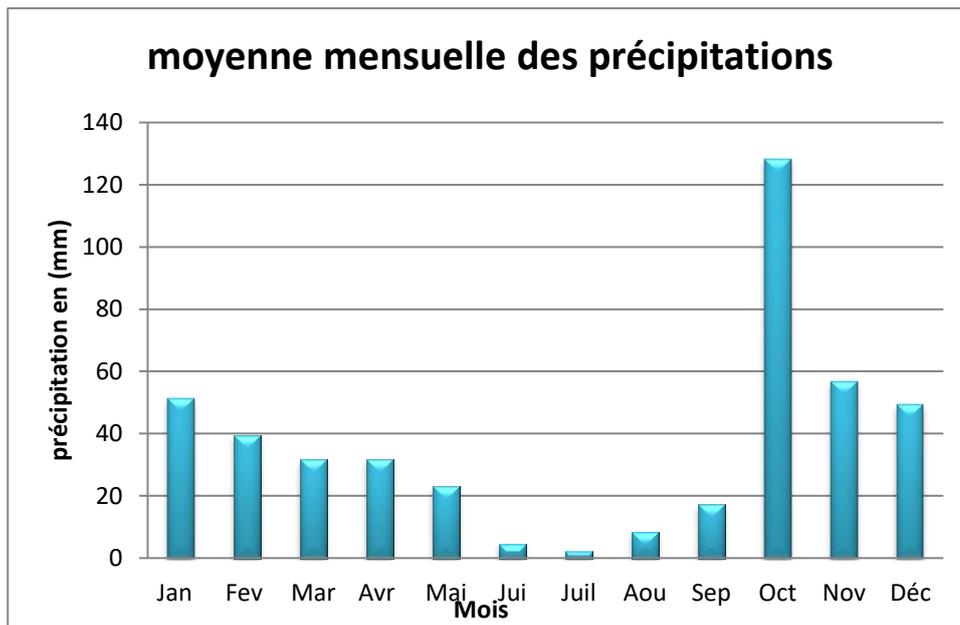


Figure XVI : Moyennes mensuales et annuelles des précipitations

D'après le tableau, on remarque que la valeur maximale des précipitations est enregistrée au mois d'Octobre (128.3 mm), tandis que le minimum est atteint au mois de Juillet (2,2 mm)

➤ **Les températures :**

Tableau III: Moyennes mensuelles et annuelles des températures . [12]

Période : 2001-2010

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
T (°C)	8,54	9,95	12,62	14,49	18,47	24,43	27,55	26,82	22,59	18,83	13,07	9,34	93,06

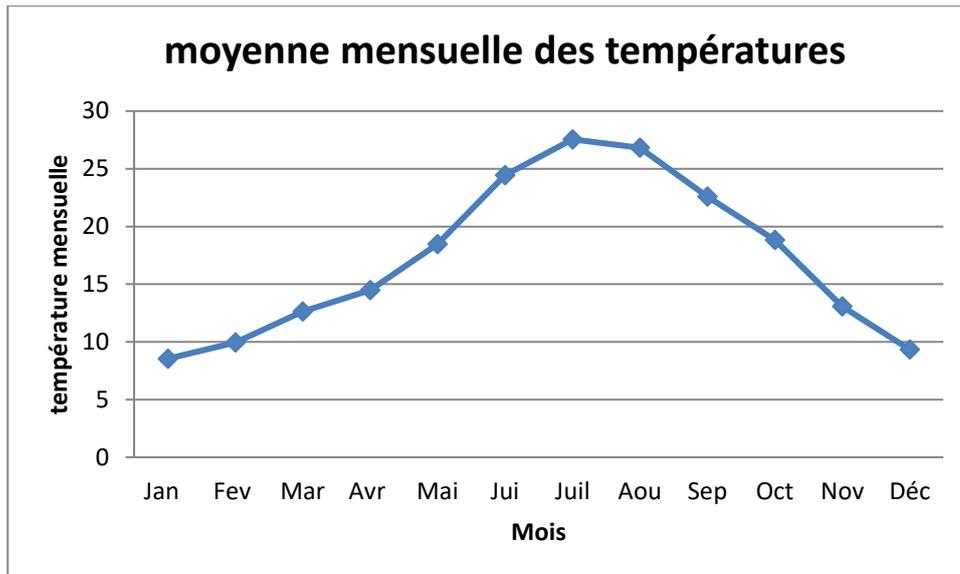


Figure XVII : Moyennes mensuelles et annuelles des températures.

On remarque que la température diminue pendant les trois mois d’hiver et atteint un minimum de 8,54°C en Janvier, elle augmente pendant les mois d’été (Juin, Juillet, Août, Septembre) et atteint le maximum de 27,55°C en Juillet.

➤ **L’ensoleillement :**

Tableau IV : Moyennes mensuelles et annuelles des ensoleillements.[12]

Période : 2001-2010

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Ens(H)	197,9	194,7	237,4	257	299,8	334,2	344,5	330,1	265,9	240,3	197,3	182,1	2798,22

Source : ONM

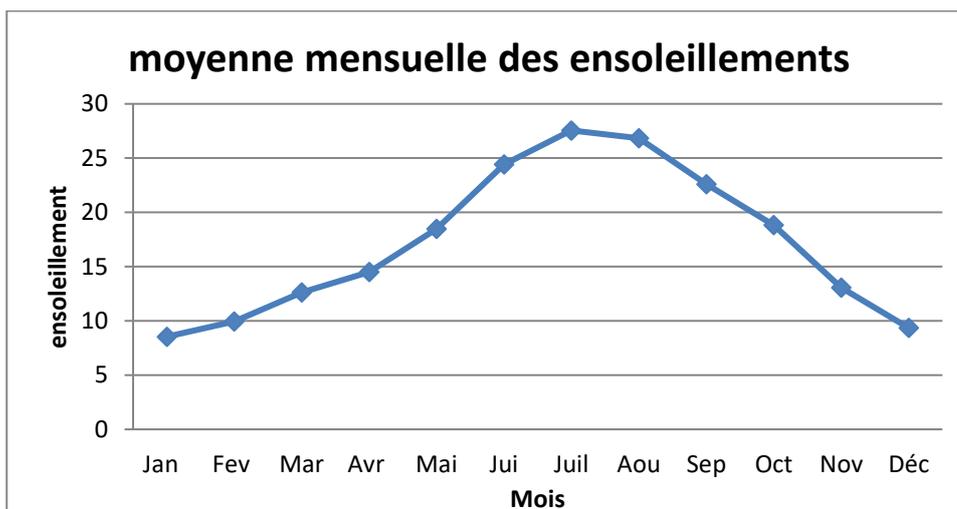


Figure XVIII : Moyennes mensuelles et annuelles des ensoleillements.

La radiation solaire est très importante sur la zone d’étude.

L'insolation atteint de la wilaya de Sidi Bel Abbés est 2798,22 heures par. La durée d'insolation moyenne est de 8 heures par jour.

**Les valeurs les plus importantes sont enregistrées en période allant du mois de Mai au mois d'Août, la valeur la plus élevée est celle du mois de juillet (11 h/j).**

➤ **Les Vents :**

**La vitesse des vents**

La force du vent est estimée d'après une échelle dite <<Echelle télégraphique>> qui est comme suit :

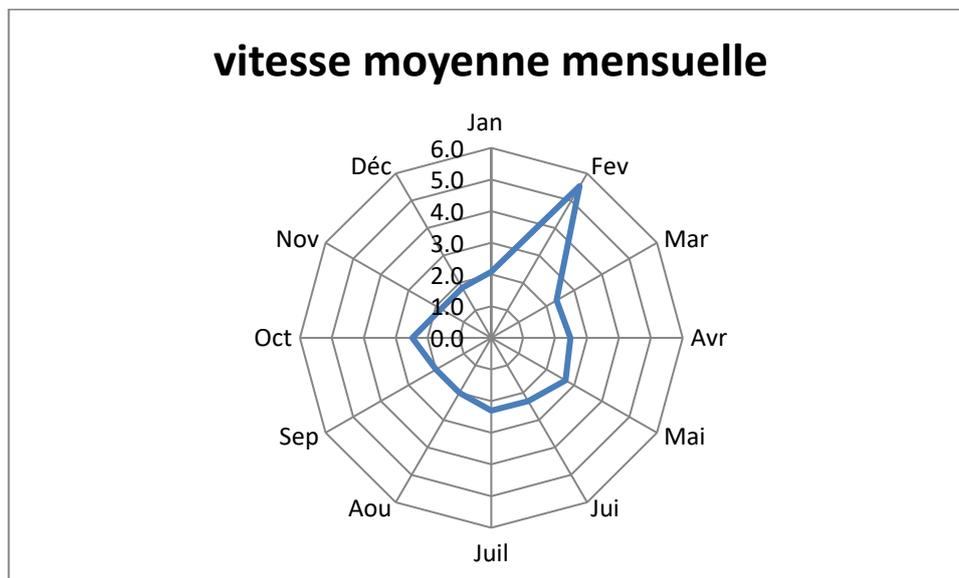
**Tableau V : Echelle télégraphique.**

<b>0</b>	<b>1-2</b>	<b>3-4</b>	<b>5-6</b>	<b>7-8</b>	<b>9</b>
<b>Calme</b>	<b>Vent faible</b>	<b>Vent modéré</b>	<b>Vent assez fort</b>	<b>Vent fort</b>	<b>Vent violent, ouragon</b>

Les moyennes mensuelles et annuelles pour la période 2001/2010 des vitesses du vent exprimées en (m/s), sont rassemblées dans le tableau ci -dessous :

**Tableau VI: Moyennes mensuelles et annuelles des vitesses de vent Période : 2001-2010 .[12]**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
V (m/s)	2,1	5,5	2,4	2,5	2,7	2,3	2,3	2,0	2,0	2,5	1,8	1,8	29,9



**Figure XIX : Moyennes mensuelles et annuelles des vitesses de vent**

D'après l'échelle télégraphique, la zone d'étude est traversée généralement par des vents modérés à assez forts pendant toute l'année.

La vitesse moyenne annuelle du vent est de l'ordre de 2,49 m/s, la vitesse moyenne maximale est enregistrée au mois de février avec une valeur de 5,5 m/s- et le minimal est de 1,8 m/s enregistrée au mois de Novembre et Décembre.

➤ **L'humidité :**

L'humidité de la zone d'étude est supérieure à 70% sur les 6 mois de l'année et ceux à partir du mois d'Octobre.

**Tableau VII :Moyennes mensuelles du taux d'humidité relative, période 1985-2005.[12]**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Hum</b>	76	76	71	69	65	57	52	53	64	70	75	77

**a) Humidité relative :**

- Maximale : 90% (décembre à 7h le matin)
- Minimale journalière : 52 % (août).
- Minimale à 13h en août: 36%

**b) Synthèse climatique**

A travers les deux facteurs importants du climat, la température et la pluviométrie, trois paramètres peuvent être déterminés :

- L'Indice d'aridité
- Le Diagramme Ombrothermique
- Le Climagramme d'EMBERGER

**1. L'indice d'aridité de DEMARTON :**

Il est définit par la formule suivante :

$$I = 12 P / (T + 10).....(1)$$

Avec :

- P** : Pluviométrie moyenne mensuelle
- T** : Température moyenne mensuelle
- I** : Indice d'aridité

**Tableau VIII : Indiced'aridité.[12]**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
<b>I (°C)</b>	<b>33,14</b>	<b>23,7</b>	<b>16,82</b>	<b>15,58</b>	<b>9,78</b>	<b>1,6</b>	<b>0,7</b>	<b>2,77</b>	<b>6,33</b>	<b>53,4</b>	<b>29,54</b>	<b>30,65</b>

Le tableau ci-dessus met en évidence deux catégories :

- Une saison humide et longue s'étale d'Octobre au mois d'Avril dont l'indice d'aridité atteint 53,4°C dans au mois d'Octobre.
- Une saison sèche et courte s'étale de Mai à Septembre dont la valeur minimum est celle du mois de Juillet (0,7°C).

**2. Diagramme Ombrothermique :**

En appliquant la formule  $P = 2T$ , le diagramme permet de déterminer la période sèche, où le mois sec est celui où le total moyen des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degrés centigrades.

Quand la courbe de température est au-dessus de celle des précipitations, la zone délimitée représente la zone sèche. Pour la station de Sidi Bel Abbés, il ressort une période sèche qui s'étale du mois de Mars jusqu'au mois d'Octobre.

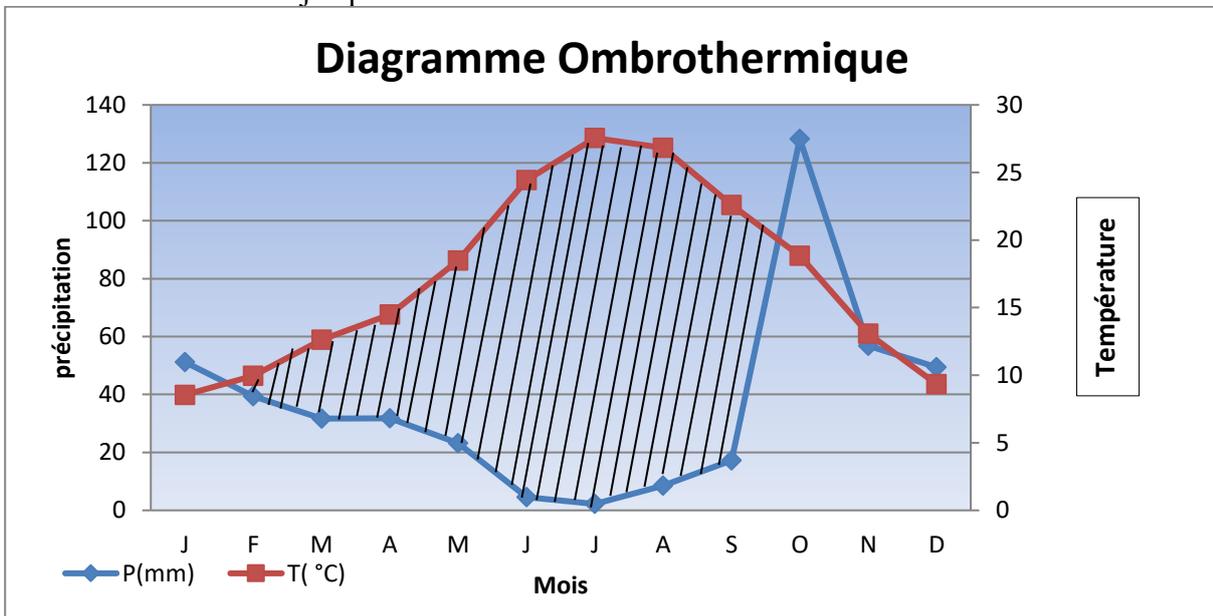


Figure XX ;Diagramme Ombrothermique.

**3. Climagramme d'EMBERGER :**

Son calcul se base essentiellement sur les températures et les précipitations. Ce quotient n'est applicable qu'aux climats de type méditerranéen. Mis au point par EMBERGER (1930), il s'exprime par la formule :

$$Q_2 = 2000 P / (M^2 - m^2) \dots \dots \dots (2)$$

Avec :

- P** : pluviométrie moyenne annuelle (mm).
- M** : Température moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K).
- m** : Température moyenne des minima du mois le plus froid (°K).

En utilisant les deux valeurs  $Q_2$  et  $m$ , EMBERGER a défini les étages bioclimatiques qui sont reconnus par référence à un Climagramme comportant un réseau de lignes séparatrices dans un espace orthonormé portant en ordonnées  $Q_2$  et en abscisse le  $m$

Le calcul du quotient pluviométrique donne les valeurs suivantes :

Tableau IX : Quotient pluviométrique [12]

Précipitations (mm)	m (°K)	M (°K)	Q <sub>2</sub>	Etagebioclimatique
358,3	282,34	300,55	67,51	Semi-aride

A partir de l'analyse de la figure XXI on constate que la région de l'étude se caractérise par un climat semi-aride

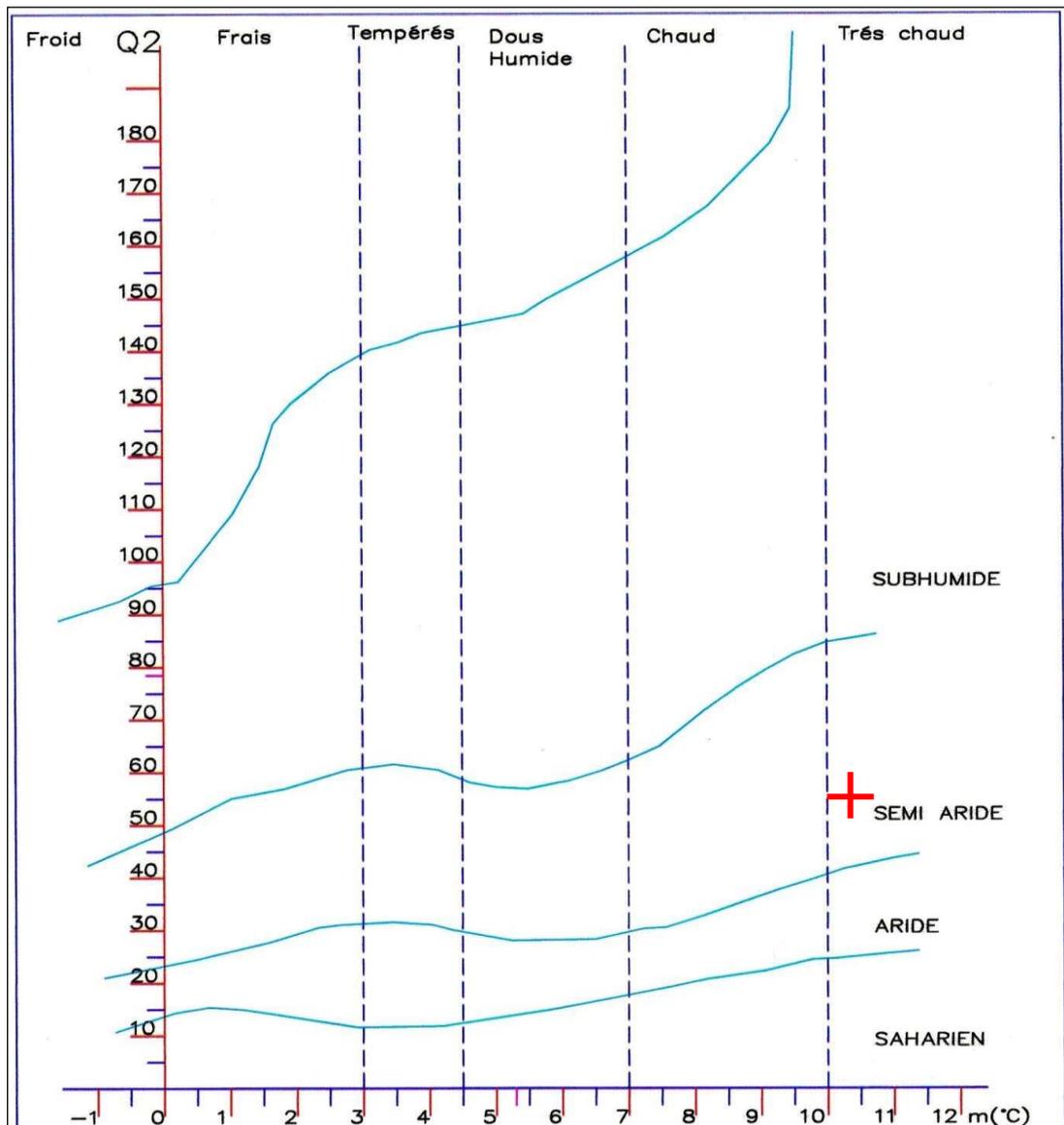


Figure XXI: Quotient pluviométrique.

