

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de Génie Civil et d'Hydraulique

C:.....  
R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de  
**Master, Filière: Hydraulique**  
Spécialité : **Traitement, Epuration et Gestion des eaux.**

Thème

**Dimensionnement d'une station de  
déméralisation à la commune  
d'El- Guedid (W. Djelfa)  
(par osmose inverse)**

Soutenu le : .../06/2022

Présenté par :

Guira Haitham Mokhtar, Gasmi Hamza

Soumis au jury composé de :

OULHACI Dalila

Grade MCA

Présidente

BOUZIANE Lamia

Grade MCB

Examinatrice

BELMAABEDI Amel

Grade MAA

Promotrice

SEDDIKI Omar

Grade Doctorant

Co-Promotrice

*Année Universitaire: 2021 /2022*



# *Remerciements*

*Avant tout, louange à **Dieu** tout puissant, Qui nous  
a permis de voir ce jour tant attendu .Nous remercions*

***ALLAH** le tout pour nous avoir donné la force, la volonté, et la patience durant  
toutes nos années d'étude. Et Alhamdo li **Allah** qui nous a éclairés sur les voies de  
la science et de la connaissance, et qui nous a aidés à compléter ce modeste  
travail.*

*Je tiens tout d'abord à remercier Madame Dr. **BELMABEDI Amel** pour avoir  
acceptée de m'encadrer et de me guider, pour son soutien et ses encouragements,  
et pour la confiance qu'elle m'a accordée dans la réalisation de ce modeste travail.*

*Mes remerciements vont également à monsieur Dr. **SEDDIKI Omar et habshi  
samir** pour ces remarques scientifiques intéressantes, pour tout son soutien, son  
aide, ses orientations et sa gentillesse à tout moment.*

*À **KHELIFA Marouane** pour leur support à nous*

***Merci à tous***



## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail  
A ceux qui, quels que soient les termes  
employés,  
je n'arriverais jamais à leur exprimer mon  
amour sincère.*

*Les étoiles de ma vie :  
A l'homme, mon précieux offre du Dieu, à qui je  
dois ma vie et ma  
réussite. Mon chère père et mon bras droit : «  
**MOHAMED** ».*

*A la femme qui a souffert sans me laisser  
souffrir, qui n'a jamais dit non à mes  
exigences et qui n'a épargné aucun effort pour  
me rendre heureuse : mon adorable mère  
« **KHEIRA** ».*

*Je souhaite que dieu les protège pour leurs  
amours, et leurs sacrifices.  
A mes chers frères **Imad et Djallal**, ramzi,  
**abdelmounaim et Khalil**.  
A mes chères sœurs **bassma et salima**.  
Je souhaite un avenir plein de joie, de bonheur,  
de réussite et de sérénité.*

*A mes grands-parents paternels .  
Merci a tout ma famille sans exception.  
A toutes les personnes qui de près au du loin ont  
participé à cette aventure, ainsi que toutes les  
personnes, qui m'ont soutenu  
tout au long de mes études.*



## *Dédicace*

*À l'amour de la vie et à l'attribution des  
circonstances à ceux qui s'y fient le plus repose  
sur celui qui m'a tant donné et qui n'a pas  
attendu pour remercier celui qui a fièrement porté  
son nom à mon Père bien-aimé (**saleh**), Allah à  
son âge.*

*Au sens de l'amour et de donner à ceux dont la  
prière a été le secret de mon succès à ceux qui  
m'ont satisfait et mon aspiration à ma mère bien-  
aimée (**meriem**), Allah à son âge.*

*A ceux qui leur ont donné un don de destin à ceux  
avec qui j'ai eu les plus beaux moments à ceux  
qui ont partagé mon enfance avec moi et m'ont  
sincèrement aimé mes frères et sœurs.*

*Fatima ezzahra, abdelatif, safa , maroua.*

*À tous ceux qui ont contribué à cette attitude dans  
mon cours d'étude, je leur ai donné mon travail.*

*Et merci à tous.*

## SOMMAIRE

Sommaire: .....	I
Liste des tableaux: .....	IX
Liste des figures: .....	IX
Introduction Générale.....	1
<b>CHAPITRE I GENERALITE SUR LA ZONE D'ETUDE</b>	
1. Introduction: .....	4
I 2. Localisation géographique : .....	4
I 2-1. Situation géographique de Djelfa : .....	4
I 2-2. Limites administratives : .....	4
I 3. La situation géographique de la commune d'Al- Guedid .....	5
I 3-1. Emplacement : .....	5
I 3-2. Limites administratives : .....	5
I 3-3. Population : .....	6
I 4. Structure physique de la zone : .....	6
I 4-1. Débours général : .....	6
I 4-1-1- Montagnes : .....	6
I 4-1-2- Plaine Nord : .....	6
I 4-1-3- Les dépressions chott : .....	6
I 4-1-4- Zone de dépression des ongles des Oueleds : .....	6
I 5- Géologie : .....	7
I 5-1- Situation géologique : .....	7
I 5-2 Litho couches : .....	7
I 6. Hydrogéologie : .....	9
I 6-1- Formations réservoirs souterrains : .....	9
I 7- Cadre climatique : .....	9
I 7-1 température : .....	9
I 7-2- Précipitations : .....	10
I 7-3- Évaporation : .....	10
I 7-4- Le vent : .....	11
I 8- Ressources en eau dans la région de Djelfa : .....	12
I 8-1- La possibilité d'eau reconnue : .....	12
I 8-1-1- Potentiels dans les eaux de surface : .....	12
I 9- Besoins actuels en eau : .....	16
I 9-1- Alimentation en eau potable : .....	16
I 9-2- Le besoin en eau industrielle : .....	17
I 9-3- Besoins en eau d'irrigation : .....	17

I 10- Face aux ressources et besoins en eau : .....	18
I 11- Conclusion:.....	19

## ***CHAPITRE II: GENERALITES SUR L'EAU POTABLE***

II 1- Introduction: .....	21
II 2- Définition de l'eau :.....	21
II 3- Sources d'eau : .....	21
II 3-1- Liste des sources d'eau potable : .....	22
II 3- 2-Eaux souterraines :.....	22
II 4-1- Propriétés naturelles et physiques : .....	23
II 4-1-1- Température :.....	23
II 4-1-3Couleur :.....	23
II 4-1-4 Goût : .....	24
II 4-1-5 Odeur :.....	24
II 4-1-6 Conductivité électrique : .....	24
II 4-2 Propriétés chimiques : .....	24
II 4-2-1PH : .....	24
II 4-2-3 oxygène dissous :.....	25
II 4-2-4 Eléments indésirables :.....	25
II 4-3 Caractéristiques biologiques de l'eau potable :.....	25
II 4-3-1 Virus : .....	26
II 4-3-2 Bactéries : .....	26
II 4-3-3 Concentrations admissibles dans l'eau potable : .....	26
II 5. Sels minéraux dissous dans l'eau :.....	26
II 5-1 Articles nécessaires :.....	26
II 5-1-1- Calcium : .....	26
II 5-1-2 Magnésium :.....	26
II 5-1-3- Sodium : .....	27
II 5-1-4- Chlorures : .....	27
II 5-1-5 HCO <sub>3</sub> Bicarbonate :.....	27
II 5-1-6 - Sulfates : .....	27
II 5-1-7 - oxygène dissous : .....	27
II 5-2- Pour les objets indésirables : .....	27
II 5-2-1- Fer : .....	27
II 5-2-2- Nitrates :.....	27
II 5-2-3- Nitrite : .....	28
II 5-2-4- Fluorures :.....	28
II 5-3 Eléments toxiques : .....	28
II 6- Fournir de l'eau potable :.....	28

II 7- Normes de capacité en eau : .....	28
II 8- Types de polluants de l'eau potable : .....	29
II 8-1-Polluants physiques : .....	29
II 8-2- Polluants chimiques : .....	29
II 8-3- Polluants biologiques : .....	29
II 8-4- Polluants radioactifs : .....	29
II 9- Critères de potabilité : .....	29
II 10-Conclusion : .....	30

### ***CHAPITRE III GENERALITES SUR LA TECHNIQUE D'ADOUCCISEMENT***

III 1. Introduction .....	32
III 2. Les causes de l'entartrage .....	32
III 3. Définition des objectifs du traitement .....	32
III 4. L'entartrage et ses conséquences .....	32
III 5. Définir les finalités de la centralisation : .....	33
III 6. Techniques d'adoucissement: .....	33
III 6-1. L'échangeur d'ions : .....	33
III 6-1-1. Principe de l'échange d'ions: .....	34
III 6-2. Décarbonatations à la chaux: .....	34
III 6-3. L'osmose inverse: .....	35
III 6-3-1. Module d'Osmose Inverse : .....	36
III 6-4. Décarbonatation au carbonate de sodium (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) : .....	37
III 7. Types d'adoucisseur d'eau : .....	37
III 7-1. Adoucisseur d'eau au CO <sub>2</sub> .....	38
III 7-2. Adoucisseur d'eau sans électricité: .....	38
III 7-3. Adoucisseur d'eau industriel .....	39
III 8. La dureté de l'eau: .....	39
III 8-1. La dureté totale: .....	40
III 8-2. La dureté temporaire : .....	40
III 8-3. La dureté permanente : .....	40
III 8-4. Principaux éléments responsables de la dureté; .....	40
III 9. Conséquences de la dureté: .....	41
III 10. Appareillages d'analyse. ....	42
III 11. Conclusion: .....	43

### ***CHAPITRE IV DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DEMINERALISATION***

IV .1. Introduction .....	45
IV .2. Lieu d'implantation de la station .....	45
IV .3. Evaluation des débits d'eau potable .....	45
IV.3-1. Estimation de la population .....	45

