

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان  
Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –  
Faculté de TECHNOLOGIE



## **MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

**En : HYDRAULIQUE**

**Spécialité : OUVRAGES HYDRAULIQUES**

**Par :**

**Mlle. Lemya Hadjer GUELLIL**

**&**

**Mlle. Amira Chemsse El Houda BEMMOUSSAT**

**Sujet**

**IMPLANTATION D'UN SYSTEME DE DESSALEMENT ET LE  
RACCORDEMENT DU CENTRE BAB KHEROUFA**

Soutenu publiquement, le 26 /06 /2018, devant le jury composé de :

M<sup>me</sup> H. DJEDID

Présidente

M<sup>me</sup>. I. MAROK-  
GUASMI

Encadrante

M<sup>me</sup> C. BOUKLI  
HACENE

Examinatrice 1

M<sup>r</sup>. H. BOUCHELKIA

Examineur 2



# Remerciements



*Avant tout nous remercions DIEU Le tout puissant qui nous a donné la force et la patience pour pouvoir accomplir ce modeste travail.*

*Nous voudrions adresser toute notre gratitude à notre encadreuse M<sup>me</sup>. I MAROK-GUASMI, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.*

*Nous tenons à remercier Mr. LARJIBI et Mr AIDOUNI pour leur patience, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail.*

*Sans oublier Mr. RAMDANI Ingénieur à la station de dessalement de Souk-Tleta*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche et la mise en valeur de ce travail à travers leurs critiques et remarques.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*



*Hadjer & Amira*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail  
à mes très chers parents qui sont la lumière de ma vie,*

*Ma mère, qui a œuvrée pour ma réussite, par son amour, tous les  
sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance  
et sa présence dans ma vie ;*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues  
années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la  
vie. Merci pour l'éducation et le soutien permanent venu de toi ;*

*Et je le dédie à :*

*Mes très chers frères **Bachir** & **Nadjib** qui m'ont aidé et qui sont  
toujours présent à mes côtés.*

*Mes très chères sœurs **Narimane**, **Sanaa** & **Rima** qui m'ont soutenue  
affectivement tous le long de ma formation.*

*A ma chère copine de travail, que je remercie d'avoir été toujours  
compréhensive et patiente.*

*A mes bien aimées **Kawther**, **Hanane** & **Meryem**.*

*A mon patron **Rabie** d'avoir été compréhensif*

*A toute ma famille du petit au grand, à tous les gens qui ont contribué  
dans ma réussite de près ou de loin.*

*A mes camarades de promotion "**Ouvrages Hydrauliques**"  
2017/2018, pour tout ce que nous avons partagé, échangé ensemble  
durant ces années.*

*G. Lemya Hadjer*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail*

*A*

*A mes parents, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour  
Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et  
longue vie.*

*Vos prières et vos bénédictions m'ont été d'un grand secours pour mener à  
bien mes études.*

*A toute ma famille, et mes ami(e)s, que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue  
tout au long de ce projet de fin d'étude*

*Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu,  
le tout puissant, vous réserve et vous accorde santé, longue vie et que du  
bonheur.*

*A mon petit frère Hamza*

*A ma chère amie et copine de travail Hadjer, merci pour ta compréhension.*

*A mes très chères : Meriem & Chahrazed*

*A toute la promotion Ouvrages Hydrauliques 2017/2018.*

*A toute ma famille, petits et grands, ainsi qu'à tous ceux qui me  
connaissent,  
qui m'ont aidé et qui sont toujours présent à mes côtés, avec qui j'ai partagé  
le bon et le mauvais.*

*B. Amira Ghemsse El Houda*

### Résumé

Le problème de pénurie en eau potable se pose encore de nos jours dans de nombreux pays. Le dessalement est une solution pour remédier ce problème, il se fait majoritairement aujourd'hui par osmose inverse. Cependant, ce procédé membranaire est limité en facteur de concentration en raison de la pression osmotique qui augmente avec la concentration en sels.

Notre travail traite dans son ensemble deux parties :

La première partie qui est la partie théorique, qui consiste à donner un aperçu sur les propriétés des différents procédés de dessalement en général. Nous avons trouvé le dessalement d'eaux de mer par osmose inverse avec une description de la station de dessalement de Souk-Tleta.

La deuxième partie **consiste** à dimensionner le raccordement de la station de dessalement de Souk-Tleta au réservoir de 2000 m<sup>3</sup> de capacité situé à Bab Kharouffa

L'accroissement démographique de la région justifie largement la faisabilité du projet. Le transfert est dimensionné pour répondre aux besoins des agglomérations à l'horizon 2030. En tenant compte du relief, et les caractéristiques hydrauliques qui nous avons permis à terme de choisir les types des canalisations.

**Mots clés** : Raccordement, Bab Khroufa, Station de dessalement, Souk-Tleta, Osmose inverse.

### Abstract

The problem of shortage of drinking water still arises today in many countries. This desalination is currently mainly done by reverse osmosis. However, this membrane process is limited in concentration factor due to the osmotic pressure of seawater which increases with the concentration of salts.

Our work deals with two parts as a whole:

The first part, which is the theoretical part, consists of giving a general overview of the properties of the various desalination processes in general and with a little detail. We talked about reverse osmosis water desalination complete with a description of the Souk-Tleta desalination plant.

The second part, which is the experimental part, consists in dimensioning the connection of the Souk-Tleta desalination plant to the 2000 m<sup>3</sup> capacity reservoir located at Bab Kharouffa.

The population growth of the region largely justifies the feasibility of the project. The transfer is sized to meet the needs of agglomerations by 2030. Also, and taking into account the relief, and the pressure we chose the types of pipes.

**Keywords**: Connection, Bab Khroufa, Desalination plant, Souk-Tleta, Reverse osmosis.

### ملخص

لا تزال مشكلة نقص مياه الشرب موجودة اليوم في العديد من البلدان. ان تحلية المياه هي الحل لعلاج هذه المشكلة، والآن في الغالب عن طريق التناضح العكسي. ومع ذلك ، فإن عملية الغشاء هذه محدودة في عامل التركيز بسبب الضغط الأسموزي لمياه البحر والذي يزداد مع تركيز الأملاح.

ينقسم بحثنا الى قسمين: الجزء الأول، وهو الجزء النظري ، يتكون من تقديم لمحة عامة عن خصائص عمليات التحلية المختلفة بشكل عام. تحدثنا عن تحلية مياه التناضح العكسي كاملة مع وصف لمحطة تحلية سوق تلاتا.

أما الجزء الثاني، وهو الجزء التجريبي، فيتمثل في تحديد أبعاد ربط محطة تحلية سوق تلاتا إلى خزان سعته 2000 م<sup>3</sup> يقع في باب خروفه.

النمو السكاني في المنطقة يبرر إلى حد كبير جدوى المشروع. حجم النقل يلبي احتياجات التكتلات بحلول عام 2030. مع الأخذ بعين الاعتبار الإغاثة ، والضغط ، اخترنا أنواع الأنابيب.

**الكلمات المفتاحية**: الربط ، باب خروفه ، محطة التحلية ، سوق تلاتا ، التحجيم ، التناضح العكسي.

**Liste des tableaux**

<i>Tableau I.1</i>	<i>Réserves d'eau de la planète</i>	<i>4</i>
<i>Tableau I.2</i>	<i>Composition chimique de l'eau de mer</i>	<i>9</i>
<i>Tableau.III.3</i>	<i>Les seuils limites de la qualité de l'eau traitée</i>	<i>24</i>
<i>Tableau.III.4</i>	<i>Fonctionnement UF Filtration</i>	<i>31</i>
<i>Tableau IV.5</i>	<i>Valeurs de MRS et pour les différents matières de PE</i>	<i>45</i>
<i>Tableau IV.6</i>	<i>Caractéristiques des canalisations en polyéthylène</i>	<i>46</i>
<i>Tableau IV 7</i>	<i>Valeurs de la pression maximale en fonction du SDR</i>	<i>47</i>
<i>Tableau IV 8</i>	<i>Facteur de détimbrage selon la température</i>	<i>48</i>
<i>Tableau IV 9</i>	<i>Résistance et contrainte admissible fixe de polyéthylène</i>	<i>48</i>
<i>Tableau V 10</i>	<i>population de la commune Dar Yaghmoracene et ses localités</i>	<i>66</i>
<i>Tableau V 11</i>	<i>Les besoins domestiques à différents horizons pour la commune Dar Yaghmoracen.</i>	<i>68</i>
<i>Tableau V 12</i>	<i>Les besoins des scolaires</i>	<i>68</i>
<i>Tableau V 13</i>	<i>Les besoins administratifs</i>	<i>68</i>
<i>Tableau V 14</i>	<i>Les besoins sanitaires</i>	<i>69</i>
<i>Tableau V 15</i>	<i>Les besoins socioculturels</i>	<i>69</i>
<i>Tableau V 16</i>	<i>Les besoins commerciaux</i>	<i>69</i>
<i>Tableau V 17</i>	<i>Récapitulation de la consommation moyenne totale</i>	<i>69</i>
<i>Tableau V 18</i>	<i>Besoins d'équipements à long terme</i>	<i>70</i>
<i>Tableau V 19</i>	<i>Besoin en eau sans pertes (m<sup>3</sup>/j)</i>	<i>71</i>
<i>Tableau V 20</i>	<i>Détermination de <math>\Delta HT</math> pour la fonte ductile</i>	<i>72</i>
<i>Tableau V.21</i>	<i>Détermination de <math>\Delta HT</math> pour PEHD</i>	<i>73</i>
<i>Tableau V.22</i>	<i>Frais d'exploitation de la conduite</i>	<i>73</i>
<i>Tableau V.23</i>	<i>Frais d'amortissement de la conduite</i>	<i>73</i>
<i>Tableau V.24</i>	<i>Bilan global des frais du tronçon</i>	<i>74</i>

## *Liste des Figures*

<i>Figure I.1</i>	<i>Le cycle naturel de l'eau</i>	<i>2</i>
<i>Figure I.2</i>	<i>Composition standard de l'eau de mer</i>	<i>10</i>
<i>Figure II.3</i>	<i>Schéma général d'une station de dessalement par Osmose Inverse</i>	<i>13</i>
<i>Figure II.4</i>	<i>Principe de distillation</i>	<i>16</i>
<i>Figure II.5</i>	<i>Distillation a simple effet</i>	<i>17</i>
<i>Figure II.6</i>	<i>Schéma de principe d'un système d'évaporateurs multiples effets</i>	<i>18</i>
<i>Figure II.7</i>	<i>Distillateur à Multi stage flash</i>	<i>18</i>
<i>Figure II.8</i>	<i>Schéma de principe d'une unité d'évaporation avec Compression de Vapeur</i>	<i>19</i>
<i>Figure III.9</i>	<i>Image aérienne de la station de Souk-Tleta</i>	<i>23</i>
<i>Figure III.10</i>	<i>Schéma générale de procédé de dessalement</i>	<i>25</i>
<i>Figure III.11</i>	<i>Processus de traitement</i>	<i>26</i>
<i>Figure III.12</i>	<i>Chambre d'admission d'eau de mer</i>	<i>27</i>
<i>Figure III.13</i>	<i>Coarse Screen and Fine travelling band</i>	<i>28</i>
<i>Figure III.4</i>	<i>Les pompes de la station</i>	<i>29</i>
<i>Figure III.15</i>	<i>Système d'ultrafiltration filtration de la station</i>	<i>30</i>
<i>Figure III.16</i>	<i>Système Ultra filtration d'une station de dessalement.</i>	<i>30</i>
<i>Figure III.17</i>	<i>Rétro lavage.</i>	<i>32</i>
<i>Figure III.18</i>	<i>Réservoir de stockage d'eau filtré et station de pompage</i>	<i>33</i>
<i>Figure III.19</i>	<i>Chaine d'Osmose inverse de la station.</i>	<i>34</i>
<i>Figure III.20</i>	<i>Système à deux compartiments séparés par une membrane semi perméable de type spiral.</i>	<i>36</i>
<i>Figure III.21</i>	<i>Les modules spiraux</i>	<i>36</i>
<i>Figure III.22</i>	<i>Schéma type d'une installation d'osmose inverse.</i>	<i>37</i>
<i>Figure III.23</i>	<i>Réservoir de la chaux.</i>	<i>39</i>
<i>Figure IV.24</i>	<i>Conduite en fonte ductile.</i>	<i>42</i>
<i>Figure IV.25</i>	<i>Canalisation en fonte ductile revêtue extérieurement en mortier de ciment</i>	<i>43</i>
<i>Figure IV.26</i>	<i>Conduite en fonte ductile revêtue extérieurement en polyuréthane</i>	<i>43</i>
<i>Figure IV.27</i>	<i>Assemblage par emboitement par la barre à mine et godet d'excavation</i>	<i>44</i>
<i>Figure IV.28</i>	<i>Conduite en PEHD</i>	<i>45</i>
<i>Figure IV.29</i>	<i>Elément de calcule du SDR.</i>	<i>45</i>
<i>Figure IV.30</i>	<i>Schéma général d'un réservoir.</i>	<i>51</i>

<i>Figure IV.31</i>	<i>Schéma représentant une adduction par refoulement.</i>	53
<i>Figure IV.32</i>	<i>Robinet vanne à opercule.</i>	57
<i>Figure IV.33</i>	<i>Robinet vanne papillon</i>	58
<i>Figure IV.34</i>	<i>Ventouse</i>	58
<i>Figure IV.35</i>	<i>Clapet anti retour</i>	59
<i>Figure IV.36</i>	<i>Calcul du NPSH disponible pour une pompe en dépression.</i>	61
<i>Figure IV.37</i>	<i>Calcul du NPSH disponible pour une pompe en charge.</i>	62
<i>Figure V.38</i>	<i>Situation géographique de la zone d'étude.</i>	65
<i>Figure V.39</i>	<i>Evolution de la population de la Commune de Dar Yaghmoracene et ses localités. Superposition du profil en long 'absolu' sur l'enveloppe des dépressions absolues.-</i>	67
<i>Figure V.40</i>	<i>Abaque de Puech et Meunier</i>	75



**LISTE DES ABREVIATIONS**

<b>ABREVIATIONS</b>	<b>SIGNIFICATIONS</b>
km	<i>Kilomètre</i>
VC	<i>Compression de vapeur</i>
MES	<i>Matières en suspensions</i>
g	<i>Gramme</i>
L/j	<i>Litre par jours</i>
OMS	<i>Organisation Mondiale de la Santé</i>
m <sup>3</sup>	<i>Mètre cube</i>
m	<i>Mètre</i>
m <sup>3</sup> /j/habitants	<i>Mètre cube par jours par habitants</i>
km <sup>3</sup> /an	<i>Kilogramme cube par an</i>
m <sup>3</sup> /s	<i>Mètre cube par seconde</i>
°C	<i>Degré Celsius</i>
H <sub>2</sub> O	<i>Eau</i>
pH	<i>Potentiel d'hydrogène</i>
µS/cm	<i>Micro siemens par centimètre</i>
Ca <sup>2+</sup>	<i>Calcium</i>
Mg <sup>2+</sup>	<i>Magnésium</i>
CO <sub>2</sub>	<i>Dioxyde de Carbone</i>
p.p.m	<i>Partie par millions</i>
g/L	<i>Gramme par litre</i>
NF	<i>Nano filtration</i>
MSF	<i>Multi-Stage Flash</i>
RO	<i>Osmose Inverse</i>
TDS	<i>Solides Dissous Totaux</i>
UF	<i>Ultra filtration</i>
HTM	<i>Hauteur mamométrique</i>

# TABLE DES MATIERES

Pages

<b>REMERCIEMENTS</b>	
<b>DEDICACES</b>	
<b>RESUME</b>	
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	
<b>LISTES DES FIGURES</b>	
<b>LISTES DES ABRIVIATIONS</b>	
<b>TABLE DES MATIERES</b>	
<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	i

## *Chapitre I : GENERALITES SUR L'EAU*

<b>I.1. CADRE GENERALE</b>	1
I.1.1. OBJECTIF DE L'ETUDE	1
I.1.2. INTRODUCTION	1
<b>I.2. GENERALITES</b>	1
I.2.1. LE CYCLE NATUREL DE L'EAU	1
L'évaporation	2
La condensation	2
Les précipitations	2
Le ruissellement	2
L'infiltration	2
I.2.2. L'EAU	2
I.2.3. IMPORTANCE DE L'EAU	3
I.2.4. REPARTITION DE L'EAU SUR LA PLANETE	3
I.2.5. ADEQUATION ENTRE RESSOURCES ET BESOINS EN EAU	4
I.2.6. EAU EN ALGERIE	5
I.2.7. PROPRIETES DE L'EAU	5
Propriétés physico-chimiques	5
I.2.8. LA STRUCTURE DE LA MOLECULE D'EAU	6
I.2.9. PARAMETRES DE POTABILITE DE L'EAU	6
I.2.9.1. Paramètres organoleptique	6
Couleur	6
Goûts et odeurs	6
I.2.9.2. Paramètres physicochimiques	6
Potentiel d'hydrogène 'pH'	6
La turbidité	7
Température	7
Matières en suspension	7
Matières organiques dissoutes	7
Conductivité électrique	7
La dureté totale de l'eau	7
I.1.10. LES RESSOURCES DE L'EAU DANS LA NATURE	8
I.2.10.1. Les eaux de pluie	8
I.2.10.2. Les eaux de surface	8
I.2.10.3. Les eaux souterraines	8
I.2.10.4. Les eaux de mer et les eaux saumâtres	8

I.2.10.5. L'eau de mer	9
Salinité de l'eau de mer	9
Les compositions de l'eau de mer	9
I.2.10.6. Eau saumâtre	10
La salinité des eaux saumâtres	10
I.2.10.7. Formation des eaux saumâtres	10
Les facteurs naturels	10
Facteurs liés à l'activité humaine	11
<b>I.3. CONCLUSION</b>	<b>11</b>

## *Chapitre II : GENERALITE SUR LE DESSALEMENT*

<b>II.1. INTRODUCTION</b>	<b>12</b>
II.1.1. HISTORIQUE	12
<b>II.2. LE DESSALEMENT</b>	<b>12</b>
II.2.1. DEFINITION DE DESSALEMENT	12
II.2.2. DESSALEMENT EN ALGERIE	12
II.2.3. LE PROCESSUS DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER	13
Schéma générale d'une installation de dessalement	13
II.2.3.1. La prise d'eau de mer	13
II.2.3.2. Le prétraitement	14
Chloration	14
II.2.3.3. Prétraitement conventionnel	14
Coagulation –floculation	14
a/ Coagulation	14
b/ Floculation	14
Décantation	15
Filtration	15
II.2.3.4. Prétraitement par procédé membranaire	15
Microfiltration	15
Ultrafiltration	15
Nano filtration	15
<b>II.3.3. DIFFERENTS PROCEDES DE DESSALEMENT</b>	<b>16</b>
3.2.1. Procédés de dessalement par changement de phase	16
3.2.1.1. La distillation	16
a/ Principe	16
b/ Les différents types de distillation	17
i. Distillation à simple effet	17
ii. Distillation à multiples effets	17
iii. La distillation à détente successives ou Multi stage flash	18
iv. La distillation par compression de vapeur (VC)	19
c/ Les avantages et les inconvénients de distillation	19
i. Les avantages	19
ii. Les inconvénients	19
3.2.2.1. La congélation	19
a/ Le dessalement par congélation	20
b/ Les avantages et les inconvénients	20
i. Les avantages	20
ii. Les inconvénients	20

II.3.3.2. LES PROCEDES MEMBRANAIRES	20
II.3.3.3. L'OSMOSE INVERSE (OI)	20
II.3.3.4. ELECTRODIALYSE	21
II.3.3.4.1. Description du procédé	21
II.3.3.4.2. Le dessalement par électrodialyse	21
<b>III. CONCLUSION</b>	<b>21</b>

*Chapitre III : PRESENTATION DE LA STATION DE DESSALEMENT.*

<b>III.1. INTRODUCTION</b>	<b>22</b>
<b>III.2. SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE</b>	<b>22</b>
III.2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE	22
III.2.2. RELIEF	22
III.2.3. CADRE CLIMATIQUE	23
<b>III.3. QUALITE D'EAU</b>	<b>23</b>
III.3.1. QUALITE D'EAU DE MER	24
III.3.2. LA QUALITE DE L'EAU TRAITEE	24
<b>III.4. EQUIPEMENTS PROCESSUS MAJEUR</b>	<b>24</b>
<b>III.5. SCHEMA GENERALE DU PROCEDE DE DESSALEMENT</b>	<b>25</b>
<b>III.6. PROCESSUS DE TRAITEMENT</b>	<b>25</b>
III.6.1. ÉTAPE DE PRETRAITEMENT	26
III.6.1.1. Système de dosage et d'admission de chlore	27
III.6.1.2. Chambre d'admission d'eau de mer	28
III.6.1.3. Dégrilleurs grossiers(CBS) et tamis fin	28
III.6.1.4. Pompes d'eau de mer	29
III.6.1.5. Ultra filtration (UF) du système	29
III.6.1.5.1. Le système d'UF	29
III.6.1.5.2. Fonctionnement des membranes d'ultrafiltration	30
III.6.1.5.3. Fonctionnement UF – Back Wash	31
III.6.1.6. Réservoir de stockage d'eau filtrée et station de pompage	32
III.6.1.7. Ultra filtration a nettoyage sur place (CIP)	33
III.6.2. LES DIFFERENTES ETAPES DE L'OSMOSE INVERSE	33
III.6.2.1. Système de dosage chimique antitartre	34
III.6.2.2. Pompes d'alimentation	34
III.6.2.3. Système de récupération d'énergie (ERS) pompes d'alimentation	34
III.6.2.4. Pompes a haute pression RO	35
III.6.2.5. Osmose inverse des trains	35
III.6.3. STADE DU POST TRAITEMENT	37
III.6.3.1. Dosage de chlore (à l'aide d'hypochlorite de sodium)	38
III.6.3.2. Cuve de contact du chlore	38
III.6.3.3. Le dioxyde de carbone et de dosage de chaux	38
III.6.3.4. Réservoir d'eau traitée	39
III.6.3.5. Pompes d'eau traitée	39
III.6.3.6. Saumure rejeter (émissaire)	40
III.6.3.7. La salle de commande	40
<b>III.7. CONCLUSION</b>	<b>40</b>

## *Chapitre IV : GENERALITE SELON NOTRE CAS D'ETUDE*

<b>IV.1. INTRODUCTION</b>	41
<b>IV.2. CHOIX DES CANALISATIONS</b>	41
IV.2.1. CONDUITES EN FONTE	42
IV.2.1.1 Caractéristiques	42
IV.2.1.2. Revêtement	42
Revêtement extérieur	42
Revêtement intérieur	43
IV.2.1.3 Assemblage	43
IV.2.2. LES CONDUITES EN POLYETHYLENE HAUTE DENSITE (PEHD)	44
IV.2.2.1. Caractéristiques	45
Résistance hydrostatique	45
SDR (Standard Dimension Ratio)	45
IV.2.2.2. Caractéristiques du polyéthylène	46
Rugosité du polyéthylène	46
Résistance chimique	46
Influence du climat	47
Dilatation	47
Tenue à la pression à 20°C	47
Influence de la température du fluide	47
Résistance et contraintes admissibles	48
IV.2.2.3. Assemblage des tubes	48
Électro-soudage	48
Bout à bout	48
IV.2.2.4 . Avantage des tubes PE	48
Corrosion	48
Abrasion	49
Auto-butage	49
Ductilité et flexibilité	49
Résistance aux coups de bélier	49
Étanchéité	49
<b>IV.3. RESERVOIR</b>	49
IV.3.1. ROLE ET UTILITE DES RESERVOIRS	50
IV.3.2. CLASSIFICATION DES RESERVOIRS	50
IV.3.2.1. Classification selon le matériau de construction	50
IV.3.2.2. Classification selon la situation des lieux	50
Classification selon la forme géométrique	50
Classification selon l'utilisation	50
IV.3.3. EMBLACEMENT DES RESERVOIRS	50
IV.3.4. ÉQUIPEMENT DES RESERVOIRS	51
IV.3.5. AVANTAGE D'UN RESEROIR	52
<b>IV.4. TYPE D'ADDITION</b>	52
IV.4.1. ADDUCTION GRAVITAIRE	52
IV.4.2. ADDUCTION PAR REFOULEMENT	52
IV.4.3. ADDUCTION MIXTE	53
<b>IV.5. CALCULE HYDRAULIQUE POUR L'ADDITION PAR REFOULEMENT</b>	53
IV.5.1. CALCUL DU DIAMETRE ECONOMIQUE	53

IV.5.2. CALCUL DE LA VITESSE	54
IV.5.3. CALCUL DES PERTES DE CHARGES	54
IV.5.3.1. Calcul des pertes de charge linéaires ( $\Delta H_L$ )	54
IV.5.3.2. Pertes de charges singulières	55
IV.5.3.3. Pertes de charge totales $\Delta H_T$	55
IV.5.4. LA HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE HMT	56
IV.5.5. PUISSANCE ABSORBÉE PAR LA POMPE	56
IV.5.6. LA PUISSANCE DU MOTEUR	56
IV.5.7. ÉNERGIE CONSOMMÉE PAR LA POMPE	56
IV.5.8. FRAIS D'EXPLOITATION	56
IV.5.9. FRAIS D'AMORTISSEMENT	57
IV.5.10. BILAN ECONOMIQUE	57
<b>IV.6. ORGANES ET ACCESSOIRES DE L'ADDUCTION</b>	<b>57</b>
IV.6.1. ORGANES DE SECTIONNEMENT	57
IV.6.1.1. Robinet vanne à opercule	57
IV.6.1.2. Robinet vanne papillon	58
IV.6.2. ORGANES DE PROTECTION	58
IV.6.2.1. Ventouse	58
IV.6.2.2. Clapet	58
IV.6.2.3. Vanne de vidange	59
IV.6.3. ORGANES DE REGULATION	59
IV.6.3.1. Vanne de régulation du débit	59
IV.6.3.2. Vanne de régulation de la pression amont	59
IV.6.3.3. Vanne de régulation de la pression aval	59
IV.6.4. ORGANES DE BRANCHEMENT	59
IV.6.4.1. Les coudes	59
IV.6.4.2. Les tés	59
IV.6.4.3. Les cônes	59
<b>IV.7. STATION DE POMPAGE</b>	<b>60</b>
IV.7.1. DEFINITION	60
IV.7.2. CLASSIFICATION DES POMPES	60
IV.7.2.1. Les pompes volumétriques	60
IV.7.2.2. Les Turbo-pompes	60
IV.7.3. CHOIX DU TYPE DE POMPE	60
IV.7.4. CHOIX DU NOMBRE DE POMPES	61
IV.7.5. LA CAVITATION	61
<b>IV.8. PROTECTION DES CANALISATIONS CONTRE LE COUP DE BELIER</b>	<b>62</b>
IV.8.1. La dépression	62
IV.8.2. Etude de la surpression	63
<b>IV.9. CONCLUSION</b>	<b>64</b>

***Chapitre V : RACCORDEMENT DE LA STATION DE DESSALEMENT AU RESERVOIR DE BAB KHROUFA***

<b>V.1. INTRODUCTION</b>	<b>65</b>
<b>V.2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE</b>	<b>65</b>
V.2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE	65
V.2.2. GEOLOGIE	68

V.2.3. CLIMAT	66
<b>V.3. JUSTIFICATION DE TRANSFER A L'HORIZON 2030</b>	66
V.3.1. EVALUATION DE LA POPULATION	66
V.3.2. POPULATION ALIMENTEE	66
V.3.3.EVALUATION DE LA CONSOMMATION MOYENNE	67
JOURNALIERE	
V.3.3.1. Besoin domestique	67
V.3.3.2. Dotation des équipements et industriels	68
Les besoins scolaires	68
Besoins administratifs	68
Les besoins sanitaires	69
Les besoins socioculturels	69
Les besoins commerciaux :	69
V.3.3.3.Récapitulation de la consommation moyenne journalière actuelle	69
V.3.3.4. Besoins d'équipements à long terme :	70
V.3.4. DEBIT DE POINTE JOURNALIER	70
<b>V.4. CONCEPTION ET ETUDE SU TRANSFERT</b>	71
V.4.1. CRITERE DE CHOIX	71
V.4.1.1. Caractéristiques des matériaux pour les canalisations	71
Coefficient de rugosité des canalisations	71
Epaisseurs des canalisations	71
V.4.2. CONDUITE DE REFOULEMENT ENTRE LA STATION DE	72
POMPAGE ET LE RESERVOIR TAMPON	
V.4.2.1. Calcule des diamètres	72
V.4.2.2. Détermination de la hauteur manométrique totale (HMT)	72
V.4.2.2.1. Calcule des pertes de charge	72
a/ Pour la fonte ductile	72
b/ Pour le PEHD	72
V.4.2.2.2. La hauteur manométrique	73
V.4.2.3. ÉTUDE ECONOMIQUE	73
Frai d'exploitation	73
Frais d'amortissement	73
Bilan global des frais	73
V.4.2.4. dimensionnement des protections contre l'effet de coup de	74
belier	
a/ En dépression	74
Caractéristiques de la conduite A	74
Caractéristiques des pertes de charge K	74
Caractéristiques du réservoir B	74
b/ En surpression	76
<b>V.5. CONCLUSION</b>	76
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	79
<b>ANNEXES</b>	

## **INTRODUCTION GENERALE**

L'eau c'est la vie, et l'homme ne peut pas vivre sans eau. Chaque développement d'une région dans tous les domaines dépend essentiellement du développement du secteur hydraulique, puisque celui-ci est lié à toutes les branches de l'économie.