## V. Démographie :

Afin d'estimer l'évolution de la population à long terme, nous appliquerons la formule de TABASSARAN qui est comme suit :

$$P_t = P_0 \left[ 1 + \frac{t}{100} \right]^n, \dots\dots\dots(3)$$

Où :

- Pt            Nombre d'habitants à l'horizon  
 P0            Nombre d'habitants de l'année de référence\*  
 n             L'écart entre l'année de référence et l'horizon  
 t = %        Taux d'accroissement démographique (Source  
                DPSB)

Lors du recensement national de 2008, la population totale des dix-huit communes de la zone de l'étude atteignait les 347 767 habitants. Cette population était répartie comme suit

N°	Localités	Population RGPH 2008
1	SIDI BEL ABBES	212 935
2	SIDI LAHCEN	20 999
3	BEN BADIS	20 346
4	H. ZAHANA	7 426
5	ALI BOUSSIDI	9 715
6	SIDI DAHOU	5 033
7	AIN KADA	1 985
8	SIDI YAGOUB	4 485
9	SEHALA	2 338
10	LAMTAR	7 530
11	BADRABINE	6 200
12	TESSALA	7 499
13	SIDI BRAHIM	10 371
14	ZEROUALA	4 790
15	AMARNAS	11 293
16	BOUAICHE	3 500
17	AIN TRID	2 373
18	TILMOUNI	8 949
<b>TOTAL</b>		<b>347 767</b>

Tableau X : Population de la zone d'étude (RGPH 2008).[11]

Taux d'accroissement démographique :

N°	Localités	Taux d'accroissement démographique
1	SIDI BEL ABBES	<b>0.013</b>
2	SIDI LAHCEN	<b>0.035</b>
3	BEN BADIS	<b>0.015</b>
4	H. ZAHANA	<b>0.009</b>
5	ALI BOUSSIDI	<b>0.015</b>
6	SIDI DAHOU	<b>0.008</b>
7	AIN KADA	<b>0.007</b>
8	SIDI YAGOUB	<b>0.012</b>
9	SEHALA	<b>0.001</b>
10	LAMTAR	<b>0.017</b>
11	BADRABINE	<b>0.004</b>
12	TESSALA	<b>0.011</b>
13	SIDI BRAHIM	<b>0.021</b>
14	ZEROUALA	<b>0.01</b>
15	AMARNAS	<b>0.063</b>
16	BOUAICHE	<b>0.012</b>
17	AIN TRID	<b>0.019</b>
18	TILMOUNI	<b>0.023</b>

Tableau XI : Taux d'accroissement démographique.[11]

Les résultats de calculs de la population en fonction du temps est comme suite :

N°	Localités	Population RGP 2008	Taux d'accroissement démographique	population 2011	population 2015	population 2020	population 2025	population 2030	population 2035	population 2040	population 2045	population 2050
1	SIDI BEL ABBES	212 935	0,013	221347,891	233084,379	248633,931	265220,826	282914,268	301788,076	321920,997	343397,027	366305,768
2	SIDI LAHCEN	20 999	0,035	23281,9667	26716,5922	31730,9307	37686,3919	44759,6116	53160,3777	63137,8526	74987,9629	89062,1766
3	BEN BADIS	20 346	0,015	21275,3722	22580,9046	24326,0473	26206,0617	28231,371	30413,2044	32763,6586	35295,7653	38023,5634
4	H. ZAHANA	7 426	0,009	7628,31193	7906,66081	8268,92285	8647,78275	9044,00101	9458,37292	9891,73025	10344,9428	10818,9204
5	ALI BOUSSIDI	9 715	0,015	10158,7654	10782,1433	11615,4305	12513,1175	13480,1813	14521,9837	15644,3008	16853,355	18155,8497
6	SIDI DAHOU	5 033	0,008	5154,76091	5321,70327	5538,00465	5763,09762	5997,33954	6241,10224	6494,77272	6758,75367	7033,46416
7	AIN KADA	1 985	0,007	2026,97748	2084,33156	2158,31166	2234,91757	2314,24249	2396,38292	2481,4388	2569,51361	2660,71449
8	SIDI YAGOUB	4 485	0,012	4648,40527	4875,57717	5175,21739	5493,27271	5830,87488	6189,2252	6569,59879	6973,34914	7401,91294
9	SEHALA	2 338	0,001	2345,02102	2354,41518	2366,21082	2378,06556	2389,9797	2401,95352	2413,98733	2426,08143	2438,23612
10	LAMTAR	7 530	0,017	7920,5955	8473,08663	9218,20605	10028,8509	10910,7836	11870,2729	12914,1394	14049,803	15285,3363
11	BADRABINE	6 200	0,004	6274,698	6375,69714	6504,23529	6635,36484	6769,13805	6905,60822	7044,82971	7186,85799	7331,74966
12	TESSALA	7 499	0,011	7749,19912	8095,83117	8551,00619	9031,77269	9539,5695	10075,9164	10642,4185	11240,7713	11872,7655
13	SIDI BRAHIM	10 371	0,021	11038,1899	11995,0159	13308,5132	14765,8431	16382,7559	18176,7264	20167,1432	22375,5177	24825,7171
14	ZEROUALA	4 790	0,01	4935,14179	5135,52834	5397,49189	5672,81823	5962,18897	6266,32053	6585,96585	6921,9163	7275,0036
15	AMARNAS	11 293	0,063	13564,6665	17319,7724	23507,6114	31906,181	43305,3096	58777,0074	79776,2822	108277,973	146962,469
16	BOUAICHE	3 500	0,012	3627,51805	3804,79824	4038,63118	4286,83489	4550,29255	4829,94163	5126,7772	5441,85552	5776,29772
17	AIN TRID	2 373	0,019	2510,84724	2707,17934	2974,32175	3267,82557	3590,29212	3944,57944	4333,82755	4761,48638	5231,34626
18	TILMOUNI	8 949	0,023	9580,79195	10493,1032	11756,61	13172,2596	14758,3719	16535,4728	18526,56	20757,4001	23256,8624

Tableau XII : résultats de calculs de la population en fonction du temps .

**VI. besoins en eau du projet :**

L'estimation du débit moyen de consommation ( $Q_{j\text{ moy}}$ ) est calculée sur la base d'une dotation hydrique selon chaque agglomération.

$$Q_{\text{moy}} = \frac{q \times N}{1000} \dots\dots\dots (4)$$

Où :

- $Q_{j\text{ moy}}$  Débit journalier moyen de consommation des eaux potables
- $q$  Dotation hydrique ( l/j/hab)
- $N$  Nombre d'habitant

Les données de la dotation hydrique pour chaque localité sont comme suit :

N°	Localités	Dotation hydrique (l/j/hab)
1	SIDI BEL ABBES	150
2	SIDI LAHCEN	150
3	BEN BADIS	150
4	H. ZAHANA	85
5	ALI BOUSSIDI	85
6	SIDI DAHOU	85
7	AIN KADA	85
8	SIDI YAGOUB	85
9	SEHALA	85
10	LAMTAR	85
11	BADRABINE	85
12	TESSALA	85
13	SIDI BRAHIM	100
14	ZEROUALA	85
15	AMARNAS	100
16	BOUAICHE	85
17	AIN TRID	85
18	TILMOUNI	85

Tableau XIII : la dotation hydrique.[11]

Sur la base des données de la population, de la consommation spécifique, les besoins en eau de la zone d'étude, à différents horizons de calcul, se présentent comme suit :

**Tableau XIV : Récapitulation des besoins en eau pour la zone du projet jusqu'à l'an 2050 (m<sup>3</sup>/an)**

Besoins	Horizon								
	2008	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Domestiques	46 413	51 954	56 488	61 610	67 441	74 139	81 905	91 002	101 773
Administratifs	8672	9724	10587	11564	12680	13964	15457	17212	19296
Commerciaux	4336	4862	5294	5782	6340	6982	7729	8606	9648
Industriels	4336	4862	5294	5782	6340	6982	7729	8606	9648
<b>Total (m3/j)</b>	63758	71402	77663	84739	92800	102066	112819	125426	<b>140365</b>
<b>Total (l/s)</b>	<b>738</b>	<b>826</b>	<b>899</b>	<b>981</b>	<b>1074</b>	<b>1181</b>	<b>1306</b>	<b>1452</b>	<b>1625</b>

A l'horizon 2050, les besoins nécessaires pour l'alimentation des localités de la Wilaya de Sidi Bel Abbés concernées par le transfert des eaux à partir du RT2 du transfert de la SDEM de Honaine sont de l'ordre de **140 365 m<sup>3</sup>/jour**.

il a été décidé par le maitre de l'ouvrage d'affecter un débit de **100 000 m<sup>3</sup>/j** pour la Wilaya de Sidi Bel Abbés à partir du RT2 – du transfert de la SDEM de Honaine.

# **CHAPITRE III :**

## **ADDUCTION**

## **I. INTRODUCTION :**

Dans ce chapitre nous avons projeté plusieurs variantes pour le cheminement de la conduite d'adduction gravitaire et refoulement.

A cet effet une étude technico-économique a été établie pour estimer le coût de chaque tracé avec toutes les ouvrages en lignes. Ce travail a été fait sur Google Earth qui nous a permis d'évaluer le linéaire de chaque variante et même étudier la hauteur manométrique (HMT) puisqu'il y a un tronçon en mode de pompage.

Tout le travail a été reporté sur carte d'état-major.

Une fois la variante du tracé arrêtée, un levé topographique rattaché en NGA a été établi pour que les altitudes seront réelles.

## **II. CRITERES DU TRACEDU PROJET :**

Le choix de trace du profil de la conduite se fait toujours en tenant compte de certains impératifs d'ordre technique et économique.

- Le profil doit être le plus régulier et le plus court possible afin de réduire les frais D'investissement ;
- Eviter les contres pentes, qui peuvent donner lieu en exploitation a des cantonnements d'air plus au moins difficile à évacuer ;
- Pour les conduites de longueurs importantes (plusieurs kilomètres), il sera bon de prévoir quelques vannes de sectionnements en vue de faciliter les réparations éventuelles ;
- Eviter la multiplication des ouvrages coûteux ou fragiles (traverses de rivière, routes, voies ferrées, forêts et les zones marécageuses...);
- Le trace se fera de préférence le long des routes ou des voies publiques pour faciliter la pose de canalisation et leur exploitation et permettre un accès rapide pour l'entretien et la réparation, il doit aussi éviter de traverser les propriétés privées.

## **III. ETUDE DES VARIANTES ET VARIANTE RETENUE :**

Le projet de renforcement en eau potable repose sur le transfert des eaux de la station de déminéralisation de Honaine (Wilaya de Tlemcen) vers le système sidi Abdelli.

Il consiste à relier le RT2 au système de transfert de Sidi Be Abbes dominé par la Station de traitement de Sidi Abdelli.

Pour ce, cinq (05) variantes de raccordement ont été étudiées avec le souci d'utiliser au mieux la charge résiduelle disponible sur l'adduction reliant le RT1 au RT2.

- **Variantes proposées:**

Ces variantes sont différenciées par le cheminement ou le tracé de la conduite depuis RT2 jusqu'à la station de traitement de Sidi Abdelli.

Le tracé de ces 05 variantes est schématisé sur la figure suivante :

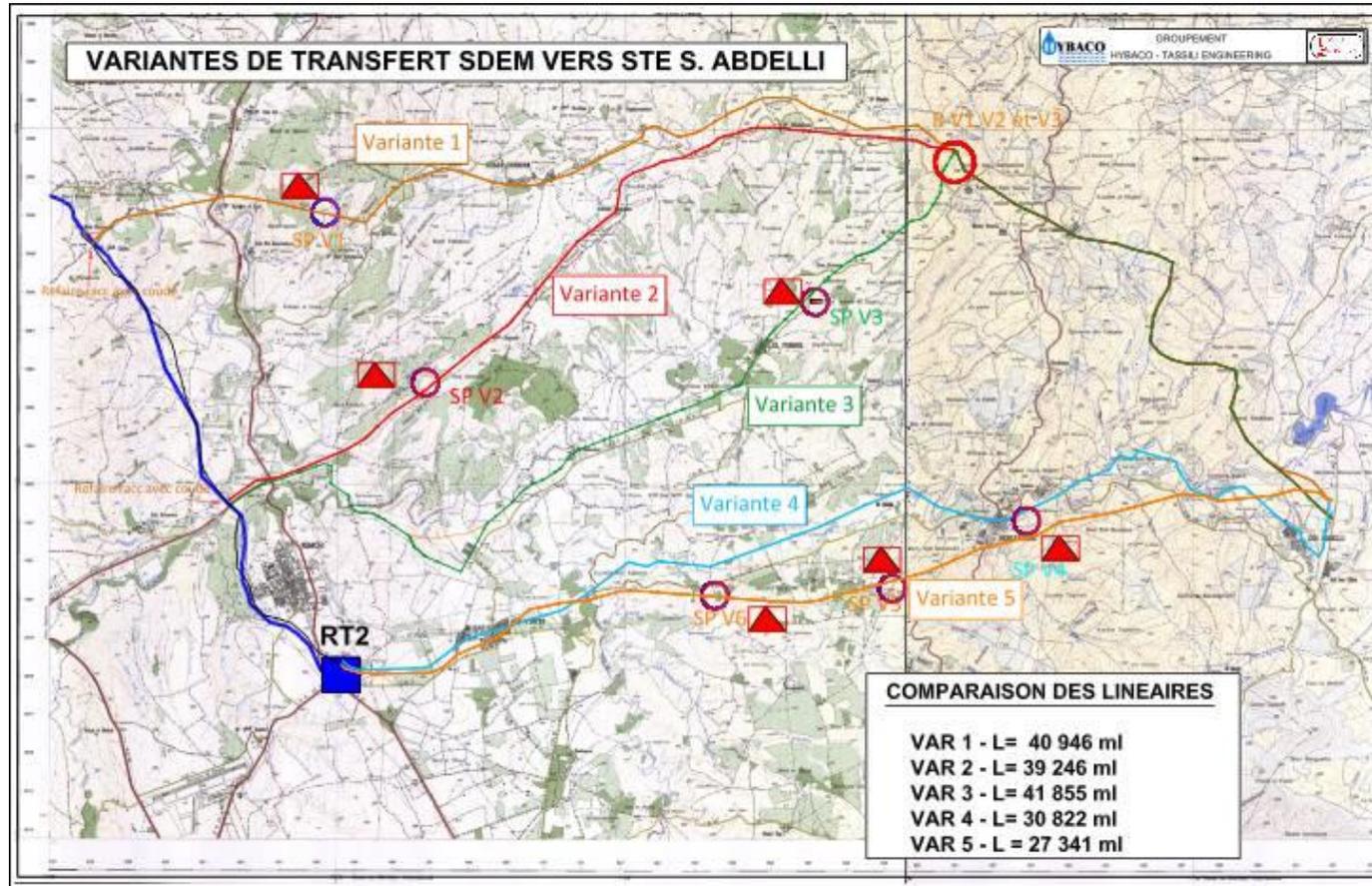


Figure XXII : variantes de transfert SDEM vers la station de Sidi Abdelli

Le choix de la variante retenue (variante n°05) était basé sur les objectifs prioritaires (technico-économiques) qui sont :

- Elle fait une liaison directe entre le RT2 et la STE avec un piquage avant l'entrée au RT2,
- Elle optimise l'ensemble des paramètres de dimensionnement (Longueur, diamètre, vitesse, nombre d'installation en ligne, pression d'arrivée etc...), elle est par conséquent la plus économique.

A ces cinq (05) variantes de tracé étudiées, trois alternatives pour le point de piquage au droit du RT2, ont été envisagées.

- **Piquage dans l'enceinte du réservoir** avant l'entrée du réservoir (Utilisation de la charge résiduelle),
- **Piquage avant l'enceinte du réservoir.** Celle-ci peut être effectuée à n'importe quel endroit avant le mur de clôture. (Utilisation de la charge résiduelle),
- **Piquage sur le réservoir RT2.** Cette variante présente l'inconvénient de ne pas utiliser la charge résiduelle d'arrivée au réservoir.

- **Comparaison des variantes:**

La comparaison des variantes, d'un point de vue technico-économique repose principalement sur les volumes des travaux induits.

Le tableau suivant compare les linéaires, le nombre de réservoirs ainsi que la Hmt de la station de pompage. [13]

Variantes	Linéaire conduite	Nbre de réservoirs	Hmt SP
	ml	u	mCE
1	40 946	2	325
2	39 246	2	360
3	41 855	2	360
4	30 822	1	220
5	27 342	1	215

*Tableau XV : Comparaison des éléments clé des variantes de tracé*

❖ **SYNTHESE:**

La variante d'un piquage avant l'enceinte du réservoir a été adoptée. Cette alternative permet **l'utilisation de la charge résiduelle** de l'adduction d'arrivée au RT2.