<b>IV .4.Dimensionnement de la station de déminéralisation .....</b>	<b>46</b>
<b>IV .4-1.Prétraitement .....</b>	<b>46</b>
<b>IV.4-1-1. Filtre à sable.....</b>	<b>46</b>
<b>IV.4-1-2.Microfiltration .....</b>	<b>48</b>
<b>IV.4-1-4. Reminéralisations .....</b>	<b>67</b>
<b>IV.5.Conclusion .....</b>	<b>68</b>
<b><i>CHAPITRE V CALCULS TECHNICO-ECONOMIQUES ET GESTION DE LA STATION</i></b>	
<b>V-1- Introduction .....</b>	<b>72</b>
<b>V-2- Investissement .....</b>	<b>72</b>
<b>V-2-1 Prix de la construction de l'unité(C) .....</b>	<b>72</b>
<b>V-2-2- Prix de l'équipement principal et auxiliaire .....</b>	<b>72</b>
<b>V-2-3- Prix de l'équipement de l'osmoseur .....</b>	<b>73</b>
<b>V-3- Charges annuelles d'exploitation .....</b>	<b>73</b>
<b>V-3- 1 Coût d'investissement indirect .....</b>	<b>73</b>
<b>V-3- 2- charge de main-d'œuvre.....</b>	<b>74</b>
<b>V-3-3- Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station .....</b>	<b>74</b>
<b>V-3- 4- Coût de l'énergie électrique .....</b>	<b>76</b>
<b>V-4- Calcul du prix du m3 d'eau produit par osmose inverse .....</b>	<b>76</b>
<b>V-4-1- Calcul du coût de production CoûtTp .....</b>	<b>76</b>
<b>V-4-2 Prix de vente Pv .....</b>	<b>76</b>
<b>V-5- Gestion .....</b>	<b>77</b>
<b>V-5-1- Organisation de l'entretien de la station [22 [ .....</b>	<b>77</b>
<b>V-5-2- Suivi des performances [12[ .....</b>	<b>78</b>
<b>V-5-3- Nettoyage des membranes [12[ .....</b>	<b>79</b>
<b>V-6- Conclusion.....</b>	<b>80</b>
<b><i>Conclusion Générale .....</i></b>	<b>79</b>
<b><i>Références Bibliographiques .....</i></b>	<b>81</b>
<b><i>Les annexes.....</i></b>	<b>84</b>
<b><i>résumé.....</i></b>	<b>86</b>



## Liste des tableaux:

Tableau I .1 : Les principaux bassins versants de la région de Djelfa.....	13
Tableau I .2 : Unités hydrogéologiques de la région de Djelfa.....	13
Tableau I .3 : Le taux d'exploitation des ressources en eaux souterraines dans la région de Djelfa..	15
Tableau I .4 : Mobilisation des ressources en eaux souterraines par forage.....	16
Tableau I .5 : Besoins en eau pour l'approvisionnement en eau potable.....	16
Tableau I .6. La confrontation entre ressources et besoins en eau.....	18
Tableau II. 7 :Classification des eaux d'après leur pH. ....	24
Tableau II. 8 : Représente les pourcentages autorisés de certains éléments indésirables dans l'eau potable selon l'Organisation mondiale de la santé .....	25
Tableau II. 9 : Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'Organisation Mondiale de la Santé (source ADE).....	30
Tableau III. 1.Degré de dureté.....	40
Tableau IV. 1.Caractéristiques de cartouche.....	49
Tableau IV. 2 .Caractéristiques initial de membrane .....	54
Tableau IV. 3 . Caractéristiques des eaux brutes .....	55
Tableau IV.4 ..Molalité en mol/1000.gr d'eau.10-3.....	59
Tableau IV. 5.Le calcul de l'étage 2 résumé dans le tableau suivant.....	61
Tableau IV. 6.Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions.....	62
Tableau IV. 7.Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions.....	65
Tableau IV. 8.La détermination de la concentration moyenne des deux forages pour chaque ion....	66
Tableau IV. 9.Calcul de la concentration de l'eau osmose pour la disposition 8/6 .....	66
Tableau IV. 10.Tableau récapitulatif de tous les résultats .....	70
Tableau V.1 .Prix de la construction de l'unité .....	70
Tableau V.2 .Prix de l'équipement principal et auxiliaire (E).....	70
Tableau V.3 ..Prix de l'équipement de l'osmoseur .....	71
Tableau V.4 ..charge de main-d'œuvre .....	72
Tableau V.5 ..Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station .....	73

## Liste des figures:

Figure I 1. représente l'emplacement de l'état de Djelfa en Algérie.....	04
Figure I .2 . représente le site de la commune d'Al-Guedid dans l'état de Djelfa.....	05
Figure I. 3 . représente les limites géographiques de la commune d'Guedid.....	05
Figure I. 4 Évolution mensuelle moyenne de la température à la station de Djelfa (1999-2008).....	10
Figure I. 5 Evolution des précipitations mensuelles à la station de Djelfa (1999-2008).....	10
Figure I. 6 Evolution du taux d'évaporation mensuel à la station de Djelfa (1999-2008).....	11
Figure I. 7. Variation mensuelle moyenne de la vitesse du vent à la station de Djelfa (1999-2008)....	11
Figure I. 8. Évolution moyenne de l'IFF à la station de Djelfa (1999-2008).....	12
Figure I. 9. suivante montre la répartition des quantités d'eau affectées à l'alimentation en eau potable dans la région de Djelfa.....	17
Figure I.10.La superficie des terres irrigables dans la région de Djelfa.....	17
Figure I.11.suivante montre la répartition des quantités d'eau affectées à l'irrigation des terres	

agricoles dans la région de Djelfa.....	18
Figure II. 1. représente les étapes de formation et de transformation de l'eau dans la nature.....	21
Figure III. 1. Principe de l'échange d'ion.....	34
Figure III. 2.L'osmose inverse.....	35
Figure III. 3.Modules Spirales.....	37
Figure III. 4.Adoucisseur d'eau au CO2.....	38
Figure III. 5.Adoucisseur d'eau sans électricité.....	39
Figure III. 6.Adoucisseur d'eau industriel.....	39
Figure III. 7.Types de pH-mètre.....	42
Figure III. 8Type de conductimètre.....	42

---

# **Introduction Générale**

---

## Introduction Générale

L'eau est l'un des facteurs fondamentaux de la continuité et de la survie des organismes vivants sur cette terre, et c'est l'une des ressources les plus importantes et des grandes bénédictions que Dieu Tout-Puissant a créées pour l'homme, car grâce à lui, la vie est née sur cette terre, considérant que l'eau est l'un des solvants les plus importants de divers matériaux organiques, le plus utilisé et le moins cher parmi les solvants.

L'extraction des minéraux de l'eau saline est un sujet très important de nos jours, et il est essentiel de penser à la réalisation d'unités de dessalement jour après jour, car elle permet de répondre aux besoins des consommateurs d'eau potable de façon quantitative ou qualitative. (bonne qualité, eau douce et agréable), où l'eau souterraine est la seule ressource dans notre région, mais elle est très saline parce que la composition de cette eau est liée à la nature chimique des couches géologiques qui se croisent.

Cette salinité présente un problème majeure, face à des conditions climatique défavorable, à une croissance démographique très importante, au développement industriel, les volumes d'eau mobilisées et mobilisable sont insuffisante et le recours à des ressources en eau non conventionnelles telle que: le dessalement des eaux saumâtres semblent être la solution incontournable. [A.N.A.T, 2003]

La commune d'El- Guedid connaît une formidable expansion et une très forte croissance urbaine, et qu'elle souffre d'un manque d'eau potable pour la consommation, c'est pourquoi nous proposons le thème de Dimensionnement d'une station de déminéralisation, afin d'approvisionner en eau potable aux habitants de cette commune.

Pou cette raison notre travail est partagé en cinq chapitres, qui sont les suivants:

- Chapitre I : traite des généralités sur la zone d'étude.
- Chapitre II : Généralités sur le dessalement de l'eau potable.
- Chapitre III : Généralités sur les techniques d'adoucissement.
- Chapitre IV : dimensionnement de la station de déminéralisation.
- Chapitre V : Calculs technico-économiques et gestion de la station.

---

# **Chapitre I**

## **Généralités sur la zone d'étude**

---

## 1. Introduction:

A travers ce chapitre, nous mettrons en évidence les caractéristiques liées à la zone d'étude représentée dans la situation géographique, climatique, démographique et hydrologique de la commune d'El- Guedid, dans le but d'alimenter cette zone en eau potable.

### I -2. Localisation géographique :

#### I -2-1. Situation géographique de Djelfa :

L'état de Djelfa est situé astronomiquement entre les longitudes 2° et 3° Est et entre les latitudes 33° et 35° Nord.

#### I -2-2. Limites administratives :

La situation géographique est l'un des piliers les plus importants dans l'exploitation des ressources naturelles, et c'est aussi l'un des principaux facteurs de développement des zones urbaines et des rassemblements.

Par conséquent, l'état de Djelfa est situé dans la partie nord derrière l'Atlas sud de la chaîne de l'Atlas

Elle occupe une superficie de 3228,41 km<sup>2</sup>, à 300 km d'Alger. Il est bordé au nord par l'état de Médéa et à l'est par l'état de M'sila, au nord-ouest par l'état de Tissemsilt, au sud-est par l'état de Biskra et l'état de Ouargla, au sud par la état de Ghardaia du sud-ouest par l'état de Laghouat de l'ouest par l'état de Tiaret .



**Figure I N°1** : représente l'emplacement de l'état de Djelfa en Algérie

### I 3. La situation géographique de la commune d'Al- Guedid

#### I 3-1. Emplacement :

La commune d'El- Guedid est située entre la longitude, la latitude et l'altitude de 34 degrés, 38 minutes et 49 nord, 3 degrés, 36 minutes et 34 est, et elle est à 964 mètres d'altitude. Sa superficie est de 1 152,16 km<sup>2</sup>

Il est séparé du siège de l'État par des obstacles naturels : collines rocheuses avec divers arbres et couverture végétale légère .