Pour qu'on puisse atteindre l'évolution dans notre vie journalière, ainsi que dans l'industrie et l'agriculture, il faut qu'il y ait de l'eau en quantité suffisante. L'homme est responsable de maîtriser la science relative à cette denrée.

Depuis l'indépendance, l'Algérie se trouve en face d'un sérieux problème et une situation délicate, à savoir la sécheresse qui nécessite de grands efforts de l'Etat pour remédier à ce déficit en matière d'eau potable c'est pour cela l'objectif du dessalement d'eau de mer a pour but de satisfaire la consommation d'eau .

Dans ce cadre, le thème de notre mémoire de fin d'études consiste à l'étude de la chaîne d'adduction de la commune de Dar Yaghmouracene à partir de la station de dessalement de Souk-Tleta.

Le présent travail est subdivisé en cinq(05) chapitres :

➤ Le premier chapitre comprend des généralités sur l'eau et son importance dans notre vie ainsi que son utilisation.

➤ Le second, comprend tout ce qui concerne les généralités sur le dessalement, sa chaîne et ses procédés.

➤ Le troisième, comprend la description de la station de dessalement de Souk-Tleta avec ses différents constituants.

➤ Le quatrième chapitre consiste énuméré des généralités sur tout ce qui concerne l'adduction d'eau potable (choix des canalisations, caractéristiques des types de conduite utilisés, la résistance aux différentes contraintes, les accessoires des conduites, etc...), les réservoirs (classification des réservoirs, leurs emplacement, les équipements adéquats), ainsi que le calcul hydraulique pour l'adduction par refoulement et le choix des pompes.

➤ En fin, le cinquième chapitre comprend la description du site, à savoir : la situation géographique, le climat, tout en estimant le nombre d'habitants et les différents besoins en eau à l'horizon 2030, suivant les données acquises auprès de l'APC de Dar Yaghmouracene, et cela dans le but d'établir un bilan des besoins en eau à long terme, et nous établirons des moyens de protection des conduites contre le phénomène du coup de bélier.



## *Premier Chapitre : GENERALITES SUR L'EAU*

### **I.1. CADRE GENERALE**

#### **I.1.1. OBJECTIF DE L'ETUDE**

Vu le développement future de Bab Kharouffa et ses environs, les ressources limitées, l'augmentation des besoins en eau des divers secteurs à long terme et vu l'accroissement de la population et des touristes durant la saison estivale à Sidi Youchaa.

La recherche d'autres sources d'approvisionnement en eau est une nécessité capitale. Cette réflexion a constitué le noyau de notre travail par l'étude d'un raccordement de Bab Kharoufa et ses environs à partir de la station de dessalement de Souk-Tleta.

#### **I.1.2. INTRODUCTION**

L'eau se stocke naturellement sous deux formes : Eaux de surface et Eaux souterraines.

Quelle que soit leur provenance, il est rare que les eaux prélevées dans le milieu naturel puissent être distribuées sans traitement. Les eaux souterraines doivent être généralement soumises à une aération. Par ailleurs, l'ajout de chlore en quantité infinitésimale garantit une bonne qualité bactériologique de l'eau jusqu'au robinet. Les eaux de surface sont les plus exposées à la pollution et nécessitent donc un traitement plus élaboré (**Expo\_eau\_pds2013.pdf**).

Elle doit alors être acheminée par des canalisations jusqu'à une usine spécialisée dans le traitement de l'eau, qui la rende "potable", c'est à dire consommable sans risque. Avant d'arriver à nos robinets, l'eau captée doit subir une série d'opérations afin de répondre à toutes les exigences de qualité (**Colleges.planete/tp.com/IMG/pdf**).

C'est dans cette logique que les stations de dessalement des eaux s'inscrivent puisqu'elles permettent de produire de l'eau potable à partir de l'eau de mer ou d'eaux saumâtres grâce à des techniques particulières (**TATA-DUCRU F., (2009)**).

### **I.2. GENERALITES**

#### **I.2.1. LE CYCLE NATUREL DE L'EAU**

La masse d'eau totale de l'hydrosphère n'évalue pas au cours des années, elle reste toujours constante : l'eau s'évapore, puis il se transforme en pluies et alimente les mers, les océans et les nappes souterraines.

On peut appliquer au cycle de l'eau la fameuse phrase de Lavoisier : ***Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme.***

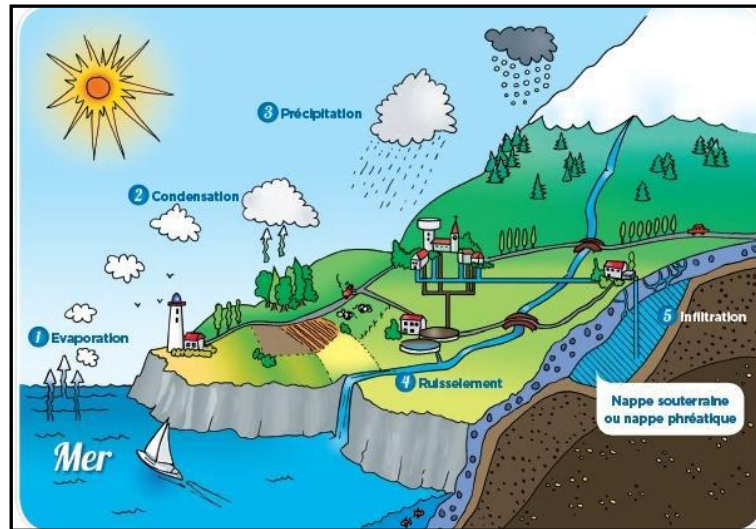


Figure I.1. : Le cycle naturel de l'eau (Expo\_eau\_pds2013.pdf).

### L'évaporation

Sous l'effet de la chaleur du soleil, l'eau des océans et l'eau de surface (lacs, rivières, flaques...) se transforment en vapeur qui s'élève vers le ciel.

### La condensation

Lorsque la vapeur d'eau provenant de l'évaporation s'élève dans les airs, elle se refroidit puis se transforme en nuage.

### Les précipitations

Le nuage d'eau se déplace et grossit jusqu'au moment où les gouttes qu'il contient deviennent trop lourdes. Alors, celles-ci retombent : on appelle cela des précipitations. Elles se présentent soit à l'état liquide (pluie), soit à l'état solide (neige et grêle).

### Le ruissellement

Quand l'eau tombe du ciel, elle peut nourrir les arbres et les fleurs ou ruisseler vers les ruisseaux qui deviennent rivières, fleuves, lacs, avant de retourner dans la mer.

### L'infiltration

L'eau de pluie peut aussi s'infiltrer dans le sol. Elle passe à travers la terre pour arriver dans les nappes souterraines, appelées aussi nappes phréatiques. Cette eau peut trouver un chemin pour revenir à l'air libre par des fissures dans le sol : ce sont les sources. L'eau de source rejoint les ruisseaux qui se jettent dans les rivières, fleuves, lacs, avant de retourner dans la mer (Expo\_eau\_pds2013.pdf).

## I.2.2. L'EAU

L'eau est un fluide incolore, inodore et sans saveur, mais en même temps singulière, fantasque, exceptionnelle de valeur nutritive à peu près nulle, elle est cependant le constituant principal de tout être vivant. Lorsqu'elle gèle, Elle augmente de volume, se gonfle au lieu de diminuer comme la plupart des autres substances, elle se solidifie et flotte en milieu liquide (BERNE F. & CORDONNIER J., (1991)).

Si on définit une eau naturelle pure comme ne contenant ni matières en suspension (MES) ou colloïdes ni matières organiques dissoute (ce qui est le cas des eaux minérales et de beaucoup d'eaux de forage), cette eau ne renferme que des sels minéraux dissous et dissociés en cations et anions (**BERNE F. & CORDONNIER J., (1991)**).

### **I.2.3. IMPORTANCE DE L'EAU**

L'homme a besoin de 25 à 50g d'eau par kilogramme de son poids pour vivre dans les conditions normales, c'est à dire pour un adulte de 2 à 3 L/j. L'eau entre pour 60 à 90% en poids dans la constitution des animaux et végétaux.

Généralement on ne peut survivre pendant plus de 02 jours sans eau ; on peut perdre 40% de son poids corporel, tout le glycogène, toute la graisse, la moitié de ses protéines et survivre encore. Mais la perte de 10% d'eau corporelle entraîne de graves conséquences surtout chez les nourrissons et les enfants. La perte de 20% entraîne la mort (**O.M.S (1977)**).

Selon l'OMS, 30.000 personnes par jour environ, approximativement 10 millions par an, meurent en raison de l'insuffisance ou de la mauvaise qualité de l'approvisionnement en eau et de conditions d'hygiène déplorables (**O.M.S (1977)**).

Cependant avec l'accroissement démographique et le développement socioéconomique, il est certain que les besoins en eau et les exigences de qualité ne cesseront de croître. Dans ces conditions, l'eau fait l'objet d'une attention particulière de la part des hygiénistes et des agents de la santé publique en général (**IGOR R., (1983)**).

### **I.2.4. REPARTITION DE L'EAU SUR LA PLANETE**

Dans l'optique de son utilisation par l'homme, les aspects quantitatifs et qualitatifs de l'eau sont étroitement liés :

- 97% de l'eau se trouve dans l'océan, mais elle est salée.
- L'atmosphère, qui retient seulement un cent millième de l'eau douce, joue cependant un rôle clé dans le cycle hydrologique par le recyclage rapide qu'elle assure.
- Les calottes polaires, notamment celle de l'Antarctique, stockent les 3/4 de l'eau douce de la planète, cette réserve étant malheureusement inaccessible.

L'eau que nous utilisons provient essentiellement des lacs, des cours d'eau et des nappes d'eau souterraine. Si pour l'essentiel ces ressources sont renouvelables, il existe des gisements d'eaux souterraines dites: «fossiles, karst» peu impliqués dans le cycle de l'eau compte tenu de leur profondeur (jusqu'à 1000 m), qui constituent des stocks quasi non renouvelables à l'échelle humaine : le renouvellement n'est jamais nul mais il est très lent, de l'ordre de plusieurs millénaires ou dizaines de millénaires.

Accessoires à l'échelle mondiale, mais capitaux pour quelque pays, ces gisements d'eaux souterraines constituent par exemple d'importantes réserves d'eau de bonne qualité dans les grands bassins du Sahara et de la Péninsule arabique :

- Arabie Saoudite: 500 milliards de m<sup>3</sup>;
- Jordanie: 30 milliards de m<sup>3</sup>;
- Lybie (nappe de Kuffra): 3400 milliards de m<sup>3</sup>;
- Lybie (nappe de Murzuk): 4800 milliards de m<sup>3</sup>.

L'exploitation de ces eaux souterraines n'est pas seulement *minière* par les techniques de recherches et de production, mais aussi parce que ces gisements d'eau s'épuisent comme des gisements de pétrole ou de minerai.

Enfin, des nappes aquifères, réparties sur plusieurs pays, peuvent provoquer des situations conflictuelles.

En comparant les flux des différentes parties de l'hydrosphère aux volumes de chacun des réservoirs, on peut estimer la durée de renouvellement moyen de chacun d'eux, soit :

- 2500 ans pour les océans;
- De 1000 à 10000 ans pour les glaciers et les calottes glaciaires;
- 1500 ans pour l'ensemble des eaux souterraines;
- 17 ans pour les lacs d'eau douce;
- 1 an pour l'humidité des sols;
- 8 jours pour l'atmosphère;
- 16 jours pour les cours d'eau.

**Tableau I.1. : Réserves d'eau de la planète (MAUREL A., (2006)).**

Réservoirs	Volume (1015 m <sup>3</sup> )	% Total	Temps de résidence
Océans	1 3500	97	2 500 ans
Glaciers (calotte glaciaire)	33	2,4	1 000 à 10 000 ans
Eaux souterraines	8	0,6	1 500 ans
Lacs	0,1	<0,01	17 ans
Eau dans le sol	0,07	<0,01	01 an
Eau dans l'atmosphère	0,013	<0,001	08 jours
Rivières	0,0017	0,0001	16 jours
Eau dans la matière vivante	0,0011	0,0001	Quelques heures
<b>Total</b>	<b>1391</b>	<b>100</b>	/

Ainsi, s'opposent deux types de réservoirs: ceux qui font office de conducteurs (cours d'eau et atmosphère), et ceux qui jouent le rôle d'accumulations (glaciers, nappes et océans) (MAUREL A., (2006)).

### I.2.5. ADEQUATION ENTRE RESSOURCES ET BESOINS EN EAU

Les ressources en eau renouvelables offertes par la nature peuvent être estimées à partir des flux du cycle de l'eau et plus particulièrement des flux de circulation des eaux continentales aux environs de 40 000 km<sup>3</sup>/an.

Compte tenu de la population actuelle de la planète qui est d'environ 06 milliards d'habitants, la quantité moyenne d'eau renouvelable disponible est de l'ordre de 7000m<sup>3</sup>/an/habitant soit 20 m<sup>3</sup>/j/habitant, ce qui est très largement supérieur aux besoins.

En fait, les problèmes actuels et futurs sont multiples :

- La population de la planète ne cesse d'augmenter alors que la ressource reste constante. Dans certains cas mêmes, cette ressource diminue par suite des problèmes de pollution.

- Les ressources en eau sont très inégalement réparties sur la planète. Il y a les déserts et les zones subarides (30% des terres émergées) qui n'ont que peu ou pas d'eau. Il y a aussi certaines zones équatoriales ou tropicales sur lesquelles tombent chaque année plusieurs mètres de pluie.

Ainsi, neuf pays se partagent 60% des ressources en eau (40 000 km<sup>3</sup>/an) : Brésil, Russie, Chine, Canada, Indonésie, États-Unis, Inde, Colombie, Zaïre. Très souvent, des inégalités peuvent exister au niveau d'un pays. En Algérie, par exemple, 75% des ressources renouvelables sont concentrées sur 6% du territoire.

Les besoins en eau sont très variables suivants les pays. Il y a les pays en voie de développement peu industrialisés ou la consommation par tête n'excède guère une quarantaine de litres par jour, tous usages compris. Mais, il y a des Etats industrialisés où la consommation journalière atteint plusieurs milliers de litres par personne si on additionne les besoins domestiques, agricoles et industriels. Ici, les populations – femmes et enfants surtout – sont astreintes à porter sur des kilomètres les quelques litres d'eau indispensables à la boisson et aux usages domestiques. Ailleurs, des installations gaspillent des milliers de tonnes d'eau qu'il existe des procédés permettant des économies énormes (MAUREL A., (2006)).

## I.2.6. EAU EN ALGERIE

L'Algérie est un pays semi-aride et aride, dans lequel les ressources en eau sont généralement faibles et surtout extrêmement irrégulières et localisées :

*Dans le Sahara*, les lits d'oueds recèlent quelques nappes phréatiques souvent saumâtres : Ghir, M'Zab, Saoura, etc. sinon, ce sont des nappes profondes, semi-fossiles ou fossiles, et qui sont très peu utilisées.

*Dans le nord d'Algérie* l'apport principale vient du ruissellement, après précipitation. Le régime d'un oued est caractérisé par le fait que durant des mois, voire des années, le lit mal délimité est parcouru par un filet d'eau trompeur et que, tout-à-coup, et pendant un temps bref, il roule jusqu'à 5000 m<sup>3</sup>/s provoquant une crue dévastatrice. En effet, elles sont croissantes d'Ouest en Est et affectent successivement les Monts de Tlemcen, le versant nord de l'Ouarsenis, le massif de la Kabylie, le nord Constantinois et enfin le massif des Aurès (ARRUS R., (1985)).

## I.2.7. PROPRIETES DE L'EAU

### Propriétés physico-chimiques

L'eau possède un point de fusion, un point d'ébullition, une chaleur de vaporisation, une chaleur spécifique, une chaleur de fusion et une tension superficielle plus élevés que ceux des autres liquides.

- A la pression atmosphérique, la température d'ébullition de l'eau est de 100°C.
- A la pression atmosphérique, la température de 40°C, sa chaleur de vaporisation est de 540 cal/g.
- L'élimination d'une faible quantité d'eau, par exemple par transpiration, permet d'évacuer une grande quantité de chaleur : propriété essentielle pour les êtres vivants homéothermes.

- L'eau a une grande capacité calorifique (1 cal/g pour élever la température de 1°C) : elle joue donc un rôle très important comme tampon calorifique (**UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE, (2006)**).
- Sa densité maximale est obtenue autour de 4°C.
- Sa tension superficielle est élevée (73 mN/m à 20°C).
- Au-delà de l'aspect technique de ces données, il est important de noter que ces propriétés très particulières favorisent des comportements qui répondent aux exigences du processus vivant (**BOISLEVE J.B., (2010)**).

### **I.2.8. LA STRUCTURE DE LA MOLECULE D'EAU**

Rappelons que la molécule est la plus petite quantité d'un corps pur qui puisse exister à l'état libre. C'est un assemblage d'atomes. La molécule conserve toutes les propriétés physiques et chimiques de ce corps.

L'eau est un corps pur dont la molécule est composée de deux atomes d'hydrogène (H) reliés à un atome d'oxygène (O). Sa formule chimique est H<sub>2</sub>O (**BOISLEVE J.B., (2010)**).

### **I.2.9. PARAMETRES DE POTABILITE DE L'EAU**

#### **I.2.9.1. Paramètres organoleptique**

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités, etc.) (**HENRY M., (1991)**).

#### **Couleur**

Une eau naturelle, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV (**HENRY M., (1991)**).

Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques (acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire. L'élimination de la couleur s'accompagne également de celles de certaines matières organiques indésirables. Cette élimination devra alors être effectuée à l'usine de traitement avant l'entrée de l'eau dans le réseau (**CELLERIC J.J., (2002)**).

#### **Goûts et odeurs**

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur agréable. La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur.

Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère (**HENRY M., (1991)**).

#### **I.2.9.2. Paramètres physicochimiques**

##### **Potentiel d'hydrogène 'pH'**

L'eau naturelle pure est neutre. Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement.

Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations, avec entrainement des éléments indésirables comme le plomb et le cuivre (RODIER J., (2005)).

### **La turbidité**

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, la pluviométrie joue un rôle important vis-à-vis de ce paramètre dans les superficielles et souterraines selon leur origine (SAVARY P., (2010)).

### **Température**

Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur (OMS , (1994)).

### **Matières en suspension**

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les matières en suspension, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution de l'eau (SATIN M., & SELMI B., (1999)).

Une eau potable ne doit pas contenir de matières, en suspension décantables, pour une eau qui contient des suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs (DEGREMONT G., (2005)).

### **Matières organiques dissoutes**

Dans les eaux naturelles, elles représentent plusieurs familles de composés parmi lesquelles on peut citer les acides humiques, les acides carboxyliques et les acides hydrates de carbone.

Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique total (SARI H., (2014)).

### **Conductivité électrique**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm (RODIER J., (2005)).

Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (MENS & DEROUANE, (2000)).

La conductivité s'exprime en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (GAUJOUR D., (1995)).

### **La dureté totale de l'eau**

La première définition de la dureté de l'eau était sa capacité de transformer le savon en un composé insoluble. Maintenant, la dureté de l'eau est calculée en mesurant la

quantité d'ions calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium, etc. présents dans l'eau, les deux premiers cations ( $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ ) étant généralement les plus abondants.

Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau. C'est pourquoi on exprime la dureté selon la quantité de trioxycarbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ , communément appelé le carbonate de calcium) présente dans une solution. Cette quantité est exprimée en mg/L ou en ppm (**GUILBERT L.,**).

Dans l'eau, sont déterminés :

- La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH qui est la somme des concentrations calcique et magnésienne ;
- La dureté calcique qui correspond à la teneur globale en sels de calcium ;
- La dureté magnésienne qui correspond à la teneur globale en sels de magnésium ;
- La dureté carbonatée correspond à la teneur en hydrogénocarbonate et carbonate de calcium et de magnésium (**GUILBERT L.,**).

## **I.2.10. LES RESSOURCES DE L'EAU DANS LA NATURE**

### **I.2.10.1. Les eaux de pluie**

Théoriquement, les eaux de pluie ou de précipitation sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine en ajoutant bien sûr à ces eaux les éléments nécessaires pour qu'elles deviennent potables tels que les sels minéraux.

Il devait s'agir d'eau distillée, mais en réalité et surtout dans les régions industrialisées, ces eaux peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de leur captage freinent l'utilisation de cette source (**FECIH A., (2012)**).

### **I.2.10.2. Les eaux de surface**

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leur parcours dans l'ensemble des bassins versants.

Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (**DEGREMONT G., (2005)**).

### **I.2.10.3. Les eaux souterraines**

Les eaux souterraines sont habituellement de bonne qualité. La composition des eaux souterraines est fonction de la composition des sols qui les contiennent. On peut cependant noter d'une façon générale l'absence d'oxygène, une faible turbidité, et une forte minéralisation.

De plus, les eaux souterraines sont de composition relativement constante. La présence de fer et de manganèse et l'agressivité de l'eau due à la haute teneur en dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) sont les principales sources de problèmes avec ces eaux (**MAUREL A., (2006)**).



#### I.2.10.4. Les eaux de mer et les eaux saumâtres

La salinité mesure la concentration en sels dissous; elle s'exprime en [g/L].

Du fait que les quantités de sels dissous sont souvent très inférieures au gramme, l'unité communément utilisée est le [mg/L] ou encore le [p.p.m] chez les Anglo-Saxons. On notera que cette dernière unité n'est pas strictement équivalente puisqu'elle exprime des [mg/kg] (<http://www.techniques-ingenieur.fr>).

#### I.2.10.5. L'eau de mer

##### Salinité de l'eau de mer

La salinité des mers ouvertes sur les masses océaniques (Atlantique, Manche, Mer du Nord, Pacifique) est de l'ordre de 35 g/L et c'est cette valeur qui est considérée comme salinité standard de l'eau de mer.

Des variations plus ou moins importantes autour de cette valeur moyenne existent en fonction du bilan précipitations-évaporation. La salinité peut être très différente dans le cas des mers fermées ou peu ouvertes sur les masses océaniques.

- Mer Méditerranée 36 à 39 g/L,
- Mer Rouge ~ 40 g/L,
- Mer Baltique 7 g/L,
- Mer Caspienne 13 g/L,
- Mer Morte 270 g/L
- Golfe Arabo-Persique 40 à 70 g/L,
- Mer Noire 20 g/L (<http://hmf.enseeiht.fr>).

##### Les compositions de l'eau de mer

Toutefois, dans le cas des mers ouvertes, la proportion des différents sels en présence est relativement constante. En particulier, la somme des ions chlorures et sodium représente environ 85% du poids total des sels.

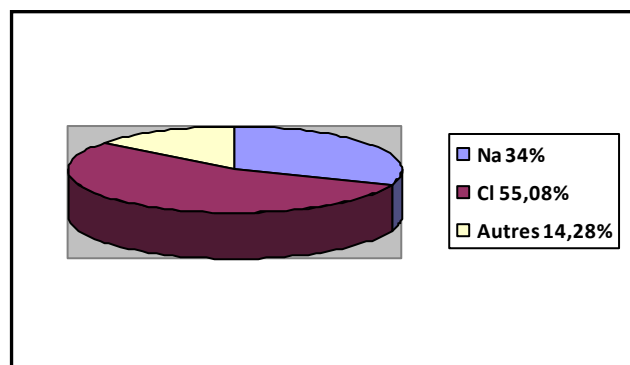
Par contre, dans les mers fermées ou les grands lacs salés, la concentration par évaporation à partir d'apports d'eaux de surface faiblement salées mais relativement différentes de celle de l'eau de mer, conduit quelquefois à des compositions ioniques très particulières (<http://hmf.enseeiht.fr>).

La composition chimique de l'eau de mer est indiquée dans le tableau suivant :

**Tableau I.2. : Composition chimique de l'eau de mer [54].**

	Composition de l'eau de mer (g/L)	Proportion (%)
<b>Sodium</b>	11,035	30,64%
<b>Magnésium</b>	1,330	3,69%
<b>Calcium</b>	0,418	1,16%
<b>Potassium</b>	0,397	1,10%
<b>Strontium</b>	0,014	0,04%
<b>Chlorures</b>	19,841	55,08%
<b>Sulfates</b>	2,769	7,69%
<b>Bicarbonates</b>	0,146	0,41%
<b>Bromures</b>	0,068	0,19%

<b>Fluorures</b>	0,001	0,00%
<b>Total</b>	36,02	100%



**Figure I.2. :** Composition standard de l'eau de mer (<http://hmf.enseeiht.fr>).

#### I.2.10.6. Eau saumâtre

L'eau saumâtre est un milieu où l'eau douce rencontre l'eau de mer. On en trouve dans les estuaires, les embouchures de fleuves. Mais pour réaliser un tel milieu, il faut veiller à bien respecter certains paramètres. La marée et la saison des pluies jouent un rôle essentiel.

Les lagunes possèdent aussi des eaux saumâtres mais c'est aussi le cas de certaines mers comme la mer Baltique ou bien l'océan Arctique lors de la fonte de la banquise. Certains lacs peuvent aussi avoir des eaux saumâtres lorsque des infiltrations de sel parviennent à saliniser l'eau douce (**DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DE LA PLANIFICATION DE L'EAU, (2008)**).

#### La salinité des eaux saumâtres

Les eaux saumâtres sont des eaux salées non potables qui ont une salinité inférieure à celle de l'eau de mer. Elles contiennent généralement entre 1 et 10 g/L de sel.

Les eaux saumâtres sont parfois des eaux de surface, mais le plus souvent sont des eaux souterraines, elles sont soit chargées en sels en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversé ou bien elles deviennent saumâtres dues aux infiltrations des eaux de mer vers les nappes dans les zones côtières.

Les principaux sels dissous dans ces eaux sont le  $\text{CaCO}_3$ , le  $\text{CaSO}_4$ , le  $\text{MgCO}_3$  et le  $\text{NaCl}$ . La déminéralisation des eaux saumâtres est une nécessité pour les régions en situation de pré-stress hydrique (**FECIH A., (2012)**).

#### I.2.10.7. Formation des eaux saumâtres

##### Les facteurs naturels

- Eaux souterraines se renouvelant lentement,
- Bassins hydrogéologiques fermés,
- Niveaux salifères et les processus de concentration sont amplifiés,
- Abondance et Répartition des niveaux salifères,
- Aridité du climat Pouvoir évaporant important,
- Nappes phréatiques littorales Invasion marine.

**Facteurs liés à l'activité humaine**

- Irrigation par les eaux salées,
- Irrigation par épandage massif d'eaux de crue (**DESJARDINS R., (1990)**).

**I.3. CONCLUSION**

L'eau est la source de vie, c'est la matière la plus importante pour l'existence de l'homme, indispensable pour le développement de la société.

Elle est nécessaire en quantité suffisante mais sa qualité et aussi un paramètre très important.

L'organisme humain peut vivre pendant près d'un mois sans rien manger mais ne peut survivre que quelques jours sans boire.

## *Deuxième Chapitre : GENERALITE SUR LE DESSALEMENT*

### **II.1. INTRODUCTION**

L'évolution que connaît l'environnement urbain et industriel pose, dans de nombreux pays, le problème de l'eau. Le prélèvement global de l'eau, en additionnant les usages domestiques, industriels et agricoles, est de 250 m<sup>3</sup> par an et par habitant, en moyenne mondiale. Par ailleurs il est certain que nos besoins en eau ne cesseront de croître alors que les réserves en eau de bonne qualité diminuent.

Ceci implique de ménager la ressource, en limitant les rejets de pollution dans le milieu naturel mais aussi produisant une eau propre à la consommation.

C'est dans cette logique que les stations de dessalement des eaux s'inscrivent puisqu'elles permettent de produire de l'eau potable à partir de l'eau de mer ou d'eaux saumâtres grâce à des techniques particulières (**KHIRANI S., (2007)**).

#### **II.1.1. HISTORIQUE**

L'idée de fabriquer de l'eau pure à partir de l'eau de mer tourmente les populations assoiffées depuis des centaines, pour ne pas dire des milliers d'années. La prémisse originale reposait sur l'idée que, par ébullition ou évaporation, l'eau pouvait être séparée du sel.

Cette théorie évaporation ou distillation constituait le fondement de la technologie des premières installations de dessalement à grande échelle qui apparurent dans les années 50 et 60, principalement au Moyen- Orient. Ces régions, pauvres en eau mais riches en combustible, convertissaient leurs ressources énergétiques en ce qui leur manquait le plus de l'eau.

Cependant, les technologies qui emploient la chaleur requièrent de grandes quantités d'énergie (**MAUREL A., (2006)**).

### **II.2. LE DESSALEMENT**

#### **II.2.1. DEFINITION DE DESSALEMENT**

Le dessalement de l'eau (également appelé dessalage ou désalinisation) est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce, (potable ou plus rarement en raison du coût, utilisable pour l'irrigation), à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer). En dépit du nom, il s'agit rarement de retirer le sel de l'eau, mais plutôt, à l'inverse, d'extraire de l'eau douce (<https://www.actuenvironnement.com>).

#### **II.2.2. DESSALEMENT EN ALGERIE**

A la suite d'une sécheresse vécue par l'Algérie depuis plus de deux décennies et la demande en eau croissante, le pouvoir public a-t-on décidé de s'orienter vers une politique de mobilisation des ressources en eau non conventionnelles, à savoir le dessalement d'eau de mer afin de pouvoir compenser le déficit en eau enregistré.