Indépendamment du matériau des conduites à mettre en œuvre, et sans rentrer dans le détail des estimations financières, le choix est porté sur la variante 5 du fait que tous les éléments de comparaison ont des caractéristiques plus réduites ; longueur, nombre de réservoir à réaliser et HMT (moins d'énergie à consommer).

## PLANS GUIDES

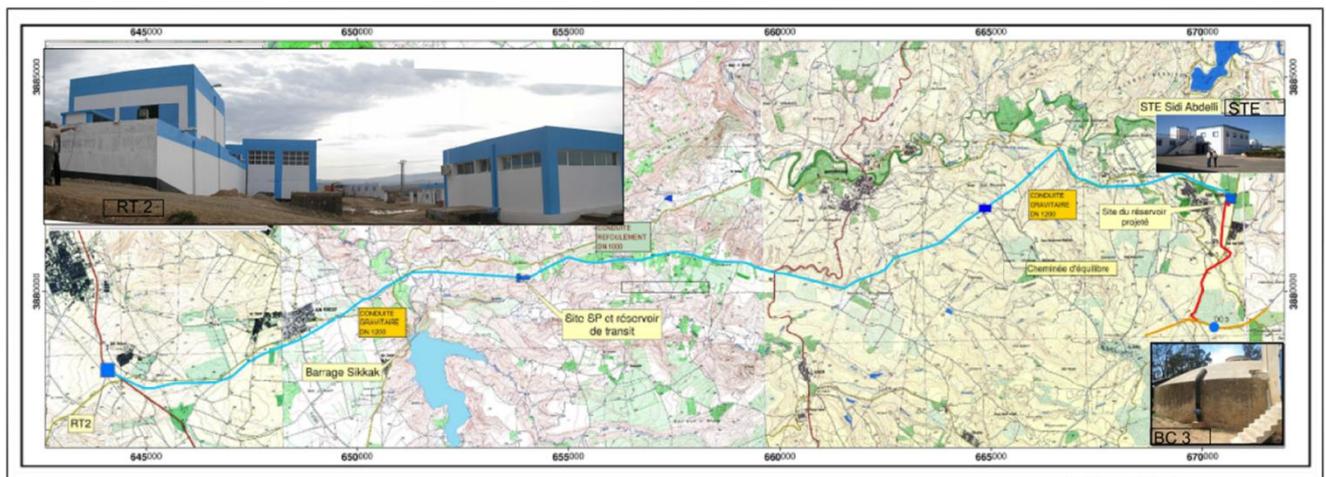


Figure XXIII :la carte d'état majeure (Adduction gravitaire et refoulement)

## IV. CALCUL ET OPTIMISATION DES CONDUITES :

### 4.1 Introduction :

En accord avec l'administration il a été adopté la variante qui s'impose pour le renforcement en eau potable de Sidi Bel Abbes à partir des eaux de dessalement de Honaine (Tlemcen).

Ci-après, on trouvera une description sommaire du tracé dans ses deux composantes principales, gravitaire et pompage, ainsi que tous les calculs optimisant le dimensionnement de tous les ouvrages nécessaires à la liaison du RT2 au système de transfert de Sidi Bel Abbes dominé par la Station de traitement de Sidi Abdelli.

→ **Partie gravitaire (tronçon I) :**

Une conduite gravitaire d'une longueur **10.978ml**, sera projetée à partir d'un piquage situé à l'amont de l'entrée du RT2, sur la conduite RT1-RT2 (DN1200), vers le réservoir de transit de la station de pompe projetée.

Le tracé de cette conduite suivra, par le sud le long de la piste d'exploitation, le tracé de l'adduction existante RT2 – réservoir Sikkak.

Après la traversée de la route, le tracé va légèrement dévier vers le nord pour rejoindre le pont érigé sur l'oued Sikkak.

Ensuite la conduite projetée traversera l'oued Sikkak à l'aval du barrage. Le tracé sera posé en partie parallèlement à la route pour rejoindre le futur réservoir de stockage et de transit devant alimenter la station de pompe projetée.

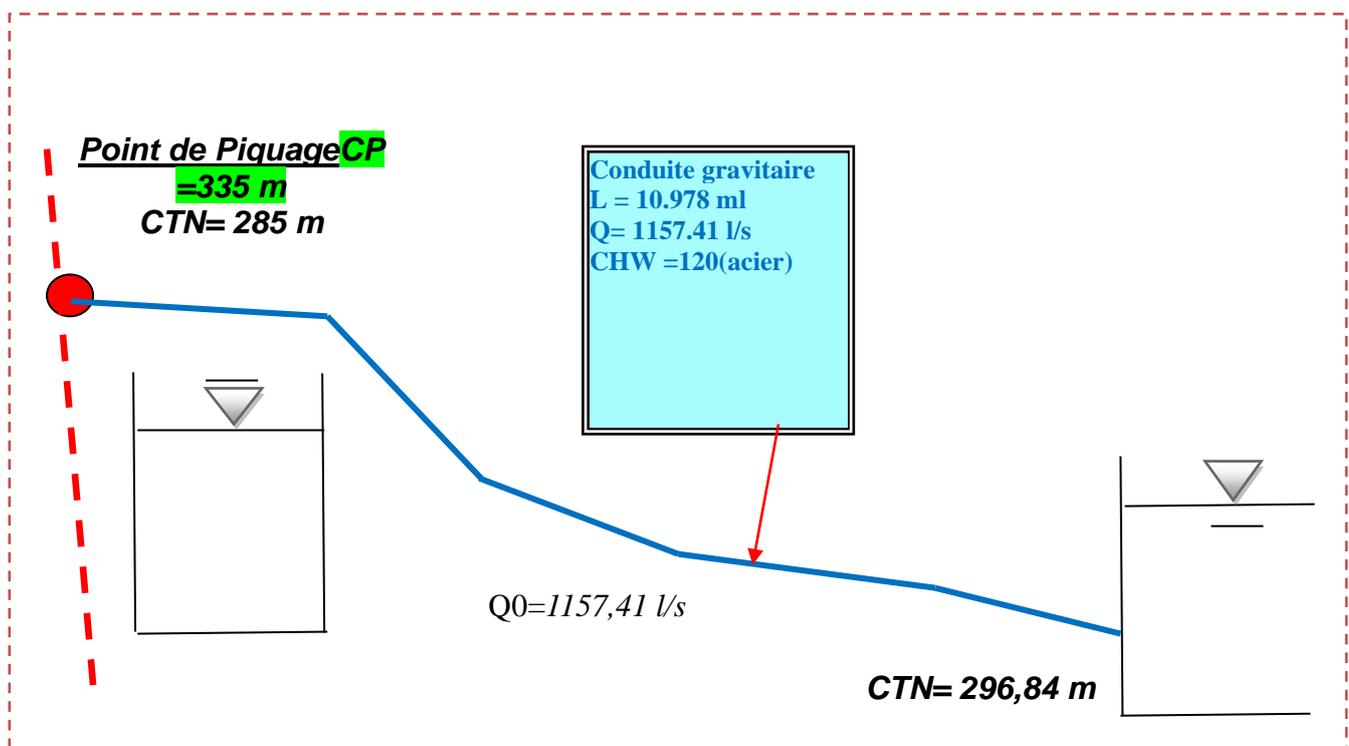


Figure XXIV : Tronçon 1 - gravitaire - RT2 – réservoir de transit sekkak SP

→ **Partie refoulement (tronçon II) :**

Une conduite de refoulement d'une longueur de **12.330 ml**, sera projetée à partir de la station de pompage vers le réservoir de la STE de Sidi Abdelli. Cette conduite est inscrite dans un

plateau qui domine l'agglomération de Bensekrane qu'elle contourne par le sud pour ensuite redescendre vers la vallée de l'oued Isser et remonter finalement vers la STE de Sidi Abdelli.

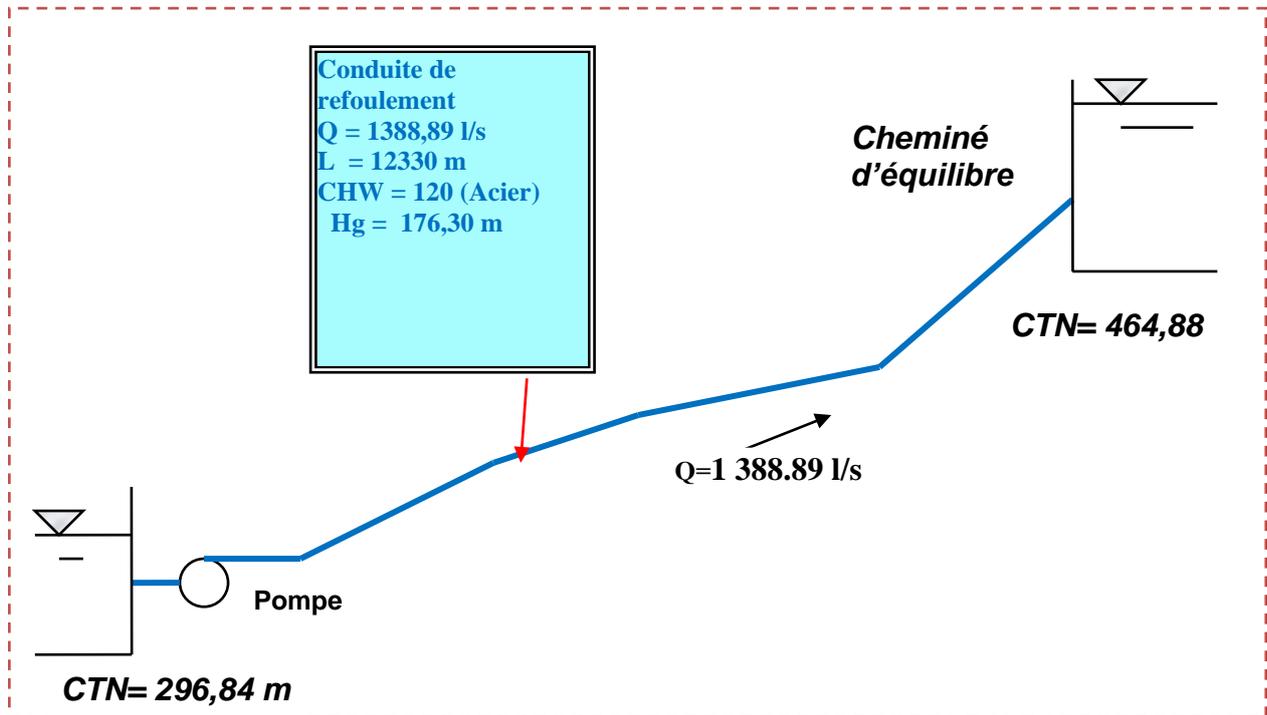


Figure XXV : TRONCON 2 - REFOULEMENT – SP VERS CHEMINEE D'EQUILIBRE

→ **Partie gravitaire (tronçon III) :**

Une conduite gravitaire d'une longueur **6.800 ml**, sera projetée à partir de la cheminée d'équilibre situé dans un point haut qui rejoindra le réservoir de sidi Abdelli.

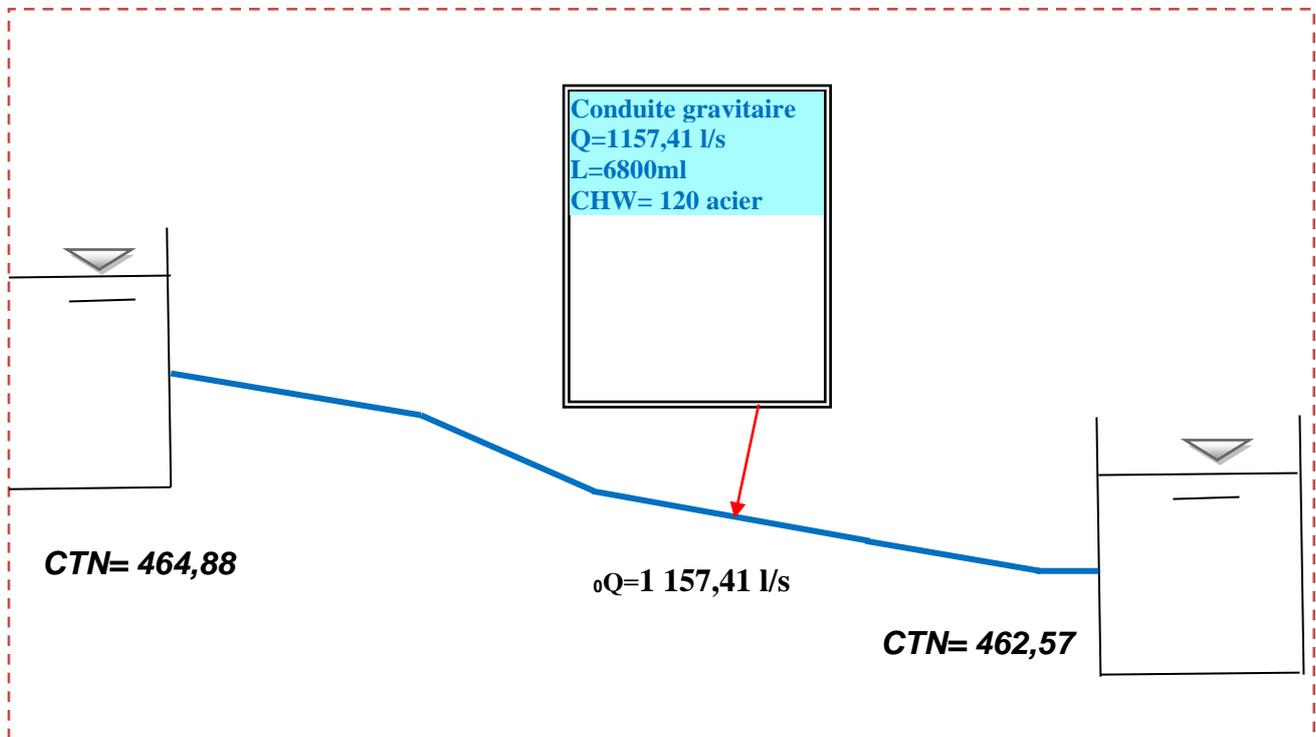


Figure XXVI : TRONCON 3 - GRAVITAIRE – CHEMINEE D'EQUILIBRE – R.Sidi Abdelli

## 4.2 Dimensionnement des conduites d'adductions :

### A. Le dimensionnement des conduites, stations de pompage et ouvrages annexes, et réservoirs sera basé sur les hypothèses suivantes :

#### Diamètre des tuyaux

Pour les calculs, nous adopterons les diamètres standards habituels DN. Nous considérons le diamètre comme le diamètre hydraulique.

#### Longueur des conduites

Nous prendrons comme longueur des conduites ou de tronçon de conduites, celles résultant des profils en long topographiques, même arrondies, mais parfois légèrement majorées, afin de tenir compte d'éventuels allongements de tracés en cours de travaux.

### **Cotes altimétriques**

Nous adopterons les cotes résultant des profils en long de conduites, d'après les cotes topographiques des terrains, prélevées de la carte au 1/25000 et du profil topographique joint en annexe.

### **Débits**

Les débits adoptés pour le dimensionnement des différents tronçons de conduite résultant de la répartition des débits aux horizons du projet à savoir 2050 pour une durée d'écoulement de l'ordre de 20 h/24.

### **Choix du matériau**

Ci-après nous donnons quelques principes théoriques qui prévalent pour le choix du type de matériaux à utiliser dans les adductions d'eau en général.

### **Les principaux matériaux utilisables**

Dans les « gros » diamètres et les pressions supérieures à 10 bars, quatre types de matériaux sont utilisés : acier, béton, fonte et polyester renforcé en fibre de verre (PRFV). Pour les conduites de distribution on peut rajouter le polyéthylène haute densité (PEHD) et le polychlorure de vinyle (PVC).

#### *a) La fonte ductile*

Les caractéristiques mécaniques de la fonte sont remarquables et voisines de celle de l'acier. Avec la fonte ductile les valeurs élevées de la résistance de rupture à la traction et de l'allongement à la rupture entraînent une grande résistance à la pression de l'eau et aux chocs.

Par contre la fonte est rarement posée en gros diamètre ( $D > 2000$  mm) car sa fabrication est problématique (moules de fonderie difficiles à réaliser) et son type de jonction par emboîtement présente des inconvénients pour des fortes pressions.

Le choix de l'épaisseur de la paroi du tuyau doit tenir compte du critère très important « charges ovalisantes » soit de la hauteur de couverture de la canalisation et des charges roulantes appliquées. Les pressions maximales acceptées par les tuyaux en fonte ductile dépendent de leur épaisseur de paroi normalisée par un coefficient K et peuvent varier en fonction du diamètre nominal de la canalisation.

Les tuyaux doivent être conforme à la norme EN 545 « Tuyaux raccords et accessoires en fonte ductile et leurs assemblages pour canalisation d'eau – prescriptions et méthode d'essai ».

La pression nominale des tuyaux répond aux valeurs usuelles (PN16, PN 25..)

Il n'y a pas de production locale en Algérie mais des conduites peuvent être fabriquées avec des rythmes soutenus en France, en Chine et au Brésil (entre autres)

*b) Les conduites en acier soudés (horizontalement et en hélice)*

L'acier a pour avantage sa fabrication aisée et la constitution de stock rapide pour les chantiers. Dans les gammes d'acier de haute résistance, on peut avoir des épaisseurs et donc des poids plus faibles que pour des autres matériaux. Enfin, il existe en longueurs de 12 mètres ce qui facilite d'autant son transport sur de longues distances. En contrepartie, son inconvénient peut résider dans sa relative fragilité vis-à-vis des efforts extérieurs (besoin de surépaisseur sous charges ovalisantes) et aux risques de corrosion sous l'effet d'agents extérieurs. Sur ce dernier point une protection cathodique, qui consiste à faire parcourir la conduite par un courant électrique de très faible puissance, est indispensable et permet de s'affranchir de cet inconvénient.