#### I 3-2. Limites administratives :

La commune d'Al- Guedid est située à l'ouest de l'Etat de Djelfa, à environ 70 km de la capitale de l'Etat, à environ 316 km au sud de la capitale algérienne, bordée au nord par la commune d'Al-Sharif, à l'est par la commune de l'Ain et de Sarah, et à l'ouest par le Sahara.



Figure I n°2 : représente le site de la commune d'El- Guedid



Figure I n°3 : représente les limites géographiques de la commune d'El' Guedid

**I 3-3. Population :**

La population de la zone d'étude (la commune d'El- Guedid) a été recensée en 2022 AD et elle a été estimée à environ 20191 habitants, avec un taux de croissance démographique estimé : 2,55 % selon le guide statistique pour 2022

**I -4. Structure physique de la zone :****I -4-1.Débours général :****I -4-1-1- Montagnes :**

L'Atlas saharien est caractérisé par une série de montagnes s'étendant du sud-ouest, du nord-est et de l'ouest et de l'est de Sanelba, avec des pentes de plus de 25 pour cent et une hauteur moyenne d'environ 1 500 mètres. [M.POUGET, 1980]

Les principales montagnes sont :

Jabal Al Gharbi et Al Sharqi se situent au nord-ouest avec une altitude moyenne comprise entre 1 400 et 1 450 m.

Une nouvelle montagne avec une hauteur de 1491 m.

- Montagne orientale.
- Mont Senalba, 1489 m d'altitude

**I -4-1-2- Plaine Nord :**

La plaine d'Ain Ousira, qui couvre une superficie de 500 000 hectares, et se compose de trois secteurs séparés par des collines érodées, la vallée de Wadi El-Tawil à l'ouest, plaine de Pirin à l'est et le plateau d'Ain Ousira au milieu.[ Tanah bin Daoud 2006]

**I -4-1-3- Les dépressions chott :**

Les dépressions du jute sont séparées les unes des autres par un simple tassement topographique, et le trait est alimenté par les eaux de ruissellement. [M.POUGET, 1980]

les coups couvrent plusieurs dizaines de kilomètres carrés ; La salinité dans cette zone est de 300 à 400 g/L. [M.POUGET, 1980]

**I -4-1-4- Zone de dépression des ongles des Oueleds :**

Il est constitué de petites plaines dont les plus importantes sont les plaines de Maalba et Muwailih, à l'est de la ville de Djelfa. [M.POUGET, 1980]



**I -5- Géologie :****I -5-1- Situation géologique :**

La zone étudiée fait partie des monts Ouleds Nail, qui constituent la partie centrale de l'Atlas saharien orientée grossièrement vers le sud-ouest et le nord. Nous rencontrons ces montagnes après avoir traversé la plage de Zahrez. Les formations rencontrées sont du Jurassique supérieur, du Crétacé, du Tertiaire et du Quaternaire. Elle est délimitée au nord par de hauts plateaux et au sud par la plate-forme désertique. [DERAMCHE.M, MOUSSA.M, 1993]

**I -5-2 Litho couche :****Période triasique :**

Les sédiments triasiques forment des structures diurniques, qui sillonnent toutes les roches sous-jacentes, et consistent principalement en une série d'argiles violet clair parfois avec des évaporites. La roche salée au nord de Djelfa est un élément caractéristique du phénomène membranaire triasique. [M.POUGET, 1980 ].

**Période jurassique :**

Il se caractérise par une alternance de calcaires durs et de galets calcaires avec des marnes multicolores. Ces gisements se retrouvent principalement dans la partie nord-ouest du territoire. [Tanah bin Daoud 2006 ]

**Valanginien - Parmian :**

Cette chaîne est la même que celle de la région de Beniakoub de l'Atlas saharien, et elle s'accroche sur les versants nord et sud de la ligne opposée aux montagnes de Hosn Jifla, Tozara et Hawass. Il est représenté par la série des grès carbonatés composés de calcaires dolomitiques alternant souvent avec des grès rougeâtres compacts, des grès cassants blancs à jaunes ainsi que des argiles. La force de cette chaîne dépasse 1000 mètres à certains endroits. [Tanah bin Daoud 2006]

**Aptien :**

Il est bien représenté dans la région car il s'étend sur tout le Djelfa Sincanal, formant une étroite bande continue bien visible dans le paysage. Parfois, il est tacheté lorsque le tétrapode le cache et est de couleur gris blanchâtre. L'Aptien est principalement carbonaté et se compose de marnes calcaires vertes à grises.

Parfois, on croise des blocs de calcaire, d'argile fine ou de grès. L'épaisseur moyenne est de 50 m au niveau de Jabal Jalal et de l'est de Sanalba. [M.POUGET 1980, Tanah bin Daoud 2006]

**Déclaration:**

Cette composition est représentée par des bandes sombres espacées. Il y a une certaine continuité dans le paysage. Il fait partie de la grande structure du Synclinal. Il est représenté par des calcaires et des marnes qui prédominent alternativement dans une cascade de calcaires fins, parfois marneux et nodulaires pour la laiterie supérieure, il est légèrement boueux pour la laiterie inférieure. La moyenne pour une chaîne laitière complète est de 350 m.

**Sinomani :**

Cette gamme se compose principalement de la chaîne Marley, principalement du mont Bukhale salin et rarement du calcaire marneux. La limite inférieure est représentée par la limite supérieure pour la laiterie supérieure. La limite supérieure est matérialisée par la grande falaise de base. L'épaisseur à l'est est plus importante qu'à l'ouest et varie de 732 m à 530 m.

**Toron :**

C'est un élément morphologique important facilement reconnaissable du fait de son bon affleurement, il est surtout présent au niveau de l'Atlas saharien. Il s'agit essentiellement d'une forme de calcaire dur compacté qui forme les pentes et les crêtes des corniches imbriquées. Il est perché à Jebel Bukhil dans la région de Massad. L'épaisseur de la chaîne est d'environ 130 m, tandis qu'au niveau du mont Jalal occidental, sa force dépasse 150 m.

**Sinonien :**

Cette série est constituée d'une alternance de calcaire avec des couches marneuses jaunes d'une épaisseur de 100 mètres. Il est situé dans l'Atlas saharien du synclinal de Djelfa. L'ensemble de la chaîne sénonienne dépasse 130 mètres dans les monts des Guedid Nail. [NEDJIMIS, 2006]

**Myobiline :**

Il est constitué principalement d'argiles marneuses, rouges à jaune verdâtre, de couches calcaires minces à massives, de conglomérats à éléments gypseux calcaires. [NEDJIMIS, 2006]

**Quatuor :**

Les dépôts quaternaires ont une grande extension, représentés par le limon alluvial, le boudin, les dépôts alluviaux et les dunes de sable dans toute la région de Djelfa. [NEDJIMIS, 2006].

## **I -6. Hydrogéologie :**

### **I -6-1- Formations des reservoirs souterrains :**

- **Grès barmien :**

Représenté par le grès rouge en général, on note la présence de fractures et de joints.

[O.N.M, 2008].

- **Grès albanais :**

Le grès rouge pressé est parfois représenté par du grès quartzeux et du quartzite. [O.N.M, 2008]

- **Calcaire Turunien :**

Il s'agit d'un énorme calcaire dolomitique fissuré et dolomitique dont les fissures et les jointures se sont élargies en profondeur par dissolution. Ces calcaires de la série Marley du Cénomaniens sont ancrés et entrelacés par des calcaires de la série Marley du Cénomaniens inférieur. [O.N.M, 2008]

- **Mioplioquaternaire :**

Au niveau de la partie centrale de cet affleurement d'argile rouge gelée, aux endroits recouverts de galets de rivière, la teneur en sable de l'argile est très faible.

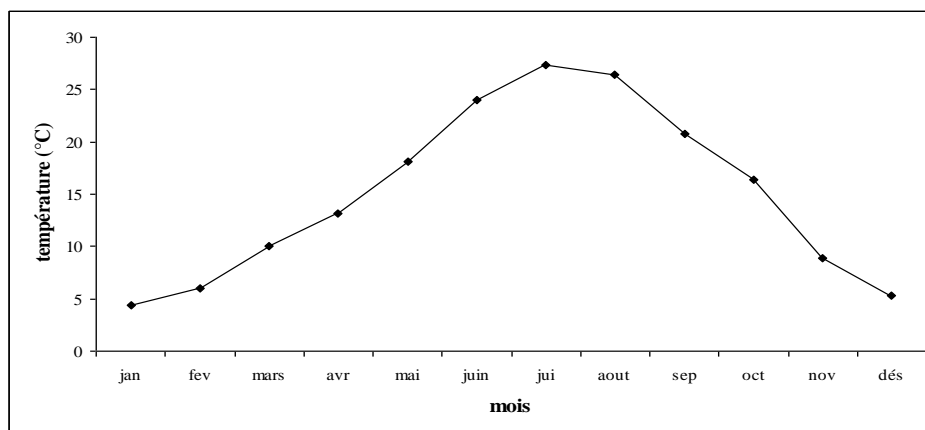
Les formations mioplioquaternaires sont ancrées au Sénonien, dans des niveaux marneux assurant la rétention d'eau.