C'est ainsi que le recours au dessalement d'eau de mer comme solution alternative s'avère de plus en plus nécessaire et présente les avantages suivants :

- Un littoral de 1200 Km.
- La population actuelle concernée par le littoral est de 11 millions habitants.
- Les industries grandes consommatrices d'eau se trouvent à proximité de la mer ce qui réduit davantage les prix de revient du m<sup>3</sup> d'eau.
- Le domaine de dessalement de l'eau de mer a connu ces dernières années une avancée technologique remarquable, grâce au développement des différents procédés.
- La disponibilité de la ressource énergétique ou la combinaison de sa production.
- Le coût du m<sup>3</sup> d'eau dessalée est en nette régression, alors que le coût du m<sup>3</sup> d'eau conventionnelle est en nette progression (grands transferts) (BENSALEM M., (2012)).

### II.2.3. LE PROCESSUS DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER

Schéma générale d'une installation de dessalement

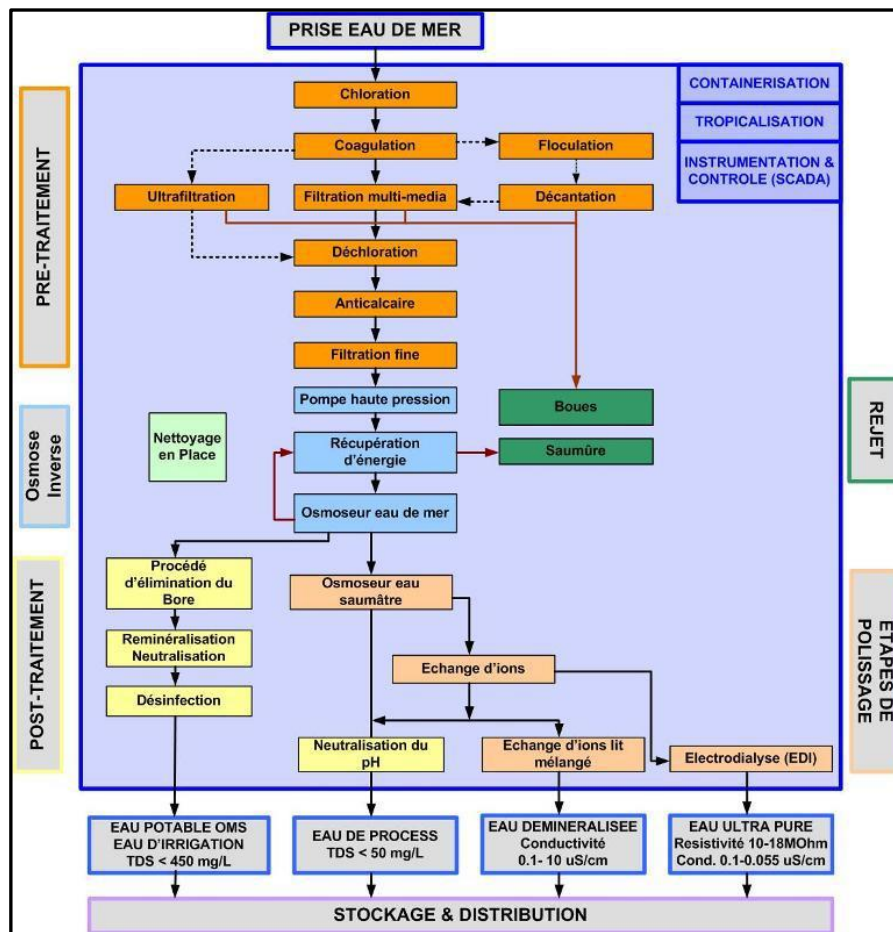


Figure II.3. : Schéma général d'une station de dessalement par Osmose Inverse (<http://culturesciences.chimie.ens.fr>).

#### II.2.3.1. La prise d'eau de mer

La prise d'eau de mer doit permettre d'obtenir à l'entrée de l'usine de dessalement une eau de meilleure qualité possible, en particulier du point de vue matières en suspension.

Deux technologies peuvent être utilisées:

- **Les forages côtiers:** soient verticaux soient sous forme de galeries horizontales permettant d'obtenir une eau des très bonnes qualités et relativement stable.

- **La prise d'eau de surface:** peut être faite en pleine mer. Dans le cas idéal, le captage doit être effectué en zone profonde, éloigné de la côte, protégée des pollutions et des forts courants et ne pas être sous l'influence de rejets (MAUREL A., (2006)).

### II.2.3.2. Le prétraitement

#### Chloration

La chloration a pour objectif l'inactivation des microorganismes (bactéries principalement) mais aussi micro-algues, champignons, qui, outre le fait que certains peuvent être pathogènes, sont à l'origine d'un colmatage important des membranes appelé bio-fouling :

- Soit directement par le développement d'une biomasse ;
- Soit indirectement par les métabolites produits par les micro-organismes (poly –saccharides par exemple).

L'expérience acquise sur plusieurs unités de dessalement par osmose inverse a montré qu'une chloration permanente à faible dose favorisait plutôt le biofouling (DESJARDINS R., (1990)).

### II.3.2.3. Prétraitement conventionnel

#### Coagulation –floculation

L'opérateur de coagulation-floculation a pour but la croissance des particules (qui sont essentiellement de flocc colloïdaux) par déstabilisation des particules en suspension puis formation de flocc par agrégation (VALIRON F., (1989)).

#### a/ Coagulation

La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles tendent à éloigner les particules les unes des autres et, par conséquent, à les stabiliser dans la solution.

Le but principal de la coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération (DESJARDINS R., (1990)).

#### ❖ *Coagulants utilisée*

Les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et produire des flocc sont :

- Le sulfate d'aluminium  $Al_2 (SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ .
- L'aluminate de sodium  $NaAlO_2$ .
- Le chlorure ferrique  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ .
- Le sulfate ferrique  $Fe_2 (SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ .
- Le sulfate ferreux  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  (VALIRON F., (1989)).

#### b/ Floculation

La floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules, lesquels sont provoqués par la différence de vitesse entre ces particules.

**Floculant :** pour choisir un floculant, il faut considérer la taille, la cohésion et la vitesse de décantation du flocc (VALIRON F., (1989)).

### **Décantation**

La décantation est le procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines de traitement des eaux (superficielles ou eau de mer) et d'épuration. Ce procédé a pour but d'éliminer les particules en suspensions dont la densité est supérieure à celle de l'eau [42].

### **Filtration**

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient de MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. En effet, il subsiste de très petites particules présentes à l'origine dans l'eau brute ou issues de la floculation. La rétention de ces particules se déroule à la surface des grains grâce à des forces physiques. La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériau utilisé.

La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité (HECTOR H., (2006)).

#### **II.3.2.4. Prétraitement par procédé membranaire**

##### **Microfiltration**

Ce procédé de séparation solide-liquide met en œuvre des membranes dont les diamètres de pores sont compris entre 0,1 et 10  $\mu\text{m}$ . Il permet donc la rétention des particules en suspension, des bactéries et indirectement des colloïdes et de certains ions après fixation de ces derniers sur des plus grosses particules obtenues par complication, précipitation ou floculation (AKRETCHÉ J., (2004))

##### **Ultrafiltration**

L'ultrafiltration (UF) est une technique de séparation des macromolécules ou des particules en suspension dans un liquide à travers des membranes poreuses. Ces membranes sont dites basse pression du fait que la pression transmembranaire est de l'ordre de 0.2 à 2 Bar. L'UF est caractérisée par un seuil de coupure entre 0.001 et 0.02  $\mu\text{m}$ .

Une installation d'UF met en œuvre un ensemble de membranes assemblées en modules. Les principaux types de modules membranaires sont: tubulaire, fibre creuse, spirale et plane (CARDOT C., (2010))

##### **Nano filtration**

Les espèces concernées par la nano filtration ont des tailles proches à celle de la molécule d'eau. Des molécules et des ions sont souvent partiellement retenus par ces membranes. Plus que toutes les autres membranes, ces membranes présentent des mécanismes de sélectivité mixtes basés à la fois sur la charge et sur la taille des molécules.

Elles permettent donc des séparations entre ions et petites molécules sur la base de leur taille. Les tailles des pores étant petites, les pressions nécessaires sont plus élevées qu'en ultrafiltration et les flux sont en général modérés. Les applications de la nano filtration sont développées dans le domaine du traitement de l'eau et du traitement de certains fluides biologique.

La nano filtration (NF) ou la taille de pores est de l'ordre du nanomètre (0,001 $\mu\text{m}$ ) (CARDOT C., (2010)).

### II.3.3. Différents procédés de dessalement

Un auteur a recensé 27 procédés différents de dessalement. Ces différents procédés peuvent être classés en trois grandes familles:

- **Les procédés faisant intervenir un changement de phase**
  - Evaporation.
  - Congélation.
- **Les procédés de perméation sélective à travers une membrane**
  - Transfert d'ions sous l'action d'un champ électrique (électrodialyse),
  - Transfert d'eau sous l'action d'un gradient de pression (osmose inverse).
- **Les procédés chimiques**
  - Echange d'ions,
  - Extraction par solvant (SEMINAIRE INTERNATIONAL (2009))

Parmi les procédés précités, la distillation et l'osmose inverse sont des technologies dont les performances ont été prouvées pour le dessalement d'eau de mer. En effet, ces deux procédés sont les plus commercialisés dans le marché mondial du dessalement. Les autres techniques n'ont pas connu un essor important dans le domaine à cause de problèmes liés généralement à la consommation d'énergie et/ou à l'importance des investissements qu'ils requièrent.

#### II.3.3.1. Procédés de dessalement par changement de phase

##### La distillation

Ce procédé est la première technique historiquement utilisée dans le dessalement de l'eau de mer du fait, probablement, de sa simplicité. Cette méthode consiste à faire évaporer l'eau salée grâce à la chaleur produite par une chaudière ou plus simplement par le soleil. Par ce processus, les sels ainsi que les autres composés dissous se déposent tandis que de la vapeur d'eau s'élève. Cette dernière est ensuite re-condensée afin de recueillir l'eau douce (BOYE H., (2008)).

##### a/ Principe

Sur ce montage, l'eau de mer contenue (en 2) est chauffée au moyen d'un bec bunsen (en 1). L'eau se transforme alors en vapeur et passe (en 3), où sa température est évaluée à l'aide d'un thermomètre (en 4). La vapeur passe ensuite (en 5) dans la colonne réfrigérante (alimentée en eau froide par le 6 et le 7). Elle est alors condensée et redevient donc liquide. Ainsi (en 8) on obtient de l'eau pure et parfaitement potable.

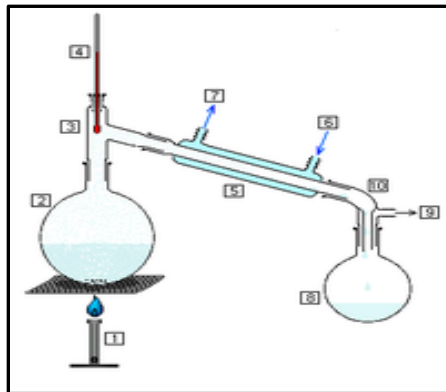


Figure II.4. : Principe de distillation. (<http://dessalement.wordpress.com>)



### b/ Les différents types de distillation

Les procédés de distillation qui peuvent être utilisés sont les suivants :

#### i. Distillation à simple effet

Une circulation de vapeur permet de chauffer dans un évaporateur l'eau salée, qui s'évapore sous une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique, on peut alors condenser directement la vapeur sortant de l'évaporateur, sans récupération de la chaleur de condensation, ou bien, au contraire, on peut envoyer la vapeur dans un condenseur en vue du préchauffage de l'eau salée qui arrive dans l'installation (<http://www.kochmembrane.com>)

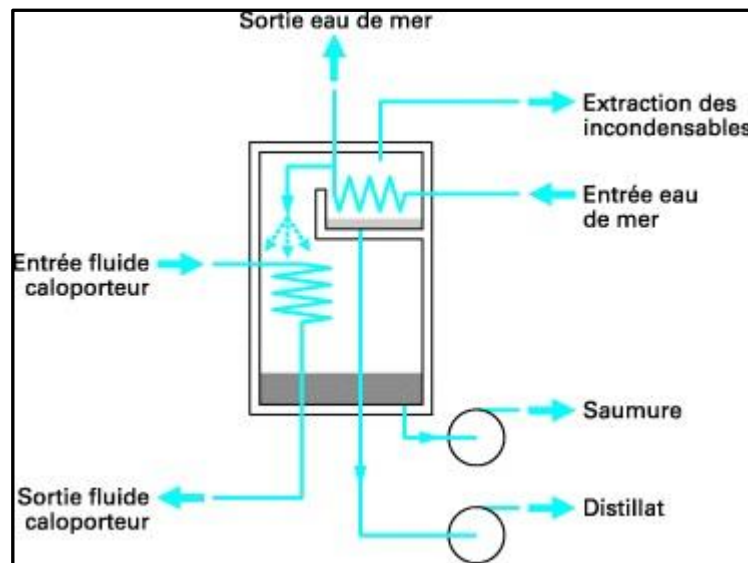
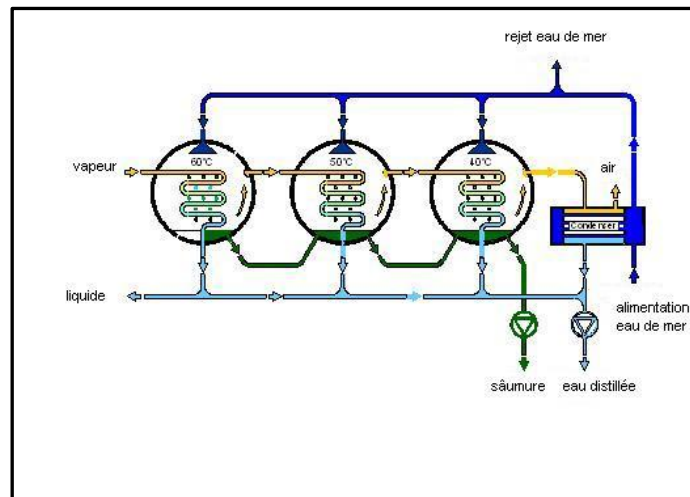


Figure II.5. : Distillation a simple effet (<http://www.kochmembrane.com>)

#### ii. Distillation à multiples effets

Ce procédé est basé sur le principe de l'évaporation, sous pression réduite, d'une partie de l'eau de mer préchauffée à une température variant entre 70 et 80°C.

L'évaporation de l'eau a lieu sur une surface d'échange, contrairement au procédé précédent, où elle est assurée par détente à travers les étages successifs. La chaleur transférée au travers de cette surface est apportée soit par une vapeur produite par une chaudière, soit par une eau chaude provenant d'un récupérateur de chaleur. La vapeur ainsi produite dans le premier effet est condensée pour produire de l'eau douce dans le deuxième effet où règne une pression inférieure, ainsi la chaleur de condensation qu'elle cède permet d'évaporer une partie de l'eau de mer contenue dans le deuxième effet et ainsi de suite ([www.eduterre.ens-lyon.fr](http://www.eduterre.ens-lyon.fr)).

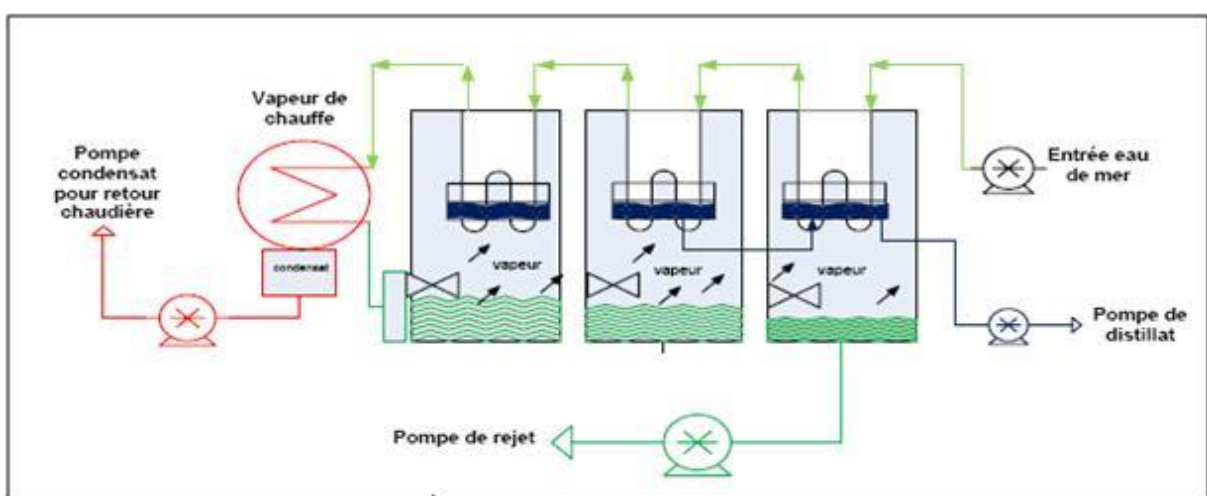


**Figure II.6. :** Schéma de principe d'un système d'évaporateurs multiples effets (<http://www.kochmembrane.com>)

### iii. La distillation à détente successives ou Multi stage flash

La distillation Multi-Stage Flash est une autre méthode généralement utilisée pour le dessalement de l'eau. La pratique des performances maximales pour un ratio de MSF est de 5,17 Kg/MJ. Chaque étape d'une usine de MSF fonctionne progressivement à basse pression, que l'eau bouillie à plus faible températures. Pour cette technique, l'alimentation en eau est chauffée en vertu de suffisamment pression élevé pour empêcher l'ébullition, jusqu'à ce qu'il atteigne le premier "flash chambre." Dans la première chambre de flash. La pression est soudainement remise en liberté et l'évaporation ou «clignotant» a lieu. Ce clignotant d'une petite portion de l'aliment pour animaux continue à chaque étape, parce que la pression dans chacun d'eux est plus faible. Contrairement à l'effet de processus multiples, ce processus régénère et sa vapeur se condense dans le même effet (la scène). Ainsi, ce modèle offre l'avantage de la récupération de la chaleur. C'est l'alimentation en eau en passant par l'échangeur de chaleur dans la section supérieure de la chambre de flash.

La vapeur est condensée au niveaux de cette échangeur où elle rétrocède sa chaleur latente de vaporisation ([www.eduterre.ens-lyon.fr](http://www.eduterre.ens-lyon.fr)).



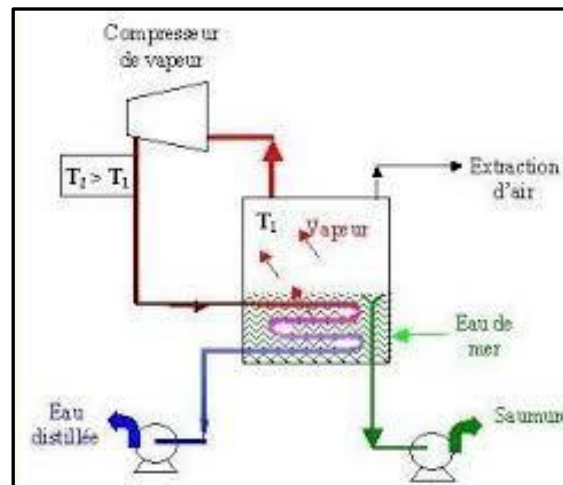
**Figure II.7. :** Distillateur à Multi stage flash. (<http://hmf.enseiht.fr>)

#### iv. La distillation par compression de vapeur (VC)

Le procédé de distillation par compression de vapeur (VC) est utilisé pour des installations de dessalement de petite ou moyenne capacité. Le procédé par compression de vapeur diffère des autres procédés de distillation en ce qu'il n'utilise pas de source de chaleur extérieure mais la compression de la vapeur d'eau (HAMITI O., (2010))

L'eau à dessaler est portée à ébullition dans une enceinte thermiquement isolée, la vapeur produite est aspirée par un compresseur qui élève sa température de saturation. Cette vapeur traverse ensuite un faisceau tubulaire placé à la base de l'enceinte et se condense en provoquant l'ébullition de l'eau salée.

En ce qui concerne le fonctionnement de ce système, l'eau de mer se vaporise, par exemple à la température de 90°C et à la pression de 0,7 bar absolu. La vapeur ainsi produite est ensuite comprimée jusqu'à la pression de 1 bar absolu, puis envoyée dans le faisceau de chauffe du bouilleur ou elle se refroidit à pression constante, puis se condense en cédant à l'eau de mer la chaleur nécessaire à son ébullition (SEMINAIRE INTERNATIONAL (2009))



**Figure II.8. :** Schéma de principe d'une unité d'évaporation avec Compression de Vapeur (<http://www.encyclo-ecolo.com>)

#### c/ Les avantages et les inconvénients de distillation

##### i. Les avantages

- Indépendance à la variation de la qualité d'eau brute ;
- Utilisation pour des grandes capacités de production d'eau ;
- Exploitation relativement aisée ;
- Une eau produite présentant un TDS faible requis particulièrement pour les besoins industriels (LE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER)

##### ii. Les inconvénients

- Un taux de conversion bas (inférieur à 35%) ;
- Une consommation spécifique d'énergie relativement élevée ;
- Un non flexibilité par rapport à la variation de la demande en eau ;
- Un coût d'investissement élevé (LE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER).

#### La congélation

La congélation de l'eau de mer fournit des cristaux de glace exempte de sel, et depuis des temps immémoriaux, les riverains des mers arctiques se sont ainsi procuré de l'eau douce (SEMINAIRE INTERNATIONAL (2009))

#### **a/ Le dessalement par congélation**

Lorsqu'on refroidit une eau de mer jusqu'à environ (-2°C), il y a formation de cristaux de glace constitués d'eau douce. L'eau de mer étant alors plus concentrée, elle résiste mieux à la congélation. Si l'on fait baisser davantage la température, la production de glace augmente.

Signalons cependant qu'au environ de (-9°C), le sulfate de sodium déca hydraté a tendance à précipiter. Pour produire de l'eau pure, il est donc préférable de ne pas refroidir l'eau au dessous de cette température.

Le dessalement des eaux de mer par congélation est particulièrement intéressant dans les régions où la température de l'eau est souvent inférieure à 0°C, car dans ces conditions, on peut aménager des bassins à ciel ouvert. Lorsque la température est suffisamment basse, on remplit ces bassins sur une hauteur de 10 à 15 cm, lorsque la couche de glace atteint une épaisseur de 1 à 1,5 cm, on enlève la saumure et on recueille la glace, qu'il ne reste plus qu'à laver et à faire fondre (il faut utiliser 30 à 35% de l'eau douce ainsi produite pour laver la glace et la débarrasser de sa pellicule d'eau de mer) (RICH A., (2011)).

#### **b/ Les avantages et les inconvénients**

##### **i. Les avantages**

- Les appareillages sont moins exposés à la corrosion à de faibles températures comparativement aux températures d'ébullition atteintes lors de l'évaporation de l'eau.
- Il n'y a pas de problèmes d'entartrage car les sels restent dissous à faible température.
- L'eau douce obtenue est bien minéralisée et bien aérée ce qui constitue une excellente boisson (<http://www.encyclo-ecolo.com>).

##### **ii. Les inconvénients**

- Cette technique est généralement plus onéreuse que l'évaporation de l'eau : la chaleur nécessaire pour congeler de l'eau est plus coûteuse que celle utilisée pour son évaporation.
- Il existe une difficulté majeure concernant la séparation des cristaux de glace et de la saumure qui nécessite des opérations complexes: il reste une couche limite de saumure collée aux cristaux (<http://www.encyclo-ecolo.com>).

#### **II.3.3.2. LES PROCÉDES MEMBRANAIRES**

Les techniques dites de séparation par membranes, constituent une révolution dans le domaine du traitement de l'eau de mer. Leur principe consiste non pas à éliminer chimiquement les microorganismes mais à les extraire physiquement. Elles n'utilisent aucun réactif chimique, sauf pour leur entretien. Très fiables, elles permettent de produire une eau très pure et de qualité constante (TAHRI T., BETTAHAR A., DOUANI M., ABDULWAHAB S.A., ALHINAI H., ALMULLA Y. (2010))

#### **II.3.3.3. L'OSMOSE INVERSE (OI)**

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Si l'on considère un système à deux compartiments séparés par une membrane semi sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes, l'osmose se traduit par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée.

Si l'on applique une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Avec une pression suffisamment forte, le flux d'eau va même s'annuler: cette pression est nommée la pression osmotique. Si l'on dépasse la valeur de la pression osmotique, on observe un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique: c'est le phénomène d'osmose inverse (MAUREL A., (2006))

#### **II.3.3.4. ELECTRODIALYSE**

L'électrodialyse est un procédé à membranes très ancien puisque la première installation date des années 1960. Ce procédé consiste à éliminer des sels dissous dans l'eau saumâtre par migration à travers des membranes sélectives sous l'action d'un champ électrique (SEMINAIRE INTERNATIONAL (2009))

##### **II.3.3.4.1. Description du procédé**

Le terme dialyse désigne la diffusion d'un soluté à travers une membrane qui lui est perméable au solvant. L'électrodialyse désigne donc le transfert d'ions à travers une membrane qui leur est perméable sous l'effet d'un champ électrique. L'électrodialyse est donc un procédé électrochimique qui permet d'extraire les ions contenus dans une solution.

L'extraction des ions se fait par migration des ions à travers des membranes sélectives (anioniques ou cationiques) sous l'action d'un champ électrique (<http://www.lenntech.fr>)

##### **II.3.3.4.2. Le dessalement par électrodialyse**

L'électrodialyse est utilisée pour le dessalement d'eau de mer. En fin de chaîne de traitement, on récupère à la fois de l'eau douce et du saumure. Il existe également des unités en série et d'autres modèles de système d'électrodialyse (LE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER)

## **II.4. CONCLUSION**

Le dessalement apparaît de nos jours comme la solution ultime face aux pénuries d'eau que peuvent rencontrer certains pays en proie à la sécheresse, beaucoup de techniques ont été développées passant de la plus rudimentaire comme la distillation, à la plus avancée mais néanmoins coûteuse à l'osmose inverse.

## **Troisième Chapitre : PRESENTATION DE LA STATION DE DESSALEMENT.**

### **III.1. INTRODUCTION**

La station de dessalement de Souk-Tleta à une capacité de production de 200 000 m<sup>3</sup>/j, elle permet actuellement de satisfaire les besoins en eau potable d'une population de plus de 300 000 habitants répartie en 19 communes, y compris le chef-lieu de la Wilaya de Tlemcen.

### **III.2. SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE**

#### **III.2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE**

La station de dessalement d'eau de mer de Souk-Tleta est localisée au Nord-Ouest algérien dans la Wilaya de Tlemcen, Daïra de Bab El Assa, Commune de Souk-Tleta.

Elle est située à 90Km du chef-lieu de la Wilaya. La commune de Souk-Tleta s'étend sur une superficie de 8 500 hectares et se situe au Nord-Ouest de la ville de Tlemcen, elle est frontalière vis-à-vis de sa proximité par rapport à la frontière Algéro-Marocaine. Elle est limitée :

- Au Nord : par la mer Méditerranée ;
- A l'Est : par la commune de Souahlia;
- A l'Ouest : par la commune de M'sirda;
- Au Sud : par la commune de Bab El Assa.

#### **III.2.2. RELIEF**

Le relief de la commune de Souk-Tleta est très accidenté, il est marqué par des monts, Djorfs, Djebels, crêtes, ravins, et oueds.

Au milieu de ce relief s'intercale une vallée étroite de direction Sud-Nord. Cet ensemble montagneux s'inscrit dans la grande partie Nord-Ouest des monts des Traras de la région des M'sirda, Fouaga et Thata.

Au nord, le long de la côte d'Est en Ouest, s'étend une petite plaine, où s'étale la zone éparsée de Ouled béni Aid. L'altitude moyenne est d'environ 120 mètres.

Au Sud, de cette plaine, on trouve une chaîne de montagne étendue d'Est en Ouest composée de Djbel Zendal (618 mètres), Djbel Trasmout (599 mètres), Djbel Hacen (476 mètres), Djbel Ali Ben Salah (520 mètres) et le Djbel de Mahdi (304 mètres).

Du Sud Est en Ouest, s'étale une plaine en forme d'une vallée (Bled Bou-Metire et Bled Argoub et Hafia. L'altitude moyenne avoisine les 260 mètres.

Au centre de la commune, où s'étend l'agglomération chef-lieu, l'altitude moyenne est de 150mètres.

### III.2.3. CADRE CLIMATIQUE

Le climat de la commune de Souk-Tleta est de type semi-aride, caractérisé par un hiver assez froid et pluvieux et un été sec et chaud. C'est le climat caractéristique des monts des Traras occidentaux.

Le climat de zone côtière se caractérise par une saison relativement pluvieuse s'étalant du mois d'Octobre à Mai, la saison sèche s'étale sur une période de cinq mois (de Juin à Septembre).

La température moyenne mensuelle oscille entre 13,3°C et 26,1°C au mois d'Août. La pluviométrie moyenne annuelle est de 363 mm avec 78 mm au mois de Novembre et 0,3mm au mois le plus sec Juillet.

L'humidité est assez importante au cours de l'année, elle varie entre 70,5% et 74,7% avec une moyenne de 72,5% (HACHEMAOUI B., (2014))



Figure III.9 : Image aérienne de la station de Souk Tleta.

### III.3. QUALITE D'EAU

Le processus de conception de ce site à Souk-Tleta est basé sur l'eau de mer typique méditerranéenne TDS (solides dissous totaux) qui devrait se situer autour de 37500 mg/L. Les prélèvements ont été réalisés de la période de conception à ce jour dans le voisinage du site est proche de cette valeur attendue. Par conséquent, la conception de la centrale est basée sur la qualité d'eau de mer.