Les tuyaux aciers doivent être conforme aux normes NF A 49-150 « tubes soudés destinés à être revêtus ou protégés pour canalisation d'eau » et NF A 49-402 « tubes soudés hélicoïdalement en acier pour transport de fluides sous pression.

La pression nominale des tuyaux répond aux valeurs usuelles (PN16, PN 25..)

Il existe des fabricants en Algérie essentiellement pour le gaz (pression 80 bars) et le pétrole.

*c) Les conduites en béton précontraint à âme tôle*

Les conduites en béton dites « à âme tôle » sont constituées d'une tôle en acier médiane de faible épaisseur insérée dans une double épaisseur de béton. Le tout est ensuite recouvert d'une nouvelle couche de béton contenant des spires en acier précontraints. La tôle d'acier joue à la fois le rôle d'étanchéité et d'armature, mais ce sont les spires qui assurent la résistance à la pression.

On trouve donc un avantage ici par rapport à la fonte ou à l'acier qui est que les tuyaux peuvent être fabriqués pour la pression exacte à laquelle ils vont être utilisés.

De constitution robuste, c'est un tuyau qui résiste très bien aux agressions diverses (chocs, chimie des sols, des eaux...). Il est par contre difficile à mettre en œuvre et nécessite des délais importants de fabrication et transport, en effet les longueurs ne dépassent pas 6 ou 8 mètres selon les fabricants.

Des usines existent en Algérie mais avec des cadences de fabrication inférieures aux grosses usines nationales ou internationales pour l'acier ou la Fonte.

*d) Les conduites en matière plastique PVC (Polychlorure de vinyle) et PEHD (polyéthylène)*

Les tuyaux en matière plastique sont les plus légers de tous les tuyaux. Ils sont faciles à couper, à poser et à assembler si certaines précautions sont prises. Ils ont de très bonnes propriétés hydrauliques et ne sont pas sujets à la corrosion. Toutefois leur résistance mécanique présente une limitation plus sévère que les autres matériaux (Casse pour le PVC, écrasement pour le PEHD).

Le PVC, avec une densité de 1,4 est un matériau particulièrement léger en comparaison aux autres matériaux. Ces principales caractéristiques sont les suivantes :

- Résistance à la traction :  $\geq 45$  MPa
- Module d'élasticité en traction :  $\geq 3000$  MPa

On distingue le polyéthylène « basse densité » et « haute densité ». Les tuyaux sont livrés en couronne jusqu'au diamètre 200 mm.

### e) Les conduites en PRV (Polyester Renforcé de fibre de Verre)

Le tuyau en polyester renforcé en fibre de verre est une technique assez ancienne (50 ans) qui a surtout été employée en industrie pour des conduites de petit diamètre, non enterrées et transportant des fluides corrosifs.

Sur ce dernier point, c'est évidemment le matériau idéal puisqu'il est à la fois insensible à la plupart des fluides comme à la plupart des types de terrain.

Depuis de nombreuses années, les constructeurs proposent des conduites de grands diamètres et de fortes pressions, mais ces dernières restent peu utilisées en Europe dans ce type d'applications.

Ce matériau est surtout utilisé pour l'assainissement. En effet le PRV ne disposant que d'avis techniques dans le domaine de l'assainissement, les entreprises sont réticentes à l'idée de l'utiliser pour l'adduction. De plus le problème des tuyaux PRV reste actuellement la tenue à la pression au niveau des éléments de jonction. Si les tuyaux peuvent supporter jusqu'à 32 bars, les coudes et manchons sont moins au point et les procédés de verrouillage sont très onéreux.

L'avantage de ce matériau réside dans sa légèreté et sa résistance aux agressions chimiques. Par contre sa rigidité est trop faible pour pouvoir reprendre les contraintes liées au remblai. La pose et le remblaiement jouent un rôle prépondérant dans la pérennité de l'ouvrage. Un support insuffisant causé par un matériau trop faible ou un compactage inefficace peuvent engendrer des résultats qui se révèlent très mauvais sur le moyen terme.

**En fin le choix du matériau des conduites (gravitaire ou refoulement) à été porté sur l'Acier pour les avantages qui présente.**

## **4.3 Calculs hydrauliques et choix des diamètres :**

### ➤ **Pertes de charge**

Les pertes de charge linéaires dépendent, pour un tronçon donné:

- du diamètre D de la conduite (ici, diamètre nominal DN),
- du débit Q (ici, débit de dimensionnement),
- de la rugosité hydraulique  $k_s$ , exprimée en mm,

➤ de la longueur du tronçon.

Les pertes de charge linéaires "j" se calculent par la formule de **Cole brook** selon:

$$j = \frac{\lambda * v^2}{2 * g * D} \text{ (m/m) et } J = j . L \dots\dots\dots(5)$$

Les valeurs du coefficient de perte de charge linéaire lambda (λ) dépendent du nombre de Reynolds Re :

$$Re = \frac{V . D}{\nu} \dots\dots\dots(6)$$

Le coefficient lambda est obtenu par la formule de **Cole brook** et White :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left( \frac{k}{3.71.D} + \frac{2.51}{Re.\sqrt{\lambda}} \right) \dots\dots\dots (7)$$

Où :

- λ: coefficient de perte de charge ;
- D : diamètre nominal de la conduite [m]
- L : longueur de la conduite [m]
- V : vitesse moyenne [m/s]
- g : accélération de la pesanteur = 9,81 [m/s<sup>2</sup>]
- k : rugosité de la conduite [m]
- Re : nombre de Reynolds
- ν: viscosité cinématique de l'eau à 10°C [1,3 x 10-6 m<sup>2</sup>/s]

Le calcul des pertes de charge se fera à partir de la table de Colebrook.

Les pertes de charges singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

Les pertes de charge linéaires "j" peuvent se calculer par la formule de **HAZEN WLIAMAS** selon:

$$J_L = (3.592/C_{HW})^{1.852} \times (L/D^{4.87}) \times Q^{1.852} \dots\dots\dots (8)$$

Où :

- C<sub>HW</sub>: coefficient de rugosité de HAZEN WILIAMS
- D : diamètre nominal de la conduite [m]
- L : longueur de la conduite [m]
- V : vitesse moyenne [m/s]

### Choix des diamètres économiques des tronçons gravitaires :

Pour les conduites à écoulement gravitaire, le diamètre des conduites est dimensionné de telle sorte que la charge résiduelle soit positive en tout point de la conduite, c'est-à-dire que la charge hydraulique à l'extrémité amont de la conduite, diminuée des pertes de charge linéaires et singulières le long de la conduite, **soit supérieure à la cote altimétrique de la conduite au point considéré.**

### Choix des diamètres économiques des tronçons de refoulement :

Pour les conduites de refoulement, diamètre et station de pompage sont liés économiquement. En effet, pour un même débit à relever, plus le diamètre de la conduite est petit, plus la perte de charge et l'énergie dépensée seront importantes.

De ce fait, le calcul sera mené sur la base d'un calcul technico-économique du diamètre le plus avantageux d'un point de vue économique.

Ainsi, on prend la gamme de diamètres qui vérifient les conditions d'écoulement normal, à savoir vitesse admissible et on présente un tableau comparatif des coûts sur la base du compromis suivant :

- Frais d'exploitation.
- Frais d'amortissement de la conduite (sur 30 ans).

### Calcul théorique du diamètre économique de la partie gravitaire:

Nous calculons la conduite avec les diamètres DN 800, DN 1000 et DN 1200 mm.

La pression au réservoir d'arrivée devrait disposer d'une charge résiduelle dépassant les 15 mètres (5 mètres pour arriver à la cote TP du réservoir – hauteur du réservoir) et une charge au-dessus de la Cote TP dépassant les dix (10) mètres.

#### Diamètre de la conduite (mm)

$$D = \sqrt{Q} \dots\dots\dots(9)$$

#### Section (m<sup>2</sup>)

$$S = \pi * \frac{D^2}{4} \dots\dots\dots(10)$$

#### Vitesse (m/s)

$$V = \frac{Q}{s} \dots\dots\dots(11)$$

#### Perte de charge linéaire

$$\Delta HL = \Delta Hu * L$$

$$\Delta Hs = \Delta HL * 10\%$$

#### Cote de la ligne de charge au point d'arrivée

$$\text{Cote de la ligne de charge au point d'arrivée} =$$

$$(\text{Cote terrain du point d'arrivée} - \text{Cote terrain du point de départ}) - (1,10JL)$$

$$\dots\dots\dots(12)$$

#### Charge résiduelle au point d'arrivée

$$\text{Charge résiduelle au point d'arrivée} =$$

$$\text{Cote de la ligne de charge au point de départ} -$$

$$\text{Perte de charge totale (1,10 JL)} \dots\dots\dots(13)$$

#### 4.4 RESULTATS DES CALCULS :

##### A. PARTIE GRAVITAIRE:

Pour DN 800 mm (Acier)Tronçon 1 - Gravitaire - RT2 – réservoir de transit sekkak SP

DESIGNATION	UNITES	VALEURS
Point de départ	Piquage avant RT2	
Cote terrain du point de départ	m. NGA	<b>285,00</b>
Cote de la ligne de charge au point de départ	mce	<b>335,00</b>
Point d'arrivée	<i>R transit SP projetée</i>	
Cote terrain du point d'arrivée	m. NGA	<b>299,00</b>
Longueur de la conduite	m	<b>10 980,00</b>
Etat du tronçon		<b>Nouveau</b>
CHW	/	<b>120</b>
Débit de dimensionnement	l/s	<i>1157,41</i>
<b>Calcul hydraulique</b>		
DN	mm	<b>800</b>
S	m <sup>2</sup>	<i>0,50</i>
Vitesse	m/s	<i>2,30</i>
Perte de charge unitaire	m/m	0,005852876
Perte de charge linéaire	m	64,26457885
Perte de charge totale	m	70,69103674
Cote de la ligne de charge au point d'arrivée	m	264,31
Charge résiduelle au point d'arrivée	mce	<b>-34,69</b>

Tableau XVI : calcul de la conduite gravitaire en **DN 800**

Le diamètre DN 800 engendre une vitesse de **2.30 m/s** dépassant la vitesse admissible d'une part et d'autre une charge résiduelle négative à l'arrivée de l'ordre de **-34,69mCE**

**Pour DN 1000 mm (Acier)Tronçon 1 - Gravitaire - RT2 – réservoir de transit sekkak SP**

DESIGNATION	UNITES	VALEURS
Point de départ	Piquage avant RT2	
Cote terrain du point de départ	m. NGA	<b>285,00</b>
Cote de la ligne de charge au point de départ	mce	<b>335,00</b>
Point d'arrivée	<i>R transit SP projetée</i>	
Cote terrain du point d'arrivée	m. NGA	<b>299,00</b>
Longueur de la conduite	m	<b>10 980,00</b>
Etat du tronçon		<b>Nouveau</b>
CHW	/	<b>120</b>
Débit de dimensionnement	l/s	<i>1157,41</i>
<b>Calcul hydraulique</b>		
DN	mm	<b>1000</b>
S	m <sup>2</sup>	<i>0,79</i>
Vitesse	m/s	<i>1,47</i>
Perte de charge unitaire	m/m	<i>0,001483994</i>
Perte de charge linéaire	m	<i>16,29425273</i>
Perte de charge totale	m	<i>17,923678</i>
Cote de la ligne de charge au point d'arrivée	m	<i>317,08</i>
Charge résiduelle au point d'arrivée	mce	<b><i>18,08</i></b>

**Tableau XVII : calcul de la conduite gravitaire en DN 1000**

Le diamètre DN 1000 engendre une vitesse de **1.47 m/s** d'une part et d'autre une charge résiduelle à l'arrivée **18.08 mCE**.

Pour DN **1200 mm** (Acier)Tronçon 1 - Gravitaire - RT2 – réservoir de transit sekkak SP

DESIGNATION	UNITES	VALEURS
Point de départ	Piquage avant RT2	
Cote terrain du point de départ	m. NGA	<b>285,00</b>
Cote de la ligne de charge au point de départ	mce	<b>335,00</b>
Point d'arrivée	<i>R transit SP projetée</i>	
Cote terrain du point d'arrivée	m. NGA	<b>299,00</b>
Longueur de la conduite	m	<b>10 980,00</b>
Etat du tronçon		<b>Nouveau</b>
CHW	/	<b>Acier</b>
Débit de dimensionnement	l/s	<i>1157,41</i>
<b>Calcul hydraulique</b>		
DN	mm	<b>1200</b>
S	m <sup>2</sup>	1,13
Vitesse	m/s	1,02
Perte de charge unitaire	m/m	0,000812465
Perte de charge linéaire	m	8,920870485
Perte de charge totale	m	9,812957533
Cote de la ligne de charge au point d'arrivée	m	325,19
Charge résiduelle au point d'arrivée	mce	<b>26,19</b>

Tableau XVIII : calcul de la conduite gravitaire en **DN 1200**

Le diamètre DN 1000 engendre une vitesse de **1.02 m/s** d'une part et d'autre une charge résiduelle à l'arrivée **26,19 mCE**.

**Pour DN 800 mm (Acier) TRONCON 3 - GRAVITAIRE – CHEMINÉE D'ÉQUILIBRE –  
R.Sidi Abdelli**

DESIGNATION	UNITES	VALEURS
Point de départ	<i>Cheminée d'équilibre</i>	
Cote terrain du point de départ	m. NGA	<b>455,68</b>
Cote de la ligne de charge au point de départ	mce	<b>473,93</b>
Point d'arrivée	<i>R transit STE Sidi Abdelli</i>	
Cote terrain du point d'arrivée	m. NGA	<b>462,57</b>
Longueur de la conduite	m	<b>6 800,00</b>
Etat du tronçon		<b>Nouveau</b>
CHW	/	<b>120</b>
Débit de dimensionnement	l/s	<i>1157,41</i>
<b>Calcul hydraulique</b>		
DN	mm	<b>800</b>
S	m <sup>2</sup>	<i>0,50</i>
Vitesse	m/s	<i>2,30</i>
Perte de charge unitaire	m/m	<i>0,005852876</i>
Perte de charge linéaire	m	<i>39,79955703</i>
Perte de charge totale	m	<i>43,77951273</i>
Cote de la ligne de charge au point d'arrivée	m	<i>430,15</i>
Charge résiduelle au point d'arrivée	mce	<b>-32,42</b>

**Tableau XIX : calcul de la conduite gravitaire en DN 1200**

Le diamètre DN 800 engendre une vitesse de **2.30 m/s** dépassant la vitesse admissible d'une part et d'autre part une charge résiduelle négative à l'arrivée **-32,42 mCE**.

**Pour DN 1000 mm (Acier) TRONCON 3 - GRAVITAIRE – CHEMINÉE D'EQUILIBRE –  
R.Sidi Abdelli**

DESIGNATION	UNITES	VALEURS
Point de départ	<i>Cheminée d'équilibre</i>	
Cote terrain du point de départ	m. NGA	<b>455,68</b>
Cote de la ligne de charge au point de départ	mce	<b>473,93</b>
Point d'arrivée	<i>R transit STE Sidi Abdelli</i>	
Cote terrain du point d'arrivée	m. NGA	<b>462,57</b>
Longueur de la conduite	m	<b>6 800,00</b>
Etat du tronçon		<b>Nouveau</b>
CHW	/	<b>120</b>
Débit de dimensionnement	l/s	<i>1157,41</i>
<b>Calcul hydraulique</b>		
DN	mm	<b>1000</b>
S	m <sup>2</sup>	<i>0,79</i>
Vitesse	m/s	<i>1,47</i>
Perte de charge unitaire	m/m	0,00197432
Perte de charge linéaire	m	13,42537654
Perte de charge totale	m	14,76791419
Cote de la ligne de charge au point d'arrivée	m	459,16
Charge résiduelle au point d'arrivée	mce	<b>-3,41</b>

*Tableau XX : calcul de la conduite gravitaire en **DN 1000***

Le diamètre DN 1000 engendre une vitesse de **1,47 m/s** d'une part et d'autre part une charge résiduelle négative à l'arrivée **-3,41mCE**.

**Pour DN 1200 mm (Acier) TRONCON 3 - GRAVITAIRE – CHEMINEE D'EQUILIBRE –****R.Sidi Abdelli**

DESIGNATION	UNITES	VALEURS
Point de départ	<i>Cheminée d'équilibre</i>	
Cote terrain du point de départ	m. NGA	<b>455,68</b>
Cote de la ligne de charge au point de départ	mce	<b>473,93</b>
Point d'arrivée	<i>R transit STE Sidi Abdelli</i>	
Cote terrain du point d'arrivée	m. NGA	<b>462,57</b>
Longueur de la conduite	m	<b>6 800,00</b>
Etat du tronçon		<b>Nouveau</b>
CHW	/	<b>120</b>
Débit de dimensionnement	l/s	<i>1157,41</i>
<b>Calcul hydraulique</b>		
DN	mm	<b>1200</b>
S	m <sup>2</sup>	<i>1,13</i>
Vitesse	m/s	<i>1,02</i>
Perte de charge unitaire	m/m	0,000812465
Perte de charge linéaire	m	5,524764963
Perte de charge totale	m	6,077241459
Cote de la ligne de charge au point d'arrivée	m	467,85
Charge résiduelle au point d'arrivée	mce	<b>5,28</b>

**Tableau XXI : calcul de la conduite gravitaire en DN 1200**

Le diamètre DN 1200 engendre une vitesse de **1,02 m/s** d'une part et d'autre part une charge résiduelle à l'arrivée **5.28mCE**.

**SYNTHESE :**

Nous adoptons donc un diamètre DN 1200 mm pour la partie gravitaire (tronçon 01) et (tronçon 03)

**B. PARTIE REFOULEMENT:**

**Calcul théorique du diamètre économique partie refoulement : (Tronçon 02)**

**Station de pompage – Cheminée d'équilibre**

Le débit d'adduction gravitaire étant de  $Q = 100\,000 \text{ m}^3/\text{j}$ , soit  $Q = 1\,157,41 \text{ l/s}$ , nous allons dimensionner la station avec un débit prenant en considération un régime de fonctionnement de  $20\text{h}/24$  avec une période d'arrêt de  $4\text{h}/24$ , ce qui donne un débit de refoulement  $Q = 1\,388,89 \text{ l/s}$ .