### **I -7- Cadre climatique :**

L'étude climatologique joue un rôle très important, car elle permet de mieux comprendre. La relation entre la variabilité climatique et la reconstitution des ressources en eaux souterraines, qui dépendent de la recharge des eaux souterraines, qui résulte des précipitations, de l'évaporation et du ruissellement. La température, les précipitations et l'évaporation sont les principaux facteurs climatiques affectant le système hydrologique de la zone étudiée. [O.N.M, 2008]

#### **I -7-1 température :**

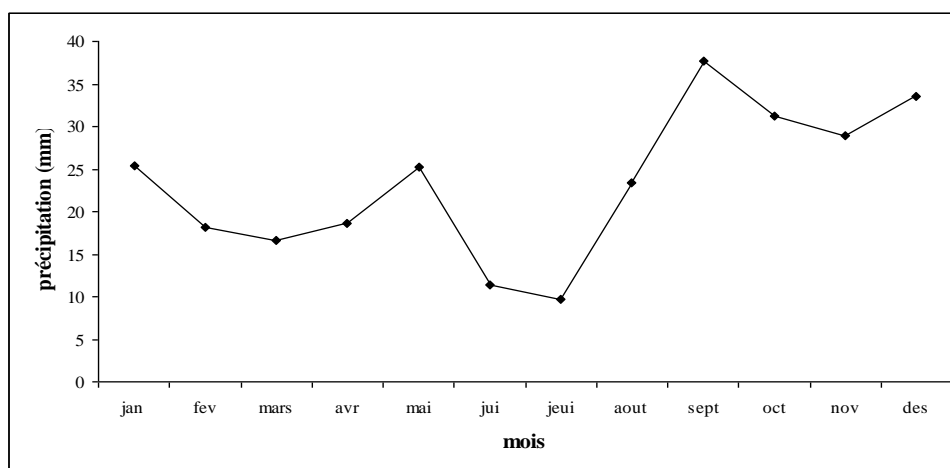
La figure 02 montre que les températures moyennes interannuelles oscillent entre 4,42°C (janvier) et 27,39°C (juillet). De plus, on note que pendant la saison chaude (juin - septembre), les températures mensuelles moyennes varient de 23,95°C à 20,76°C. Alors que la saison froide se caractérise par des valeurs minimales d'environ 4,42 degrés Celsius enregistrées au cours du mois de janvier [O.N.M, 2008]



**Figure I n°4 :** Évolution mensuelle moyenne de la température à la station de Djelfa (1999-2008).

### I -7-2- Précipitations :

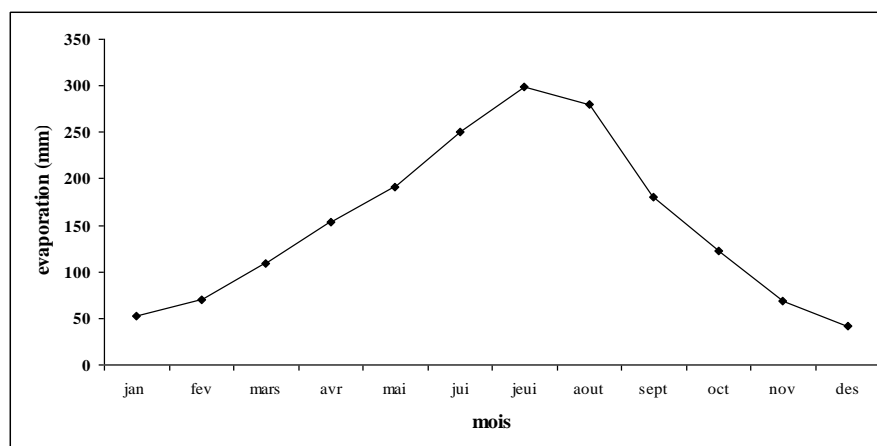
La figure (03), permet de mettre en évidence que l'évolution des précipitations mensuelles révèle une période pluvieuse s'étendant de septembre à janvier, avec un maximum, elle peut atteindre (37,63 mm) obtenu en septembre. Pendant la saison sèche (juin - août); Les précipitations ont diminué jusqu'à un minimum de 9,72 mm) observé en juillet. [O.N.M, 2008]



**Figure I n°5 :** Evolution des précipitations mensuelles à la station de Djelfa (1999-2008).

### I -7-3- Évaporation :

D'après la figure (n° 04), il ressort que l'évaporation mensuelle moyenne ; Elle a été mesurée à la station de Djelfa durant la période (1999-2008) et oscille entre 42,2 mm (décembre) et 298,9 mm (juillet). De plus, les valeurs moyennes mensuelles d'évaporation sont maximales pendant la période chaude (juin - août) avec des valeurs dépassant 250 mm/mois). [O.N.M, 2008]

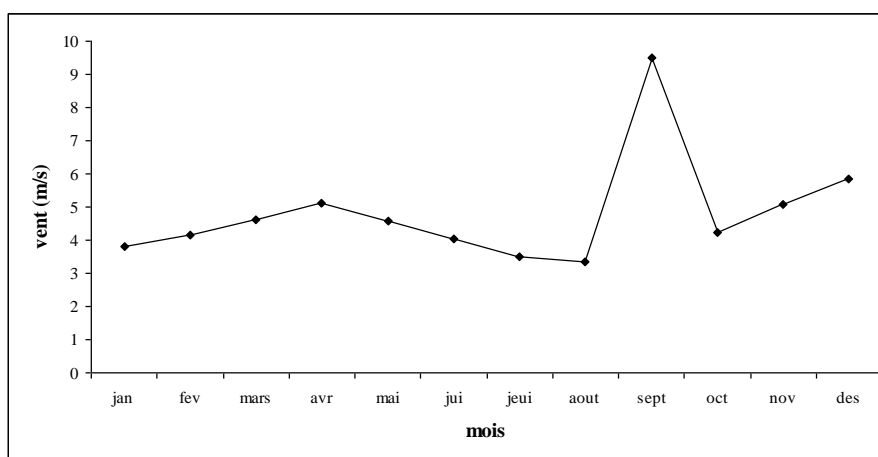


**Figure I n°6 :** Evolution du taux d'évaporation mensuel à la station de Djelfa (1999-2008).

#### I -7-4- Le vent :

Dans la zone d'étude, les vents dominants sont de direction sud-ouest et nord-ouest, fréquents en été.

La figure (n°05) montre que les valeurs de la vitesse moyenne mensuelle du vent enregistrées durant la période (1999-2008) oscillent entre 3,33 m/s (août) et 9,49 m/s (septembre). [O.N.M, 2008]



**Figure I n°7 :** Variation mensuelle moyenne de la vitesse du vent à la station de Djelfa (1999-2008).

#### I -7-5 - Humidité :

L'évolution de l'humidité relative moyenne mensuelle mesurée à la station de Djelfa (1999-2008) est représentée sur la Figure (n°06). Les résultats obtenus ont montré que les valeurs d'humidité relative fluctuent entre 32,7% (juillet) et 76,6% (janvier). Il convient de noter que la saison froide a une humidité relative de plus de (50%). Tandis que la période chaude (juin - août) se caractérise par une humidité relative inférieure à (40%). [O.N.M, 2008]

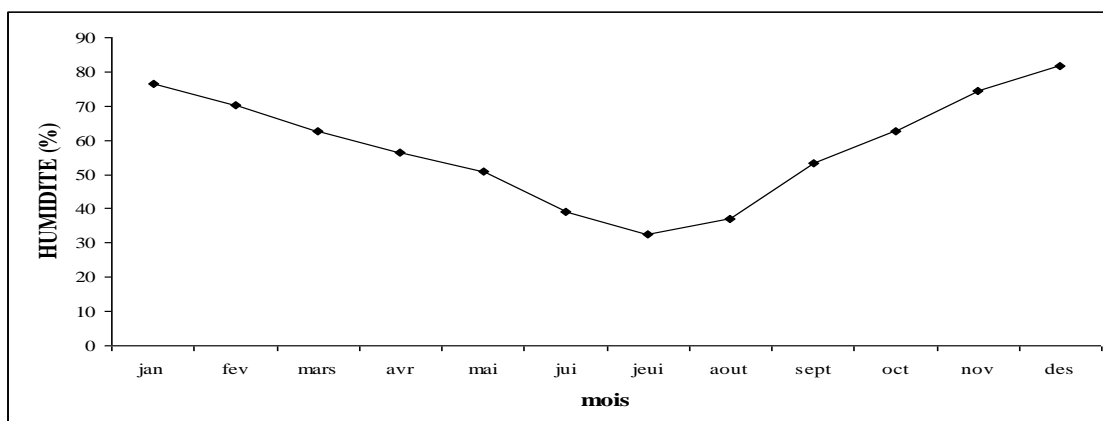


Figure I n°8 : Évolution moyenne de l'IFF à la station de Djelfa (1999-2008).

## I -8- Ressources en eau dans la région de Djelfa :

La région de Djelfa fait partie des unités hydrographiques correspondant aux bassins versants du Zohrez (n° 17), de la Choute Melgir (n° 06) et du Sahara (n° 13) dans des proportions régionales différentes. Les précipitations varient de 100 à 300 mm par an. Le potentiel hydrique de la zone d'étude est constitué principalement d'eaux souterraines, dont seulement 119 m<sup>3</sup>/an ont été recensés. [A.N.R.H, 2008]

### I -8-1- La possibilité d'eau reconnue :

Le potentiel hydrique total reconnu (eaux de surface et souterraines) dans la région de Djelfa est estimé à 150 hectares m<sup>3</sup>/an. [A.N.R.H, 2008]

#### I -8-1-1- Potentiels dans les eaux de surface :

Le territoire de l'État au nord-ouest avec 15,45% couvre la partie supérieure du bassin versant de Chlef avec un écoulement. Le reste des flux est interne, correspondant aux quatre bassins versants dans des proportions différentes. Les bassins versants existants sont : [A.N.A.T, 2003]

#### Captage de l'eau de couvée :

Il est alimenté par les vallées de Mazuz et Fayd al-Batma, et est délimité au sud par la ligne de partage des eaux des monts Ouled Neil.

#### Bassins versants dans le Chatt Melghir :

Elle est principalement alimentée par la Vallée Jedi, et les eaux de surface coulent d'ouest en est.

**Bassin versant sud :**

Il est drainé par les vallées de Zajrir-Attar et Al-Ratamim qui coulent vers le sud dans les zones désertiques.