L'entrée est située là où la profondeur d'eau de mer est un minimum de 8 à 10 m à marée basse. L'eau entrée dans le centre de la structure d'entrée est fixé à environ 3,9 m au-dessus du fond marin tandis que la hauteur des écrans de poisson est 2,56 mètres.

L'objectif principal de l'usine de dessalement d'eau de mer est de produire une eau propre à la consommation humaine et qui répond aux exigences de la WPA.

### III.3.1. QUALITE D'EAU DE MER

- TDS : 36,500 - 38,000mg /L.
- Bore : de 4,8 à 5mg /L.
- Température : 18 – 28°C.
- PH : 7,6 à 8,2.

### III.3.2. LA QUALITE DE L'EAU TRAITEE

**Tableau III.3** : Les seuils limites de la qualité de l'eau traitée.

Paramètres	Unités	Exigence (min)	Exigence (max)
<b>pH</b>	/	<b>7,0</b>	<b>8,5</b>
<b>LSI</b>	/	<b>0</b>	<b>0,4</b>
<b>Solides dissous totaux</b>	<b>mg/L</b>	<b>150</b>	<b>500</b>
<b>Dureté Total</b>	<b>mg/L</b>	<b>60</b>	<b>150</b>
<b>Alcalinité</b>	<b>mg/L de CaCO<sub>3</sub></b>	/	/
<b>Bore</b>	<b>mg/L</b>	/	<b>&lt;1,3</b>

### III.4. EQUIPEMENTS PROCESSUS MAJEUR

L'installation se compose des équipements principaux suivants :

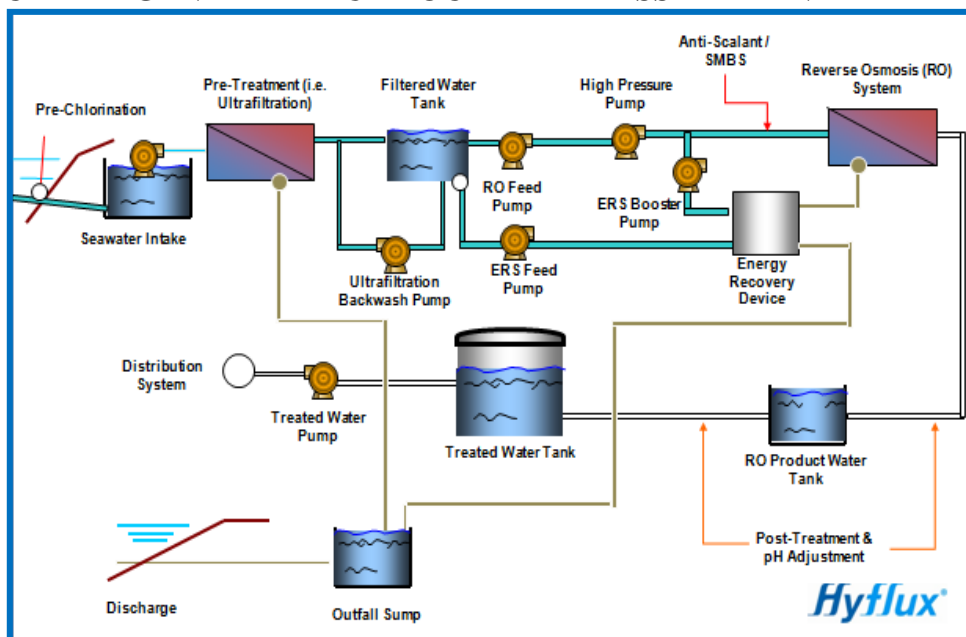
- Apport d'eau de mer et les écrans (écran Bar grossier, CBS et l'écran la bande Voyager, SCT).

- Les pompes à eau de mer d'admission.
- Ultra-filtration en trains.
- Ultra-filtration à nettoyage en place (CIP).
- Réservoir d'eau filtrée.
- Ultra-filtration.
- Osmose inverse à pompes d'alimentation.
- Système de récupération d'énergie des pompes d'alimentation(ERS).
- L'osmose inverse des trains.
- Systèmes de récupération d'énergie (ERS).
- L'osmose inverse avec pompe à haute pression.
- Récupération d'énergie du système de rappel pompes.
- Réservoir de chasse.
- L'osmose inverse à nettoyage en place.
- Cuve de contact du chlore,
- Post-traitement.
- Réservoir d'eau traitée.
- Pompes à eau traitée.
- Neutralisation Point déversoir.
- Système de dosage de produits chimiques.



- Utilitaires.

### III.5. SCHEMA GENERALE DU PROCEDURE DE DESSALEMENT



**Figure III.10** : Schéma générale de procédé de dessalement (Source : Doc de la station de souk-Tleta).

Le procédé de la station se compose de 03 étapes de processus principal, la première est l'étape de prétraitement, suivie par celle d'osmose inverse et enfin le post traitement.

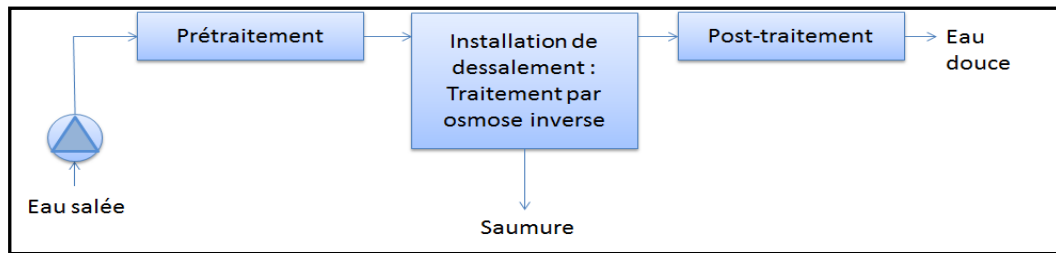
La prise de mer est une étape très importante. En général, c'est le chemin pour l'arriver l'eau de mer à la station. Cette station reçoit l'eau de mer par gravitation. La conduite de prise entre dans la mer à 900 m avec une inclinaison de 30° à la droite et une profondeur de 12m. On trouve une crépine à l'entrée de cette conduite qui a pour rôle de ne pas laisser passer les poissons et les débris..., etc. Lorsque l'eau de mer arrive à la station, elle entre dans deux réservoirs de 17m. Ce dernier contient un système de dosage de chlore pour l'élimination des micros organismes. Il y aussi deux pompes d'air en parallèle qui doivent injecter l'air dans le réservoir pour éliminer les poissons, les planctons et les agents biologiques. Après cette étape, il y a l'étape de prétraitement.

### III.6. PROCESSUS DE TRAITEMENT

L'eau de mer nécessaire pour le processus de dessalement est projetée à travers les facilités d'admission à retirer les gros débris, puis, pompée dans un système d'ultrafiltration de prétraitement à éliminer les matières solides en suspension. L'eau de mer filtrée est ensuite stockée temporairement dans un filtre Réservoir de stockage d'eau et de chlore et pompé ensuite dans le processus d'osmose inverse (RO).

L'usine est équipée de tous les systèmes nécessaires et autres installations de soutien en ultra filtration comme le système de lavage, système de nettoyage et le système de nettoyage et de rinçage pour l'Osмосe inverse, dosage des produits chimiques à l'air comprimé dans le système et l'approvisionnement en eau potable pour le bon fonctionnement de l'usine à tout moment.

Le perméat est finalement soumis à une série de post-traitement chimique pour le rendre propres à la consommation humaine. Après cette étape, l'eau traitée est stockée dans un réservoir de stockage d'eau et pompée à la boîte à eau principale à une pression de 30bars. Le rejet (la saumure) sera évacué par des dispositifs nécessaires. Le point d'entrée est assez large pour assurer un fonctionnement continu dans toutes les eaux de mer et les conditions météorologiques. Les points émissaires sont positionnés de telle sorte que la décharge à haute salinité ne recirculera pas dans la prise.



**Figure III.11** : Processus de traitement (Source : Doc de la station de Souk-Tleta).

### III.6.1. ÉTAPE DE PRETRAITEMENT

Le prétraitement inclut toutes les étapes nécessaires en amont de l'osmoseur. Il est nécessaire déterminant pour la durée de vie du système et pour minimiser les produits chimiques ainsi que le remplacement des membranes. Il a un impact direct sur la performance de l'osmoseur.

L'étape de prétraitement est à l'état de l'eau de mer afin de minimiser l'encrassement des membranes d'usine d'osmose inverse. Il faut arrêter la station pour le nettoyage des membranes et cela peut prendre beaucoup de temps mais avec l'étape de prétraitement on a minimisé ce dernier afin de gagner beaucoup de temps et aussi protéger les membranes de l'Osмосe inverse. La Qualité de la prise d'eau devrait être de faible turbidité, mais la nature de l'encrassement des membranes d'osmosе inverse est encore élevée et le prétraitement est encore nécessaire à abaisser le potentiel de colmatage colloïdal à des niveaux acceptables.

En pratique, cela est mesuré à 15m à l'aide de l'indice de colmatage (SDI<sub>15</sub>) technique de mesure. L'eau d'alimentation de l'Osмосe inverse est conçue pour atteindre une valeur du (SDI<sub>15</sub>) inférieure à 5 à partir du procédé de prétraitement. L'eau de mer contient également de nombreuses formes de vie telles que les poissons, les mollusques, bernacles et divers planctons et les microbes qui peuvent réduire les performances de l'usine à bien des égards. Ainsi, il est nécessaire pour prévenir ou arrêter des entrer dans le système à membrane d'Osмосe inverse.

Pour atteindre les objectifs ci-dessus, le prétraitement comprend ces systèmes : (voir les paramètres de chaque équipement au tableau 3) :

- Système de dosage d'entrée du chlore.
- Chambre d'admission d'eau de mer.
- Dégrilleur grossier, dégrilleur fin
- Les pompes d'eau de mer.

- Ultra-système de filtration membranaire(UF).
- Réservoir de stockage d'eau filtrée.
- Les Ultra filtration remous pompes.
- Ultra filtration à système de nettoyage.

### III.6.1.1. SYSTEME DE DOSAGE ET D'ADMISSION DE CHLOR

L'hypochlorite de sodium (**NaClO**) est dosé périodiquement dans la chambre d'admission pour la chloration. L'hypochlorite de sodium (**NaClO**) sera désinfecté à l'entrée des écrans. Son rôle est de réduire la croissance biologique au stade prétraitement, et dans l'Ultra filtration dans la tuyauterie d'alimentation. Le dosage doit être généralement de 10 mg/L de chlore pendant 1 heure ou 5 mg/L de chlore pendant 2 heures selon le cas de besoin.

L'hypochlorite de sodium (**NaClO**) est stocké dans un réservoir d'admission d'eau de mer à l'aide des pompes à membrane. Ce réservoir de stockage à la zone de prétraitement est également la source de **NaClO** utilisé pour le système d'Ultra filtration à membrane auto-nettoyante. En raison de sa nature oxydante forte, le chlore ne doit pas être autorisé à atteindre la membrane d'osmose inverse car ils oxydent les membranes. L'élimination du chlore de l'eau de mer est accomplie par le dosage d'un agent réducteur. Dans ce cas, le bisulfate de sodiumméta (**SMBS**) est utilisé.



**Figure III.12** : Chambre d'admission d'eau de mer.

Le premier dosage du **SMBS** avec des pompes en séries (1 en marche et l'autre en secours) injecte la solution des **SMBS**. La ligne d'alimentation d'eau de mer, juste avant les banques d'Ultra filtration. Le dosage ne se fait pas par injection continue, mais il est synchronisé avec le système de dosage d'admission de chloration ou il commence l'injection de sodium méta bisulfite qui réagit avec et retire le chlore de l'eau.

Un second ensemble **SMBS** de pompe de dosage (1 marche et 1 en secours) est prévu pour doser la ligne d'eau filtrée pour les trains d'osmose inverse pour enlever le chlore libre dans l'eau filtrée fournir au système de l'Osмосe inverse. Ce système ne sera pas fonctionnel parce que tout le chlore devrait être enlevé avant le système d'Ultra Filtration.

### III.6.1.2. CHAMBRE D'ADMISSION D'EAU DE MER

Le système d'entrée est une admission ouverte, l'eau est aspiré dans l'entrée par l'intermédiaire d'un pipeline, qui s'étend à environ 900 mètres par rapport à la mer afin d'assurer que le l'eau de mer aspirée est exempte de débris est plus homogène dans ses caractéristiques. L'eau de mer coule par gravité dans la chambre d'aspiration d'eau de mer. Le dégrilleurs grossiers et le tamis fin sont logés dans la chambre de prise pour la première étape de filtrage fin.

### III.6.1.3. DEGRILLEURS GROSSIERS(CBS) ET TAMIS FIN



**Figure III.13 :** Dégrilleurs grossiers et Tamis fin.

La première étape du traitement consiste à faire passer l'eau de mer à travers de 2 ouvertures de mailles. Dans le premier définir avec des ouvertures de 20mm qui est un tamis. Ce tamis va exclure les plus grands déchets présents dans l'eau de mer comme le poisson et les planctons..

La deuxième étape des élections utilise un dégrilleur fin (TBS) de 200 microns. On trouve deux dégrilleurs fins ; une en marche et l'autre en arrêt. Ces TBS vont filtrer des petits organismes, les solides fins ainsi qu'à fournir une protection pour le système en aval d'ultrafiltration (UF) qui est un système très fragile aux organismes. Ils sont fournis avec les systèmes d'auto-nettoyage pour enlever les débris accumulés au fil du temps manuellement. Les écrans peuvent fonctionnés en mode automatique sur la base du différentiel de niveau ou par une minuterie de présérie.

### III.6.1.4. POMPES D'EAU DE MER

Chaque pompe d'eau de mer offre 5300 m<sup>3</sup> par heure d'eau de mer sous une pression de 3,5 bars environ à l'ultrafiltration par trains. Il y a un total de 5 pompes en service et 1 en arrêt en cas de problème

Chaque pompe alimente l'eau de mer dans un collecteur commun qui le transporte au système d'ultrafiltration. Ces pompes sont commandées par des dispositifs à fréquence variable afin de minimiser tout chocs au démarrage et à l'arrêt du fonctionnement des pompes et de contrôler l'Ultra Filtration.



Figure III.14 : Les pompes de la station.

### III.6.1.5. ULTRA FILTRATION (UF) DU SYSTEME

L'ultrafiltration est couramment utilisée comme prétraitement dans une unité d'osmose inverse. Elle est prévue pour filtrer l'eau de mer et utilisée pour la séparation des matières en suspension, colloïdes, bactéries et virus. Cette technologie utilise des membranes avec des pores ayant une taille de 1 à 100nm. Une eau filtrée à faible turbidité est fabriquée pour l'osmose inverse (RO). L'utilisation du système d'Ultra Filtration permettra au processus de prétraitement de fonctionner sans l'aide des produits chimiques tels que coagulant par rapport aux usines de traitement conventionnelles. Avec un débit minimal de 631,100 m<sup>3</sup>/jour et une pression maximale de 3,5 bars. Le rendement d'Ultra Filtration est de l'ordre de 90% et les 10% qui restent sont des rejets.

#### III.6.1.5.1. Le système d'UF

Le système UF se compose de cinq(5) banques, avec chaque banque contenant neuf (9) trains d'ultra filtration. Huit (8) de ces trains seront en service pendant que le neuvième train est en lavage. Chaque train est fourni avec un espace de 162 membranes d'Ultra filtration, mais seulement 144 membranes sont installées. Cette configuration permet une certaine augmentation future de la capacité de l'usine si nécessaire.

Les membranes d'Ultra filtration sont de type fibres creuses. Ces derniers contiennent 8000 fibres à l'intérieur de chaque module. Ce sont des membranes avec un diamètre inférieur à 0,1 µm. Par conséquent les risques d'obstruction sont très élevés. La densité de conditionnement est très élevée. Les fibres creuses sont presque toujours utilisées pour l'osmose inverse.

Les sorties individuelles des trains de l'Ultra Filtration sont combinés dans un filtrat en-tête commun pour transmettre l'eau filtrée au réservoir. La Qualité d'eau filtrée pour chaque train peut être contrôlée à l'aide d'un turbidimètre. Ce compteur est utilisé pour prélever un échantillon de filtrat des trains individuelles dans une banque dans l'ordre en utilisant le contrôle logique programmable (PLC)



Figure III.15 : Système d'ultrafiltration filtration de la station.

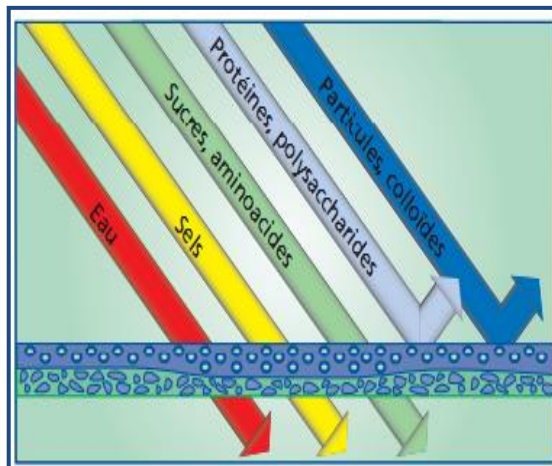


Figure III.16 : Système Ultra filtration d'une station de dessalement.

#### III.6.1.5.2. Fonctionnement des membranes d'ultrafiltration

Le système de Hyflux Kristal TM à membrane d'ultra filtration fonctionne sur un mode hors tension dans lequel le courant d'alimentation s'écoule à l'extérieur de la membrane avec le filtrat s'écoulant au milieu. Le courant s'écoule sur la peau extérieure de la membrane est concentré sur la longueur de la membrane. Le courant de recyclage est soit retourné à la chambre d'admission ou avec la saumure pour réduire l'accumulation de matières solides dans les modules à membranes. Voici les caractéristiques des membranes d'UF :

**Tableau III.4 :** Fonctionnement UF Filtration.

Specification des modules	Kristal™600B Module
Poids net	55
Poids en fonctionnement	100
Matériaux de construction	PVC
Matériaux d'étanchéité	Matériaux de traçage composites exclusifs Hyflux
L'échelle de fonctionnement par rapport au temps	5 – 40
Interval du pH de fonctionnement	2 – 10
L'échelle du pH de nettoyage	2 – 11
Typical Service TMP (bar)	0,2 – 2,0

Les membranes sont contrôlées en permanence afin que la pression transmembranaire (TMP) puisse être mesurée et normalisée pour surveiller le rendement. Dans le cadre de la conception, utilisant le procédé d'écoulement transversale du système de membrane UF, le rejet débit à travers les membranes dans un module, est recyclé vers l'entrée de sorte qu'il n'est pas perdu à partir du système.

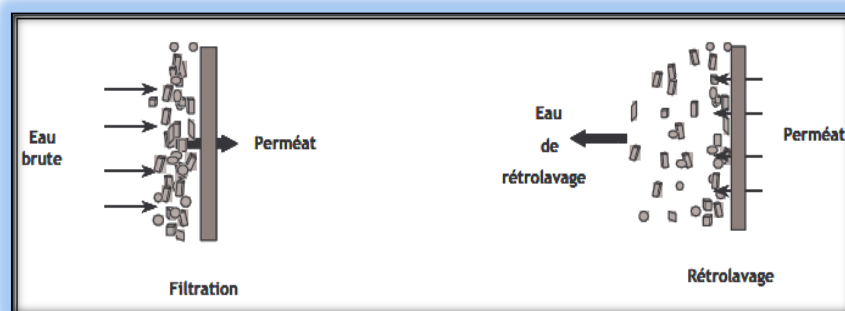
#### III.6.1.5.3. Fonctionnement UF – Back Wash

Avec l'accumulation de matières solides pendant la filtration, la résistance à l'écoulement augmente qui peut être surmontée en soumettant la membrane à un débit inverse à l'UF. L'air est introduit à récuser en même temps d'améliorer l'efficacité du lavage à contre-courant. Cette opération de rétro lavage est effectuée périodiquement, qui peut être prédéterminée par :

\*Soit le débit total ou le temps écoulé, généralement tous les 30 - 45 mn. Le système est commandé de telle sorte que seul un train entre dans l'étape de rétro lavage. Le flux de lavage est évacué directement à l'exutoire.

L'efficacité du procédé dépend de plusieurs paramètres opératoires tels que :

- ✓ La pression transmembranaire du rétro lavage,
- ✓ Le débit du rétro lavage,
- ✓ La durée du rétro lavage,
- ✓ La structure du dépôt crée pendant la phase de filtration.



**Figure III.17 :** Rétro lavage.

### III.1.6. RESERVOIR DE STOCKAGE D'EAU FILTRÉE ET STATION DE POMPAGE

L'eau filtrée produite par l'ultrafiltration (UF) des modules sont stockées dans un réservoir d'eau. L'eau filtrée à partir de ce réservoir est utilisé comme eau d'alimentation pour l'étape d'osmose inverse. Certains d'entre eux sont utilisés pour laver l'ultrafiltration afin de maintenir la forme d'exploitation et le flux des membranes UF pour améliorer le nettoyage à partir des modules jusqu'aux membranes. La capacité de bassin de stockage est de 11 000 m<sup>3</sup>.

La station de pompage contient six (06) unités de pompes d'eau de lavage contre-courant. Les 05 pompes sont en service avec la sixième étant la pompe commune en veille. Les pompes sont installées avec variateur de fréquence il permet de contrôler et pour fournir le débit requis d'Ultrafiltration indépendamment au cours la séquence lavage.

Neuf (09) pompes d'alimentation fournies par l'étape d'osmose inverse. Au débit maximal de l'usine, huit (08) des pompes sont en service. Les nombres de pompes de service sont fondés sur le nombre de module en service.

Sept (07) unités de pompes d'alimentation avec des démarreurs progressifs sont prévues, chaque pompe étant dimensionnée pour fournir de l'eau filtrée pour le système d'osmose inverse. Au maximum six (06) pompes sont en service avec la septième étant en mode arrêt. Le nombre de pompes de service sont fondés sur le nombre de trains d'osmose invers en service.



**Figure III.18 :** Réservoir de stockage d'eau filtré et station de pompage.



### III.6.1.7. ULTRA FILTRATION A NETTOYAGE SUR PLACE (CIP)

Le CIP est un nettoyage sur place, il est nécessaire pour nettoyer plus efficacement la surface de la membrane. Une Ultra filtration de nettoyage est mise en place du système qui est prévue pour le nettoyage chimique. Ceci peut être utilisé pour entreprendre le nettoyage d'entretien ou de récupération. Le nettoyage des membranes d'ultrafiltration pour maintenir ses performances. En fin, il faut un lavage à contre-courant après et avant chaque étape du nettoyage.

Il y a deux types de lavage chimique :

❖ Entretien à nettoyage fréquent qui est un processus de courte durée de nettoyage. Son pH est de 10 à 11. Les produits de nettoyage sont le chlore alcaline et NaOH.

On fait ce nettoyage quand :

- La durée de service des modules égale ou supérieur à 120 h,
- La diminution de débit des modules (la plus importante et la plus contrôlé)
- L'augmentation de la pression lors du service.

❖ Le second est une fréquence inférieure, c'est le Nettoyage de récupération (RC), qui exige un arrêt de plus de temps mais donne un nettoyage en profondeur de la surface de membrane. Le nettoyage du train en Ultra Filtration sera à l'aide d'un acide (HCl). À la fin du nettoyage, le train peut être remis en service ou en veille. Solutions de nettoyage d'occasion seront dirigées vers le réservoir de neutralisation pour le traitement avant le rejet.

**Remarque :** Ne jamais mélanger l'hypochlorite de sodium avec de l'acide, car le chlore peut libérer un gaz toxique suite aux réactions par des produits chimiques.

### III.6.2. LES DIFFERENTES ETAPES DE L'OSMOSE INVERSE

Le dessalement de l'eau de mer est réalisé par une Osmose Inverse. La section d'osmose inverse de l'installation comprend les équipements suivants :

- Système de dosage Anti-scalant.
- Pompes d'alimentation en osmose inverse (OI).
- Système de récupération d'énergie des pompes d'alimentation (ERS).
- Pompes à haute pression.
- Les modules de l'osmose invers
- Système de récupération d'énergie.
- Les pompes.
- Rinçage du réservoir.
- Système de nettoyage en place pour l'Osmose inverse.



**Figure III.19 :** Chaîne d'Osmose inverse de la station.

### III.6.2.1. Système de dosage chimique antitartre

L'entartrage est dû à la formation de dépôt de sels minéraux (matières en suspension inorganiques) qui a tendance à se former sur les surfaces d'échanges. Ces dépôts sont constitués principalement par du carbonate de calcium, de l'hydroxyde de magnésium et des sulfates de calcium.

La station de dessalement de Souk-Tleta est équipée d'un système de dosage anti-tartre. Cela permet de rendre le pH de l'eau normale de 7,8 à 8,2 et offre une meilleure qualité par l'osmose inverse.

**Les inhibiteurs d'entartrages :** Ce sont des produits tartrifuges que l'on injecte à très faibles doses dans l'eau d'appoint ; ils ont la propriété de minimiser les dépôts qui se forment sur les parois d'échange.

### III.6.2.2. Pompes d'alimentation

Le rôle des pompes d'alimentation d'osmose inverse est de fournir de l'eau filtrée à une pression élevée. Il compense également la pression d'alimentation requise au fil du temps, il accueille le vieillissement des membranes. Il y a 09 pompes d'alimentation. Le débit de chaque pompe est de 1 260 m<sup>3</sup>/h avec une pression de 13 bars.

### III.6.2.3. Système de récupération d'énergie (ERS) pompes d'alimentation

Un système d'énergie de récupération isobare est utilisé pour récupérer l'énergie avant leur rejet dans l'exutoire. Les dispositifs isobariques transfèrent par la hausse d'énergie dans le courant de rejet de l'eau en raison de la haute pression. Pour permettre à l'eau sous pression filtrée d'entrer dans la ligne d'alimentation. La pression doit être augmentée légèrement. Ceci est fait en utilisant les pompes ERS Booster à une pression de 11 bars.

Le débit d'eau filtrée à travers cette pompe est contrôlé par une variation d'affichage VFD qui contrôle chaque pompe en surpression. Ce débit est contrôlé à la conception rejeté du point de consigne de débit. On trouve dans cette station 07 pompes avec un débit de 03 bars.

### III.6.2.4. POMPES A HAUTE PRESSION RO

Avant d'entrer dans les membranes d'osmose inverse, l'eau de mer d'ultrafiltration est pressurisée au moyen de pompe à haute pression généralement entre 55 et 85 bars, en fonction de la température et de la salinité de l'eau.

Chaque module d'Osmose Inverse est pourvue d'une pompe dédiée à pression élevée ou il y'a un total de 13 pompes à haute pression. Ces pompes sont de types centrifuges et fabriqués à partir de matériaux en acier inoxydable duplex et qui fonctionne à une vitesse fixe. Quand un train est mis en service, cette pompe commence comme requis par la séquence de démarrage et mettre sous pression l'eau d'alimentation.

Pour éviter d'endommager les membranes d'osmose inverse, la pression maximale développée par ces pompes doit être admis dans le train jusqu'à la pression de tarage est atteinte. A cette fin, une soupape de commande est montée sur la conduite d'évacuation de chacune des pompes. Au cours de la séquence de démarrage d'un train, cette soupape s'ouvre lentement pour augmenter graduellement la pression d'alimentation.

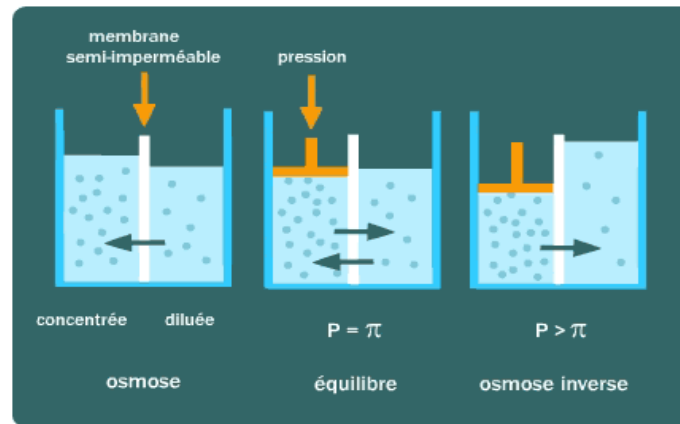
### III.6.2.5. OSMOSE INVERSE DES TRAINS

Considérons un système à deux compartiments séparés par une membrane semi perméable de type spiral (figure. 14) et contenant deux solutions de concentrations différentes.

Le phénomène d'osmose va se traduire par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée, ce phénomène d'osmose est illustré dans la figure suivante. "Semi-perméables" signifie que la membrane est perméable à certaines espèces, et non perméable à d'autres.

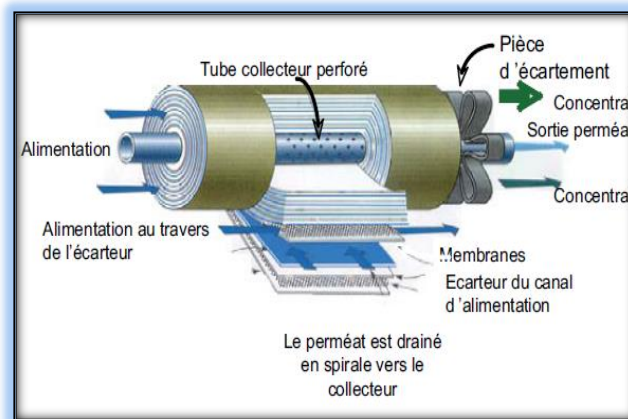
La membrane permet à l'eau de pénétrer à travers elle de chaque côté. Mais le sel ne peut pas passer à travers la membrane. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau va s'annuler. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique.