Plusieurs formules sont utilisées. Elles sont présentées ci-dessous:

**Vibert :**

Cette formule tient compte des paramètres économiques; et a pour expression:

$$\text{Déc} = E^{0,15} * Q^{0,43} * C_j^{0,28} \dots\dots\dots (14)$$

Où : E : Facteur économique;  $E = m * \gamma * \delta * 10$

$m = 0,92$ ,  $\gamma = 0,25$  ; Coefficients économiques

$\delta$  : caractérise la nature de la conduite (Acier) et le tarif de l'énergie électrique

$\delta = 4,52 \text{ DA} / \text{KWh}$

$C_j$  : Coefficient de simultanéité des débits, dans ce cas  $C_j = 1$  (1 seul débit)

Dec = 1,64 m

Soit DN = 1600 mm

**Bonin :**

$$D = Q^{0,5} = 1,18 \text{ m} \quad \text{Soit : DN} = 1\,200 \text{ mm} \dots\dots\dots (15)$$

**Bresse :**

$$D = 1,5 * Q^{0,5} = 1,76 \text{ m} \quad \text{Soit DN} = 1\,800 \text{ mm} \dots\dots\dots (16)$$

Le calcul du diamètre à l'aide des différentes formules est présenté dans le tableau suivant avec vérification de la vitesse d'écoulement.

DESIGNATION	FORMULES		
	VIBERT	BONIN	BRESSE
Diam Eco (mm)	1 600	1 200	1 800
Débit (l/s)	1 389		
Vitesse (m/s)	2.27	1.23	0.55

**Tableau XXII : Calcul du diamètre économique**

**Calcul des frais d'exploitation :**

Les frais d'exploitation sont calculés sur la base de l'énergie électrique consommée lors du pompage, et ce pour la gamme de diamètres obtenues ; il est entendu que les HMT varient

suivant chaque diamètre en fonction des pertes de charges occasionnées dans les conduites de différents diamètres.

La hauteur de refoulement communément désignée par HMT est égale à la hauteur géométrique d'élévation (cote arrivée - cote départ) ; à laquelle on ajoute d'une part les pertes de charges par frottement dans la conduite et d'autre part les pertes de charges singulières. La hauteur manométrique totale (HMT) est égale à :

$$HMT = H_g + 1,10 \cdot J + 5 + 10 \dots\dots\dots (17)$$

Nota : la cote d'arrivée est égale à la cote radier + hauteur du réservoir (5m) et une charge résiduelle de 10 mètres minimum.

Le calcul des HMT des différents diamètres est présenté dans le tableau suivant :

LONG	DIAM	DEBIT	J	J - m	1.10 x J	V	Hg	Hmt =	Hmt
ml	m	l/s	m/ml		M	m/s	m	Hg+ J +10 +5	adoptée
12330	800	1 388,89	0,008204	101,1521	111,267312	2,8	176,19	302,35	304
12330	1 000	1 388,89	0,002767	34,1211	37,533221	1,8	176,19	213,72	215
12330	1 200	1 388,89	0,001139	14,0414	15,445542	1,2	176,19	191,63	193

Tableau XXIII : Calcul des HMT

**a. Prix de revient d'exploitation :**

DIAM	Puissance P = 9,81.Q.H /r	Prix unitaire	Kwh - annuels P. 20. 365	Prix énergie
mm	Kw	(DA) / Kwh	Kwh - annuels	DA
800	5178	4,52	37 798 773,66	170 850 456,94
1 000	3918	4,52	28 597 756,39	129 261 858,87
1 200	3577	4,52	26 110 994,96	118 021 697,23

Tableau XXIV : Prix d'exploitation de pompage

**b. Calcul des frais d'amortissement :**

Les frais d'amortissement sont calculés en tenant compte de la durée d'amortissement de la conduite (30 ans) et du taux d'annuité national égal à 8,00 % ,

D'où : Annuité =  $i / (1 + i)^n + 1 = 0,0888 \text{ DA} \dots\dots\dots (18)$

DN	Prix conduite	Longueur	Prix	Annuité (DA)	Prix (DA)
800	27376	12200	333 987 200,00	0,0888000	29 658 063,36
1 000	45183	12200	551 232 600,00	0,0888000	48 949 454,88
1 200	84317	12200	1 028 667 400,00	0,0888000	91 345 665,12

**Tableau XXV : Calcul du prix de revient de la conduite**

**c. Bilans des coûts (amortissement- exploitation)**

Le bilan des coûts d'exploitation et des amortissements, est établi sous forme de tableau présenté ci-dessous :

Diamètre intérieur - mm	800 (1)	<b>1000 (2)</b>	1200 (3)
<b>Prix Exploitation - DA</b>	170 850 456,94	<b>129 261 858,87</b>	118 021 697,23
<b>Prix d'amortissement - DA</b>	29 658 063,36	<b>48 949 454,88</b>	91 345 665,12
Total DA	200 508 520,30	<b>178 211 313,75</b>	209 367 362,35

**Tableau XXVI : composition du bilan des coûts**

Pour visualiser le bilan des coûts, nous avons établi le graphique ci-dessous qui illustre bien le diamètre optimal :

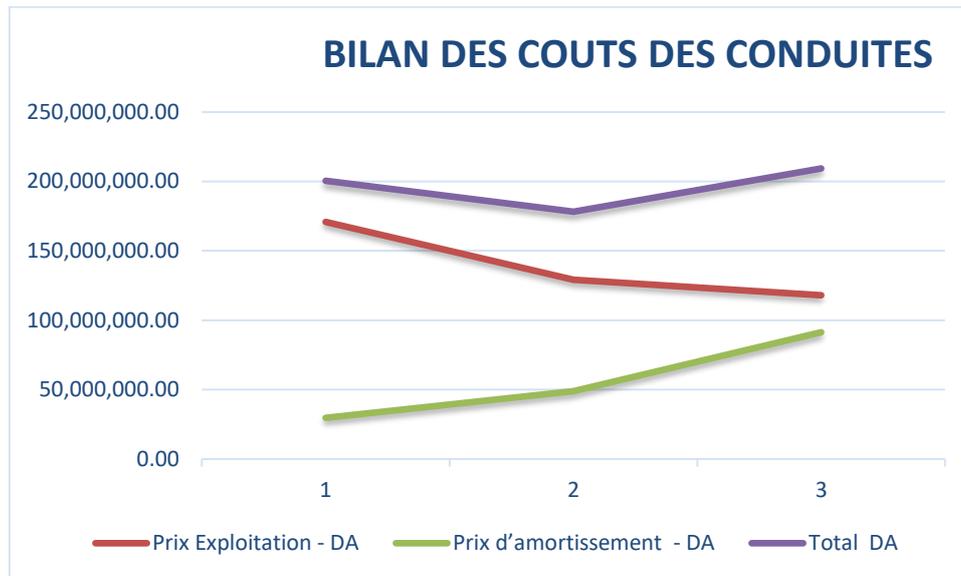


Figure XXVII : Bilan des coûts des conduites

## Conclusion :

Selon le bilan des frais d'amortissement et d'exploitation combinés, le bénéfice va au profit du diamètre DN 1000 ; qui offre le coût le plus bas par rapport aux autres diamètres avec une vitesse de 1.8 m/s.

La future station de pompage doit refouler un débit de 1 389 l/s sur une HMT de **215 m**.

### ➤ **Tracé des conduites d'adductions**

Le tracé des adducteurs décrit précédemment comporte les ouvrages particuliers suivants :

- ◆ Traversées de route : 8 traversées
- ◆ Traversée de conduite gaz : 4 intersections
- ◆ Traversée de conduite d'eau : 5 intersections
- ◆ Traversée d'oueds marqués : 4 traversées.

Des vannes de sectionnement en ligne seront prévues tous les 5 km afin de limiter les temps de vidange et remplissage.

Le tracé comporte des vannes de sectionnement tous les 5 km, des ventouses aux points hauts et des vidanges au point bas ; leur nombre approximatif s'élève à :

Désignation	Ventouses	Vidanges
Tronçon Gravitaire	4	5
Tronçon refoulement	11	11
Vannes de sectionnement	3	3

Tableau XXVII : ouvrages en ligne

#### 4.5 OUVRAGES DE STOCKAGE :

##### Critère de dimensionnement

- **Cote des réservoirs**

Parmi les phénomènes hydrauliques qui posent le plus de problèmes lors de la conception des transferts, il y a les phénomènes hydrauliques transitoires ou coups de bélier. Ces phénomènes sont d'autant plus graves pour les conduites que ces dernières sont longues, de même qu'ils sont d'autant plus atténués que le profil est montant.

Dans la recherche de l'emplacement des réservoirs de régulation on cherchera donc avant tout un site situé en altitude.

Pour la connexion à partir du piquage en amont du RT2, cette disposition est possible, comme l'ont confirmés les relevés topographiques et géotechniques.

Le site choisi pour le réservoir de régulation a été dictée par la possibilité de rentabiliser la pression résultante au point de piquage d'une part et de desservir par gravité la station de pompage.

Concernant la cheminée d'équilibre, les levés topographiques niveau APD ont montré la présence d'un point haut sur cette partie du transfert. Après plusieurs simulations, il a donc été nécessaire d'installer une cheminée d'équilibre à ce point haut situé à la côte 461.06 m NGA. Le transfert entre la cheminée d'équilibre et les réservoirs d'arrivée (R 20 000 m<sup>3</sup> et R 2 x 4000 m<sup>3</sup>) se fera par gravité.

Pour que les volumes des anti-béliers restent dans des valeurs raisonnables, seule l'utilisation d'une cheminée d'équilibre permet d'éviter des dépressions.[14]

- **Dimensionnement « théorique »**

Deux réservoirs sont projetés dans ce transfert pour assurer la fonction de transit et doivent donc être dimensionnés selon des critères suivants:

- **Réservoir de transit du tronçon RT2 – Station de pompage**

Pour des raisons économiques, la production doit être limitée, autant que faire ce peut, aux heures hors pointe, la distribution, a bien lieu toute la journée avec même des heures de pointes de consommation.

Afin d'assurer une distribution constante, même pendant les heures de pointe, le réservoir de transit des eaux issues du RT2 devra avoir un volume permettant de suppléer aux 4 heures d'arrêt et pour un débit de pointe estimé à 20% supérieur au débit moyen.

Le calcul de ce volume donne  $V = 1.157 \text{ m}^3/\text{s} * 3600 * 4 * 1.2 = 20\,000 \text{ m}^3$  .....(19)

$$V = 20.000 \text{ m}^3$$

- **Réservoir de stockage et transit à la STE Sidi Abdelli.**

Le réservoir de tête a pour principale vocation d'assurer un volume de régulation nécessaire au bon fonctionnement de la station de pompage. En effet la station de pompage fonctionne en 24h/24, tandis que le pompage à partir de la station de projetée se fait en 20h/24. Le réservoir projeté devrait disposer d'un volume permettant à la station de pompage de Sidi Abdelli de fonctionner en continu, même durant l'arrêt de pompage de 4 heures durant les heures de pointe de la station de transit acheminant les eaux de la SDEM de Honaine.

Pour la détermination du volume du réservoir, nous avons établi un diagramme prenant en compte les volumes entrants et ceux sortants. Il ressort un excédent de 15 833 m<sup>3</sup> à 19 heures et un déficit de 833 m<sup>3</sup> à 23 heures.

Le volume nécessaire pour la régulation est de 16 667 m<sup>3</sup>.

Au regard de la caractéristique du transfert (1.39 m<sup>3</sup>/s sur trois groupes), le volume nécessaire à cette régulation peut être estimé à 20 000 m<sup>3</sup> – capacité normalisée du réservoir.

Ce volume paraît suffisant pour assurer un fonctionnement correct de la station de pompage de la STE de Sidi Abdelli. [14]

### **Implantation et géométrie**

Au regard des formations géologiques trouvées au droit du site, le réservoir sera de type semi enterré. Le réservoir sera de type rectangulaire. Cette étude fixe les éléments suivants : [14]

- la géométrie du réservoir en fonction de la configuration du site d'accueil.
- la réalisation d'un ou de plusieurs compartiments de stockage.

### **Recherche d'uniformisation et tableau de synthèse**

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques du réservoir de transit à inclure dans le projet de transfert. [14]

Le tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques des réservoirs du projet.

**Tableau XXVIII** : Caractéristiques du réservoir de transit

Désignation	Volume Théorique (m3)	Nombre de réservoirs	Type
R transit	20 000	2	Semi-enterré

## **4.6 STATION DE POMPAGE:**

### **Conception de la station de pompage**

La station de pompage à mettre en œuvre est de type station de pompage sur réservoir de transit vers le réservoir de la STE de Sidi Abdelli.[14]

- **Caractéristiques électromécaniques**

#### **Débit unitaire**

Le débit d'équipement de la station SP majoré de 4% pour tenir compte des tolérances sur la fabrication des pompes, soit respectivement **1444.56 l/s**.

Ce débit global sera réparti sur 3 groupes de pompage plus un de secours, soit un débit unitaire respectivement **482 l/s**.

#### **Qualité des eaux**

La qualité des eaux pompées sera celle des eaux traitées au niveau de la SDEM de Honaine arrivant au RT2.

#### **Hauteur Manométrique**

La hauteur manométrique résulte des calculs de la ligne piézométrique

Pour une vitesse de rotation de 1450 tr/mn, cette hauteur conduit à choisir des pompes multicellulaires.

En pratique cette hauteur correspond en grande partie à la compensation des pertes de charges dans l'adducteur aval; ceci conduit à préconiser la mise en œuvre de vitesse variable qui permettra des économies d'énergie lors du fonctionnement à débit partiel.

Tableau XXIX : Caractéristiques de la station de pompage

Désignation	Valeurs
Point de départ	Station de pompage
Point d'arrivée	Cheminée d'équilibre
Longueur de refoulement (m)	12 330
Cote au point de départ de la SP (m NGA)	296.00
Cote trop plein du point d'arrivée (m NGA)	<b>472,19</b>
Débit nominal l/s	1444.56
Diamètre de refoulement (mm)	<b>1 000</b>
Hg (m)	<b>176,19</b>
Perte de charge au refoulement (m)	<b>40,37</b>
<b>HMT (mCE)</b>	<b>214,62</b>
Nombre de pompes installées	03 et 01 de secours (2P+01)
Montage des pompes (Pompes identiques)	En parallèles
Débit unitaire de chaque pompe (l/s)	482

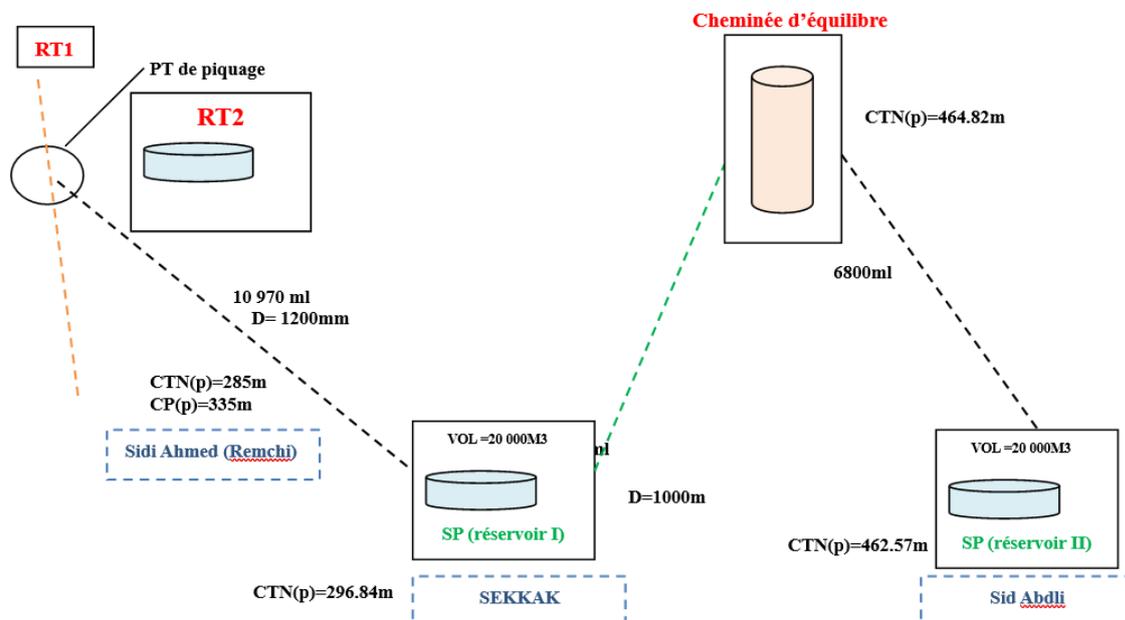


Figure XXVIII : schéma du projet

**Point de fonctionnement :**

**1. Utilisation d'un logiciel du constructeur KSB :**

Le logiciel fabriqué par le constructeur KSB permet de sélectionner un point de fonctionnement en lui donnant une base de donnée sur la conduite de refoulement à savoir (longueur, nature du matériaux, cote de départ et d'arrivée, débit refouler, le montage des pompes et la hauteur totale d'élévation.) pour permettre d'aboutir au choix suivant .[14]

**Courbe de fonctionnement avec 3 pompes en parallèles :**

Baureihe-Größe Type-Size Modèle	Tipo Serie Tipo	Neendrehzahl Nom. speed Vitesse nom.	Velocità di rotazione nom Nominaal toerental Revoluciones nom.	Laufrad-Ø Impeller Dia. Diamètre de roue	Ø Girante Ø Waaier Ø Rodete	 N. V. KSB Belgium S. A. Zoning Industriel Sud 1301 WAVRE
Omega 300-860A		1448 1/min		795.2 mm		
Projekt Project Projet	Progetto Projekt Proyecto	Angebots-Nr. Project No. No. de l'offre	Offerta-No. Offertenr. Offerta-No.	Pos.-Nr. Item No. No. de pos.	Pos.Nr. Positiennr. Pos.-Nr.	
9974057592 Honaine - RT2		Q : 5202 m <sup>3</sup> /h - H : 210 m		Variation de vitesse 3 pompes //		