**Bassin versant à Zahrez :**

Il est situé au centre de la partie nord de la région de Djelfa. [A.N.R.H, 2008]

**Tableau I n°1 :** Les principaux bassins versants de la région de Djelfa. [A.N.R.H, 2008]

Bassin versant	Superficie en Km <sup>2</sup>	Pourcentage (%)
Hodna	1.731,25	5,20
Zahrez	7.362,50	22,50
Chott Melghir	8.250,00	25,15
Sahara	10.387,50	31,70
Total	32.800,00	100%

Le système discontinu de ces vallées du bassin versant permet de distinguer un certain réseau hydrographique caractérisé par un climat semi-aride à aride. Les principales vallées existantes sont : Wadi Al-Tawil, Wadi El-Mallah et Wadi Gedi.

L'alimentation en eau de surface des vallées de la région de Djelfa est estimée à environ 31 hectares par an [A.N.R.H, 2008].

**I -8-1-2- Potentiels souterrains :**

L'étude géologique du terrain faisant partie de l'Etat de Djelfa a révélé l'existence d'un certain nombre de conditions favorables à la formation d'un important niveau d'eau souterraine, tant superficielle qu'en profondeur. La région de Djelfa est caractérisée par de grandes unités hydrogéologiques représentées dans le tableau suivant : [A.N.R.H, 2008 ]

**Tableau I N°2 :** Unités hydrogéologiques de la région de Djelfa. [A.N.R.H, 2008]

unité hydrogéologique	volume mobilisable minima (Hm <sup>3</sup> )	volume mobilisable maxima (Hm <sup>3</sup> )
Bassin de Zahrez : Complexe Hydraulique Terminal	50	140
plaine de Ain Oussera	27	55
Synclinal de Djelfa	30	40
Vallée de l'oued Touil	15	25
Synclinal de Ain Ilbel & p,Moudjbara/Messad	25	45

**Aquifères profonds:**

Ce type d'aquifère est étroitement lié aux conditions géologiques, et la plupart de ces aquifères sont développés dans une topographie perméable et des structures synchrones.

En effet, la distribution des structures synchrones et de la topographie perméable est intéressante, car ces deux facteurs limitent directement la distribution de ce type d'aquifère.

L'analyse stratigraphique a montré que la structure géologique de cette région est très favorable à la formation de plusieurs niveaux d'aquifères, les plus importants et les plus étudiés dans cette région sont : le continental-continental (albanais) et le complexe final avec au moins deux niveaux [A.N.R.H, 2008]

La plupart des ressources en eaux souterraines sont situées dans les principaux aquifères suivants :

- Plaine d'Ain Ousira, le volume d'eau en bouteille est d'environ (39 mètres cubes/an).
- Les cuves Zahrez permettent de remplir 50 hectares 3/an.
- Le canal Djelfa Sinclean dispose d'un volume d'eau remplissable de 30 hectares/an.

A noter que la nappe phréatique totale de ces retenues est de 119 m<sup>3</sup>/an. [ A.N.R.H, 2008]

**I-8-1-3- Ressources en eaux souterraines embouteillées :*****Couches d'écoulement de surface :***

Ces couches superficielles de limon dans les vallées sont mal connues en quantité et en nature. Son exploitation pour tous usages confondus (A.E.P., irrigation, activité pastorale, etc.) est inconnue. Il existe plus de 6100 puits conventionnels qui peuvent remplir une quantité d'eau d'environ 0,1570 hectares 3 / an. [A.N.A.T, 2003]

***Aquifères profonds :***

L'approvisionnement en eau de la région de Djelfa est principalement assuré par l'embouteillage des eaux souterraines. Cependant, nous notons que le degré de connaissance de ces ressources en eau est pour la plupart méconnu à ce jour en raison du manque de couverture complète des études hydrogéologiques sur le territoire de cette région.

Seules trois nappes aquifères ont fait l'objet d'études hydrogéologiques, à savoir les retenues d'Ain Oussira, Zohrez et Djelfa. [A.N.A.T, 2003]



**Tableau I n°3 : Le taux d'exploitation des ressources en eaux souterraines dans la région de Djelfa. [BERKANI.I, BENARFA.N, 2005]**

Nappes	Potentialité (Hm <sup>3</sup> /an)	Prélèvement (Hm <sup>3</sup> /an)				Disponibilité (Hm <sup>3</sup> /an)	Taux D'exploitation	Observation
		A.E.P Hm <sup>3</sup> /an	transfert hors wilaya (Hm <sup>3</sup> /an)	Irrigation (Hm <sup>3</sup> /an)	total			
Plaine Ain Oussera	39	18,7	8,6	10,4	37,7	-9,7	135%	Nappe surexploitée
Bassin des Zahrez	50	16,6	-	6,1	22,7	+27,3	45%	-
Synclinal de Djelfa	30	14,0	-	9,3	23,3	+16,7	58%	-
Vallée Oued Touil	non connu	3,5	-	5,8	9,3	-	-	-
Zone Désertique	non connu	29,7	-	8,3	38	-	-	-
Continental Intercalaire	non connu	-	-	-	-	-	-	-
Complexe Terminal	non connu	-	-	-	-	-	-	-
Total région	-S	82,5	8,6	39,9	131	-	-	-

Les volumes d'eau prélevés sur les principaux aquifères sont estimés à 131 hectares/an, pour répondre aux besoins en eau des trois usages (A.E.P, Industrie et Irrigation). Ces prélèvements se répartissent en 63% pour les usages (industries électriques, de production et industrielles), 30% pour les besoins agricoles, et les transports

L'eau de 8,6%, dont 7% aux régions de Médéa (Qasr al-Bukhari) et la ville de Sila (Sidi Issa et Ain). Hadgel). [A.N.A.T, 2003]

Concernant l'exploitation du potentiel hydrique des différentes unités hydrogéologiques de la région de Djelfa. Les volumes extraits montrent que les taux d'exploitation diffèrent significativement pour chacun des aquifères exploités :

- La nappe d'Ain Ousira a été exploitée avec un taux d'utilisation de 135%.
- Les ressources en eaux souterraines de la rivière Djelfa sont exploitées à 58%, ce qui équivaut au taux d'exploitation naturel.
- Le bassin aquifère de Zahrat a un taux d'utilisation de 45 %.

**Tableau I n°4** : Mobilisation des ressources en eaux souterraines par forage. [A.N.A.T, 2003]

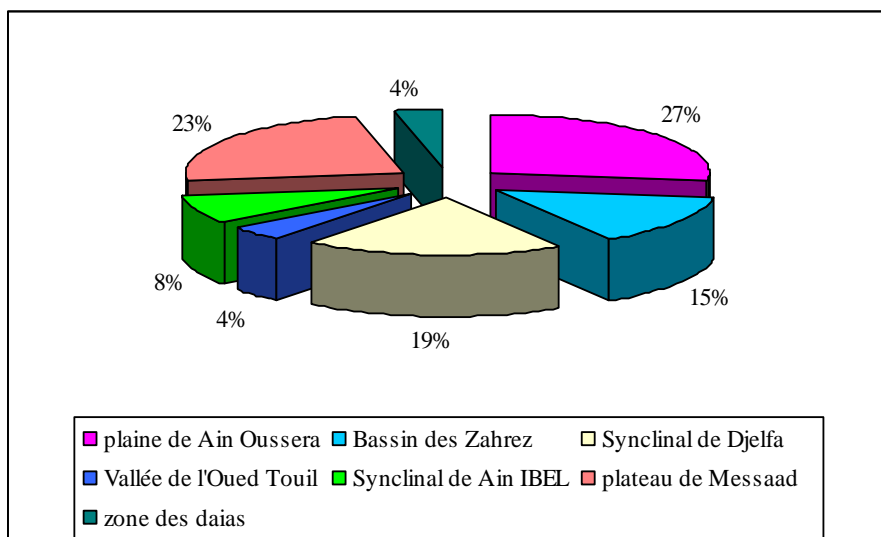
Commune	Nombre Total de forage	Utilisation Des Eaux				Observation
		A.E.P		Irrigation		
		nombre de forage	Debit l/s	nombre de forage	Debit l/s	
Djelfa	22	22	504	-	-	-
Hassi Bahbah	7	6	100	11	19	1for.mixteAEP/IRR
Guernini	14	2	38	13	289	-
Had Sahari	6	5	49	1	11	-
Birine	12	8	191	4	83,5	-
Benhar	7	2	62	7	126	-
Charef	5	3	191	2	27	1for.mixteAEP/IRR
Guedid	9	2	161	7	129,5	1for.mixteAEP/IRR
El Khemis	8		33	8	245,5	1for.mixteAEP/IRR
Dar Chioukh	4	4	58	-	-	-
Sidi Baizid	3	3	42	-	-	-

**I -9- Besoins actuels en eau :****I -9-1- Alimentation en eau potable :**

Compte tenu de la classification du réseau d'agglomération de la région de Djelfa (R.G.P.H 1998) et des données sur l'estimation de la population (2001), les besoins en eau pour l'alimentation en eau potable ont été évalués sur la base des dotations : [A.N.R.H, 2008].