Une augmentation de la pression au-delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique, c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est le phénomène d'osmose inverse. La figure suivante montre également que l'osmose peut entraîner une élévation de la hauteur de la solution saline. Cette hauteur augmente jusqu'à ce que la pression de la colonne d'eau (solution de sel) est si élevée que la force de cette colonne d'eau arrête l'écoulement de l'eau. Le point d'équilibre de cette eau hauteur de la colonne en termes de pression de l'eau contre la membrane osmotique est appelé la pression.



**Figure III.20 :** Système à deux compartiments séparés par une membrane semi perméable de type spiral.

Dans l'usine de dessalement de Tlemcen, treize (13) modules d'Osmose inverse sont installés et 12 modules sont en opération pour fournir le maximum de l'osmose inverse conçu le débit. Le train restant est considéré comme un train de veille. Le système d'osmose inverse est conçu pour fonctionner à 45%.



**Figure III.21 :** Les modules spiraux

Chaque boîtier de la membrane contient 7 modules de 8 pouces diamètre.

Comme indiqué ci-dessus, la ligne d'alimentation de la pompe haute pression à chaque module a un contrôle vanne qui s'ouvre progressivement par minuterie de l'ensemble de l'automate. Les phases de démarrage augmentent lentement la pression dans le module de la membrane.

Ceci est important car un taux trop élevé d'augmentation de la pression pourrait endommager les membranes. Pendant le démarrage de la vanne est maintenue partiellement est ouverte pendant quelques minutes (valeur nominale) pour permettre à l'air à l'intérieur des tubes de force à se dissoudre dans l'eau et expulsés du système par la soupape d'évacuation d'air. Comme les collecteurs d'alimentation sont montés horizontalement, l'air n'a pas pu être vidées physiquement par le débit d'eau et nous devons donner un certain temps à se dissoudre dans l'eau et se retiré du système.

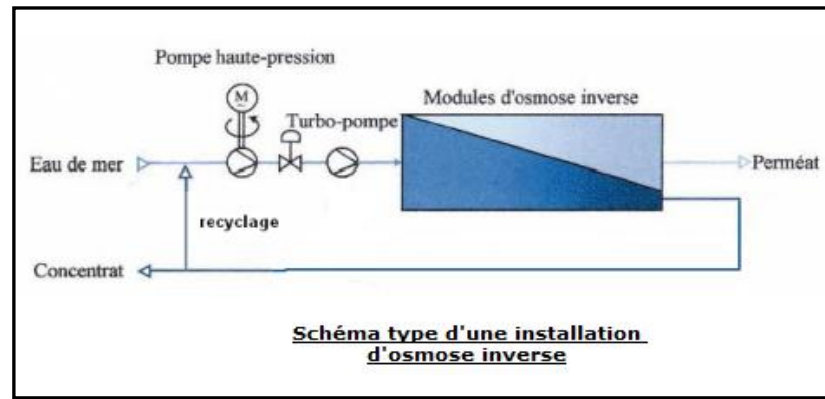


Figure III.22 : Schéma type d'une installation d'osmose inverse.

### III.6.3. STADE DU POST TRAITEMENT

En fonction de l'application de l'eau traitée, le perméat d'osmose inverse devra être traité avant usage final. Alors, il doit passer par le stade de post-traitement pour satisfaire les exigences finales d'eau traitée, dont la désinfection par le dosage de sodium Hypochlorite de sodium (NaCl).

Le perméat d'osmose inverse est "agressif" en raison des très négative LSI (Langelier Indice de saturation) et la valeur doit être augmentée afin de protéger le stockage et la distribution en utilisant le dioxyde de carbone liquide ( $\text{CO}_2$ ) et Système de chaux.

Le perméat du procédé d'osmose inverse a un pH relativement acide après le passage 1, une TDS de 70 à 350 mg/L, 2 à 6 mg/L de  $\text{Ca}^{2+}$  et une concentration de  $\text{Mg}^{2+}$  et de Bore entre 0,5-1,2 mg/L, basé la salinité de l'eau brute et de la température.

Pour accomplir tout ce qui précède, les équipements suivants sont inclus :

- Dosage du chlore (à l'aide d'hypochlorite de sodium).
- Cuve de contact du chlore.
- Le dioxyde de carbone et le dosage de la chaux.
- Stockage des eaux traitées.
- Les pompes à eau traitée.

### III.6.3.1. Dosage du chlore (à l'aide d'hypochlorite de sodium)

Le dosage du chlore, sous la forme d'hypochlorite de sodium liquide est injecté dans le perméat d'eau en aval du réservoir de chasse. La demande en chlore dans l'eau du perméat est faible en raison des systèmes de membranes d'Ultra filtration et d'osmose inverse qu'ils excluent la plupart de la matière organique.

La chloration est nécessaire pour le système d'eau potable pour l'approvisionnement et la désinfection avant la reminéralisation, l'effet maximal du chlore libre est dans la gamme du pH variant entre 5 et 7. La teneur en chlore après le réservoir de contact est contrôlée, elle varie entre 0,5 et 1 ppm. Il y a une ligne sur l'analyseur de chlore libre installé après le réservoir de contact du chlore pour surveiller et contrôler la chloration.

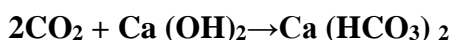
Deux pompes de dosage (02) sont prévues pour la désinfection du post-traitement, une pompe est en marche mais l'autre est en attente. Le débit de dose de chlore sera réglé manuellement en changeant de la position de la course de la pompe de dosage accompli par la vitesse du moteur de la pompe.

### III.6.3.2. Cuve de contact du chlore

Dans l'osmose inverse le perméat dosé avec le chlore pénètre dans le réservoir de contact du chlore. Le temps de séjour dans ce dernier est d'environ 30 mn, ce qui permettra au chlore libre de réagir avec la matière organique et s'assurer que l'eau est désinfectée avant d'entrer dans le Réservoir d'eau traitée. L'eau s'écoule à partir du réservoir de chasse, à travers la cuve de contact du chlore et dans le réservoir d'eau traité naturellement par gravité.

### III.6.3.3. Le dioxyde de carbone et de dosage de chaux

L'eau désinfectée est dosé avec du dioxyde de carbone et la solution de lait de chaux avant l'entrer dans le réservoir de stockage d'eau traitée. Le dioxyde de carbone et de chaux (hydroxyde de calcium) réagissent ensemble pour former le bicarbonate de calcium. Le pH et LSI de l'eau sont augmentés à l'échelle désirée, la création stable "non-agressive" de l'eau pour la distribution à l'homme. Il en résulte du dosage dans l'eau traitée ayant une alcalinité qui est requise par la spécification de la qualité de l'eau traitée suivant cette réaction.



Dans la pratique, le dioxyde de carbone est injecté à un débit de dose fixe prédéterminée et la chaux est contrôlée par le pH à un point de consigne, qui devrait se situer autour de 7,8 et 8,2.

Pour minimiser les augmentations de la turbidité due au dosage de la chaux, une solution saturée est utilisée plutôt que du lait de chaux. L'injection d'une solution de lait de chaux peut augmenter la turbidité de 0,1 à 0,2 NTU.

Le dosage de dioxyde de carbone et la chaux donne une augmentation de TDS d'environ 80 mg/L. Cependant, même après cette addition, le TDS de l'eau traitée sera inférieur à 500 mg/L.



**Figure III.23 :** Réservoir de la chaux.

Le système de la chaux se compose de plusieurs éléments d'équipements pour stocker la poudre de chaux et de créer une solution saturée de chaux pour le dosage dans l'eau chlorée pour ajuster le pH de l'eau traité au point de consigne désiré.

Le lait de la chaux sera stocké dans deux silos à chaux (1 en marche et 1 en attente) avec une profondeur de 2m. Le silo est construit en acier et équipé d'un système de contrôle des poussières.

Le dosage est par l'utilisation d'une poudre chargeur contrôlé par VFD. Le débit de la chaux dans la fosse à lisier sera maintenu dans un rapport fixe à l'écoulement d'eau de dilution entrant dans le saturateur de chaux.

Un réservoir de lait de chaux de la capacité nominale 20 mn est fourni comme un tampon entre le saturateur et le point de dosage. Trois pompes (03) de lait de la chaux (02 en marche et 01 en attente). La soupape de commande sur la décharge de la pompe sera de réguler le débit de chaux selon la mesure du pH (la gamme de pH est de 7,5 à 8,2) de l'eau entrant dans le réservoir d'eau traitée.

#### **III.6.3.4. RESERVOIR D'EAU TRAITEE**

L'eau traitée après la désinfection et la stabilisation est stocké dans le réservoir d'eau traitée. Ce réservoir est de type semi enterré avec une capacité de 25 000 m<sup>3</sup>. Il y a deux (02) compartiments dans le réservoir d'eau traitée :

- Le premier est conçu pour fonctionner avec un seul compartiment de service.
- Le second compartiment est maintenu pour le nettoyage.

#### **III.6.3.5. POMPES D'EAU TRAITEE**

La station de pompage contient un total de quatorze (14) pompes d'eau traitée, dont douze (12) ont services et deux (02) sont des pompes de secours. Chaque pompe donne un débit de 695 m<sup>3</sup>/h et une pression de sortie de l'ordre 30 bars. Ces pompes fournissent de l'eau traitée à la tuyauterie d'alimentation en eau traitée. Les pompes d'eau traitée sont installées avec un dispositif à fréquence variable (VFD). Ce dernier est fourni pour le bon démarrage et l'arrêt des pompes et de maintenir une pression stable de l'en-tête de l'offre et aussi de minimiser les surtensions sur la tuyauterie de refoulement des changements de condition d'écoulement.

Ces pompes d'eau traitée dans la station de pompage transfère l'eau traitée au réservoir de distribution. L'ADE est responsable sur la distribution d'eau traité. Dans la station de dessalement, il y a un responsable de service d'ADE qui vérifie la qualité d'eau traité sortante. A la sortie de cette station, il y a 04 réservoirs d'anti bélière.

### **III.6.3.6. SAUMURE REJETER (EMISSAIRE)**

L'émissaire sera exploitée sous l'écoulement par gravité sans qu'il soit nécessaire de pompage. La saumure d'Osiose inverse sera dirigée vers l'exutoire et fournira un flux continu de la mer. Ainsi, l'eau de lavage à partir des trains d'UF est dirigée vers le point de rejet.

### **III.7. LA SALLE DE COMMANDE**

Les informations du système de commande est prévu dans une salle de commande. Le système est configuré pour avoir un plus haut degré de disponibilité et de fiabilité, convivialité et la facilité d'entretien. Le niveau de main-d'œuvre est réduit au minimum, tandis que le maintien du niveau spécifié de sécurité, de fonctionnement, de l'installation de dessalement.

Le programme de contrôle de l'usine réside dans l'automate. Chaque fonctions API de manière indépendante et autonome que la défaillance d'un élément quelconque n'affectera pas les opérations de l'autre élément dans l'ensemble du système.

L'opérateur peut naviguer l'écran pour afficher une partie différente du processus au sein de l'usine et effectuer fonctions, telles que :

- Surveiller et contrôler la plante pour produire la quantité d'eau nécessaire au sein de contraintes de qualité spécifiées.
- Acquérir et enregistrer les données opérationnelles afin de faciliter une gestion efficace de l'usine.
  - Manuel des installations de dérogation à la salle de contrôle et dans le domaine.
  - Défauts d'affichage et alarmes.
  - Archives.

### **V. CONCLUSION**

Dans ce chapitre on a présenté la station de dessalement de Souk-Tleta, sa situation géographique, ses reliefs et les processus détaillés du dessalement appliqué au niveau de cette station.



## Quatrième Chapitre : **CONDUITES, ACCESSOIRES ET DIMENSIONNEMENT**

### IV.1. INTRODUCTION

Littéralement, les transferts d'eau représentent le transport d'un volume d'eau d'un lieu géographique vers un autre, souvent d'un lieu de captage vers un lieu de distribution et d'utilisation. Ces ouvrages sont composés d'un moyen de transport (canalisation ou canal) d'un moyen de propulsion (gravité ou pompage) et d'éventuels ouvrages intermédiaires de prise d'eau, de stockage ou/et de régulation/sécurisation.

Ils peuvent se caractériser sous différents échelles (débit, distance..) et remplir des objectifs qualitatifs et quantitatifs.

Dans le cadre du programme d'urgence, la Direction de l'Hydraulique de la wilaya de Tlemcen a bénéficié d'un programme de raccordement de la station de dessalement Souk-Tleta pour l'alimentation de la commune Dar Yaghmouracene et ses localités situé à 50km environ au Nord-Ouest de la ville de Tlemcen. La Direction de l'Hydraulique de la wilaya de Tlemcen a sollicité le CTH (Agence Régionale Ouest Tlemcen) pour la prise en charge de cette étude.

Lors du lancement des travaux de réalisation du transfert, il s'est avéré qu'une anomalie a été enregistrée sur le niveau du choix des diamètres normalisés.

Le travail engagé dans le présent chapitre, consiste à reprendre les calculs hydrauliques du transfert en considérant un choix de diamètres normalisés.

### IV.2. CHOIX DES CANALISATIONS

Le choix entre les matériaux est établie sur des paramètres de décisions tel que :

- Agressivité de l'eau.
- Agressivité de sol.
- Revêtement intérieur de la canalisation.
- La nature géologique du terrain.
- Déformation du sol et séisme.
- Le type d'assemblage.
- Les pressions.
- Les critères économiques : le pris de fourniture, de transport, de pose et la durée de vie de la conduite.
- Type de fluide à transporter.

On distingue les conduites selon les matériaux principaux auxquels on fait appel pour en constitues la structure. Les matériaux utilisés dans notre cas sont :

- Les canalisations en PEHD.
- Les canalisations en Fonte.

## IV.2.1. CONDUITES EN FONTE

### IV.2.1.1 Caractéristiques

L'ajout d'une certaine quantité de magnésium à la fonte grise provoque la cristallisation du carbone sous forme de sphères également appelés nodules.

La fonte grise possède les caractéristiques suivantes :

- Résistance à la compression.
- Aptitude au moulage.
- Résistance à l'abrasion.
- Usinabilité.
- Résistance à la fatigue.

La fonte ductile a une structure différente de celle de la fonte grise. Celle-ci présente les propriétés mécaniques suivantes :

- Une élasticité de  $R_e \geq 270$  Mpa
- Une résistance à la traction de  $R_m \geq 420$  Mpa
- Une excellente résistance aux chocs
- Une capacité importante d'allongement supérieure à 10%

Ces propriétés permettent une durée de vie qui dépasse les 100ans si les instructions de mise en œuvre sont respectées.

La fonte ductile peut être réutilisée à 100% c'est-à-dire sans limite, ni dégradation de propriétés, comme matière première des filières de fusion métallurgique classique.



Figure IV.24 : Conduite en fonte ductile.

### IV.2.1.2. Revêtement

Les tuyaux classiques revêtus extérieurement de zinc et d'une couche de peinture bitumineuse ont prouvé leur efficacité pendant de nombreuses années. Ils offrent la solution pour les grands diamètres. Ces tuyaux sont principalement utilisés pour des applications dans le domaine de l'eau potable.

#### Revêtement extérieur

Le revêtement de zinc est constitué:

- D'une couche de zinc métallique de minimum 200 g/m<sup>2</sup> appliquée par projection, ce qui représente une amélioration de 50% par rapport aux exigences de la norme NBN EN 545. Il s'agit d'une protection active grâce à l'action galvanique de la pile fer-zinc.
- D'une couche de finition de peinture bitumineuse.

En contact du terrain environnant, le zinc se transforme lentement en une couche protectrice dense, adhérente, imperméable et continue de sels de zinc insolubles. Le bouche-pores favorise la formation d'une couche stable et insoluble. Des mesures peuvent être effectuées in situ pour déterminer la protection adéquate.

### Revêtement intérieur

La protection intérieure des tuyaux est constituée d'un mortier de ciment appliqué par centrifugation assurant:

- D'excellentes conditions d'écoulement hydraulique,
- Le maintien de la qualité de l'eau potable transportée,
- Une protection efficace de la paroi du tuyau (GOBAIN S., (2006)).



**Figure IV.25.** : Canalisation en fonte ductile revêtue extérieurement en mortier de ciment



**Figure IV.26.** : Conduite en fonte ductile revêtue extérieurement en polyuréthane

#### IV.2.1.3. Assemblage

Les procédures d'assemblage varient en fonction du type de raccordement. Conditions de base à assurer pour tous les types de raccordement :

- La propreté de toutes les pièces.

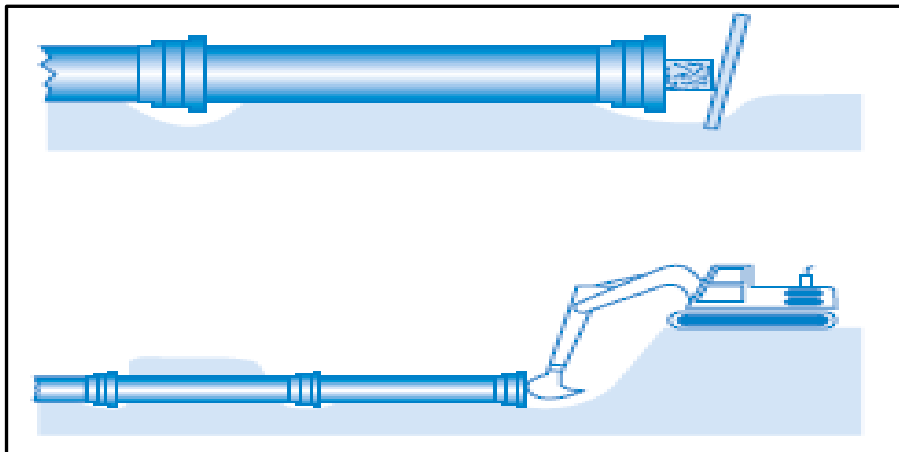
- La bonne position de tous les éléments.
- L'alignement parfait des deux éléments à emboîter
- La position centrale du bout uni dans l'emboîture.
- Un respect strict des recommandations pour l'assemblage.

Pour les conduites en fonte ductile on distingue plusieurs types d'assemblages:

- **Emboîtement à la barre à mine** (pour DN 80 à DN 150)  
La barre à mine fait levier contre le sol. La face de l'emboîture du tuyau doit être protégée avec une pièce de bois dur. L'assemblage se fait par l'effet de levier de la barre à mine.
- **Godet d'excavation** (pour tous les diamètres)  
La force hydraulique du bras d'un excavateur mécanique peut servir à assembler les tuyaux et raccords droits.

Cependant, il convient de prendre les précautions suivantes :

- La face de l'emboîture du tuyau ou du raccord doit être protégée avec une pièce de bois dur.
- Appliquez une force lente et régulière en respectant les règles d'assemblage des tuyaux.



**Figure IV.27. :** Assemblage par emboîtement par la barre à mine et godet d'excavation  
(ELECTROSTEEL, France)

#### IV.2.2. LES CONDUITES EN POLYETHYLENE HAUTE DENSITE (PEHD)

Les canalisations sont majoritairement enterrées et sous pression (pression maximale du réseau: 20bars à 20°C). Les tubes en PEHD sont disponibles jusqu'au diamètre 630 mm.

Aussi bien la matière première que les tubes doivent être attestés conformes sanitaire pour le transport de l'eau potable. Une attestation de conformité sanitaire (ACS), délivrée par un laboratoire habilité doit faire valoir cette aptitude (**CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES, (2010)**)



Figure IV.28. : Conduite en PEHD.

#### IV.2.2.1. Caractéristiques

##### Résistance hydrostatique

La plus importante propriété des tubes thermoplastiques est leur résistance hydrostatique, qui définit la durée de vie attendue du tube sous pression interne. Celle-ci est liée au type de résine considérée.

Tableau IV.5 : Valeurs de MRS et pour les différents matières de PE.

Désignation de la résine	Classification suivant ISO	Contrainte minimale requise(MRS) MPa	Résistance hydrostatique à long terme à 20C MPa
PEHD 3 <sup>ème</sup> génération	PE100	10,0	8,0
PEHD 3 <sup>ème</sup> génération	PE80	8,0	6,3
PEHD 3 <sup>ème</sup> génération	PE63	6,3	5,0
PEBD	PE40	4,0	3,2
PEBD	PE32	3,2	2,5

##### SDR (Standard Dimension Ratio)

Pour une matière et une pression donnée, le rapport des dimensions nominales des tubes (diamètre et épaisseur) est constant :

$$SDR = D_e / e$$

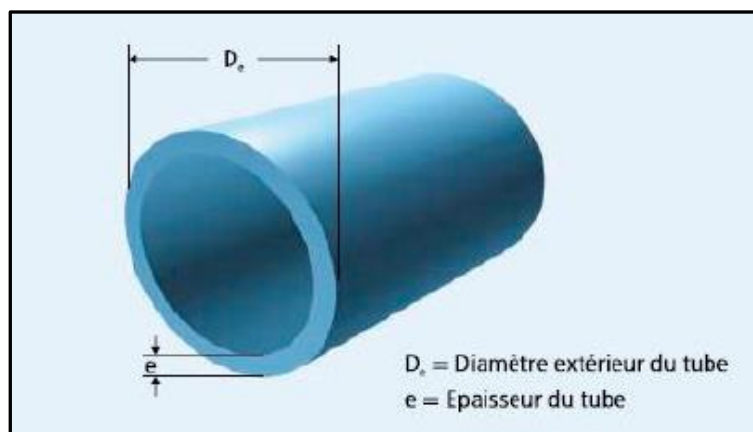


Figure IV.29. : Élément de calcul du SDR.

### IV.2.2.2. Caractéristiques du polyéthylène

Le tableau. 6, résume les différentes caractéristiques de la matière polyéthylène.

**Tableau IV.6. : Caractéristiques des canalisations en polyéthylène.**

	Paramètre	PE80	PE100	Unité
Caractéristiques physiques	Masse volumique	949 à 956 0,7 à 1	956 à 961 0,2 à 0,5	Kg/m <sup>3</sup>
Caractéristiques mécaniques	Mode d'élasticité	≈ 900	≈ 1200	N/mm <sup>2</sup>
	Charge à la rupture	≈ 24	≈ 24	N/mm <sup>2</sup>
	Allongement à la rupture	>500	>500	%
	Dureté Shore à 20°C	57	59	-
	Résilience IZOD SI à 23°C	>600	>600	J/m <sup>2</sup>
Caractéristiques thermiques	Conductibilité thermique à 23°C	0,40 à 0,45	0,40 à 0,45	W/m.k
	Dilatation linéaire	1,6 à 2*10 <sup>-4</sup>	1,6 à 2*10 <sup>-4</sup>	°K <sup>-1</sup>
Autres propriétés	%en poids de noir de carbone			%
	Dispersion du noir de carbone	2,0 à 2,5	2,0 à 2,5	-
	Stabilité à l'oxygène à 200°C	≤3	≤3	MIN
Autres propriétés	Coefficient rugosité hydraulique	0.01 jusqu'à DN 200 0,05 pour ≥ 200		
Autres propriétés	Résistivité électrique	>10 <sup>17</sup>	>10 <sup>17</sup>	Ω/cm

#### Rugosité du polyéthylène

Les tubes en polyéthylène présentent un très bon comportement hydraulique. En effet, l'état de surface d'un tube a une très faible rugosité (environ 0,01). De plus, le polyéthylène a l'avantage de conserver une paroi très lisse même après une longue période de service.

Ainsi les pertes de charges à court et à long terme peuvent être définies avec précision dès la conception.

#### Résistance chimique

Les tubes PEHD ont une bonne tenue chimique pour les cas les plus courants. Ils résistent aux sels, aux acides et aux alcalis en solutions aqueuse diluées. De nombreux solvants peuvent être acceptés jusqu'à 50°C.

La résistance chimique des tubes en polyéthylène dépend des paramètres suivants :

- Le milieu.
- La concentration de l'effluent.
- La température.
- La charge.

La grande souplesse du tube en polyéthylène lui permet de bien résister au gel. Le polyéthylène se prête à la déformation due au gel puis reprend sa forme initiale au dégel. Le tube polyéthylène peut être posé à une température ambiante pouvant aller jusqu'à 50°C.

## Influence du climat

### Dilatation

Sous l'effet d'une variation de température, le tube en polyéthylène aura tendance à se dilater ou à se rétracter. La variation de température entraînera en plus ou en moins une variation de longueur de valeur :

$$\Delta L = L * \alpha * \Delta t$$

Avec :

- L** : longueur considérée.
- $\Delta L$**  : variation de longueur.
- $\Delta t$**  : variation de température.
- A** : coefficient de dilatation.

Le coefficient de dilatation du PEHD est égal à  $2 \cdot 10^{-5}$  m/m/°C, c'est-à-dire 0,2mm/m/°C.

Lorsque la conduite est installée en tranchée, le poids des terres et la résultante des forces de frottement contre la paroi du tube, contrarient l'allongement du tube, mais lorsque la conduite peut glisser par rapport à son support (pose en aérien par exemple), il est nécessaire de prendre en compte les effets dus à la dilatation ou au retrait.

### Tenue à la pression à 20°C

Le tableau. 7, résume, en fonction du SDR, les valeurs de la pression maximale admise par les tubes PEHD à 20°C.

**Tableau IV.7.** : Valeurs de la pression maximale en fonction du SDR.

Ø tube PE (mm)	SDR 11 (bar)		SDR 17 (bar)	
	PE80	PE100	PE100	PE100
Du 20 au 120	12,5	16,0	8,0	10,0

### Influence de la température du fluide

Le dimensionnement d'un tube PE est effectué pour une température du fluide de 20°C. Une tem

pérature plus basse améliore la tenue du tube, une température d'utilisation plus haute implique d'utiliser un coefficient de détimbrage pour le dimensionnement de la canalisation.

La pression PMA est alors calculée de la manière suivante :

$$PMA = f(t) * f(a) * PN$$

Avec :

- PMA : Pression maximale admissible.
- F(t) : facteur de détimbrage dû à la température.
- F(a) : facteur de détimbrage dû aux conditions internes et environnementales de fonctionnement.

Dans la pratique, les deux facteurs seront toujours inférieurs ou égaux à 1. Généralement, seul le détimbrage dû à la température est pris en compte.

**Tableau IV.8. : Facteur de détimbrage selon la température.**

Température (°C)	F(t)
20	1,00
30	0,87
40	0,74

### Résistance et contraintes admissibles

Les résistances minimales et les contraintes admissibles des tubes en polyéthylène sont fixées selon le tableau. 9, en fonction du type de résine utilisée pour leur fabrication.

**Tableau IV.9. : Résistance et contrainte admissible fixe de polyéthylène [9].**

Types de résine	Résistance minimale requise (MPa)	Contrainte admissible (MPa)
<b>PE100</b>	10,0	8,0
<b>PE80</b>	8,0	6,3
<b>PE63</b>	6,3	5,0
<b>PE40</b>	4,0	3,2

#### IV.2.2.3. Assemblage des tubes

Les tubes en EHD doivent être assemblés, soit par :

- Électro-soudage.
- Bout à bout.

#### Électro-soudage

Cette technique consiste à réaliser des assemblages au moyen de raccords électro soudables.

Ces raccords peuvent se présenter sous forme de manchon, té, té-réduit, coude, etc....

#### Bout à bout

Cette technique consiste à assembler par élément chauffant des tubes et/ou des raccords en PEHD d'épaisseurs identiques. Cette technique ne peut être utilisée qu'à partir du diamètre 110 mm (CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES, (2010)).

#### IV.2.2.4. Avantage des tubes PE

##### Corrosion

Le PE est inerte chimiquement, pour pratiquement tous les usages, à l'intérieur de sa plage de température d'utilisation. Il est imputrescible, il ne rouille pas, ne se pique pas, ne se corrode pas. De ce fait, son épaisseur n'est modifiée par aucune corrosion chimique ou électrique provenant du milieu environnant.

La résistivité des terrains, quel que soit son niveau, n'a pas d'effet sur les tubes et les raccords constituant le réseau en polyéthylène.



De même, il est totalement inerte vis-à-vis des courants électriques vagabonds générés par l'activité des transports en commun ou par les industries.

### **Abrasion**

Les tubes polyéthylène résistent très bien à l'abrasion. Lorsqu'on compare les tubes PE aux tuyaux conventionnels utilisés pour des applications identiques, on constate une augmentation considérable de la durée de vie des canalisations PE vis-à-vis de ce phénomène physique.

### **Auto-butage**

Les canalisations PE permettent de limiter au minimum les points d'ancrage du réseau. Cette caractéristique, assurée par l'aptitude du matériau PE à être conditionné en grandes longueurs (DN 160) et par les techniques de raccordement par soudage, simplifie la conception du réseau. L'auto-butage a des répercussions non négligeables dans la rapidité d'exécution du projet.

### **Ductilité et flexibilité**

La ductilité inhérente au PE permet aux conduites d'absorber les impacts, les vibrations et les contraintes causées par les mouvements de sol. La propriété de flexibilité et l'aptitude à se déformer sans dommage permanent permettent en outre aux conduites d'être cintrées dans le cas de tracés difficiles ou de changement de direction. Leur aptitude à s'adapter aux mouvements du sol est particulièrement intéressante dans les terrains potentiellement instables, telles que des zones comblées récemment, au-dessus de carrières ou encore des zones sismiques.