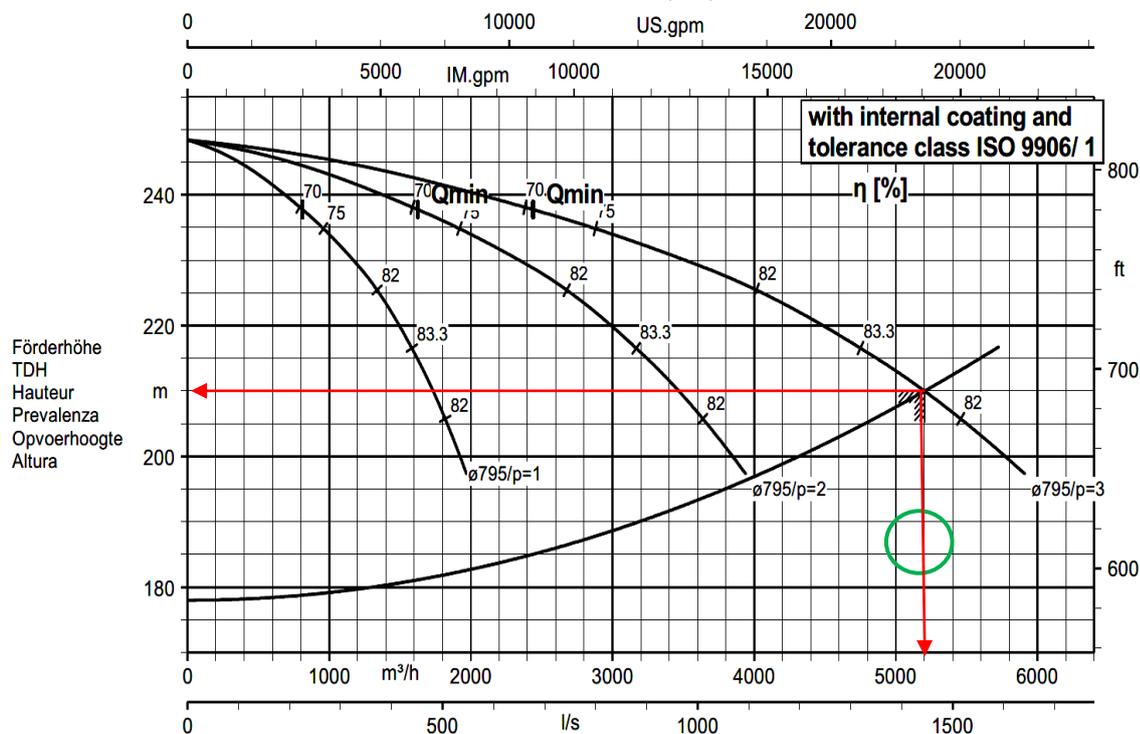


Figure XXIX : Courbe de fonctionnement avec 3 pompes

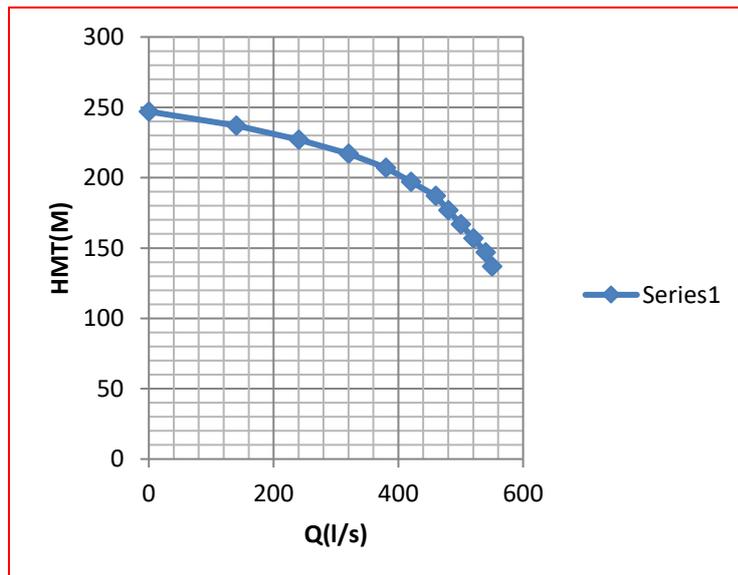
**$Q_f = 1445 \text{ l/s}$  et  $H_{MT} 210 \text{ m}, (20)$**

## 2. Utilisation manuelle sur (EXCEL) :

On à commencer à construire la courbe caractéristique de la pompe (débutance) fournie par le constructeur pour une seule pompe, 02 pompes en parallèles et puis 03 pompes en parallèles.

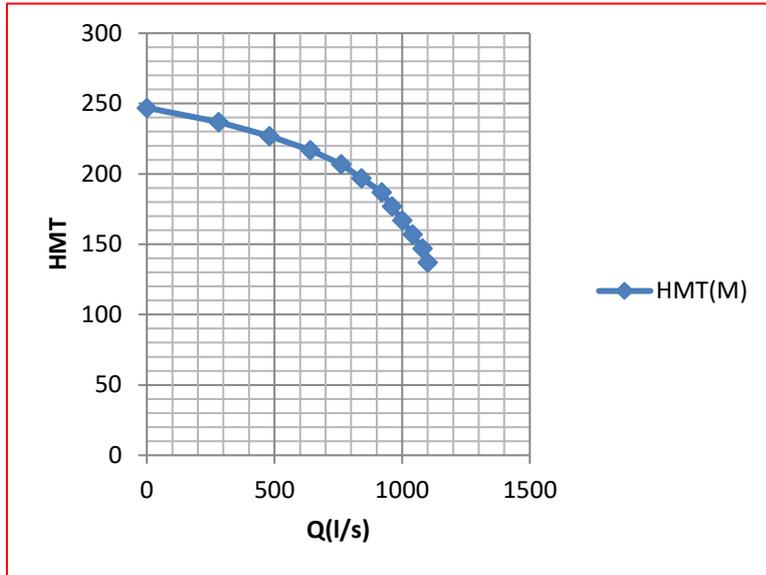
Nous avons construit la courbe de la conduite (résistance) en utilisant la formule de **Hazen-Williams** pour estimer la hauteur manométrique (HMT).

Les courbes –débutance et résistance sont construite sur un même graphique pour en déduire le point de fonctionnement graphiquement.



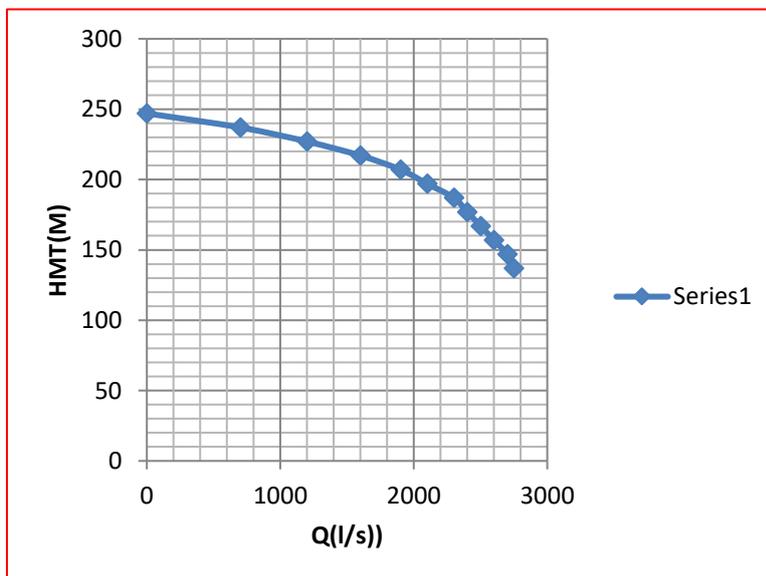
Q1(l/s)	HMT(M)
0	247
140	237
240	227
320	217
380	207
420	197
460	187
480	177
500	167
520	157
540	147
550	137

Graphe01 : courbe de la débitance  $Q=f(H)$  de la pompe 01 donnée par le constructeur (KSB)



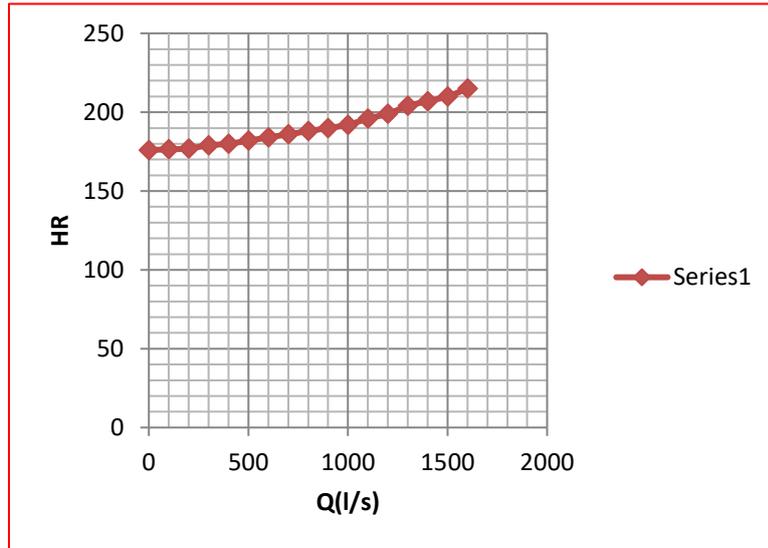
Q2(l/s)	HMT(M)
0	247
280	237
480	227
640	217
760	207
840	197
920	187
960	177
1000	167
1040	157
1080	147
1100	137

Graph02 : courbe de la débitance  $Q=f(H)$  de 02 pompes identiques montés en parallèles données par le constructeur (KSB)



Q3(l/s)	HMT(M)
0	247
700	237
1200	227
1600	217
1900	207
2100	197
2300	187
2400	177
2500	167
2600	157
2700	147
2750	137

Graph03 : courbe de la débitance  $Q=f(H)$  de 03 pompes identiques montés en parallèles données par le constructeur (KSB).

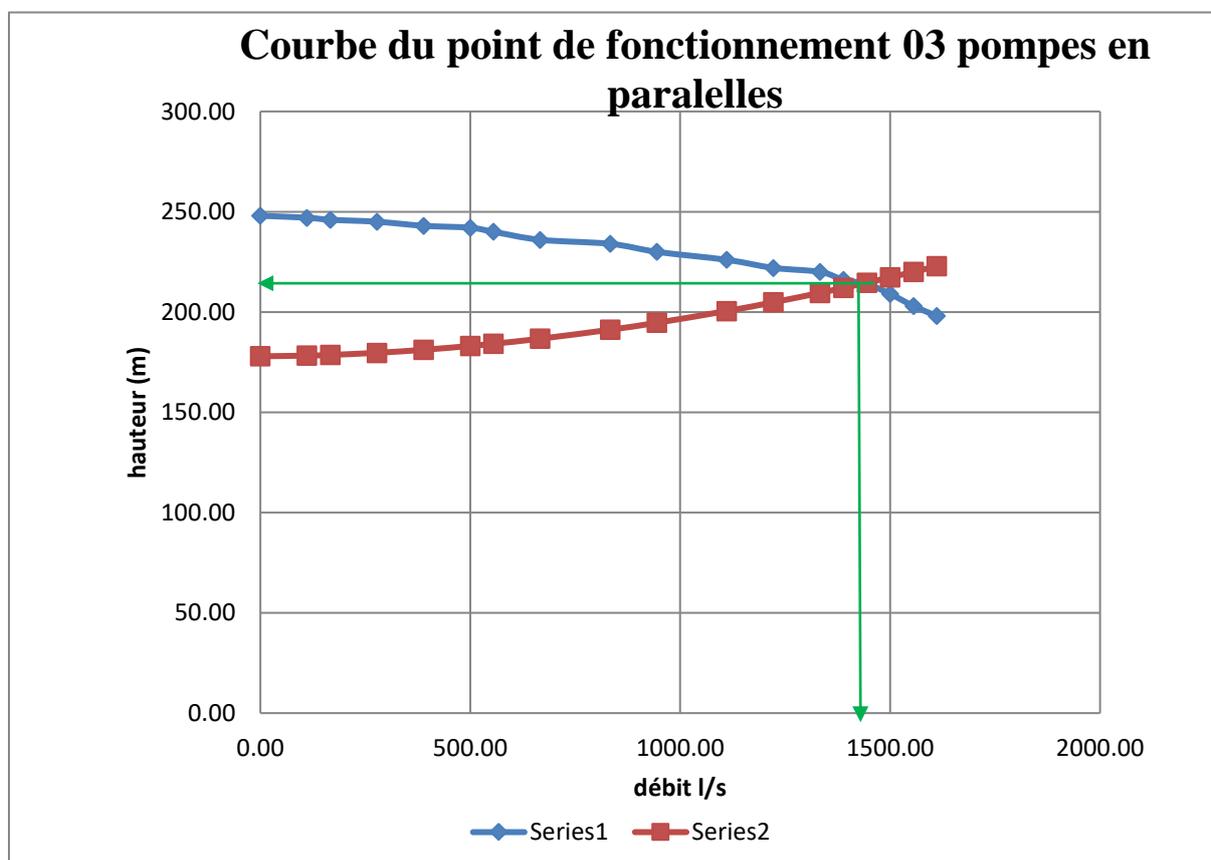


Q(l/s)	HR
0	176,19
100	176,5
200	177
300	179
400	180
500	182
600	184
700	186
800	188
900	190
1000	192
1100	196
1200	199
1300	204
1400	207
1500	210
1600	215

**Grphe04 : courbe de la résistance  $H=f(Q^2)$  de la conduite (perte de charge Totale)**

Données de base des courbes de la pompe et de la perte de charge :

	Courbe des 03 pompes en parallèles( <b>Débutance</b> )	courbe de la conduite ( <b>Résistance</b> )
<b>Q(l/s)</b>	<b>H(m)</b>	<b>H(m)</b>
0,00	248,00	177,93
111,11	247,00	178,25
166,67	246,00	178,60
277,78	245,00	179,66
388,89	243,00	181,16
500,00	242,00	183,07
555,56	240,00	184,18
666,67	236,00	186,69
833,33	234,00	191,18
944,44	230,00	194,63
1111,11	226,00	200,50
1222,22	222,00	204,86
1333,33	220,00	209,57
1388,89	216,00	212,05
1444,44	214,00	214,62
1500,00	209,00	217,28
1555,56	203,00	220,02
1611,11	198,00	222,85



Grphe05 : courbe du point de fonctionnement débutance et résistance  $Q=f(H)$  et  $H=f(Q^2)$  pour 03 pompes montées en parallèles ( $Q_f = 1445 \text{ l/s}$  et  $H_{mt} = 214,62 \text{ m}$ )

### *Puissance unitaire*

La puissance unitaire de groupes selon de la manière suivantes :

$$P = \frac{g \cdot Q \cdot HMT}{n} \dots\dots\dots (21)$$

P : Puissance absorbé

Q : Débit (m<sup>3</sup>/s)

HMT : Hauteur de manomètre Total

N : Rendement

*Tableau XXX* récapitulatif du fonctionnement entre la vitesse fixe et la vitesse variable

Point de fonctionnement	Vitesse (tr/min)	Débit total (m <sup>3</sup> /h)	Nombre de pompe	Débit unitaire (m <sup>3</sup> /h)	HMT (mCE)	Rendement (%)	Puissance absorbée unitaire (kW)	Puissance absorbée totale (kW)
3/3 x débit nominal	<b>1448</b>	5202	3	1734	214.62	80%	1200	3600

### *Note explicative :*

Les courbes ci-dessus montrent le point de fonctionnement au débit nominal de **5202 m<sup>3</sup>/h** à **214,62 mCE** avec 3 pompes en fonctionnement. La courbe du réseau coupe la courbe de la pompe dans la zone de rendement optimum.

La puissance hydraulique absorbée est de l'ordre de 3600 kW pour les 3 pompes, soit environ 1200 kW par pompe.

**CHAPITRE IV :**

**PROTECTION**

**CONTRE LES**

**COUPS DE BELIER**

## **I.Introduction**

L'objet de ce chapitre porte sur l'analyse théorique puis physique du phénomène transitoire en tant que régime d'écoulement.

Dans ce chapitre nous allons donner un aperçu bibliographique sur le régime transitoire et définir quelques types d'écoulement que l'on rencontrera au cours de notre travail, puis en se penchant sur l'analyse physique du coup de bélier.

## **II.Phénomène du coup de bélier :**

### **II.1. Définition :**

Le coup de bélier étant un cas particulier du régime transitoire, est un phénomène oscillatoire qui se manifeste dans les conduites en charge à écoulement gravitaire ou par refoulement.

On entend aussi sous le terme « coup de bélier » un écoulement non permanent du liquide accompagné des variations pratiquement sensibles de la pression qui peuvent devenir dangereuses pour la tuyauterie. Ces variations résultent d'une perturbation des conditions permanentes d'écoulement.

C'est le nom que l'on donne à une onde de choc hydraulique, lorsqu'un liquide non compressible comme l'eau, est stoppé net dans une canalisation. Autrement dit, c'est l'arrêt brutal de la circulation de l'eau lorsqu'un robinet (ou tout autre appareil) se ferme.

### **II.2. Causes du coup de bélier :**

Le coup de bélier est un phénomène oscillatoire dont les causes les plus fréquentes sont les suivantes :

- L'ouverture ou la fermeture des vannes dans les conduites en charge à écoulement gravitaire.
- La mise en marche ou l'arrêt des pompes dans les conduites en charge par refoulement.
- Le remplissage ou la vidange d'un système d'AEP.
- Modification de la vitesse d'une pompe.
- Une variation du niveau d'un réservoir à une extrémité du réseau.
- La disparition de l'alimentation électrique dans une station de pompage qui est la cause la plus répandue du coup de bélier.
- La mise en marche ou la modification de l'opération d'une turbine.

### **II.3. Risques dus aux coups de bélier :**

#### **a. Cas de 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 10m CE il se produit une poche de cavitation. Si le profil en long de la canalisation est déformable la canalisation peut être aplatie par implosion et les joints peuvent être 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 pour le matériau de la canalisation même si leur amplitude est faible.