**Tableau I n°5** : Besoins en eau pour l'approvisionnement en eau potable. [A.N.R.H, 2008]

Réseau d'agglomération	Dotations en eau
Agglomération chef-lieu de wilaya	180 l/j/hab
Agglomération urbaine	150 l/j/hab
Agglomération semi urbaine	120 l/j/hab
Agglomération rurale	100 l/j/hab



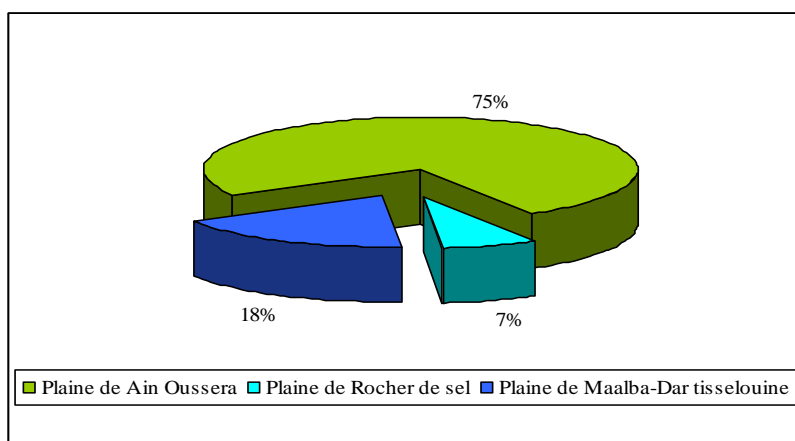
**Figure I n°9 :** répartition des quantités d'eau affectées à l'alimentation en eau potable dans la région de Djelfa

**I -9-2- Le besoin en eau industrielle :**

Les besoins actuels en eau de l'industrie ne sont pas importants et sont estimés à 0,94 hectares 3 / an. Les principales unités consommatrices d'eau sont l'Usine de Djelfa, l'Industrie de la Tuilerie et du Granit et la Société de l'Industrie du Verre (Ain Oussera). [A.N.R.H, 2008]

**I -9-3- Besoins en eau d'irrigation :**

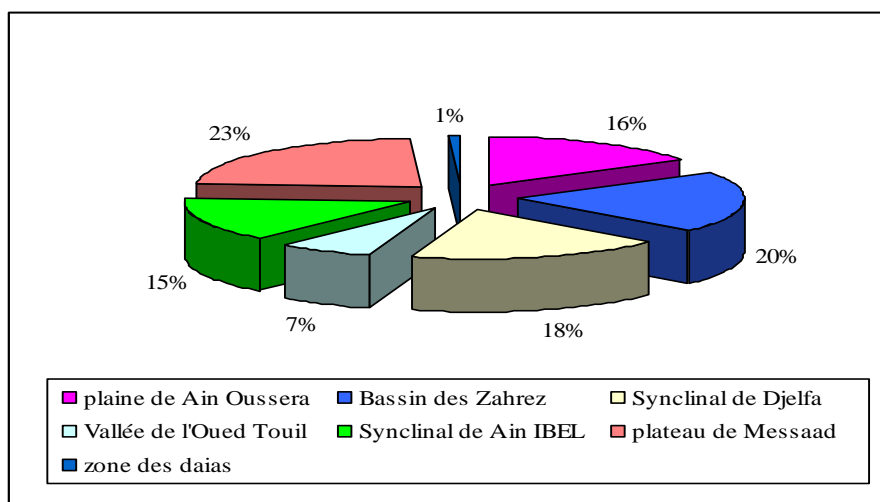
Sur la base des études agro-éducatives menées jusqu'à présent dans la région de Djelfa, les zones étudiées sont les suivantes : [A.N.R.H, 2008]



**Figure I n°10:** La superficie des terres irrigables dans la région de Djelfa. [A.N.R.H, 2008]

- La superficie des terres irriguées est de 58 076 hectares.
- La superficie totale irriguée de la région est actuellement de 10 149 hectares, soit seulement 17 % du potentiel irrigué connu.

- Le volume d'eau souterraine alloué à l'irrigation de cette zone est de 76,2 hectares/an ce qui nous donne une dose moyenne d'irrigation de 7508 m<sup>3</sup>/ha/an. C'est insuffisant par rapport à la dose d'irrigation moyenne pour la zone de 10 000 m<sup>3</sup>/ha/an. [A.N.R.H, 2008].



**Figure I n°11** : répartition des quantités d'eau affectées à l'irrigation des terres agricoles dans la région de Djelfa :

### I -10- Face aux ressources et besoins en eau :

Sur la base des ressources mobilisées, ce premier bilan permet, selon l'origine de la ressource en eau, la disponibilité des eaux suivantes :

- Le volume d'eau de surface est de 29,9 m<sup>3</sup>/an.
- Le volume de 27 m<sup>3</sup> /an pour les eaux souterraines.
- Soit un total de 56,9 hectares<sup>3</sup> /an dans le cas d'une gestion rationnelle de l'eau. Cependant, nous notons que les pertes sont actuellement estimées à 25%.
- La répartition et l'équilibre des aquifères permettront de déterminer la disponibilité réelle de l'eau dans le but de la valoriser pour le développement intégré de la région. [A.N.R.H, 2008]

**Tableau I n°6** : La confrontation entre ressources et besoins en eau. [A.N.R.H, 2008]

Ressources En Eau	Potentialité (Hm <sup>3</sup> /an)	mobilisation	Affectation actuelle (Hm <sup>3</sup> /an)				Besoins actuels A.E.P (Hm <sup>3</sup> /an)	Disponibilité en eau totale (Hm <sup>3</sup> /an)
			A.E.P	A.E.I	Irrigation	totale		
eaux superficielles	31	1,1	-	-	1,1	1,1	-	29,9
eaux souterraines.	-	170,25	77,41	0,94	76,2	154,55	42,73	27
Totale	-	171,35	77,41	0,94	77,3	155,65	42,73	56,9

**I -11- Conclusion:**

A la lumière de ce que nous avons évoqué dans ce chapitre, ces indications doivent être prises en compte afin de diagnostiquer l'usine de dessalement des eaux souterraines de la commune d'El- Guedid afin d'alimenter ses habitations en eau potable conformément aux normes sanitaires et internationales.

---

# **Chapitre II:**

## **Généralités sur l'eau potable**

---

## II -1- Introduction:

L'intérêt de l'homme pour la qualité de l'eau qu'il boit remonte à plus de cinq mille ans, et compte tenu de la connaissance scientifique limitée des maladies à cette époque et de l'étendue de leur dangerosité, l'intérêt s'est limité aux caractéristiques tangibles de l'eau telles que la couleur, l'odorat et le goût, et dans ce chapitre nous aborderons les critères de dessalement de l'eau.

## II -2- Définition de l'eau :

C'est un composé chimique de nature liquide constitué de l'élément hydrogène et oxygène, c'est-à-dire d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène ( $H_2O$ ), et la composition chimique de l'eau naturelle varie fortement d'une région à l'autre et d'une même région d'une saison à l'autre. Ces différences chimiques dépendent de plusieurs facteurs tels que la solubilité des sels qui composent la croûte terrestre ( $CaCO_3$ ,  $CaSO_4$ ,  $MgCO_3$ ,  $NaCl$ ), ainsi que la composition physique des roches. [ HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021 ]

## II -3 - Sources d'eau :

L'eau existe dans la nature sous plusieurs formes, dont gazeuse qui est de la vapeur d'eau, liquide ou solide sous forme de glace. L'eau hydrologique est de deux types :



**Figure II n°1 :** représente les étapes de formation et de transformation de l'eau dans la nature.

### Eau de source, eau minérale :

Par « eau de source », on entend une eau impropre à la consommation humaine. C'est ce qui constitue l'eau potable. Propriétés des raccords minéraux naturels : Contient des minéraux et oligo-éléments qui peuvent être confiés à un spécialiste de la clôture comme l'eau de source, elle ne peut pas être traitée. Ils sont d'origine profonde et ont une composition physico-chimique stable dans le temps. [ Khoudja Brahim & Ataouat Brahim 2019]

**Eau brute :**

Destiné à la consommation humaine prélevé dans un cours d'eau ou un niveau souterrain. Ensuite, elle est transportée vers une station d'épuration où elle subit de nombreux traitements physiques, chimiques, physiques, chimiques et biologiques ; La ressource en eau avant tout traitement d'eau potable dépend de l'autorisation de prélever cette eau pour la rendre potable et de la filière de traitement d'eau potable appropriée. Ces eaux de surface destinées à la production alimentaire doivent répondre à des exigences de qualité très précises fixées par des organismes spécialisés. [NEDJIMI.S, 2006],[ BAZA.Y, 2006].

Les eaux brutes pouvant être utilisées pour fournir de l'eau de distribution sont classées en trois classes de qualité :

- A1, bien ; Physiothérapie et nettoyage
- A2, moyen ; Physiothérapie, chimie et nettoyage
- A3, moyen ; Traitement physique et chimique, raffinage et purification

**II 3-1- Liste des sources d'eau potable :**

- Eaux de surface ouvertes.
- eaux souterraines.
- eau de pluie.
- L'humidité de l'air.
- Icebergs (théoriquement).
- Eaux chargées de sédiments, de polluants et d'agents pathogènes.
- eau de mer

**II 3- 2-Eaux souterraines :**

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont généralement protégées des sources de pollution. Comme les propriétés de cette eau varient très peu dans le temps, les stations d'épuration n'ont pas à résoudre les problèmes causés par des différences soudaines et importantes de la qualité de l'eau brute. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous.

Manquant de turbidité, l'eau profite de la filtration naturelle dans le sol.

Contamination bactérienne réduite. Le long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matière organique ne favorisent pas la croissance des bactéries.

- Température constante, nappe phréatique protégée du soleil et de l'atmosphère.
- Indice de couleur bas. L'eau souterraine n'entre pas en contact avec la matière végétale et les sources de couleur.
- Flux continu. Contrairement à l'eau des rivières, la qualité et la quantité des eaux souterraines restent constantes tout au long de l'année.



- Dureté souvent élevée. L'eau peut entrer en contact avec des formations rocheuses contenant des substances divalentes ( $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , etc.) responsables de la dureté.

Forte concentration de fer et de manganèse. Ces minéraux, qui se trouvent souvent dans le sol, se dissolvent facilement lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous.