### **Résistance aux coups de bélier**

La nature de la matière utilisée limite les efforts du coup de bélier par un effet d'amortissement rapide selon la formule d'Allievi. La longévité des différents composants du réseau s'en trouve améliorée.

### **Étanchéité**

Le mode d'assemblage du PE (soudage par électro-fusion et soudage bout à bout) confère au réseau une étanchéité quasiment parfaite. Des essais de résistance à la pression hydraulique effectués au laboratoire ont montré que les joints de soudures sont plus fiables que le tube.

Lorsque l'essai est poussé jusqu'à la rupture, celle-ci se produit toujours en dehors de la zone de soudure.

Le soudage confère à l'assemblage un verrouillage durable, plus de déboîtement possible quelles que soient les contraintes subies par la conduite comme les surpressions ou les mouvements du terrain (**CHIALI, (2010)**)

## **IV.3. RESERVOIR**

Un réservoir est un ouvrage hydraulique permettant l'accumulation de l'eau. Il doit être résistant et étanche, son principe est de stocker l'eau pendant les périodes où la demande des populations est faible, et de pouvoir fournir un débit plus important lorsque la demande augmente.

La conception des réservoirs doit impérativement tenir compte des deux facteurs suivants :

- Conserver la qualité de l'eau stockée.
- Faciliter les conditions d'exploitation et d'entretien.

### IV.3.1. ROLE ET UTILITE DES RESERVOIRS

Les réservoirs constituent une réserve qui permet d'assurer aux heures de pointe les débits maximaux demandés .De plus, ils permettent de combattre efficacement les incendies, et offrent notamment les avantages suivants :

- Régularisation du fonctionnement de la station de pompage.
- Simplification de l'exploitation.
- Assurer les pressions nécessaires en tout point du réseau.
- Coordination du régime d'adduction d'eau au régime de distribution.
- Maintenir l'eau à une température constante, et la préserver des contaminations.
- Jouer le rôle de brise charge dans le cas d'une distribution étagée (**BONIN J., (1982)**)

### IV.3.2. CLASSIFICATION DES RESERVOIRS

#### IV.3.2.1. Classification selon le matériau de construction

D'après la nature des matériaux, nous pouvons distinguer les réservoirs :

- Métallique ;
- En maçonnerie ;
- En béton armé, ordinaire ou précontraint.

#### IV.3.2.2. Classification selon la situation des lieux

Les réservoirs peuvent être classés selon leur position par rapport à la surface du sol nous pouvons distinguer les réservoirs :

- Enterrés ;
- Semi-enterrés ;
- Surélevés.

#### Classification selon la forme géométrique

Généralement on peut trouver dans la pratique deux formes usuelles de réservoirs :

- Circulaires ;
- Rectangulaires ;
- De forme quelconque (sphérique, conique...).

#### Classification selon l'utilisation

Vu les différentes utilisations des réservoirs, on peut les classer en :

- Réservoir principal d'accumulation et de stockage ;
- Réservoir d'équilibre (réservoir tampon) ;
- Réservoir de traitement (**DUPONT A., (1979)**)

### IV.3.3. EMLACEMENT DES RESERVOIRS

L'emplacement du réservoir tient compte du relief permettant d'obtenir des dépenses minimales des frais d'investissement et d'exploitation. Donc, on est amené à prendre en considération les facteurs suivants :

- Le point le plus bas à alimenter.
- La hauteur maximale des immeubles (bâtiments).
- Les pertes de charge à partir du réservoir jusqu'au point le plus défavorable de l'agglomération en question.
- L'état du relief de la région qui pourra favoriser la construction d'un réservoir au sol ayant les propriétés technico-économiques suivantes :
  - Simplicité de réalisation du coffrage.
  - Étanchéité plus facile à réaliser.

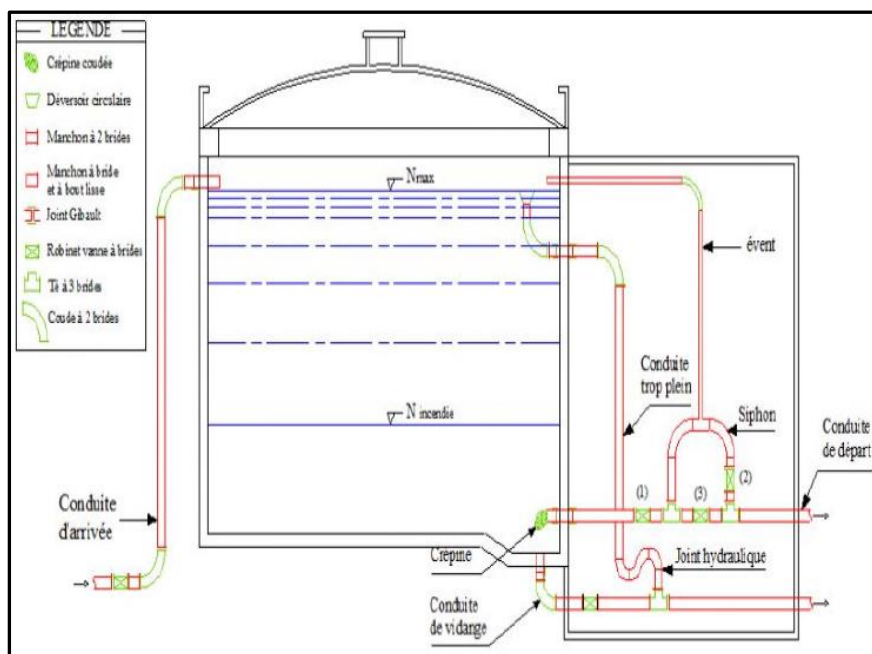
Le réservoir d'eau doit être situé le plus proche possible de l'agglomération à alimenter pour des considérations esthétiques en limite de l'agglomération .En effet, compte tenu du coefficient de pointe horaire, ceci fait que plus le réservoir s'éloigne de l'agglomération, plus la cote du plan d'eau doit être élevée (d'où une énergie de pompage plus importante) (HUGUES G.).

**IV.3.4. ÉQUIPEMENT DES RESERVOIRS**

Les réservoirs sont équipés souvent des éléments suivants :

- D'une conduite d'arrivée ou d'alimentation.
- Une conduite de départ ou de distribution.
- Une conduite de vidange.
- Une conduite de trop-plein.
- Système de matérialisation de la consigne d'incendie.
- Conduit by-pass.

Ces conduites sont installées généralement dans une chambre de manœuvre (SALAH B., (1993))



**Figure IV.30.** : Schéma général d'un réservoir.**IV.3.5. AVANTAGE D'UN RESEROIR**

- Ils servent à compenser l'écart entre les apports d'eau (par gravité ou pompage) et la consommation (débit de pointe et autres).
- Ils constituent une réserve pour les imprévus (rupture, panne des pompes, réparations, extension du réseau...).
- Offre la possibilité de pomper la nuit, lorsque les tarifs d'électricité sont les plus bas.
- Régularité dans le fonctionnement du pompage. Les pompes refoulent à un débit constant.
- Simplification de l'exploitation.
- Régularité des pressions dans le réseau.
- Réserve incendie garantie. Une partie du volume est réservé à la lutte contre l'incendie (BONVIN J., (2005))

**IV.4. TYPE D'ADDITION**

On définit l'adduction des eaux comme étant le transport des eaux brutes ou traitées des zones de captage ou des stations de traitement aux zones d'utilisation comme réservoirs de distribution, bâches,....

Dans la plupart des cas, lorsque les distances à parcourir sont assez longues, ces conduites sont construites béton précontraint, en acier, en fonte ou en polyéthylène, elles sont généralement enterrées, et dans des cas particulier posées sur le sol.

Ce mode d'adduction présente les avantages suivants :

- Permet d'avoir des vitesses plus grandes que dans le cas des aqueducs.
- L'eau est isolée du milieu extérieur, donc moins de pertes et pas de risque décontamination.

D'après leur fonctionnement, les adductions peuvent être classées en trois groupes :

- Adduction gravitaire.
- Adduction par refoulement.
- Adduction mixte.

**IV.4.1. ADDUCTION GRAVITAIRE**

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

**IV.4.2. ADDUCTION PAR REFOULEMENT**

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

### IV.4.3. ADDUCTION MIXTE

C'est une adduction où la conduite par refoulement se transforme en conduite gravitaire ou l'inverse. Le relais entre les deux types de conduite est assuré par un réservoir appelé réservoir tampon [6].

### IV.5. CALCULE HYDRAULIQUE POUR L'ADDUCTION PAR REFOULEMENT

Dans une adduction par refoulement, le captage se situe à un niveau inférieur à celui du réservoir de distribution. Les eaux de captage (ou traitées) sont relevées par une station de pompage dans cette conduite de refoulement (**DUPONT A., (1979)**)

Le refoulement des eaux se fait par une station de pompage (ou usine élévatoire) qui comporte principalement :

- La salle d'arrivée d'eau ou bêche d'aspiration.
- La salle des commandes.
- La salle des machines, comportant généralement plusieurs groupes élévatoires (**MOUSSA M., (2002)**)

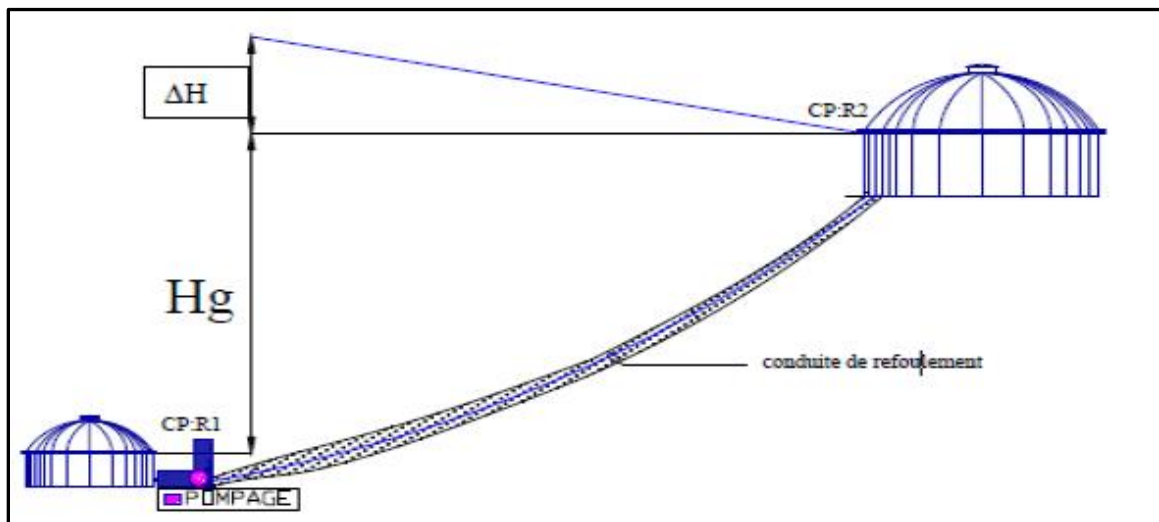


Figure IV.31. : Schéma représentant une adduction par refoulement.

Avec :

$\Delta H$  : Pertes de charge linéaires en mètre.

$H_g$  : Hauteur géométrique en mètre.

CP R<sub>1</sub> et CP.R<sub>2</sub> : les cotes piézométriques des deux réservoirs.

#### IV.5.1. CALCUL DU DIAMETRE ECONOMIQUE

Dans la pratique le diamètre optimal est déterminé approximativement par les formules de **BONIN** et **BRESSE**; ces formules sont données comme suit :

- La Formule de **BONIN** :

$$D = \sqrt{Q}$$

- La Formule de **BRESSE** :

$$D = 1,5 * \sqrt{Q}$$

Avec :

**D**: Diamètre de la conduite en mètre.

**Q**: Débit véhiculé en m<sup>3</sup>/s.

L'utilisation simultanée de ces deux relations fournit l'intervalle des diamètres optimaux. Les diamètres calculés nous imposent le choix d'une gamme en fonction des diamètres normalisés disponibles sur le marché.

A partir de cette gamme des diamètres, on procède à l'évaluation des frais d'exploitation et d'amortissement de chacun d'eux et on adoptera comme diamètre économique, celui pour lequel la somme des frais cités sera minimale (**DUPONT A., (1979)**).

#### IV.5.2. CALCUL DE LA VITESSE

La vitesse d'écoulement de l'eau dans les tuyaux, se calcule par la formule suivante:

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

Avec :

**V**: Vitesse d'écoulement (m/s).

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

**D**: Diamètre de la conduite.

#### IV.5.3. CALCUL DES PERTES DE CHARGES

Les pertes de charges présentent une portion de l'énergie mécanique de l'eau qui se transforme en chaleur sous l'effet du frottement entre les particules de l'eau et les parois de la canalisation, elles se présentent sous deux formes :

- Les pertes de charge linéaires.
- Les pertes de charge singulières.

##### IV.5.3.1. Calcul des pertes de charge linéaires ( $\Delta HL$ )

Dans un écoulement, il existe une perte de charge linéaire qui dépend pour un tronçon donné de :

- Diamètre **D** de la conduite en (m).
- Débit **Q** en (m<sup>3</sup>/s).
- Rugosité absolue ( $\mathcal{E}$ ) exprimée en mm.
- Longueur du tronçon **L** en (m).

Elle est donnée par la formule suivante:

$$\Delta HL = J \cdot L$$

Avec :

**L**: Longueur de la conduite d'adduction en mètre (m).

**J**: La perte de charge linéaire par unité de longueur, elle est donnée par l'expression suivante.

$$J = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

**Donc :**

$$\Delta HL = \frac{L\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Avec :

**V**: Vitesse de l'écoulement dans la conduite (m/s).

**D**: Diamètre de la conduite en mètre (m) ;

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

**λ**: coefficient de frottement. La détermination de " λ, a été déterminée par les calculs successifs de la valeur la plus communément donnée est celle de Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\text{Log}\left(\frac{k}{3D} + \frac{2.52}{Re \sqrt{\lambda}}\right)$$

Avec :

**Re**: Nombre de Reynolds  $= \frac{v.D}{\nu}$

**K** : Paramètre lié à la rugosité de la paroi (m).

**ν**: Viscosité cinématique de l'eau ( $\text{m}^2/\text{s}$ ).

A t = 20°C:

$\nu = 0,01 \text{ Stocks} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

**D** : Diamètre de la conduite (m).

Et aussi, le coefficient 'λ', est obtenu par la formule Nikuradzé pour un écoulement turbulent rugueux

$$\lambda = (1,14 - 0,86 * \text{Ln} \frac{K_s}{D})^2$$

Avec :

**K<sub>s</sub>** : est la rugosité absolue de la conduite, qui est déterminée en mesurant l'épaisseur de rugosité des parois du tuyau.

$$K_s = K_0 + \alpha T$$

**K<sub>0</sub>**: Rugosité absolue des tuyaux neufs,

**α**: Coefficient de vieillissement,

**T**: Temps de service.

#### IV.5.3.2. Pertes de charges singulières

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes, clapets, Té,.....etc.). Elles sont estimées à 15% des pertes de charge linéaires (DUPONT A., (1979)).

$$\Delta H_s = 0,15 * \Delta H_L$$

#### IV.5.3.3. Pertes de charge totales ΔHT

Elles représentent la somme des pertes de charge linéaires et singulières :

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_s$$

#### IV.5.4. LA HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE HMT

Elle représente une hauteur d'élévation fictive qui résulte de la somme de la hauteur géométrique et des pertes de charge résultant de l'aspiration et du refoulement.

$$\text{HMT} = \text{Hg} + \Delta\text{HT}$$

**Hg** : La hauteur géométrique (m).

**ΔHT** : la perte de charge totale (m).

#### IV.5.5. PUISSANCE ABSORBÉE PAR LA POMPE

La puissance absorbée par la pompe est donnée par la formule suivante :

$$P = \frac{\rho * g * Q * \text{HMT}}{1000\eta}$$

Avec :

**P** : Puissance absorbée par la pompe (KW).

**ρ** : Masse volumique de l'eau = 1000 (kg/m<sup>3</sup>).

**Q** : Débit à refouler (m<sup>3</sup>/s).

**η** : Rendement de la pompe en (on prend η=80%).

#### IV.5.6. LA PUISSANCE DU MOTEUR

La puissance du moteur est donnée par la formule suivante :

$$P_m = 1,25 * P$$

**P<sub>m</sub>** : puissance absorbé par le moteur(KW).

**P** : puissance absorbé par la pompe(KW).

#### IV.5.7. ÉNERGIE CONSOMMÉE PAR LA POMPE

L'énergie consommée par la pompe est définie comme suit :

$$E = P * T * 365$$

Avec :

**E** : Énergie totale consommée par la pompe pendant une année (KWh) ;

**T** : Temps de pompage.

#### IV.5.8. FRAIS D'EXPLOITATION

Les frais d'exploitation d'un système d'adduction sont évalués à partir de la consommation d'énergie et du prix du kilowattheure (kwh) d'électricité, ils sont donnés par la formule suivante :

$$F_{\text{exp}} = E * e$$

Avec :

**F<sub>exp</sub>**: Frais d'exploitation (DA).

**E** : énergie totale dépensée par la pompe (kw).

**e**: prix unitaire d'un Kw imposé par la SONELGAZ. (e=4,67DA).



#### IV.5.9. Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement sont en fonction de la durée d'amortissement de la conduite et du taux d'annuité, il est déterminé par la relation suivante :

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

A : amortissement annuel de la conduite.

i : Taux d'annuité (pris égale à 10% en Algérie)

n: Durée de l'amortissement de la conduite, dans notre cas on prend n=12ans.

$$A = 0,10826$$

Les frais d'amortissement seront calculés à partir de la formule suivante :

$$F_{amor} = P_u * A * L$$

Avec :

$P_u$  : prix unitaire de la conduite ;

$F_{amor}$  : frais d'amortissement ;

L : longueur de la conduite.

Le prix des conduites en fonte ductile est pris en tenant compte des frais de transport et de leur pose par mètre linéaire.

#### IV.5.10. BILAN ECONOMIQUE

Le bilan (BL) sera :

$$B_L = F_{exp} + F_{amor}$$

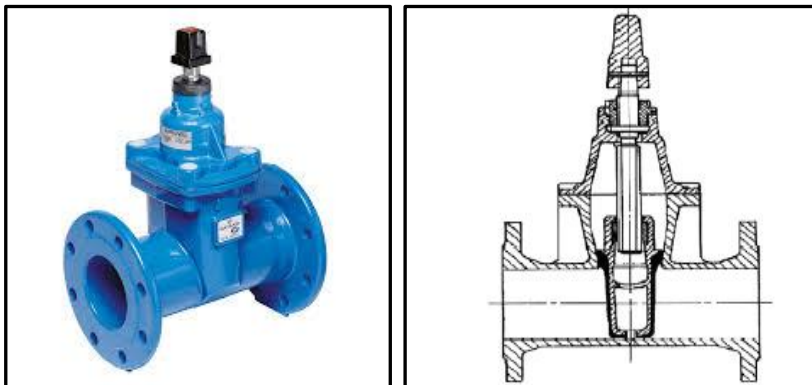
### IV.6. ORGANES ET ACCESSOIRES DE L'ADDITION

#### IV.6.1. ORGANES DE SECTIONNEMENT

Ils permettent l'isolement d'une partie de l'adduction en cas de travaux de réparation, ainsi que le réglage du débit, Nous citons :

##### IV.6.1.1. Robinet vanne à opercule

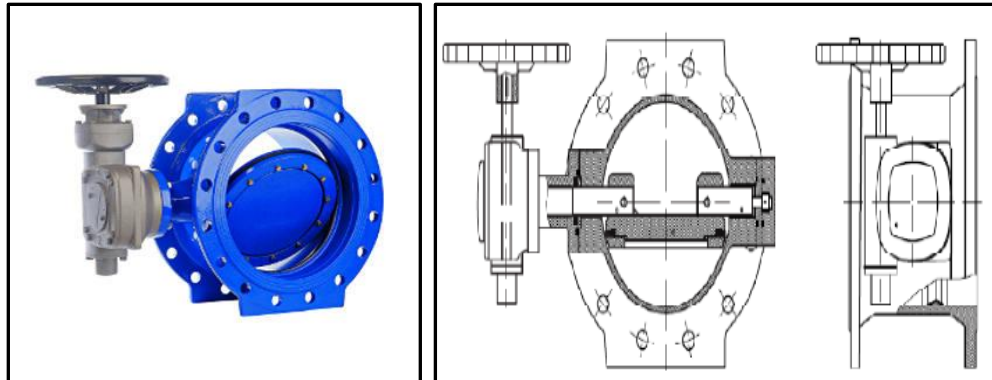
Est une sorte d'obturateur épais qui s'abaisse ou s'élève verticalement à l'aide d'une vis tournant dans un écran fixé à la vanne.



**Figure IV.32. :** Robinet vanne à opercule.

**IV.6.1.2. Robinet vanne papillon**

Est un élément de conduite traversé par un axe déporté entraînant, en rotation, un disque obturateur appelé papillon ou lentille.



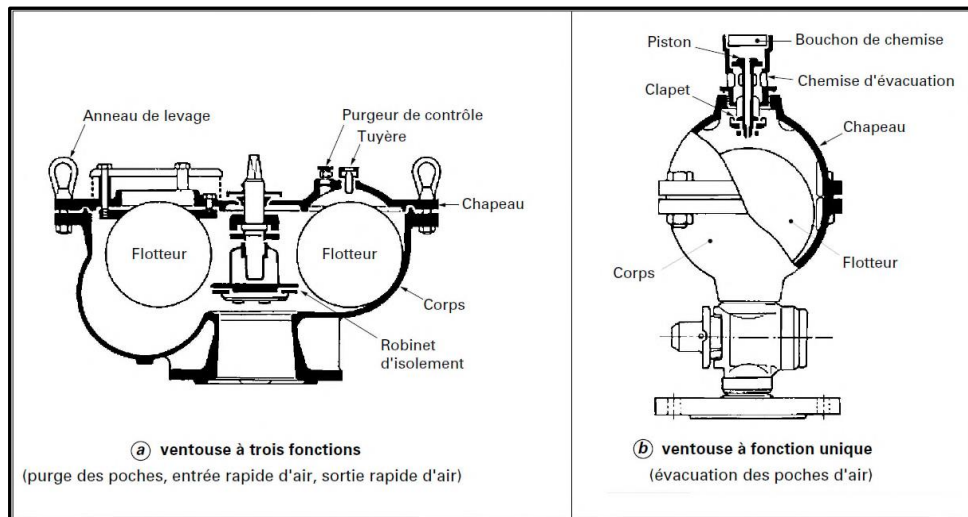
**Figure IV.33. :** Robinet vanne papillon.

**IV.6.2. ORGANES DE PROTECTION**

Ils permettent la protection des conduites de divers phénomènes qui se traduisent au niveau des canalisations.

**IV.6.2.1. Ventouse**

Sert à évacuer l'air contenu dans les conduites. Se placent aux points hauts des canalisations.



**Figure IV.34. :** Ventouse

**IV.6.2.2. Clapet**

Il est destiné à assurer le passage de l'eau dans un certain sens et à l'arrêter dans le sens opposé. Il existe trois types de clapet comme nous montre la figure

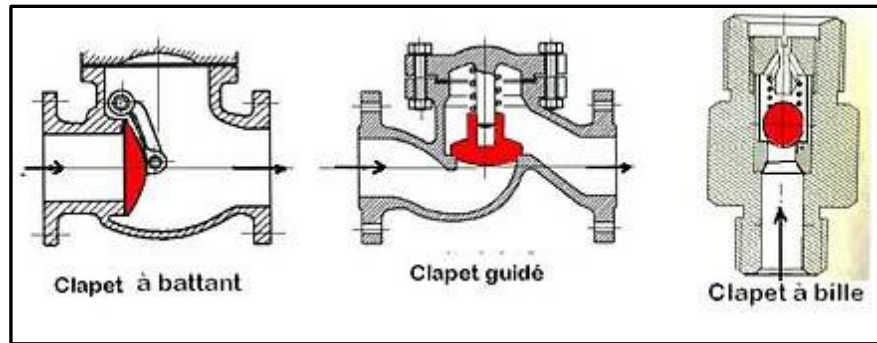


Figure IV.35. : Clapet anti retour

#### IV.6.2.3. Vanne de vidange

Elle joue le même rôle que la ventouse, mais se place aux points bas des canalisations.

### IV.6.3. ORGANES DE REGULATION

Ils permettent la régulation du débit et de la pression en amont ou en aval, on cite :

#### IV.6.3.1. Vanne de régulation du débit

Elle limite et stabilise le débit d'une valeur de consigne constante quelles que soient les variations de pression amont et aval.

#### IV.6.3.2. Vanne de régulation de la pression amont

Elle maintient la pression amont à une valeur de consigne, quelles que soient les variations de pression et de débit à l'aval. La vanne règle en fait le débit pour assurer qu'à l'amont la pression reste suffisante. En réduisant le débit, on diminue la perte de charge et on augmente la pression. On obtient ainsi un compromis entre un minimum de pression à l'amont et un minimum de débit à l'aval.

#### IV.6.3.3. Vanne de régulation de la pression aval

Son but est de fournir une pression à l'aval constant.

### IV.6.4. ORGANES DE BRANCHEMENT

Ce sont des pièces qui permettent de réaliser toutes les dispositions, on distingue :

#### IV.6.4.1. Les coudes

Ils sont destinés pour le changement de direction,

#### IV.6.4.2. Les tés

Ils raccordent la canalisation secondaire sur la canalisation principale,

#### IV.6.4.3. Les cônes

Ils joignent des conduites de diamètres différentes (**HUGUES G.**)

## IV.7. STATION DE POMPAGE

### IV.7.1. DEFINITION

Les pompes sont des machines hydrauliques qui aspirent un fluide d'une région à basse pression, pour le refouler vers une région à plus haute pression; par conséquent on peut dire que le rôle de la pompe, est de transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique composée par des organes différents.

### IV.7.2. CLASSIFICATION DES POMPES

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

#### IV.7.2.1. Les pompes volumétriques

Elles sont caractérisées par un déplacement du liquide du point d'aspiration vers le point de refoulement qui se fait par un mouvement de :

- Translation
- Rotation
- Mixte (translation et rotation).

Ces pompes sont surtout utilisées pour les hydrocarbures (pompe à piston) et pour l'épuration.

#### IV.7.2.2. Les Turbo-pompes

Elles sont caractérisées par un déplacement de liquides de l'aspiration vers le refoulement, au moyen d'un élément principal qu'on appelle la roue à aubes ou rotor.

Les turbopompes sont actuellement les plus employées dans le domaine de l'hydraulique les principales raisons de ce choix sont les suivantes:

- Ces appareils sont relatifs et ne comportent aucune liaison articulée.
- L'encombrement des turbopompes est environ huit fois moindre que celui des pompes
- Volumétriques.
- Les frais d'entretien d'une turbopompe sont peu élevés.
- Leur entraînement est assuré par un moteur électrique (**BONIN J., (1982)**)

### IV.7.3. CHOIX DU TYPE DE POMPE

La pompe choisit doit répondre aux conditions suivantes :

- Assurer le débit et la charge demandée.
- Meilleur rendement ;
- Vérifier la condition de non cavitation ;
- Encombrement et poids les plus faibles ;
- Vitesse de rotation la plus élevée ;
- Puissance absorbée minimale ;
- Être fabriquée en série.

Notre choix s'est porté sur les pompes centrifuges et cela pour les raisons suivantes:

- Elles assurent le refoulement des débits importants à des hauteurs considérables.
- Elles sont peu coûteuses et d'un rendement acceptable.

- Elles constituent des groupes légers, peu encombrantes (l'enco centrifuge est environ huit (08) fois moins que celui des pompes volumétriques) (AHLA M.K. & LFOUGHALYA L.)

#### IV.7.4. CHOIX DU NOMBRE DE POMPES

Le choix du nombre de pompes doit répondre aux critères suivants :

- Le nombre doit être le plus minimal possible.
- Meilleur rendement.
- NPSH r minimal.
- Puissance absorbée minimale.
- Nombre d'étage minimal (SLAMNI F., (2014))

#### IV.7.5. LA CAVITATION

La cavitation est un phénomène physique très complexe qui se produit lorsque la pression absolue à l'entrée de la pompe est inférieure à la tension de vapeur du liquide. La formation des poches d'air dans la zone de faibles pressions à l'entrée de la roue d'une pompe, provoque d'importantes perturbations, bruits dans l'écoulement et des vibrations, ce qui entraîne la modification des caractéristiques hydrauliques (rendement, hauteur d'élévation,...) et provoque l'érosion des matériaux au niveau de la pompe.

Pour que la pompe fonctionne normalement (sans perturbation), il faut que la pression absolue  $P_a$  à son entrée soit supérieure à la tension de vapeur de l'eau d'une quantité minimale représentée par la charge nette à l'aspiration requise NPSHr.

$$\text{NPSHr}=(P_0/\omega)-h$$

Où :

$P_0/\omega$ : Pression en mètre de colonne d'eau au plan d'aspiration (m) ;

$h_v$  : Tension de vapeur en m pour une température de 20°C.

Le NPSHr dépend uniquement de la conception de la pompe. Il est défini expérimentalement comme étant la valeur qui limite la chute de la hauteur manométrique à un certain pourcentage pour un débit constant.