### **II.4. Types de protection contre le coup de bélier :**

#### **1. VOLANTS D'INERTIE :**

Le volant d'inertie est un dispositif permettant d'augmenter le temps d'arrêt de la pompe, grâce à l'énergie qu'il accumule pendant la marche normale.

Lorsque la pompe cesse d'être alimentée en énergie, elle continue à fonctionner par l'énergie cinétique de sa roue (généralement très faible) et de celle de l'eau, qui le plus souvent ne suffit pas pour assurer l'écoulement pendant un temps suffisant. Le volant d'inertie est donc un moyen de mettre progressivement en réserve, lors du démarrage de l'installation, une quantité d'énergie supplémentaire, sous forme cinétique, celle-ci est ensuite rendue à l'eau à travers la pompe au ralentissement progressif du volant et de celle-ci.

## 2. RESERVOIRS D'AIR :

Le réservoir d'air est une réserve d'eau qui se vide pour combler les dépressions et grossit pour absorber les surpressions.

Le principe de fonctionnement est le même que pour les cheminées d'équilibre. La différence provient de ce que cette réserve n'a pas une surface libre à la pression atmosphérique mais se trouve à la pression absolue du fluide à l'endroit où est piqué le ballon. C'est le volume d'air enfermé dans le ballon qui régularise les variations de pression du liquide en se comprimant ou en se détendant au gré des besoins

### –Description technologique :

Au point de vue technologique, on peut distinguer deux grands types de ballon :

#### –Les ballons à membrane ou à vessie :

L'air et l'eau n'y sont pas en contact, ce qui évite la dissolution de l'air dans l'eau. On n'a donc pas le problème de rétablir de façon périodique le volume d'air nécessaire au bon fonctionnement du ballon. Ces ballons doivent être pré-gonflés à la pression de pré-gonflage désirée.

De point de vue sécurité, le liquide n'est pas en contact avec la partie métallique du vase. Le risque de corrosion est donc supprimé. Le tube de niveau permet de contrôler à tout moment le volume de liquide contenu dans la vessie.

#### - Les ballons sans membrane :

Leurs inconvénients proviennent du contact air-eau : l'air se dissolvant dans l'eau, il est nécessaire d'avoir en permanence un compresseur qui rétablit périodiquement et automatiquement le volume d'air dans le ballon. Cette complication pose alors le problème des fuites, soit fuite d'air lorsque l'alimentation d'air arrive par le dessus du ballon, soit fuite d'eau dans le compresseur lorsque cette alimentation se fait par le bas du ballon.

## 3. CHEMINEES D'EQUILIBRE :

La cheminée d'équilibre est une réserve d'eau en contact permanent avec la conduite et dont la surface libre traduit exactement les variations de pression du fluide.

La cheminée doit donc avoir une section assez large pour combler la dépression sans se vider complètement et doit être assez haute pour ne pas déborder lorsqu'une surpression fait monter son niveau. La présence d'une cheminée modifie le mouvement transitoire engendré par une disjonction. Au lieu d'un mouvement oscillatoire de période  $\frac{4L}{a}$

caractéristique du coup de bélier d'onde, s'instaure un mouvement oscillatoire de période plus grande, l'oscillation en masse. [13]

**–Types de cheminées :**

**–Cheminée à étranglement:**

Un étranglement à la base de la cheminée produit des pertes de charge importantes qui contribuent à :

- Réduction de l'amplitude des oscillations et par conséquent la hauteur atteinte par l'eau dans la cheminée.
- Amortissement des oscillations, qui s'ajoute à celui créé par les pertes de charge dans la galerie d'amenée.

**–Cheminée à épanouissement :**

Il est possible de réduire le volume total de l'excavation en donnant à la cheminée une forme évasée vers le haut.

**–Cheminée différentielle:**

Elle comporte deux chambres C1 et C2 de sections différentes S1 Et S2 alimentées en dérivation sur la galerie d'amenée.

## **4. SOUPAPES DE DECHARGE:**

**–Description générale:**

La soupape de décharge est définie comme étant un appareil anti-bélier qui écrête les surpressions en dérivant un certain débit à l'extérieur de la conduite dès que la pression dépasse une certaine valeur de réglage, estimée généralement à  $1,04 \div 1,1$  de la pression maximale admissible. Ces appareils font intervenir un organe mécanique, un ressort à boudin généralement, qui par sa compression obture en exploitation normale, un orifice placé sur la conduite au point à protéger, c'est à dire où la compression à craindre est maximale. L'ouverture doit pouvoir s'effectuer très rapidement pour que l'opération soit efficace. Il importe donc de réduire à l'extrême l'inertie de ces appareils et c'est sur ce point que les efforts de constructeurs ont particulièrement porté.

Généralement, chez les constructeurs, deux systèmes sont utilisés pour assurer la fermeture de la soupape jusqu'à la pression de consigne :

- a) Un ressort maintient un clapet contre l'orifice du corps de la soupape
- b) C'est la propre pression de l'eau agissant sur les deux faces d'un piston qui maintient la soupape fermée tant qu'elle ne dépasse pas une certaine valeur.

## **II.5 CHOIX DU TYPE DE PROTECTION :**

Nous avons adopté le reservoir d'air comme système de protection contre le coup de belier pour les raisons suivantes :

- Le plus utilisé en pratique.
- Disponible sur le marché algérien.
- Assure un entretien facile.
- Moins couteux par rapport à l'autre système de protection

## **II.6. Dimensionnement du réservoir d'air**

### **Méthode de PEUTCH et MEUNIER**

Afin de déterminer le volume du réservoir d'air  $U_0$ , on doit utiliser les abaques de PEUTCH et

MEUNIER qui ont les trois nombres adimensionnels suivants :  $K = \frac{H_{abs} - H_0}{H_0}$  : qui

caractérise les pertes de charge,

$$A = \frac{CV_0}{gH_0} \quad : \text{ Qui caractérise la conduite de refoulement,..... (22)}$$

$$B = \frac{V_0^2}{gH_{abs}} \frac{LS}{U_0} \quad : \text{ Qui caractérise le volume d'air du réservoir anti-bélier. .... (23)}$$

Avec :

C : La célérité d'onde de coup de bélier,

$V_0$  : La vitesse de l'écoulement en régime permanent,

$H_0$  : La pression statique absolue,  $H_0 = H_g + 10$

$H_{abs}$  : La pression de service absolue,  $H_{abs} = H_g + 10 + \Delta h$

$\Delta h$  : Les pertes de charge,

L : La longueur de la conduite,

S : La section de la conduite.

La méthode se résume dans les étapes suivantes :

- 1- Calculer la célérité d'onde C et la vitesse de l'écoulement en régime permanent  $V_0$ .
- 2- Calculer les paramètres A et K et en déduire B

3- la valeur de B permet de calculer  $U_0$  .

4- Calculer  $U_0$ ,  $U_0 = \frac{V_0^2}{gH_{abs}} \frac{LS}{B}$  .....(24)

5- Déterminer le volume d'air maximum qui correspond à la pression minimale

$$U_{amx} = U_0 \left( \frac{H_{abs}}{P_{min}} \right)^{\frac{1}{1,2}}$$
 ..... (25)

**a) Calculs et resultats:**

❖ **Surppression:**

$$H_{max} = Hg + \frac{c \times v_0}{g}$$
 ..... (26)

❖ **Depression:**

$$H_{min} = Hg - \frac{c \times v_0}{g}$$
 ..... (27)

**Où :**

V : Vitesse d'écoulement de l'eau en régime permanent (m/s).

C : Vitesse de propagation ou célérité (m/s).

g : Accélération de la pesanteur (g=9,81m /s<sup>2</sup>).

Hg : hauteur géométrique (m).

$$Hg = C_{TP} - C_{SP}$$
 ..... (28)

$C_{TP}$ : Cote d'arrivée du trop-plein de la cheminée d'équilibre (472,19 m NGA)

$C_{SP}$ : Cote de départ de la station de pompage (296,00 m NGA)

❖ **Vitesse d'onde (régime transitoire)**

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + (k \cdot \frac{D}{e})}}$$
 .....(29)

D : diamètre intérieur de la conduite en (1,00m) ;

C : vitesse d'onde en m/s ;

e : épaisseur du tuyau (14mm) ;

K : coefficient dépendant du matériau constituant la canalisation (K=0.5).

❖ **Vitesse ( régime permanent):**

$$v_0 = \frac{Q}{s}$$
 ..... (30)

Les différentes valeurs de K en fonction du matériau

Tableau XXXI : Les différentes valeurs de K en fonction du matériau

Matériaux	K
Fonte grise	1
Fonte ductile	0.6
<b>Acier</b>	<b>0.5</b>
PVC	33
Béton	20

Tout calcul fait aboutira à ;

$$V_0 = 1,84 \text{ m/s.}$$

$$C = 1080,09 \text{ m/s}$$

$$D = +\frac{C \times V_0}{g} \dots\dots\dots(31)$$

$$D = 202,60 \text{ m}$$

### La valeur maximale de la surpression

$$H_s = H_g + D = 176,19 + 202,60 = 378,80 \text{ m} \dots\dots\dots(32)$$

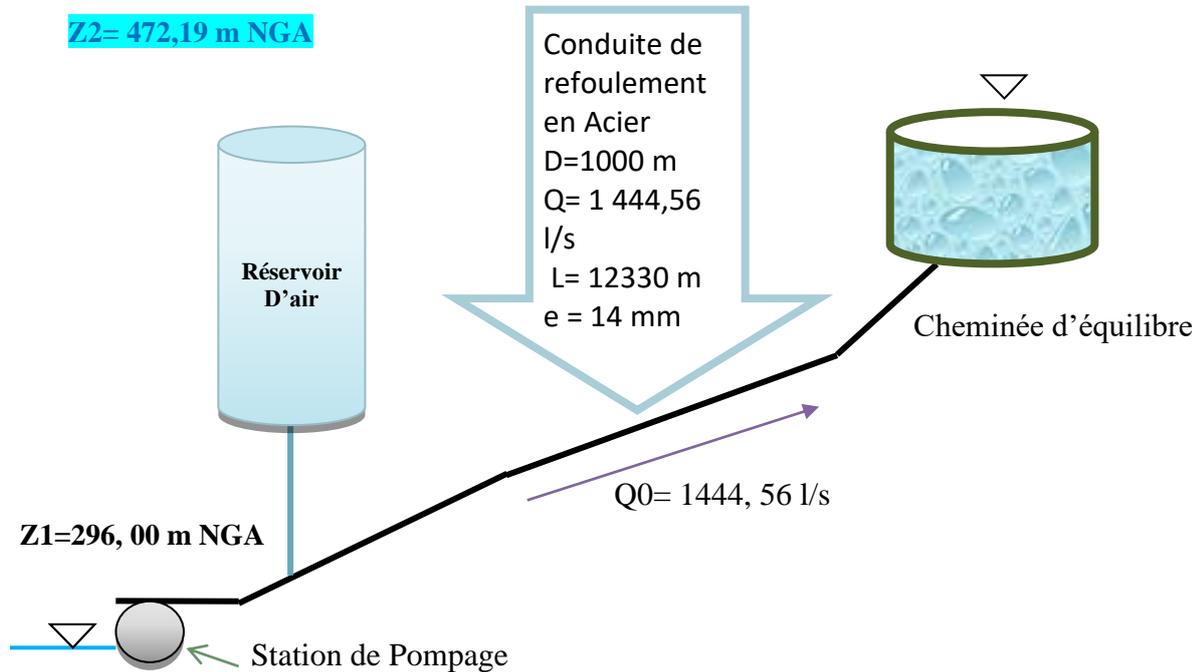
### La valeur minimale de la dépression

$$H_d = H_g - D = 176,19 - 202,60 = -26,42 \text{ m} \dots\dots\dots(33)$$

### Conclusion

Il est nécessaire de prévoir une protection anti-bélier contre la dépression (-26,42 mCE) et la surpression (+378,80 m CE)

b) Dimensionnement du reservoir d'air:



- $V_c = S \times L.$
- $\Delta Z = Z2 - Z1$
- $S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$

Avec

**Z1 : cote de départ = 296 m.**

**Z2 : cote d'arrivée = 472,19m.**

Patm : pression atmosphérique = 10m.

Pert : les pertes de charge totales le long de la conduite= 40,37 m.

P(imposé) : pression imposé 20 bars.

k: coefficient qui tient en compte de la nature de la conduite (Acier K = 0.5).

• **LES RESULTATS :**

Calcul de k :

$$K = \frac{H_{abs} - H_0}{H_0} \dots\dots\dots (34)$$

Habs = 224,52 m

H0 = 186,19 m

**K= 0.21**

**Calcul de A :**

$$A = \frac{CV_0}{gH_0} \dots\dots\dots(35)$$

V0 = 1,84 m/s                      H0 =186,19 m                      C=1080.09 m/sA = **1.09**

D’après la courbe de DUBIN nous avons trouvé la valeur de

Pour K = 0.2 et A= 1.09 on trouve **B = 0,5**

**Calcul d’air du réservoir anti-bélier U0**

$$U_0 = \frac{V_0^2}{gH_{abs}} \frac{LS}{B} \dots\dots\dots(36)$$

**U0 = 29 ,81 m3**

**Calcul d’air du réservoir anti-bélier Umax**

$$U_{amx} = U_0 \left( \frac{H_{abs}}{P_{min}} \right)^{1,2} \mathbf{Pmin = 220 Mce} \dots\dots\dots(37)$$

**Umax = 30,28 m3**

**Conclusion :**

Nous pouvons adopter un réservoir d’air de 30.000 litres comme moyen de protection à notre projet.

### III. cheminee d'EQUILIBRE:

#### 1. INTRODUCTION

La cheminée d'équilibre est l'un des dispositifs classiques et anciens de protection contre le coup de bélier. Cet organe de protection a connu de larges applications et développements dans les installations hydrauliques.

Appelé parfois chambre d'équilibre, il sert à protéger les conduites d'adductions des surpressions et des dépressions dues aux variations de régime de marche des pompes à travers les conduites forcées, pour pallier aux effets nuisibles des surpressions et dépressions, surtout sur les points hauts des tracés des conduites.

Cette chambre d'équilibre absorbe les pressions dynamiques transmises par la conduite forcée.

#### 2. DIMENSIONNEMENT DE LA CHEMINÉE D'ÉQUILIBRE

En utilisons les relations de Calame et Gaden

Hypothèses de calcul :

- V : Vitesse en régime permanent (m/s)
- L: longueur totale de la conduite
- S : la section de la conduite
- Sc : la section de la cheminée
- J : la perte de charge totale du tronçon aval

$$H_{\max} = V (LxS/gxSc)^{0,5} \dots\dots\dots (38)$$

$$Kc = J/H_{\max} \dots\dots\dots(39)$$

Déterminons le niveau supérieur et le niveau inférieur dans la cheminée d'équilibre par les relations suivantes :

$$H_{\text{inf}}/H_{\max} = 1 - 2/3 kc + 1/9 kc^2 \dots\dots\dots (40)$$

$$H_{\text{sup}}/H_{\max} = 0,973 - 1,326 kc + 0,654 kc^2 \dots\dots\dots(41)$$

**Pour le calcul nous fixons un diamètre de la cheminée de :**

$$DC = 8,60 \text{ m}$$

$$Sc = 58.06 \text{ m}^2$$

$$J = 6.07 \text{ m}$$

$$H_{\max} = 9.24 \text{ m}$$

$$K_c = 0.66$$

$$H_{\text{inf}} = 5.6389 \text{ m}$$

$$H_{\text{sup}} = 3.55 \text{ m}$$

**Côte piézométrique dans la cheminée :**

Cote TN de la cheminée d'équilibre = 464,88 m NGA.

Cote TN du Réservoir d'arrivé = 462.57 m NGA.

$$CP_c = \text{Cote TN du Réservoir d'arrivé} + J \dots \dots \dots (42)$$

$$CP_c = 468.64 \text{ m NGA.}$$

**Côte piézométrique inférieure dans la cheminée :**

$$CP_{\text{inf}} = CP_c - H_{\text{inf}} \dots \dots \dots (43)$$

$$CP_{\text{inf}} = 463.00 \text{ m NGA.}$$

$$CP_{\text{sup}} = CP_c - H_{\text{sup}} \dots \dots \dots (44)$$

$$CP_{\text{sup}} = 472.19 \text{ m NGA}$$

**La hauteur de la cheminée sera de :**

$$H_c = CP_{\text{sup}} - \text{Cote TN de la cheminée d'équilibre} \dots \dots \dots (45)$$

$$H_c = 7,31 \text{ m}$$

On opte pour une hauteur de **Hc = 12 m** à partir de la cote du radier de la cheminée d'équilibre

**CHAPITRE V :**

**COÛT DU PROJET**

**ET DU MÈTRE**

**CUBE D'EAU**

## I. Estimation DU COUT DE L'Aménagement

Les tableaux donnés ci-après constituent une pré-estimation des travaux à réaliser pour la mise en service du transfert tel que décrit dans le présent rapport.

Cette estimation se base sur des prix d'ordre observés pour des marchés similaires dans les dernières années. Ces prix n'intègrent pas les différents coûts que le maître d'ouvrage devra intégrer dans le montage de son opération tels que les acquisitions foncières, la prestation de maîtrise d'œuvre, etc....