## **II -4- Spécifications et caractéristiques de l'eau potable :**

L'eau destinée à la consommation doit avoir des caractéristiques et des spécifications précises afin qu'elle ne contienne pas d'éléments qui nuisent à la santé du consommateur. Elle doit respecter les conditions de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

L'eau existe sur le sol dans trois états : liquide (eau elle-même), solide (glace) et gaz. Vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, et elles peuvent toujours être observées par paires, et plus ou moins en équilibre : glace d'eau, vapeur d'eau et vapeur de glace selon les conditions de température et de pression. Selon les caractéristiques suivantes :

### **II 4-1- Propriétés naturelles et physiques :**

#### **II 4-1-1- Température :**

La température affecte l'eau, en particulier dans le processus de dessalement et de traitement de l'eau, car elle contribue à accélérer le processus de fusion des produits chimiques ajoutés et à déposer des particules fines indésirables dans certains cas. [MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE Hamsatou 2005].

#### **II 4-1-2- Turbidité :**

La présence de nombreux composants et composés organiques de bactéries, impuretés, sable, autres matières solides, sels minéraux, et en plus des déchets d'usine et des voies navigables, provoque le premier effet sur la validité de l'eau et change sa couleur et son odeur, et à partir de là il n'est pas possible de le consommer ni en usage quotidien ni en buvant.

#### **II 4-1-3Couleur :**

La décoloration de l'eau se produit dans une ressource malsaine à la suite de la décomposition de certaines matières organiques malsaines à partir de minéraux, de sels et de poussière ou par des drains industriels, et à partir de là, la couleur de l'eau est l'une des indications qu'elle n'est pas consommée ainsi que la impossibilité de le boire. [LAGREB.H, SEMANE.S, 2007],[ J.RODIER, 1980]

**II 4-1-4 Goût :**

L'eau peut avoir un goût désagréable ou inacceptable parce qu'elle est affectée par des substances malsaines ou mélangée à des eaux usées, et par conséquent elle est impropre à la consommation.

**II 4-1-5 Odeur :**

La présence d'un goût désagréable d'eau est liée à la présence d'une odeur désagréable d'eau, qui est le résultat de la pourriture de certaines substances malsaines et est l'une des causes de l'odeur désagréable. [Khouadja Brahim & Ataouat Brahim 2019], [LAGREB.H, SEMANE.S, 2007],[ BELHOUADJEB.F.A.TOAIBA.A.H.2006],[ Monique Henry]

**II 4-1-6 Conductivité électrique :**

La conductivité électrique exprime le pourcentage de présence de sels dissous dans l'eau, sa hauteur indique la présence de grands pourcentages de sels dans l'eau dus à une action naturelle ou à une influence extérieure, comme les eaux usées industrielles et sanitaires.

**II 4-2 Propriétés chimiques :****II 4-2-1pH :**

Il exprime l'état acide et basique de l'eau, en partant de la valeur 0 jusqu'au chiffre 14 et la valeur 7 indique la neutralité pure, et s'il est inférieur à la valeur 7, il indique l'acidité de l'eau, et à partir de là toute substance se dissout dans l'eau en ionisant la solution en ions hydrogène  $H^+$  et ions hydroxyde  $OH^-$  Et l'eau est acide si les ions  $H^+$  sont plus que les ions  $OH^-$ , et basique si le contraire se produit, et elle est neutre si la concentration en  $H^+$  et la concentration en  $OH^-$  sont égales.[ C.KIRDA, 1997],[ MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE Hamsatou 2005 ],[ NEDJIMI.S, 2006].

**Tableau II n° 1** : Classification des eaux d'après leur pH. [NEDJIMI.S, 2006].

<b>pH</b>	<b>L'alcalinité ou l'acidité des eaux</b>
pH < 5	Acidité forte présence des minéraux ou matières organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

**II 4-2-2 Al- dureté :**

La dureté ou la dureté résulte de la présence de sels minéraux dans l'eau, en particulier de calcium et de sodium. La présence de pourcentages élevés de ceux-ci affecte l'ébullition de l'eau et provoque la corrosion des canaux, des compteurs et des appareils de chauffage de l'eau. Il donne également l'eau a un goût indésirable et ne permet pas au savon de se dissoudre dans l'eau.

**II 4-2-3 oxygène dissous :**

L'oxygène est dissous en permanence dans l'eau pure et douce grâce à l'aération naturelle et le pourcentage d'oxygène augmente dans l'eau froide et l'eau chaude. Il complète le rôle important des algues dans la production d'oxygène à l'intérieur de l'eau pendant la journée, de sorte que le niveau L'augmentation du pourcentage d'oxygène dissous dans l'eau entraîne la corrosion des surfaces métalliques, des équipements, des pompes et des appareils de chauffage en présence d'eau.

**II 4-2-4 Eléments indésirables :**

Certains éléments ne doivent pas être présents dans l'eau en grande quantité, seulement en faibles valeurs en raison de leur dangerosité ou pour des raisons techniques et organiques, afin qu'ils ne dépassent pas les valeurs admissibles selon les normes de la santé mondiale Organisation Le tableau suivant présente quelques substances qui ne doivent pas être présentes dans l'eau sauf dans des proportions limitées Autorisé pour certains éléments indésirables dans l'eau potable.

[ KHOUADJA BRAHIM & ATAOUAT BRAHIM 2019 ]

**Tableau II n°2 :** Représente les pourcentages autorisés de certains éléments indésirables dans l'eau potable selon l'Organisation mondiale de la santé

Element	Rapport admissible mg/L	Element	Rapport admissible mg/L
nitrate	10	Arsenic	0,05
Magnesium	125	Cuivre	0,4
Chlorure	250	Fer + manganese	0,4
sulfate	250	Zinc	5
Mener	0,1	Césium	0,1

**II 4-3 Caractéristiques biologiques de l'eau potable :**

Les propriétés physiques et chimiques de l'eau fournissent les conditions vitales propices à la vie aquatique, car l'eau contient de nombreux types d'animaux aquatiques différents,

**II 4-3-1 Virus :**

La structure biologique des virus le rend généralement incapable d'exercer son activité vitale ou de construire sa substance. Il se multiplie en pénétrant dans la cellule vivante et après avoir détruit la cellule, il est libéré vers d'autres cellules. Sa taille varie de 20 à 50 millilitres, certains qui infectent les humains avec des maladies telles que le rhume. Éliminez-le en utilisant du chlore.

**II 4-3-2 Bactéries :**

Les bactéries se caractérisent par leur taille microscopique. Elles existent seules ou en groupes dans la nature sous plusieurs formes, y compris les bacilles, les sphéroïdes et les spirales, et chacune d'elles présente un certain danger pour la santé humaine, en particulier lorsqu'elle est présente dans l'eau potable.

**II 4-3-3 Concentrations admissibles dans l'eau potable :**

L'Organisation mondiale de la santé travaille à l'établissement de spécifications et de définitions précises pour l'eau potable en fonction d'une concentration avec des valeurs admissibles afin d'éviter l'apparition de maladies ou d'empoisonnements.

**II -5. Sels minéraux dissous dans l'eau :****II 5-1 Articles nécessaires :****II 5-1-1- Calcium :**

Considéré comme un élément essentiel (99% dans le squelette), le calcium doit être apporté au corps humain à raison de 0,7a 2g/J, et des concentrations élevées dans l'eau ne présentent pas de danger pour la santé. La limite de détection des appâts varie de 100 à 300 mg/L. En fonction de la température, du pH et de l'alcalinité de l'eau, la concentration dans le calcul constitue un facteur privilégié, selon les cas, soit de mise à l'échelle (forte teneur) soit de correction (faible teneur). Une teneur adéquate peut provoquer une légère précipitation de carbonate sur les tubes métalliques qui les protègent de la corrosion [NEDJIMIS, 2006],[ BAZA.Y, 2006].

**II 5-1-2 Magnésium :**

Le magnésium est l'un des éléments les plus courants dans la nature, il représente environ 2,1% de la croûte terrestre. Il constitue un composant important de la dureté de l'eau, donc s'il ne provoque pas de phénomènes toxiques (sauf pour les personnes souffrant d'insuffisance rénale), alors les sels de magnésium, notamment le sulfate, peuvent avoir un effet laxatif dès 400 mg/l. [NEDJIMIS, 2006], [BAZA.Y, 2006].

**II 5-1-3- Sodium :**

Pour le sodium dans l'eau de boisson, il est à noter que les valeurs seuils varient selon les ressources disponibles et les habitudes alimentaires. Le sodium est l'élément alcalin le plus abondant. Ses composés, largement répandus dans la nature, représentent 26 g/kg de la croûte terrestre. [NEDJIMIS, 2006],[ BAZA.Y, 2006].

**II 5-1-4- Chlorures :**

Ils sont largement distribués dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl<sub>2</sub>). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée aux effluents de l'industrie chimique et aux rejets des eaux usées. [NEDJIMIS, 2006],[ BAZA.Y, 2006].

**II 5-1-5 HCO<sub>3</sub> Bicarbonate :**

Le bicarbonate résulte de la dissolution du carbonate de calcium ou après l'hydrolyse du dioxyde de carbone, comme l'indiquent les bilans chimiques suivants :

$\text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{Ca}^{+2} + \text{CO}_3^{-2}$	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$	$\text{CO}_3^{-2} + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{HCO}_3^-$
---	--	--

Sa concentration dépend de plusieurs facteurs tels que le pH, l'alcalinité et la température du milieu aqueux. [NEDJIMIS, 2006],[ BAZA.Y, 2006].

**II 5-1-6 - Sulfates :**

La teneur en sulfate (SO<sub>4</sub>-2) dans l'eau est liée aux composés alcalins de la minéralisation, et l'excès de sulfate dans l'eau est de 400 mg/L , [NEDJIMIS, 2006],[ BAZA.Y, 2006].

**II 5-1-7 - oxygène dissous :**

L'oxygène dissous dans l'eau agit principalement sur les réactions d'oxydoréduction impliquant le fer, le magnésium, le cuivre et d'autres composés.