❖ La condition de non cavitation se traduit par variation de la condition suivante :

$$\text{NPSH disponible} > \text{NPSH requis}$$

✓ Deux cas sont possibles (voir les figures. 36 et 37):

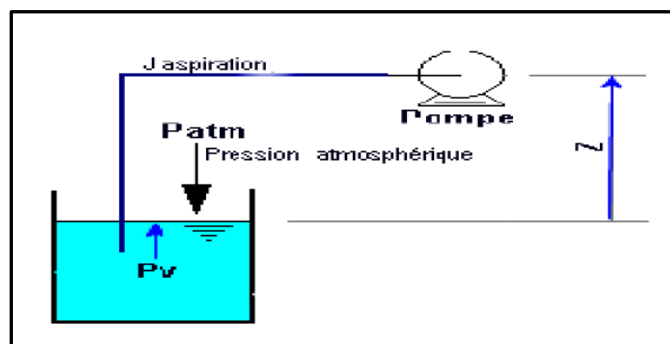
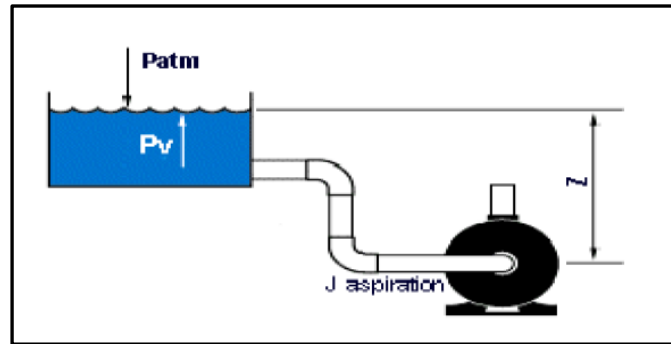


Figure IV.36. : Calcul du NPSH disponible pour une pompe en dépression.



**Figure IV.37.** : Calcul du NPSH disponible pour une pompe en charge.

Où : le NPSHd: représente la charge nette à l'aspiration dépendant de l'installation.

$$\text{NPSH}_d = \frac{P}{\omega} + H_a - (J_a + h_v) \quad (\text{Aspiration en dépression ou en charge})$$

Où :

$\frac{P}{\omega}$ : Pression en mètre de colonne d'eau au plan d'aspiration (m.c.e).

$H_a$ : Hauteur d'aspiration en m.

$J_a$ : Perte de charge à l'aspiration (m.c.e) (DUPONT A., (1979))

#### IV.8. PROTECTION DES CANALISATIONS CONTRE LE COUP DE BELIER

Pour la protection des conduites contre le phénomène du coup de bélier, l'utilisation de la méthode de VIBERT est déconseillée puisque son champ d'application est limité aux hypothèses suivantes :

- $Q < 30 \text{ L/s}$
- $L \leq 1,2 \text{ km}$

Dans le calcul de la protection des conduites de transfert vers la zone sud de la wilaya, le choix de la méthode est orienté vers celle de **Punch et Meunier**.

On doit étudier le dimensionnement du réservoir anti-bélier afin que la conduite soit protégée dans son ensemble dans le cas d'arrêt brusque et total de la station de pompage.

Pour l'étude de ce phénomène, on commence par le calcul de la vitesse de propagation des ondes (célérité), notée 'a' en m/s, nous utiliserons la relation transformée suivante :

$$a = [9900 / (48,3 + K * D/e)^{1/2}]$$

Avec :

K : Dépend de la nature de la conduite, (Fonte ductile  $K=0.59$ , PEHD  $K=83$ ),

e : Epaisseur de la conduite en mm,

D : Diamètre de la conduite en m.

##### IV.8.1. La dépression

Pour l'étude de la dépression et le calcul d' $U_0$  (volume d'air), nous utilisons la méthode de **Punch et Meunier**, qui utilise trois (3) nombres adimensionnels :

**K** : Qui caractérise les pertes de charges,

$$\mathbf{K} = (\mathbf{H}_{\text{abs}} - \mathbf{H}_0) / \mathbf{H}_0$$

$\mathbf{H}_{\text{abs}}$  : Hauteur manométrique totale absolue, ( $\mathbf{H}_{\text{abs}} = \mathbf{HMT} + 10$ ) en (m),

$\mathbf{H}_0$  : Pression statique absolue, ( $\mathbf{H}_0 = \mathbf{H}_G + 10$ ) en (m).

**A** : Qui caractérise la conduite de refoulement,

$$\mathbf{A} = \mathbf{a} * \mathbf{V}_0 / (\mathbf{g} * \mathbf{H}_0)$$

Avec :

$\mathbf{a}$  : Célérité en m/s,

$\mathbf{V}_0$  : Vitesse dans la conduite en régime permanent en m/s.

**B** : qui caractérise le volume d'air du réservoir anti-bélier,

$$\mathbf{B} = \mathbf{V}_0^2 * \mathbf{L} * \mathbf{s} / (\mathbf{g} * \mathbf{H}_{\text{abs}} * \mathbf{U}_0)$$

Avec :

$\mathbf{L}$  : Longueur de la conduite en m,

$\mathbf{s}$  : Section de la conduite en  $\text{m}^2$ ,

$\mathbf{U}_0$  : Volume d'air du ballon anti-bélier en régime permanent en  $\text{m}^3$

Ayant calculé **K** et **A**, nous superposerons la famille de courbes **B** au profil en long. Nous choisirons la courbe qui laisse au moins une sécurité de 3m de pression absolue au-dessus du point le plus défavorable du profil. La valeur de **B** sera ainsi déterminée pour calculer le volume de l'air  $\mathbf{U}_0$ .

Puis on détermine le volume maximal de l'air  $\mathbf{U}_{\text{max}}$  qui correspond à la plus faible pression lu sur le graphique  $\mathbf{P}_{\text{min}}$  par:

$$\mathbf{P}_{\text{min}} * \mathbf{U}_{\text{max}}^{1,2} = \mathbf{H}_{\text{abs}} * \mathbf{U}_0^{1,2}$$

Si nous voulons qu'il reste encore 20% d'eau lors de la plus grande dépression, il nous faut prévoir un ballon de volume  $\boldsymbol{\tau}$  égal à :

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{U}_{\text{max}} + (20\% * \mathbf{U}_{\text{max}})$$

#### IV.8.2. Etude de la surpression

Pour le calcul de la surpression, nous nous servons de l'abaque de **DUBIN et GUENEAU**.

D'après les nombres adimensionnels calculés **A** et **B**, nous lisons dans l'abaque :

- $\alpha \mathbf{V}_0^2 / \mathbf{H}_0$  : axe des abscisses,
- $\mathbf{P}_{\text{max}} / \mathbf{H}_0$  : axe des ordonnés.

La canalisation de branchement entre le ballon et la conduite de refoulement sera équipée d'un clapet ne laissant passer l'eau que dans le sens ballon-conduite, by-passée par un diaphragme à bord vif dont le diamètre optimum  $d$  est calculé par la formule suivante :

$$\alpha = [(D^2/(0,6 * d^2))-1]^2 / 2 * g$$

#### **IV.9. CONCLUSION**

Ce chapitre a été orienté vers l'ensemble des aspects liés aux dimensionnement et conception des transferts d'eau, objet de notre mémoire.

Il a traité les paramètres et critères hydrauliques servant au dimensionnement des canalisations de transferts, installations, ouvrages en ligne et protection contre les coups de bélier.

Ce chapitre a servis également de base pour la démarche relative au dimensionnement hydraulique de notre transfert.



## ***Cinquième Chapitre : RACCORDEMENT DE LA STATION DE DESSALEMENT AU RESERVOIR DE BAB KHROUFA***

### **V.1. INTRODUCTION**

Nous débuterons ce chapitre par une description du site, à savoir: la situation géographique, climatique, et géologique, tout en estimant le nombre d'habitants et les différents besoins en eau à l'horizon 2030, suivant les données acquises auprès de l'APC de Dar Yaghmouracene et de la Direction des Ressources en Eau de la wilaya de Tlemcen, et cela dans le but d'établir un bilan des besoins en eau à long terme.

En second lieu, il consiste essentiellement pour le dimensionnement des conduites d'adduction par refoulement, en se basant sur les conditions d'ordre technique et économique.

A la fin nous établirons des moyens de protection des conduites contre le phénomène du coup de bélier.

### **V.2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

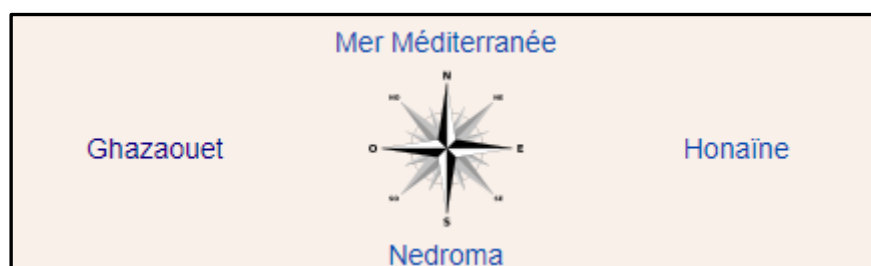
#### **V.2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE**

La commune Dar Yaghmouracene est située dans le Nord-Ouest de l'Etat de Tlemcen sur une bande côtière très importante de 13 km de long.

Elle est bordée :

- Au Nord par la mer Méditerranée,
- Au Sud par la commune Nedroma,
- A l'Est par Honaine,
- A l'Ouest par Ghazaouet.

La commune de Dar Yaghmouracene occupe une superficie totale de 57 km<sup>2</sup>.



**Figure V.38.** : Situation géographique de la zone d'étude.

La population de la commune de Dar Yaghmouracene était de 6 278 selon le recensement de 2008. Les distributeurs sont les suivants :

- Le centre municipal comprend "Al-Bor" et "Bab Kharoufa" avec : 3 357 personnes.
- Zones urbaines: «Dar BenTata», «Sidi Youchaa» et «Dar bin Samoud» avec: 2 770 personnes.

- Les zones dispersées, y compris "Ziatene" et "Ghellalssa" et "oueled Sheikh" avec: 151 personnes.

### V.2.2. GEOLOGIE

La commune Dar Yaghmouracene a un relief montagneux couvert de richesse forestière de 37% de la superficie totale.

### V.2.3. CLIMAT

Le climat de la commune est considéré comme modéré en raison de sa vue sur la mer Méditerranée.

## SCHEMA REPRESENTANT DE L'ADDUCTION PAR REFFOULEMENT

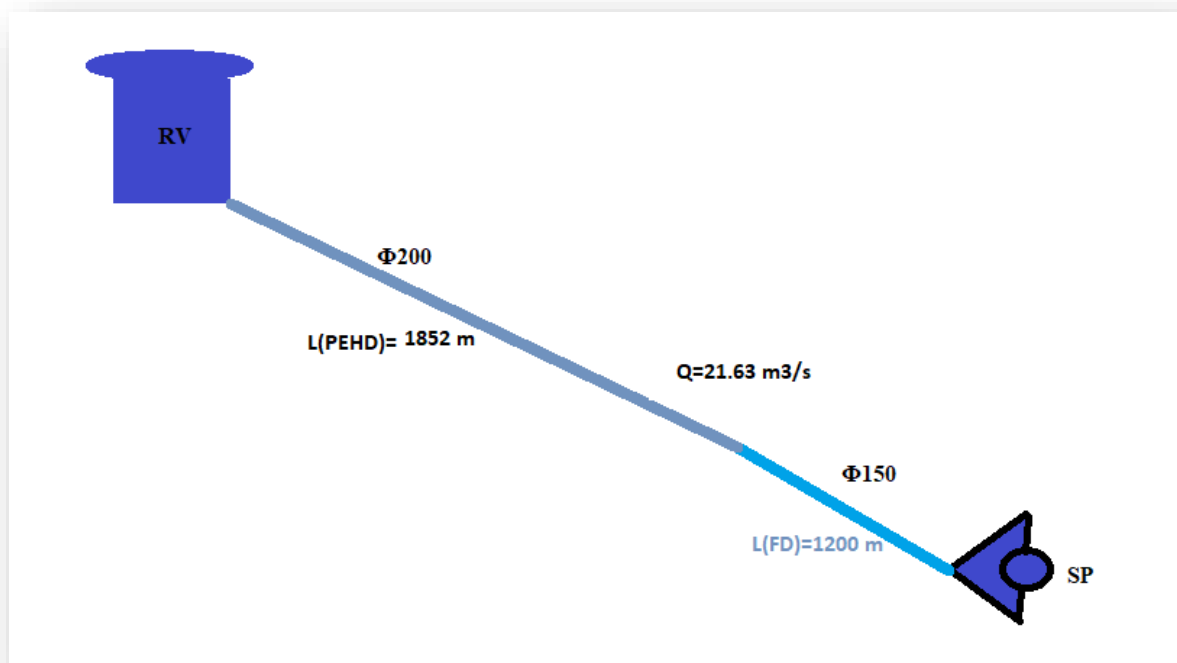


Figure V.40. : Schéma représentant de l'adduction par reffoulement.

## V.3. JUSTIFICATION DE TRANSFER A L'HORIZON 2030

### V.3.1. Evaluation de la population

L'étude concernant l'estimation des besoins en eau reste liée au développement démographique et à l'élévation du niveau de vie. Donc l'estimation doit être faite en fonction de l'évaluation de la population à différents horizons.

D'après les services de l'APC, la population de la commune Dar Yaghmouracene et ses environs est de 6731 habitants en 2008.

Pour avoir une idée sur cette population à long terme, nous pouvons faire une estimation moyennant la relation qui obéit à la loi des accroissements finis donnée par :

$$P_n = P_0 (1+T)^n$$

$P_n$  : population future prise à l’horizon considéré.

$P_0$  : population de l’année de référence.

$T$  : taux d’accroissement annuel de la population. D’après les APC ce taux est pris égal à 0.7% dans cette région ;

$n$  : nombres d’années séparant l’année de référence à l’horizon considéré.

Dans notre cas :

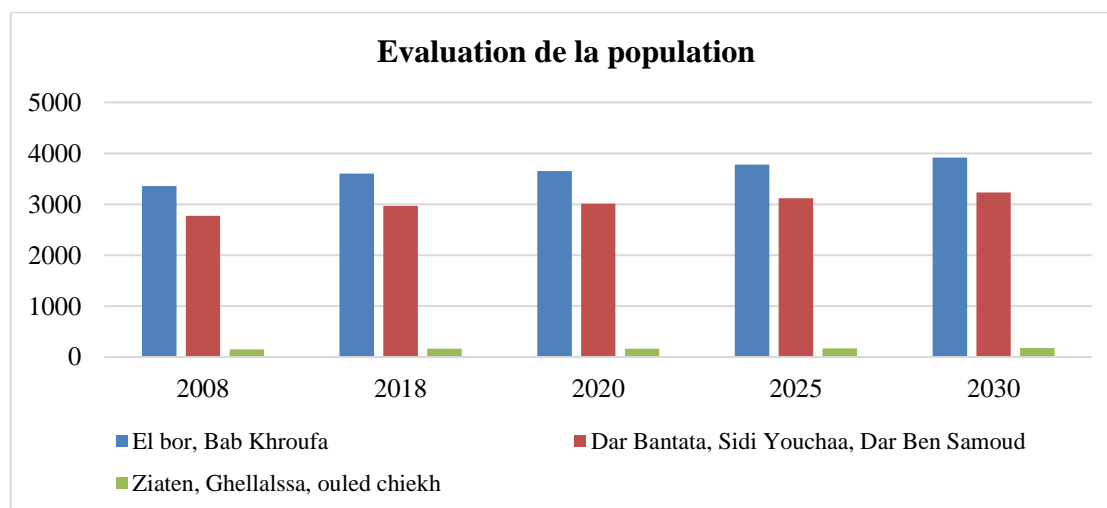
### V.3.2. Population alimentée

Le tableau. 10, récapitule l’accroissement de la population de la commune Dar Yaghmoracene est ses localités.

**Tableau V.10. :** Population de la commune Dar Yaghmoracene et ses localités.

Commune	T%	2008	2018	2020	2025	2030
El bor, BabKhourfa	0,7	3357	3600	3650	3780	3914
Dar Bantata, Sidi Youchaa, Dar Ben Samoud	0,7	2770	2970	3012	3119	3229
Ziaten, Ghellalssa, ouledchiekh	0,7	151	162	164	170	176
Évaluation de la population totale [Hab]		6278	6731	6825	7068	7319

La figure. 39, illustre l’évolution de la population de la commune Dar Yaghmoracene et ses localités.



**Figure V.39. :** Evolution de la population de la Commune de Dar Yaghmoracene est ses localités.

**Remarque :**

On prend en considération la saison estivale pour Sidi Youchaa, d'après le service de l'APC le nombre de touriste est 1000 hab.

Donc :

$$Pn = 8319hab$$

### V.3.3. Évaluation de la consommation moyenne journalière

#### V.3.3.1. Besoin domestique

La consommation moyenne journalière est donnée par la formule suivante :

$$Q_{moy} = P * D / 1000$$

$Q_{moy}$  : Consommation moyenne journalière [ $m^3 / j$ ].

**P** : la population de la zone d'étude.

**D** : la dotation moyenne journalière [L / j / hab].

Pour une agglomération urbaine on peut tabler, en premier approximation, sur les bases Ci-après [1] :

- Ville de 5000 à 20 000 hab .....150 à 200 L/ hab. / j
- Ville de 20 000 à 100 000 hab.....200 à 300 L/hab. /j
- Au-dessus de 100 000 hab.....300 à 400 L/hab. /j

De ce fait, nous adopterons pour notre région une dotation de 150 L/hab/j.

**Tableau V.11. :** Les besoins domestiques à différents horizons pour la commune Dar Yaghmoracen.

Zone	Horizon	Population	Dotation	Cons.moy.jour (m <sup>3</sup> /j)
El bor, BabKhourfa	2018	3600	150	539,9
	2030	3914	150	587
Dar Bantata, Sidi Youchaa, Dar Ben Samoud	2018	3970	150	595,5
	2030	4229,2	150	634,3
Ziaten, Ghellalssa, ouledchiekh	2018	162	150	24,3
	2030	176	150	26,4
Total	2018	7731	150	1159,6
	2030	8319	150	1247,8

### V.3.3.2. Dotation des équipements et industriels

La dotation des équipements et industriel concerne la consommation des installations administratives et publiques (Ecoles, hôpitaux, casernes, municipalités...) et Industriels et des logements non branchés et alimentés [36].

#### Les besoins scolaires

Le tableau ci-dessous illustre les besoins scolaires comme suit :

**Tableau V.12. :** Les besoins des scolaires.

Type d'équipement	N <sup>bre</sup> d'élèves	Dotation (L/élève/j)	Q <sub>moy</sub> (m <sup>3</sup> /j)
Ecole primaire	859	15	12,88
CEM	371	15	5,56
Total	1230	15	18,45

#### Besoins administratifs

Le tableau suivant nous montre les besoins administratifs :

**Tableau V.13. :** Les besoins administratifs.

Type d'équipement	N <sup>bre</sup> d'employés	Dotation (L/empl/j)	Q <sub>moy</sub> (m <sup>3</sup> /j)
APC	13	15	0,195
POSTE	5	15	0,075
ECOLE, CEM	52	15	0,78
TOTAL	70	15	1,05

**Les besoins sanitaires**

Le tableau suivant détermine les besoins sanitaires comme suit :

**Tableau V.14. :** Les besoins sanitaires.

Type d'équipement	N <sup>bre</sup> de lits	Dotation (L/patient/j)	Q <sub>moy</sub> (m <sup>3</sup> /j)
Salle de soins (3)	50	45	2,25

**Les besoins socioculturels**

Le tableau ci-dessous illustre les besoins socioculturels comme suit :

**Tableau V.15. :** Les besoins socioculturels.

Type d'équipement	Nbre d'occupation	Dotation (L/empl/j)	Q <sub>moy</sub> (m <sup>3</sup> /j)
Mosquée (6)	1200 fidèles	20	24
Maison de jeunes	80 adhérents	20	1,6
<b>Total</b>			<b>25,6</b>

**Les besoins commerciaux :**

Les besoins commerciaux sont donnés au tableau suivant :

**Tableau V.16. :** Les besoins commerciaux

Type d'équipement	Unité	Nombre	Dotation (L/unité/j)	Q <sub>moy</sub> (m <sup>3</sup> /j)
Restaurant	Repas	250	40	10
Cafés	Client	250	10	2,5
Boulangerie	Unité	2	500	1
Boucherie	Unité	5	200	1
Douche	Unité	2	10000	20
Abattoir	Unité	1	10000	10
<b>Total</b>				<b>44,5</b>

**V.3.3.3. Récapitulation de la consommation moyenne journalière actuelle**

Après l'étude détaillée des besoins, dressons un tableau récapitulatif pour pouvoir calculer le débit total nécessaire pour alimenter la localité.

Le tableau ci-dessous illustre la récapitulation des besoins actuels comme suit :

**Tableau V.17. :** Récapitulation de la consommation moyenne totale.

Type de besoins	Q <sub>moy</sub> (m <sup>3</sup> /j)
Domestique	1159,6
Scolaires	18,45
Administratifs	1,05
Sanitaires	2,25
Socioculturels	25,6
Commerciaux	44,5
Total des besoins des équipements	91,85
<b>Total des besoins (domestique+équipement)</b>	<b>1341,75</b>

**V.3.3.4. Besoins d'équipements à long terme :**

Pour estimer les besoins d'équipements projetés, on fait intervenir le rapport entre les besoins d'équipements et les besoins domestiques, et à la base de ce rapport, on estime les besoins projetés d'équipements pour l'horizon voulu.

$$\frac{Q_{\text{équi}}(2018)}{Q_{\text{dom}}(2018)} = \frac{Q_{\text{équi}}(2030)}{Q_{\text{dom}}(2030)}$$

Alors:  $Q_{\text{équi}}(2030) = 0,07 * Q_{\text{dom}}(2030)$

Donc à l'environ 2030, la consommation des équipements sera égale à 7% des besoins domestiques au niveau des différentes zones.

**Tableau V.18. :** besoins d'équipements à long terme.

Zone	2018		2030		Q <sub>moy j</sub> (m <sup>3</sup> /j)
	Débit domestique (m <sup>3</sup> /j)	Débit d'équipement (m <sup>3</sup> /j)	Débit domestique (m <sup>3</sup> /j)	Débit d'équipement (m <sup>3</sup> /j)	
El bor, BabKharouffa	539,9	37,79	587	41	628
Dar Bantata, Sidi Youchaa, Dar Ben Samoud	595,5	41,6	634,3	44,4	678,7
Ziaten, Ghellalssa, ouledchiekh	24,3	1,7	26,4	1,8	28,2
<b>Totale</b>	1159,7	81	1247,8	87,3	1335

**V.3.4. DEBIT DE MAJORATION JOURNALIERE**

Dans le but de compenser les fuites au niveau de la conduite d'adduction, et du réseau de distribution, qui varient selon le type des conduites, vétusté, la nature du terrain et la qualité d'entretien, nous optons pour une majoration de 20%; donc le débit moyen journalier devient :

$$D'ou: Q_{\text{max}} = K_{\text{max}} \cdot Q_{\text{moy}}$$

Avec :

**Q<sub>moymaj</sub>**: Débit maximal journalier (m<sup>3</sup>/j).

**K<sub>max</sub>** : coefficient de fuite (on prend K<sub>max</sub>=1,4).

**Q<sub>moyj</sub>** : Débit moyen journalier (m<sup>3</sup>/j).

Les variations de la consommation journalière à l'horizon 2030 avec pertes sont récapitulées dans le tableau ci-après :

**Tableau V.19. : Besoin en eau sans pertes (m<sup>3</sup>/j)**

	Horizon	2018	2030
El bor, BabKharoufa	Besoin moyen	577,7	628
	K <sub>max</sub>	1,4	1,4
	Besoin maximal	809	879.2
Dar Bantata, Sidi Youchaa, Dar Ben Samoud	Besoin moyen	637	678,7
	K <sub>max</sub>	1,4	1,4
	Besoin maximal	892	950.2
Ziaten, Ghellalssa, ouledchiekh	Besoin moyen	26	28,2
	K <sub>max</sub>	1,4	1,4
	Besoin maximal	36.4	39.48
Total	Besoin moyen	1240,7	1335
	Besoin maximal	1737.4	1868.9

#### V.4. CONCEPTION ET ETUDE SU TRANSFERT

##### V.4.1. CRITERE DE CHOIX

Le choix du type de canalisation a été arrêté en prenant en considération le critère de la pression, puisque la zone de transfert présente des terrains rocheux et donc non agressifs.

Deux types de canalisations ont été choisis pour le transfert en fonction des pressions enregistrées dans le profil piézométrique et en tenant compte des pressions limitées pour les conduites PEHD :

- Fonte ductile : hautes pressions,
- PEHD : pression modérées.

##### V.4.1.1. Caractéristiques des matériaux pour les canalisations

Pour le présent transfert, nous considérons les paramètres servant aux calculs hydrauliques en l'occurrence :

##### Coefficient de rugosité des canalisations

Pour la fonte ductile et le PEHD, il a été considéré des rugosités respectives :

$$K = 0,1 \cdot 10^{-3}$$

##### Epaisseurs des canalisations

Les épaisseurs des canalisations, notamment en PEHD varient en fonction du diamètre. A titre d'exemple :

- PEHD (250 mm) : e=22,7 mm,
- Fonte ductile (200 mm) : e=5 mm

Le calcul de l'adduction se fait on se basant sur le débit maximal journalier.



**V.4.2. Conduite de refoulement entre la station de pompage et le réservoir tampon**

$$Q_{exp} = \frac{Q_{max.j}}{t * 3600}$$

t: durée de fonctionnement de la station par jour, t = 24 h.

$$Q_{exp} = \frac{1868.9}{24 * 3600} = 21,63 \text{ L/s}$$

- Q= 21,63 L/s ;
- Longueur L = 3052 m;
- Cote de refoulement de la STP : 253,41m;
- Cote d'arrivée de l'eau au réservoir tampon : 425,54 m.
- La hauteur géométrique Hg = 425.54-253.41=172,13 m
- Hg = 172,13 m

**V.4.2.1. Calcule des diamètres**

D'après la formule de BONNIN, le diamètre est calculé comme suit :

$$D = \sqrt{21.63 * 10^{-3}} = 0,150\text{m}$$

D'après la formule de BRESS, le diamètre est calculé comme suit :

$$D = 1,5 * \sqrt{21.63 * 10^{-3}} = 0,225\text{m}$$

**V.4.2.2. Détermination de la hauteur manométrique totale (HMT)**

**V4.2.2.1. Calcule des pertes de charge**

**a/ Pour la fonte ductile**

Les diamètres normalisés choisis sont : 150, 200, 250.

Le calcul des pertes de charge de différents diamètres pour la fonte ductile est dans le tableau suivant :

**Tableau V.20. : Détermination de ΔHT pour la fonte ductile.**

D (mm)	V (m/s)	Λ	J (m/m)	ΔHL (m)	ΔHS (m)	ΔHT <sub>1</sub> (m)
150	1,67	0,0178	0,0169	20,28	3,04	23,32
200	0,93	0,0167	0,0037	4,44	0,66	5,1
250	0,60	0,0159	0,0012	1,44	0,22	1,66

**b/ Pour le PEHD**

Les diamètres normalisés choisis sont : 160, 200, 250.