Ce chiffrage se base sur les données disponibles au moment de l'établissement de l'APS et sera repris et détaillé durant la phase d'APD en intégrant notamment les résultats des investigations géotechniques et des dimensionnements qui sont prévus à cette phase. [11]

## II. Adductions [11]

Désignation	Cout - DA
Canalisation	3 449 454 000
Terrassement/ remblaiement	174 000 000
Ouvrages divers (vidange, ventouse, traversées de routes et des oueds, ...)	70 000 000
Divers et non métrés	554 018 100
<b>Total</b>	<b>4 247 472 100</b>

Tableau XXXII : Cout des adductions

## III. Réservoirs [11]

Génie civil	terrassment	Equipements/ canalisations	divers	Total
180 000 000	27 000 000	32 400 000	12 000 000	<b>252 360 000</b>

Tableau XXXIII: Cout du réservoir

**IV. Stations de pompage**

Le cout de la station de pompage s'établit comme suit: [11]

**Tableau XXXIV :Cout de la station de pompage**

	<b>S.P</b>
Equipements électromécaniques (Y/C tuyauterie)	97 800 000
Equipements électriques	14 670 000
Génie civil terrassement	29 340 000
Divers et non m trés	14 670 000
<b>TOTAL</b>	<b>156 480 000</b>

## V. Supervision et Télégestion [11]

Désignation	Montant
CPT	10 000 000
PS	6 000 000
Terminaux	3 000 000
Bâtiment de télé contrôle et de maintenance (RdC + étage)	inclus dans SP
Fibres Optique	31 050 000
Divers et non métrés	2 100 000
Total	<b>42 160 000</b>

Tableau XXXV :Cout supervision et télégestion

## VI. Récapitulatif des Investissements

La pré-estimation du montant total des travaux à réaliser dans le cadre du transfert sont résumés ci-après. Une provision pour aléas a également été prévue pour tenir compte des évolutions et des précisions qui seront apportés durant l'établissement de l'APD [11]

Items	Montant kDA HT
<b>Adductions</b>	<b>4 247 472</b>
<b>Réservoirs</b>	<b>251 400</b>
<b>Stations de pompage</b>	<b>156 480</b>
<b>Télégestion</b>	<b>42 160</b>
<b>Aléas (15%)</b>	<b>704 627</b>
<b>TOTAL</b>	<b>5 402 139</b>

Tableau XXXVI : récapitulatif des investissements (Cout du projet)

- Cout des conduites

Les couts des conduites posées, y compris terrassements et ouvrages en ligne pris en compte résultent de l'analyse de marchés de travaux en Algérie et sont les suivants :

Diamètre (mm)	PU (DA/ml)
800	64 787
1000	100 514
1200	131 958

- **Cout de station de pompage**

Le cout des stations de pompage résulte de l'analyse de marchés de travaux en Algérie. Le prix des équipements électromécaniques et électriques ramené au kW installé, qui est fonction du débit pompé, soit 137 995 Da/kW.

Le cout du génie civil est évalué quant à lui à 50% en moyenne du prix des équipements.

- **Amortissements**

Pour chaque investissement, un taux d'amortissement est appliqué. Pour la conduite un taux de 2% est appliqué, ce qui nous donne une durée de vie de 50 ans. Pour les réservoirs et les stations de pompage un taux de 2,5% est appliqué, correspondant à une durée de vie de 40 ans. Enfin, pour les équipements des stations de pompage, on applique un taux de 6,67%, pour une durée de vie de 15 ans.

- **Cout de l'énergie**

Le cout de l'énergie est de 4.52 DA/kWh.

- **Cout de la maintenance et l'entretien**

Le cout de la maintenance et l'entretien annuels est calculé sur les bases suivantes :

- ❖ Canalisations : 1.5% par an,
- ❖ Stations de pompage :
- ❖ Génie civil : 1,5% par an,
- ❖ Equipements : 6% par an,

- **Taux d'actualisation**

Le taux d'actualisation considéré pour capitaliser les dépenses annuelles est de 8%.

**VII. MONTANT DE UN METRE CUBE D’EAU ;**

Le cout du mètre d’eau est donné par la formule suivante :

$$Cout\ du\ metre\ cubed\ 'eau = \frac{CHARGES\ TOTALES}{VOLUME\ D'EAU\ PRODUIT} \dots\dots\dots(46)$$

**1. CHARGES TOTALES :**

Le calcul se fait de la manière suivante

$$CHARGES\ TOTALES = Charges\ (canalisations) + Charges\ (Réservoirs) + Charges\ (Stations\ de\ pompages) + Charges\ (Télégestions)$$

**2. VOLUMES D’EAU PRODUITS :**

Le calcul se fait de la manière suivante :

$$VOLUMES\ D'EAU\ PRODUITS = Besoins\ en\ eau\ (m3/j) \times 365\ jours \dots\dots\dots(47)$$

Ils existent 04 entités pour l’estimation des charges du projet :

➤ **1. Conduites :**

**LES DONNEES DE BASE SONT :**

- Investissement  $I_1 = 4248 \times 10^6$  DA.
- Taux d’accroissement pour l’investissement  $T_1 = 2.5 \%$ .
- Durée de vie de la conduite = **40 ans**.
- Taux d’accroissement pour l’entretien  $T_2 = 0.5 \%$ .
- Taux des charges pour l’exploitation  $T_3 = 1 \%$ .

**EQUATIONS**

➔ La dotation d’amortissement =  $I_1 \times T_1 \dots\dots\dots(48)$

➔ Les charges d’entretiens =  $I_2 \times T_1 \dots\dots\dots(49)$

➔ charge d’exploitation =  $I_1 \times T_3 \dots\dots\dots(50)$ .

Charges totales (canalisation) = La dotation d’amortissement + Les charges d’entretiens+ les charges d’exploitation  $\dots\dots\dots(51)$

Tableau XXXVII Calcul des charges totales Annuelles pour Conduites

investissement (montant H.T) - 10 <sup>6</sup> DA	4248
Duré de vie	40 ans
taux d'amortissement	2,50%
dotation d'amortissement	106,2
charge d'entretien pour conduit (0,5 %) actualisées	21,24
charge d'exploitation (1%) actualisées	42,48

<b>total charges annuelles</b>	<b>169,92</b>	<b>(a)</b>
--------------------------------	---------------	------------

➤ 2. réservoirs :

LES DONNEES DE BASE SONT :

- Investissement  $I_1 = 256.4 \times 10^6$  DA.
- Taux d'accroissement pour l'investissement  $T_1 = 2,00$  %.
- Durée de vie de la conduite = **50 ans**.
- Taux d'accroissement pour l'entretien  $T_2 = 0.5$  %.
- Taux des charges pour l'exploitation  $T_3 = 1$  %.

EQUATIONS

- ➔ La dotation d'amortissement =  $I_1 \times T_1$ .....(48)
- ➔ Les charges d'entretiens =  $I_2 \times T_1$ .....(49)
- ➔ charge d'exploitation =  $I_1 \times T_3$  .....(50).

Charges totales (canalisation) = La dotation d'amortissement + Les charges d'entretiens+ les charges d'exploitation .....(51)

Tableau XXXVIII :Calcul des charges totales Annuelles pour réservoirs

investissement (montant H.T) - 10 <sup>6</sup> DA	252,4
Duré de vie	50 ans
taux d'amortissement	0,02
dotation d'amortissement	5,048
charge d'entretien pour conduit (0,5 %) actualisées	1,262
charge d'exploitation (1%) actualisées	2,524

<b>total charges annuelles</b>	<b>8,834</b>	<b>(b)</b>
--------------------------------	--------------	------------

➤ 3. stations de pompage :

a) GENIE CIVIL

LES DONNEES DE BASE SONT :

- Investissement  $I_1 = 77.235 \times 10^6$  DA.
- Taux d'accroissement pour l'investissement  $T_1 = 2,00$  %.
- Durée de vie de la conduite = **50 ans**.
- Taux d'accroissement pour l'entretien  $T_2 = 0.5$  %.
- Taux des charges pour l'exploitation  $T_3 = 1$  %.

EQUATIONS

- ➔ La dotation d'amortissement =  $I_1 \times T_1$ .....(48)
- ➔ Les charges d'entretiens =  $I_2 \times T_1$ .....(49)
- ➔ charge d'exploitation =  $I_1 \times T_3$  .....(50).

Charges totales (canalisation) = La dotation d'amortissement + Les charges d'entretiens+ les charges d'exploitation .....(51)

Tableau XXXIX Calcul des charges totales Annuelles pour station de pompage :

<b>3.1 Genie-civil (SP)</b>		
investissement (montant H.T) - $10^6$ DA	77,235	
Duré de vie	50	ans
taux d'amortissement	0,02	
dotation d'amortissement	1,5447	
charge d'exploitation (1%)	0,77235	
charge d'entretien pour conduit (0,5 %)	0,386175	
<b>total charges G.C</b>	<b>2,70323</b>	<b>(c)</b>

b) équipements :

LES DONNEES DE BASE SONT :

- Investissement  $I_1 = 154.47 \times 10^6$  DA.
- Taux d'accroissement pour l'investissement  $T_1 = 6.67$ %.
- Durée de vie de la conduite = **15 ans**.
- Taux d'accroissement pour l'entretien  $T_2 = 5$  %.
- Taux des charges pour l'exploitation  $T_3 = 1$  %.

EQUATIONS :

- ➔ La dotation d'amortissement =  $I_1 \times T_1$ .....(48)

- ➔ Les charges d'entretiens =  $I_2 \times T_1$ .....(49)
- ➔ charge d'exploitation =  $I_1 \times T_3$  .....(50).

Charges totales (canalisation) = La dotation d'amortissement + Les charges d'entretiens+ les charges d'exploitation .....(51)

Tableau XL: Calcul des charges totales Annuelles pour équipements

3.2 Equipements (SP)	
investissement (montant H.T) - $10^6$ DA	154,47
Duré de vie	15 ans
taux d'amortissement	0,0667
dotation d'amortissement	10,303149
charge d'exploitation (1%)	1,5447
charge d'entretien pour équipement (5%)	7,7235

**total charges Equipment SP** **19,5713** (d)

➤ 4. Le cout de l'énergie (4,52 DA/KwH)

Tableau XLI : cout de l'énergie

Puissance totale (KW)	41,61
Station de pompage	188,08

charges total annuelles d'énergie **188,077** (e)

charges total es **(1+2+3+4+5) =(6)** **389,106** (f)

➤ 5. production d'eau (m3 /an) =  $36,5 \times 10^6$  m3/an(g)

2 – Calcul du cout du mètre cube d'eau

**CHARGES TOTALES** = Charges (canalisations) + Charges (Réservoirs) + Charges (Stations de pompes) +Charges (Télégestions)

**CHARGES TOTALES** = **389 ,106 . $10^6$ . DA**

**VOLUMES D'EAU PRODUITS** = Besoins en eau (m3/j) x 365 jours =**100.000 x 365**

**VOLUMES D'EAU PRODUITS** = **36,5.  $10^6$  m3/an**

**Cout du M3 -d'eau –DA = (g) / (f) = 10,66 DA/m3**

## CONCLUSION GENERALE :

L'alimentation en eau potable pour une agglomération en générale, repose sur une étude détaillée de la demande totale des besoins en eau, permettant le choix de toutes les composantes du réseau et le bon dimensionnement des ouvrages.

Pour ce qui est du projet de fin d'étude concernant l'Adduction à partir de la station de dessalement de Honaine W. Tlemcen pour le renforcement en AEP de 18 communes de la W. Sidi Belabes il est réalisé A l'horizon 2050 les besoins nécessaires pour l'alimentation des localités sont de l'ordre de 140 365 m<sup>3</sup>/jour.

Il a été décidé par le maître de l'ouvrage d'affecter un débit de 100 000 m<sup>3</sup>/j pour la Wilaya de Sidi Bel Abbés à partir du RT2 – du transfert de la SDEM de Honaine.

Afin de faire une étude techno économique, le choix est porté sur la variante 5 du fait que tous les éléments de comparaison ont des caractéristiques plus réduites ; Longueur (27 342 MI), nombre de réservoir à réaliser (2\*20 000 m<sup>3</sup>) et HMT (moins d'énergie à consommer).

Concernant le dimensionnement de la conduite d'adduction, on a choisi le diamètre le plus économique DN = 1200mm pour les 02 parties gravitaires avec une vitesse acceptable

et DN = 1000mm pour la partie en refoulement qui offre le coût le plus bas par rapport aux autres diamètres avec une vitesse acceptable.

La nature de la conduite est en **Acier**.

Le débit d'équipement de la station S respectivement 1444.56 l/s. Ce débit global sera réparti sur 3 groupes de pompage plus un de secours **pour un montage en parallèle**, soit un débit unitaire respectivement 482 l/s, et d'une hauteur manométrique 214,62 (m.C.E).

Dans le but de la protection de la conduite de refoulement **et la station de pompage** du phénomène du coup de bélier, on a effectué une vérification à ce propos, les résultats de calcul ont montré que notre installation a besoin d'un anti-bélier « 30.000 litres » comme moyen de protection à notre projet et une cheminée d'équilibre pour une hauteur de **Hc = 12 m à partir du radier de cet ouvrage**.

En fin on a estimé le prix du mètre **cubé** d'eau à 10,66 DA/m<sup>3</sup> **pour transférer l'eau dessalé RT2 vers Sidi Belabes**. Ce prix prend en compte toutes les charges d'investissement et d'exploitation.

Il reste à signaler que les résultats de calcul des besoins en eau pour les 18 communes de la wilaya de sidi belabes montrent qu'il y'aura un dépassement de débit en **2035**. A cet effet, il est nécessaire aux collectivités locales de chercher d'autres sources pour l'approvisionnement en eau de la population afin de combler le déficit par le lancement d'une autre étude de renforcement en alimentation en eau potable.

**ANNEXE :**



**Figure XXX : Station de Pompage [11]**



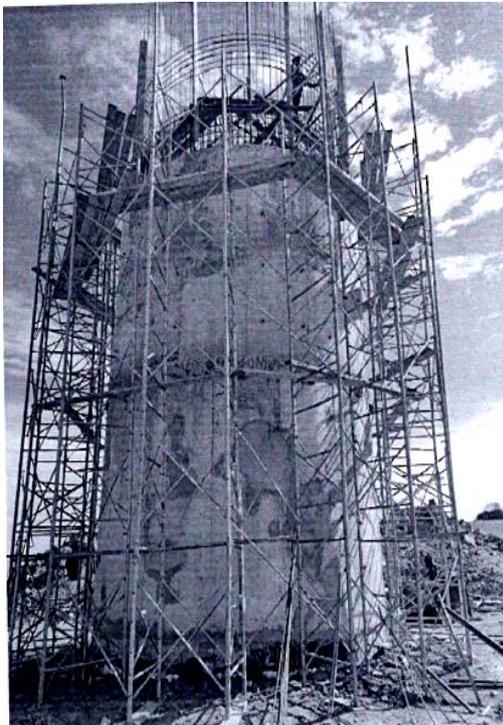
**Figure XXXI : Chambre des équipements de la Station de pompage [11]**



**Figure XXXII : Réservoir semi enterrés [11]**



*Figure XXXIII : Réservoir semi enterrés [11]*



**Figure XXXIV : Construction de cheminée d'équilibre [11]**



**Figure XXXV : la cheminée d'équilibre [11]**

**BIBLIOGRAPHIQUES :**

- [1] Guide technique de l'eau potable, Ministère de la Santé, 2018, L'eau potable : de la source au robinet, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2022, La distribution d'eau potable, Syndicat des Eaux et de l'Assainissement de la Région Parisienne (SEDIF), 2023.
- [2] Cours d'hydraulique, par Jean-Paul Gourdin, Ed. Ellipses, 2014. Traité d'hydraulique, par J.-L. Chambaud, Ed. Lavoisier, 2006. Principes de l'hydraulique, par R. W. Fox et A. T. McDonald, Ed. Pearson, 2013
- [3] Association Française de l'Eau (AFNOR). (2023, 22 septembre). Guide technique de l'adduction et de la distribution d'eau potable. Paris : AFNOR. Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (DGAL). (2022, 15 mars). Instruction relative à la gestion des réseaux de distribution d'eau potable. Paris : DGAL. Institut National de la Recherche Scientifique (INRS). (2021, 20 juillet). Principes de base du stockage d'eau potable. Montréal : INRS.
- [4] Guide pratique de l'eau potable, Ministère de la Santé, 2022. Traitement de l'eau potable, Centre d'information sur l'eau, 2022. Technologies de traitement de l'eau potable, Édition Lavoisier, 2021.
- [5] Norme NF EN 12288 : 2009 - Dispositifs de protection contre les coups de bélier - Partie 1 : Généralités, Guide technique C21-501 : Protection contre les coups de bélier dans les installations d'eau potable (AFNOR).
- [6] "Débitmètre électromagnétique", l'encyclopédie libre. 2023-08-25. (Consulté le 2023-09-13), Entropie, revue scientifique. 2022-07-20. (Consulté le 2023-09-13), Guide technique. Etalonnage et métrologie. 2021-05-03. (Consulté le 2023-09-13).
- [7] AVK France : <https://www.avk.fr/fr-fr/zoom-sur/zoom-sur/ventouses/ventouses-eau-potable-aep>.
- [8] Guide technique AEP 3M - Montpellier Métropole, Norme NF EN 805 - Adductions d'eau potable - Règles générales de conception, de construction et d'exploitation, Règlement sanitaire départemental type.
- [9] Norme NF EN 12266 : Clapets anti-retour : Clapets anti-retour à battant - Exigences et essais.
- [10] Courreges, P. (2020). Régulateurs de pression. Paris : Dunod, Société des Mécaniques et des Hydrauliques (2023). Régulateurs de pression. Saint-Denis : Société des Mécaniques et des Hydrauliques, Association Française de l'Eau (2022). Régulateurs de pression. Paris : Association Française de l'Eau.
- [11] HPE : HYDRO PROJET ENGENRIG (unité opérationnelle ouest)
- [12] ONM Office national de météorologie

- [13] ADE les données partir de l'APD " étude de l'avant-projet détaillée "source Algérienne Des Eaux.
- [14] STRAPHYD "étude pour estimation du cout de projet " source entreprise de réalisation.
- [15] NEE " étude similaire d'une cheminée d'équilibre " source Nationale Environnement et Engineering.
- [16]DR MAROUF.N cours du module "distribution et collectes des eaux urbaines".
- [17]Prof. SALAH. BOUALEM cours du module "Protection contre le coup de bélier
- [18] Cous d'alimentation en eau potable. EHTP. février 2018.
- [19] dessalement d'eau par systèmes d'évaporation sous vide. SERGIO TUSET. Ingénieur chimiste.
- [20] station de dessalement par électrodialyse.
- [21] Couplage d'une unité de distillation membranaire pour le dessalement de l'eau avec l'énergie solaire : modélisation et simulation de fonctionnement
- [22] [www.hydrromca-eshop.eu](http://www.hydrromca-eshop.eu)
- [23] Présentation au sujet: "Explorations fonctionnelles respiratoires"