Le calcul des pertes de charge de différents diamètres pour la PEHD est dans le tableau suivant :

**Tableau V.21:** Détermination de  $\Delta HT$  pour PEHD.

$D_{ext}$ (mm)	$D_{int}$ (mm)	V (m/s)	$\lambda$	J (m/m)	$\Delta HL$ (m)	$\Delta HS$ (m)	$\Delta HT_2$ (m)
160	130,8	2,19	0,0184	0,0343	63,52	9,52	73,04
<b>200</b>	<b>163,6</b>	<b>1,40</b>	<b>0,017</b>	<b>0,0103</b>	<b>19,07</b>	<b>2,86</b>	<b>21,93</b>
250	204,6	0,89	0,0166	0,0032	5,92	0,88	6,8

La condition de vitesse ( $0,5 \leq V \leq 2$ ) n'est pas vérifiée pour le diamètre  $\varnothing 160$  donc on élimine ce diamètre.

$$\Delta HT = \Delta HT_1 + \Delta HT_2$$

$$\Delta HT = 45,25 \text{ m}$$

#### V.4.2.2.2. La hauteur manométrique

$$HMT = H_g + \Delta HT$$

$$HMT = 217,38 \text{ m}$$

#### V.4.2.3. ÉTUDE ECONOMIQUE

##### Frai d'exploitation

Les frais d'exploitation sont représentés dans le tableau suivant:

**Tableau V.22. :** Frais d'exploitation de la conduite.

Type de conduite	D(mm)	HMT (m)	P (Kw)	Pm ( KW )	E = P (Kwh)*24*365	F <sub>exp</sub> = e*E (DA)
Fonte	150	195.45	51.84	64.8	567648	2650916.16
Fonte	200	177.23	47.00	58.75	514650	2403415.5
Fonte	250	173.79	46.09	57.57	504313.2	2355142.64
PEHD	200	194.06	51.46	64.32	563443.2	2631279.74
PEHD	250	178.93	47.45	59.31	519555.6	2426324.65

##### Frais d'amortissement

Le calcul des frais d'amortissement est donné dans le tableau. 24:

**Tableau V.23. :** Frais d'amortissement de la conduite.

Type de conduite	D (mm)	Prix unitaire (DA)	Longueur de la conduite (m)	F <sub>amor</sub> = A×PU×L (DA)
Fonte	150	6000	1200	779472
Fonte	200	9000	1200	1169208
Fonte	250	11000	1200	1429032
PEHD	200	4500	1852	902238
PEHD	250	6000	1852	1 202985

##### Bilan global des frais

Après avoir calculé les frais d'exploitation et les frais d'amortissement, on peut déduire le bilan global des frais, qui est donnée dans le tableau. 25:

**Tableau V.24. : Bilan global des frais du tronçon.**

Type de conduite	D(mm)	Frais d'amortissement(DA)	Frais d'exploitation (DA)	Frais total (DA)
<b>Fonte</b>	<b>150</b>	<b>779472</b>	<b>2650916.16</b>	<b>3430388.16</b>
Fonte	200	1169208	2403415.5	3572623.5
Fonte	250	1429032	2355142.64	3784174.64
<b>PEHD</b>	<b>200</b>	<b>902238</b>	<b>2631279.74</b>	<b>3533517.74</b>
PEHD	250	1 202985	2426324.65	3629309.65
Total			6963905.9	

#### V.4.2.4. DIMENSIONNEMENT DES PROTECTIONS CONTRE L'EFFET DE COÛP DE BELIER

##### a. En dépression

##### Caractéristiques de la conduite A

La célérité de l'onde vaut  $a = 1167,53$  m/s

$$V = 1.40 \text{ m/s}$$

$$H_0 = H_g + 10 = 182,13 \text{ m}$$

Donc:  $A = 0,61$

##### Caractéristiques des pertes de charge K

$$HMT = 217.38\text{m}$$

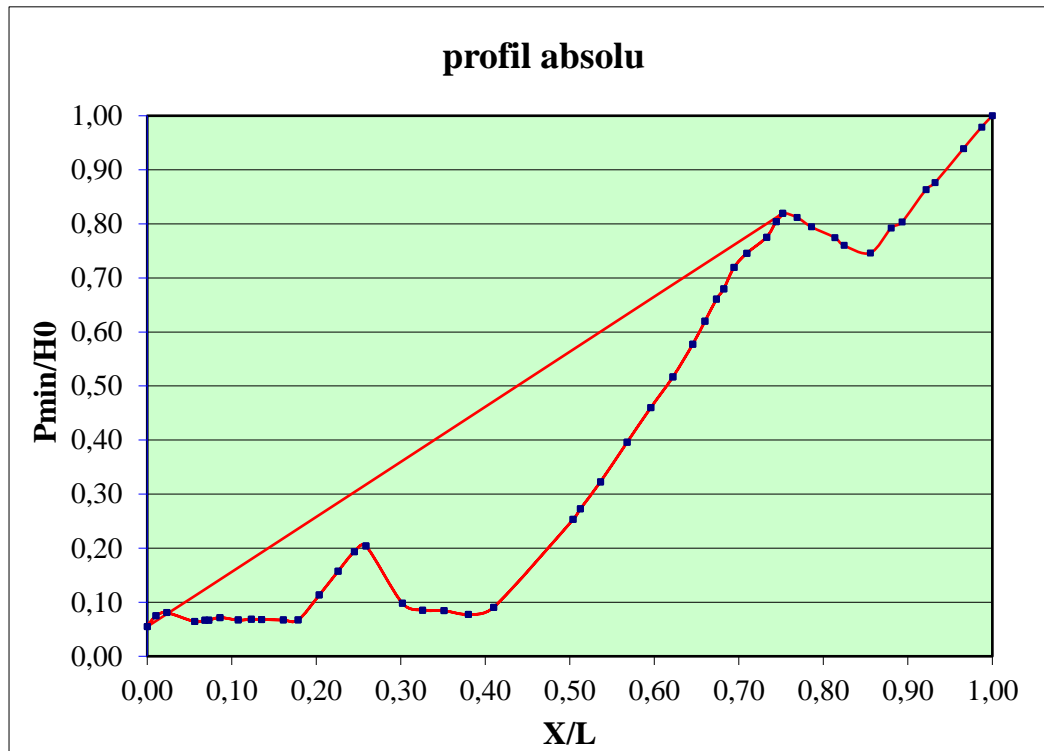
$$\text{Et : } H_{\text{abs}} = HMT + 10 = 227,38 \text{ m}$$

Donc:  $K = 0,065$

##### Caractéristiques du réservoir B

On considère la famille de courbes B pour  $A=0,61$  et  $K=0,065$ , nous utiliserons la famille de courbes  $K=0,1$  et  $A=0.5$ .

On remarque que pour  $B=0,1$ , la conduite est entièrement protégée contre les dépressions absolues et laisse au-dessus une pression absolue de plus de 3,5m d'eau. Cette valeur de B nous permet de calculer le volume d'air comprimé  $U_0$  en régime permanent.



**Figure V.40. :** Superposition du profil en long 'absolu' sur l'enveloppe des dépressions absolues.- Abaque de Puech et Meunier -

Donc :  $U_0 = 0,43 \text{ m}^3$

Le plus grand volume d'air sera pour la plus faible pression et nous lisons sur le graphique :

$$P_{min}/H_0 = 0,76,$$

Alors :  $P_{min} = 138,4 \text{ m d'eau.}$

Donc:  $U_{\max} = 0,57 \text{ m}^3$ , et  $\tau = 0,68 \text{ m}^3$

**b. En surpression**

Nous nous servons de l'abaque de Dubin et Guéneau (avec  $A=0,5$ ,  $B=0,1$ ).

$$P_{\max}/H_0 = 1,07,$$

Alors:  $P_{\max} = 194,87 \text{ m d'eau}$ .

$$\alpha V_0^2/H_0 = 0,6$$

Donc :  $\alpha = 126,34$ .

## V. CONCLUSION

On a abordé une analyse sur le développement démographique de la zone d'étude avec une population totale de 8319 habitants à l'horizon 2030.

L'étude de variation de la consommation indique un débit maximal journalier de l'ordre de  $2549,8 \text{ m}^3/\text{j}$  soit  $29,51 \text{ L/s}$  pour le même horizon (2030).

On se basera sur ces résultats pour le dimensionnement des ouvrages constituant notre transfert.

Pour établir les diamètres des conduites de notre adduction, nous avons calculé les différents paramètres, tel que la vitesse d'écoulement, les pertes de charge, ainsi que les frais d'exploitation et d'amortissement, afin de définir une solution propice du point de vue technico-économique.

## CONCLUSION GENERALE

Au cours de ce modeste travail, nous avons établi les différentes étapes nécessaires pour la réalisation d'un projet d'adduction, ceci dans le but de satisfaire les besoins en eau de la commune de Dar Yaghmouracene et ses localités.

Pour cela, nous avons essayé d'englober tous les points qui touchent les objectifs apportés à la réalisation de ce projet.

L'évaluation des différents besoins en eau à de la zone d'étude à l'horizon 2030 a donné un total de 2549,8 m<sup>3</sup>/j soit 29,51 L/s, donc ce débit journalier doit être fourni par les réservoirs de stockage de la station de dessalement de Souk-Tleta, pour que ces besoins seront satisfaits.

La grande différence d'altitude entre la station de dessalement et le réservoir tampon qui est de 342,54 m, a exigé l'implantation d'une station de pompage pour élever l'eau jusqu'à ce dernier.

Vu le relief ascendant de la zone d'étude, nous étions dans l'obligation de faire une adduction par refoulement vers le réservoir de stockage principal d'une capacité de 2000m<sup>3</sup> pour alimenter les localités : Dar bentata, El bor, Sidi youchaa et Bab-kharoufa.

Pour le dimensionnement de la conduite d'adduction, nous avons choisi les diamètres les plus économiques qui sont de 200 mm et 250 mm avec des vitesses adéquates, nous avons opté pour la fonte ductile et PEHD.

Ce projet nous a permis d'identifier plusieurs problèmes hydrauliques et de proposer des solutions tout en utilisant les connaissances acquises durant notre cycle de formation, et nous espérons que ce modeste travail sera une base pour des travaux future dans le domaine

- **AHLA M.K. & LFOUGHALYA L.** : Étude du réseau d'AEP des villages Ain Beida.
- **AKRETCHÉ J., (2004)** : Les prétraitements par membranes en dessalement. journée de formation, Tunis.
- **ARRUS R., (1985)** : L'eau en Algérie de l'impérialisme au développement (1830-1962). *Ed Office des publications universitaires*. Presses universitaires de Grenoble.
- **BENSALEM M., (2012)** : Impact des stations de dessalement de l'eau de mer sur le littoral cas de la station Souk-Tleta. Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en Ecologie et environnement, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- **BERNE F. & CORDONNIER J., (1991)** : Traitement des eaux. Editions Technip, P3.
- **BOISLEVE J.B., (2010)** : Structure et propriétés de l'eau. Conseil et formation santé relations humains, P9, PDF Consulté le 15/01/2016.
- **BONIN J., (1982)** : Aide-mémoire d'Hydraulique urbaine, Editions Eyrolles Paris.
- **BONVIN J., (2005)** : Hydraulique urbaine 1, Captages – Réseaux d'adduction – Réservoirs -Réseaux de distribution – Equipements -Pompes – Petites centrales hydrauliques, école d'ingénieurs de Vaud.
- **BOYE H., (2008)**: « Eau, énergie, dessalement et changement climatique en Méditerranée ». Conseil général de l'Environnement et du Développement Durable Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, France.
- **CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES, (2010)** : Tubes PEHD en AEP.
- **CARDOT C., (2010)** : Le traitement de l'eau pour l'ingénieur. Nouvelle édition, France
- **CELLERIC J.J., (2002)** : La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Paris 2002.
- **CHIALI, (2010)** : Catalogue technique de groupe CHIALI. Tube en polyéthylène PE.
  - [Colleges.planete/tp.com/IMG/pdf/fiche\\_ressource\\_n03\\_cle889a33.pdf](http://Colleges.planete/tp.com/IMG/pdf/fiche_ressource_n03_cle889a33.pdf)
- **DEGREMENT, (2005)**: Mémento technique de l'eau. Tome I, Lavoisier, Paris. France.
- **DEGREMONT G., (2005)** : Mémento technique de l'eau Tome 1. 10<sup>ème</sup> Edition:Tec et doc, P3 P38.
- **DEJARDINS R., (1997)** : Traitement des eaux. Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2<sup>ème</sup> édition revue et améliorée.
- **DESJARDINS R., (1990)**: Le traitement des eaux. 2<sup>ème</sup> édition, 11rue Lavoisier. Montréal.
- **DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DE LA PLANIFICATION DE L'EAU, (2008)**: Eaux souterraines saumâtres au Maroc, potentialités en tant que ressources alternatives. Marrakech. [http://www.eau-tensift.net/fileadmin/user\\_files/pdf/ADIRA/diaporamas/eaux\\_saum%C3%A2trs\\_au\\_Maroc\\_LYZIDLpdf](http://www.eau-tensift.net/fileadmin/user_files/pdf/ADIRA/diaporamas/eaux_saum%C3%A2trs_au_Maroc_LYZIDLpdf)
- **DOCUMENT STAGE** a la station de Souk-Tleta.

- **DUPONT A., (1979)** : Hydraulique urbaine, Tome 2, ouvrage de transport -élévation et distribution des eaux, Edition Eyrolles paris 216, 1979.
  - **ELECTROSTEEL**, France, Manuel de pose, Recommandations Manutention et stockage.
    - Expo\_eau\_pds2013.pdf consulté le 14/01/2018,
  - **FECIH A., (2012)**: L'influence de la filtration sur sable sur le traitement des eaux saumâtres. Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention de Diplôme de Master en Hydraulique, université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen
  - **GAUJOUR D., (1995)** : La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire ,2<sup>ème</sup> édition : Lavoisier, P49.
  - **GOBAIN S., (2006)** : Tuyaux pour adduction d'eau potable (Fonte ductile, Pe, PVC-U).
  - **GUILBERT L.,** : Analyse de la dureté de l'eau. Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire.
  - **HACHEMAOUI B., (2014)** : Qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de Souk-Tleta. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master, Université de Tlemcen.
  - **HAMITI O., (2010)** : L'influence des paramètres physico chimique sur la performance de la station de dessalement de GHAZAOUET. Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, université Aboubakr Belkaid, Tlemcen.
  - **HECTOR H., (2006)** : Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable. Thèse de Doctorat. Institut national de sciences appliquées de Toulouse.
  - **HENRY M., (1991)** : Les eaux naturelles et les eaux de consommation. Saint Laurent.
  - **HERICHE, SEDARI & SEBIKHIA, (2015)** : Wilaya de Mila, Mémoire de Fin d'Etudes, Université de Bejaia.
    - [http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/le-dessalement-de-leau-de-mer et-deseaux saumâtres-840#d0e287](http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/le-dessalement-de-leau-de-mer-et-deseaux-saumâtres-840#d0e287) consulté
    - <http://dessalement.wordpress.com/>].
    - <http://hmf.enseiht.fr/travaux/bei/beiere/content/2012-g04/> consulté le 16/01/2018
    - <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0910/bei/beiere/groupe2/node/75.html>
    - <http://www.encyclo-ecolo.com/Image:Eausaum2.jpg>
    - <http://www.encyclo-ecolo.com/Image:Eausaum2.jpg> consulté le 16/02/2018.
    - [http://www.kochmembrane.com/sep\\_uf.html](http://www.kochmembrane.com/sep_uf.html)
    - <http://www.lenntech.fr/index.htm>
  - [http://www.planbleu.org/publications/Etude\\_regionale\\_dessalement\\_FR.pdf](http://www.planbleu.org/publications/Etude_regionale_dessalement_FR.pdf).
  - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/eauproprietes-qualite-valeurs-d-usage-42506210/caracteristiques-et-proprietes-des-eaux-w110/> consulté le 16/01/2018
  - [https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire\\_environnement/definition/dessalement.php4](https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/dessalement.php4).
- **HUGUES G.** : Adduction et distribution d'eau, Technique de l'ingénieur, Doc C5 195.
- **IGOR R., (1983)** : La décennie ; pas seulement une question de pompes ou de tuyaux ; Santé du Monde. O.M.S 1983.
- **KHIRANI S., (2007)** : Procédés hydrique associant a la filtration membranaire et, l'absorption. Thèse de Doctorat, Institut National des sciences appliquées de Toulouse.



- **LE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER** à Malte et en Israël. [http://moodle.utc.fr/file.php/767/Dessalement\\_de\\_l\\_eau\\_de\\_mer\\_en\\_Israel\\_et\\_a\\_Malte\\_Présentation\\_orale.pdf](http://moodle.utc.fr/file.php/767/Dessalement_de_l_eau_de_mer_en_Israel_et_a_Malte_Présentation_orale.pdf)
- **LE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER** : aboulo.com
- **M. SAHOULI, (2004)** : Etude du transfert des eaux souterraines du chott el Gharbi vers le GUT, Mémoire d'ingénieur d'état, département d'hydraulique, université de Tlemcen.
- **MAUREL A., (2006)** : Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et d'autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. 2<sup>ème</sup> édition.
- **MENS & DEROUANE, (2000)** : État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie.
- **MOUSSA M., (2002)** : Alimentation en eau potable, mémoire d'ingénieur, Ecole nationale d'ingénieur de Tunis.
- **O.M.S (1977)** : Surveillance de la qualité de l'eau de boisson. Genève.
- **OMS (Organisation mondiale de santé), (1994)** : Protection et amélioration de la qualité de l'eau. 2<sup>ème</sup> édition. Volume 1. Genève:18.

### *Références Bibliographiques*

- **RICH A., (2011)**: Dessalement de l'eau de mer par congélation sur paroi froide : aspect thermodynamique et influence des conditions opératoires. Thèse de Doctorat préparée en cotutelle avec l'université Claude Bernard Lyon 1. France.
- **RODIER J., (2005)** : L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8<sup>ème</sup> édition: Dunod, Paris.
- **SALAH B., (1993)** : Cour "alimentation En Eau Potable" ENSH 1993
- **SARI H., (2014)** : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen). Diplôme de master, Sciences des aliments, P14, P19.
- **SATIN M., & SELMI B., (1999)** : Guide technique de l'assainissement. 2<sup>ème</sup> édition: Moniteur, P75.
- **SAVARY P., (2010)** : Guide des analyses de la qualité de l'eau. Edition territorial, P75.
- **SEMINAIRE INTERNATIONAL (2009)** : Le dessalement des eaux: une opportunité pour les régions en pénurie d'eau?. *Tanger 8-10 mai 2009* [http://aem.portailgref.org/upload/documents/2009145101101\\_RecueilDescommunicationsduSeminaireDessalementTangermai2009AIGR.pdf](http://aem.portailgref.org/upload/documents/2009145101101_RecueilDescommunicationsduSeminaireDessalementTangermai2009AIGR.pdf).
- **SLAMNI F., (2014)** : Étude d'exécution du renforcement de l'AEP des 17 communes à partir du réservoir 30'000 m<sup>3</sup> hai-mouaz kolea Wilaya de Tipaza, Mémoire de fin d'études, Ingénieur d'état, École nationale supérieure de l'hydraulique de Blida.
- **TAHRI T., BETTAHAR A., DOUANI M., ABDULWAHAB S.A., ALHINAI H., ALMULLA Y. (2010)** : Dessalement de l'eau de mer par l'énergie solaire en vue de l'irrigation d'une serre agricole. [http://www.univ-chlef.dz/uahbc/seminaires\\_2010/Article\\_Tahri\\_C13.pdf](http://www.univ-chlef.dz/uahbc/seminaires_2010/Article_Tahri_C13.pdf).
- **TATA-DUCRU F., (2009)** : Dessalement de l'eau de mer bilan des dernières avancées technologiques; bilan économique ; analyse critique en fonction des contextes. consulté le 14/01/2018
  - Université MOHAMMED V – AGDAL faculté des sciences Rabat, Maroc. [http://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/9199/THESE\\_RICH.pdf?sequence=1](http://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/9199/THESE_RICH.pdf?sequence=1)
  - **UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE, (2006)** : Cours de Chimie Inorganique, chapitre II. Année2005-2006, P77, PDF Consulté le 15/01/2018.
  - **VALIRON F., (1989)** : Gestion des eaux, alimentation en eau d'assainissement. presses de l'école national des ponts et chaussés, Paris.

**Web Site**

- [www.eduterre.ens-lyon.fr](http://www.eduterre.ens-lyon.fr).

# Annexes

## Annexe.1 : Abaque de Puech et Meunier.

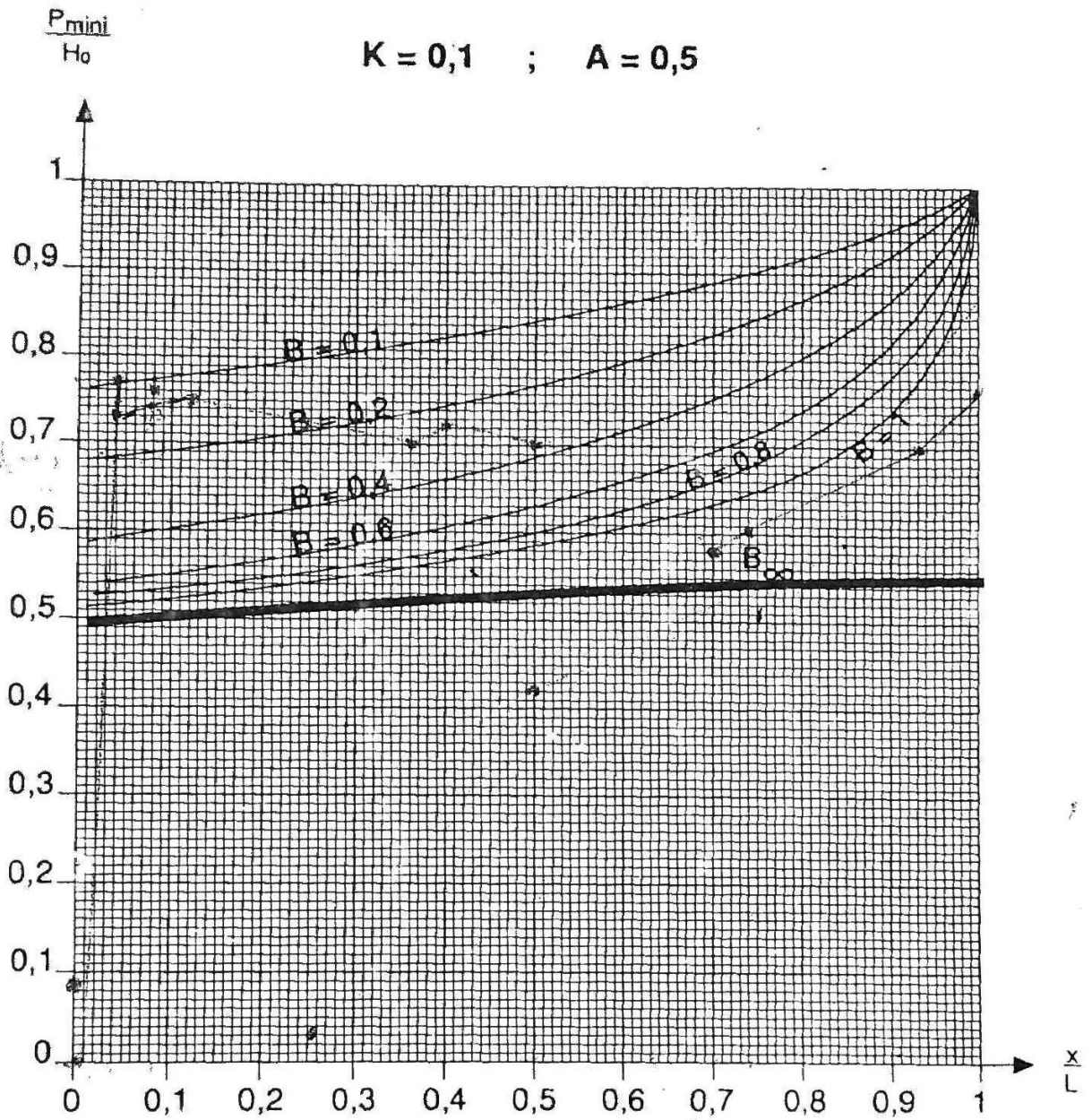
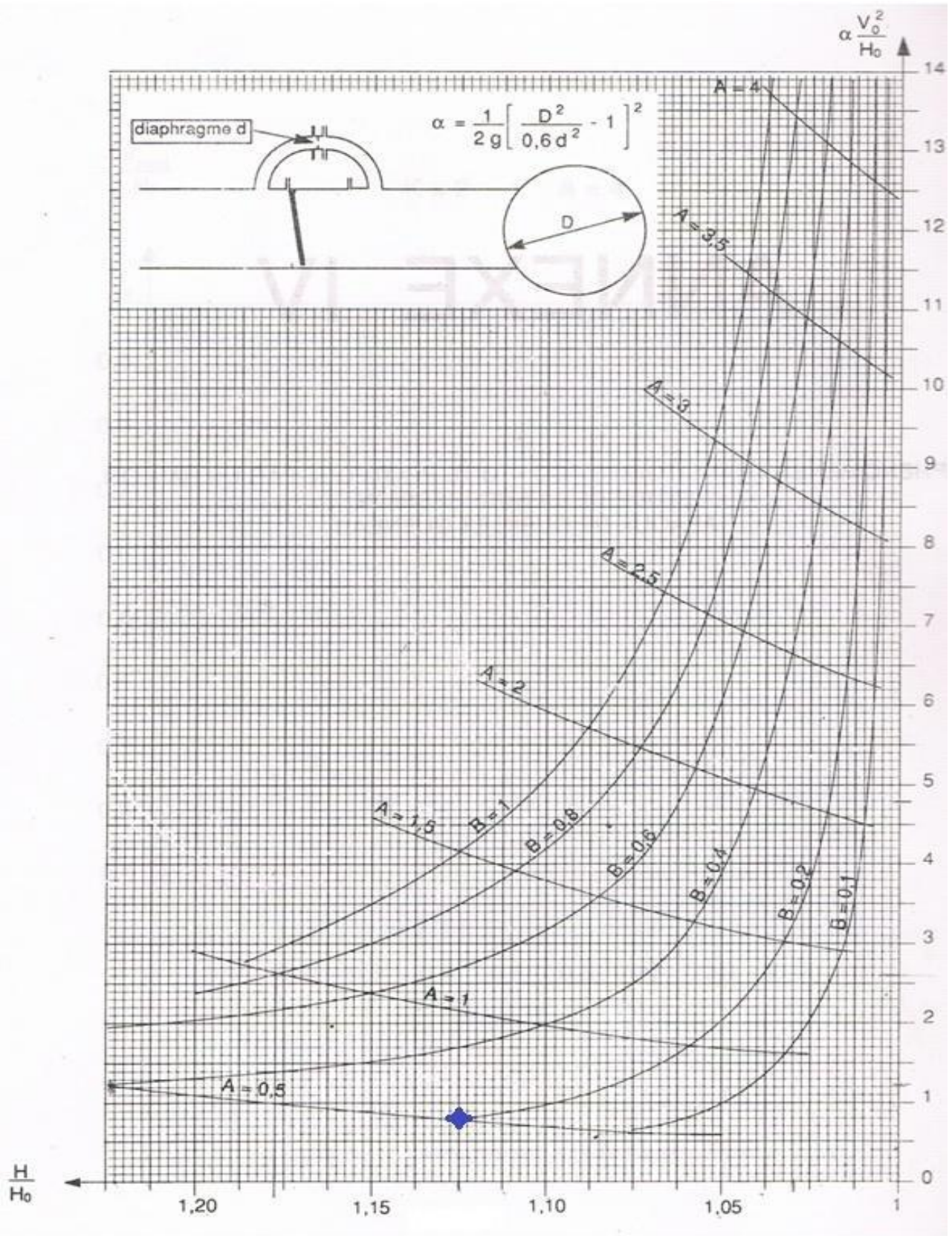


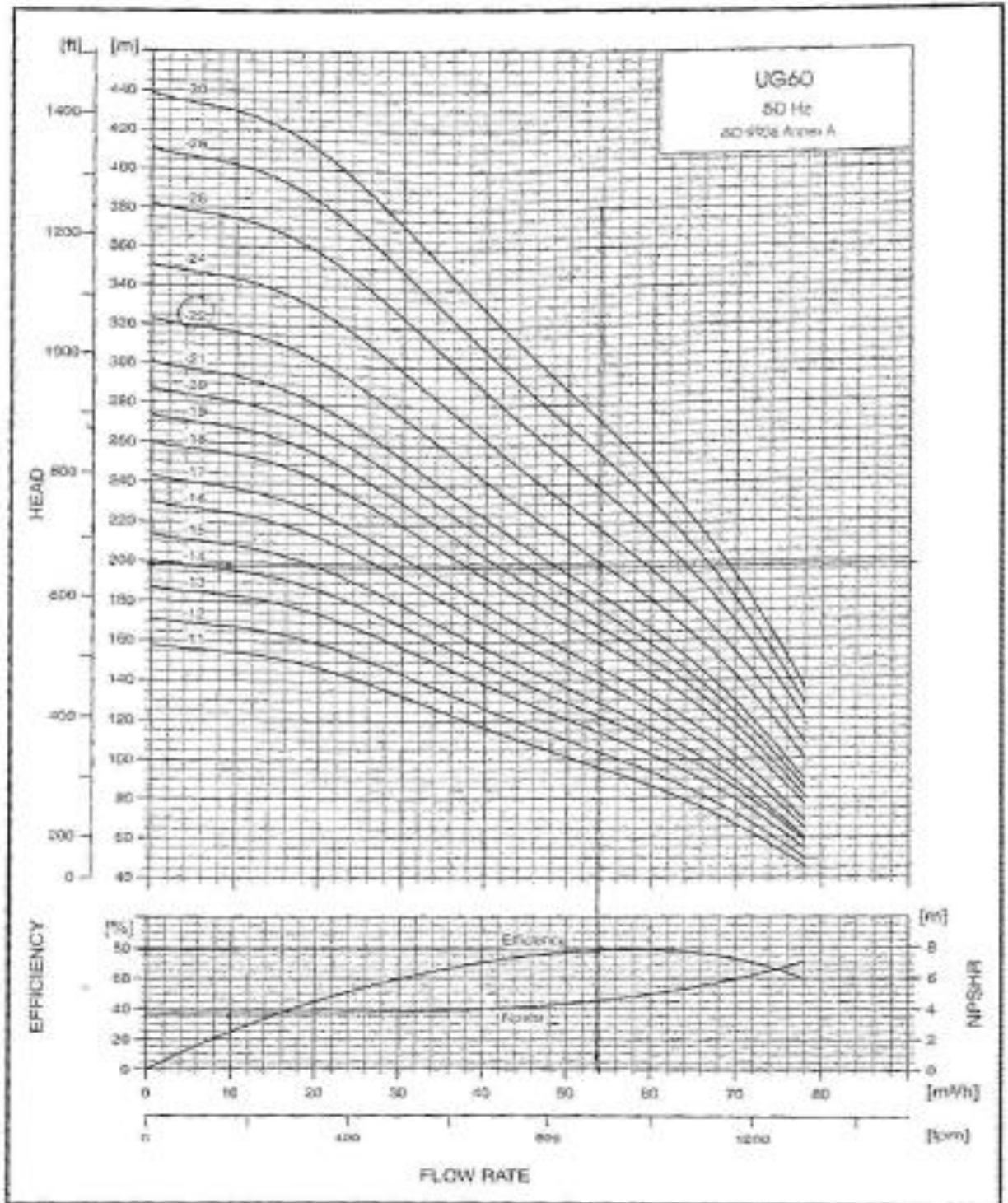
Fig. A III.6

## Annexe.2 : Abaque de Dubin et Guéneau.



### Annexe. 3 : Abaque pour les Pompes.

#### UG60 - Performance Curve



#### **Annexe. 4 : Les profils en long du raccordement.**

**Remarque :**

Les profils en long du raccordement se trouvent sur le CD qui accompagne le mémoire car ils sont trop volumineux.