En général, les eaux souterraines sont dépourvues d'oxygène et nécessitent une aération avant de pouvoir être utilisées pour la consommation. [NEDJIMIS, 2006], [BAZA.Y, 2006].

**II 5-2- Pour les objets indésirables :****II 5-2-1- Fer :**

Le fer est un élément chimique de numéro atomique 26, symbole Fe. Le corps simple est le métal et les matériaux ferromagnétiques les plus courants dans la vie quotidienne, souvent sous la forme de divers alliages

**II 5-2-2- Nitrates :**

L'excès de nitrates et de nitrates dans l'eau potable peut provoquer une inflammation de la muqueuse gastro-intestinale chez l'adulte. L'Organisation mondiale de la santé considère une limite supérieure acceptable de 50 mg/L pour le nitrate.

**II 5-2-3- Nitrite :**

L'excès de nitrite et de nitrite dans l'eau potable peut provoquer une hypotension chez l'adulte et une méthémoglobinémie chez le nourrisson, il est donc conseillé que l'eau potable ne contienne pas plus de 0,1 mg/L d'azote.

**II 5-2-4- Fluorures :**

Le fluorure est un élément chimique de numéro atomique 9 et de symbole F. C'est le premier élément du groupe des halogènes.

**II -5-3 Eléments toxiques :**

La pollution industrielle des bassins versants ou la détérioration des réseaux de distribution peuvent entraîner la présence d'éléments toxiques dans l'eau qui, s'ils sont régulièrement consommés, sont dangereux pour la santé. Les substances toxiques sont constituées de micropolluants métalliques (métaux lourds : chrome, cadmium, nickel...) ainsi que de substances comme le cyanure, ou molécules organiques qui inhibent les mécanismes biologiques.

**II -6- Fournir de l'eau potable :**

Les principaux moyens de réduire réellement la consommation d'eau potable :

- Le passage aux toilettes sèches avec litière bio-contrôlée peut réduire la consommation d'eau d'un ménage de 25 à 40 % tout en préservant l'environnement ;
- Récupérer l'eau de pluie dans une citerne en plastique ou en béton. Le béton bloque l'acidité naturelle de la pluie et minéralise l'eau afin que les tuyaux ne s'érodent pas.
- Une bonne filtration est essentielle pour certaines utilisations domestiques
- Les toilettes ou les appareils à faible débit tels que les sacs de réservoir permettent d'économiser environ 10 mètres cubes par an

**II -7- Normes de capacité en eau :**

Pour que l'eau soit consommée en toute sécurité, elle doit répondre aux normes de validité très strictes édictées par le Ministère de la Santé et le Conseil Supérieur du Secteur de l'Hygiène Publique. Ces normes varient selon la législation applicable et selon que l'eau est destinée à la consommation humaine ou à l'industrie.

À ce jour, il existe 63 normes de qualité de l'eau qui peuvent être classées en 5 critères principaux :

- Paramètres physiques et chimiques : ils correspondent aux propriétés de l'eau comme le pH, la température, la conductivité ou la dureté de l'eau et précisent les quantités maximales à ne pas dépasser pour certains composants comme les ions, les chlorures, le potassium et les sulfates. [ABDELHAFIDI.N, 2005]

- Paramètres microbiologiques : Ils permettent de vérifier que l'eau ne contient pas de germes pathogènes, tels que virus, bactéries ou parasites pouvant provoquer des maladies voire des épidémies.
- Paramètres liés aux substances indésirables : Ceux-ci sont liés à des substances telles que les nitrates, les nitrites et les pesticides.
- Paramètres liés aux substances toxiques : Les micropolluants tels que l'arsenic, le cyanure, le chrome, le nickel, le sélénium et certains hydrocarbures sont soumis à des normes très strictes en raison de leur toxicité. Sa teneur autorisée est d'une partie par million de grammes

## **II -8- Types de polluants de l'eau potable :**

Les polluants de l'eau potable sont classés en 4 grandes catégories, dont les suivantes:

### **II 8-1-Polluants physiques :**

Les polluants physiques comprennent toutes les substances qui affectent principalement l'apparence physique et les propriétés physiques de l'eau. Tels que la matière organique en suspension dans les rivières et les ruisseaux, ou les sédiments résultant des processus d'érosion des sols.

### **II 8-2- Polluants chimiques :**

Les polluants chimiques comprennent les éléments et composés naturels ou artificiels. Tels que l'azote, les agents de blanchiment, les sels, les pesticides, les métaux et les toxines produits par les bactéries ou les médicaments humains et animaux.

### **II 8-3- Polluants biologiques :**

Il s'agit des polluants biologiques ou microbes et microorganismes présents dans l'eau. Tels que les bactéries, les virus, les protozoaires et les parasites.

### **II 8-4- Polluants radioactifs :**

Les polluants radioactifs regroupent les éléments chimiques pouvant émettre des rayonnements ionisants. en raison de ses atomes instables en raison du nombre déséquilibré de protons et de neutrons; Calcium, uranium et plutonium.

## **II -9- Critères de potabilité :**

Les normes qui déterminent l'eau potable varient selon la législation en vigueur, ce qui permet de protéger les personnes dont la santé est la plus fragile. Ces critères ne sont pas définitifs, car les rejets d'eaux usées industrielles augmentent la quantité et la variété des produits toxiques présents dans l'eau. Aujourd'hui, les caractéristiques les plus appropriées sont mesurées et comparées aux normes nationales (algériennes) ou mondiales (OMS).

**Tableau II n°3** : Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'Organisation Mondiale de la Santé  
(source ADE).

Paramètre	Unité	norme algérienne	Norme de l'OMS
PH	/	6.5-8.5	6.5-9.2
Température	C°	25	/
Conductivité	µs/cm	2800	/
Résidus sec à 180°C	mg/l	2000	1500
Turbidité	NTU	2	5
Dureté total (TH)	mg/l	500	500
Calcium	mg/l	200	/
Magnésium	mg/l	150	150
Sodium	mg/l	200	/
Potassium	mg/l	20	/
Sulfate	mg/l	400	250
Chlorure	mg/l	500	250
Nitrate	mg/l	50	50
Nitrite	mg/l	0.1	0.1
Aluminium	mg/l	0.2	0.2
Phosphate	mg/l	0.5	0.5
Ammonium	mg/l	0.5	/
Matières organique	mg/l	3	/
Métaux lourds	mg/l	0.3	/
Fer	mg/l	0.3	0.3
Manganèse	mg/l	0.5	0.1

## II -10-Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons discuté des généralités sur l'eau potable et ses propriétés. Le type de pollution de l'eau potable et les facteurs physiques et chimiques de l'eau potable.



---

*Chapitre III*  
*Généralités sur la technique*  
*d'adoucissement*

---

### III-1. Introduction

Le traitement doit être ajusté à la composition chimique de l'eau captée. Il varie donc d'un site à l'autre. Si, pour certaines eaux, un traitement partiel ou simple tel que la filtration rapide et la désinfection des eaux suffit, d'autres nécessitent un traitement complet plus ou moins complexe, voire des traitements spécifiques afin d'éliminer les polluants particuliers

### III-2. Les causes de l'entartrage

L'entartrage est principalement causé par la présence d'ions Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) et Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) dans l'eau. Le calcaire (carbonate de calcium :  $\text{CaCO}_3$ ) est omniprésent dans la nature en tant que calcite, marne, craie et marbre. Il est très difficilement soluble. En revanche, il devient facilement soluble par réaction chimique avec de l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) et du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et se transforme en di-hydrogencarbonate de calcium  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  que l'on va retrouver notamment dans l'eau potable. Lorsque cette eau est chauffée, l'équilibre chimique s'inverse et conduit de nouveau à la précipitation et la cristallisation du calcaire (calcification) sous forme de  $\text{CaCO}_3$  [KETTAB A. 1992]

### III-3. Définition des objectifs du traitement

Ceux-ci peuvent être répartis en deux groupes :

1. La santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales), ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques.
2. La protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usagers (robinetterie, chauffe-eau...) contre l'entartrage et/ou corrosion. Dans tous les pays, ces objectifs se traduisent par une réglementation officielle. Cette dernière est fonction de critères de santé publique, du degré de développement du pays considéré et des progrès de la technologie [KETTAB A. 1992]

### III-4. L'entartrage et ses conséquences

Le tartre, dépôt adhérent, est formé principalement par la précipitation du carbonate de calcium, environ 90 % du précipité global. Il est soit alcalin, principalement des carbonates de calcium et d'hydroxyde de magnésium ou non alcalin comme le sulfate de calcium qui existe sous trois formes:  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  et  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Ces trois formes sont beaucoup plus solubles que le Carbonate de calcium et l'hydroxyde de magnésium.

[ KHOUADJA B . ATAOUAT B université kasdi merbah –Ouargla 2019]

### III-5. Définir les finalités de la centralisation :

Il peut être divisé en deux groupes :

- 1- La santé publique, ce qui signifie que le distributeur doit respecter les spécifications physiques, chimiques et bactériologiques.
- 2- Protection du réseau de distribution ainsi que des installations d'entartrage et/ou de corrosion. Dans tous les pays, ces objectifs sont reflétés dans les réglementations officielles. Ce bien est le critère de la santé publique, du degré de développement du pays considéré et du progrès technologique.

### III-6. Techniques d'adoucissement:

Plusieurs procédés (physiques et chimiques) sont actuellement disponibles pour résoudre le problème d'entartrage. Les techniques d'adoucissement font appel à trois procédés, à savoir la décarbonatation qui n'élimine que les ions calcium et magnésium liés aux bicarbonates. Il s'agit alors d'un adoucissement partiel, et l'adoucissement total qui élimine l'ensemble des ions calcium et magnésium, mais sans modifier l'alcalinité de l'eau.

Le troisième procédé est représenté par la nanofiltration qui élimine partiellement les ions calcium, magnésium et bicarbonates. [HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021]

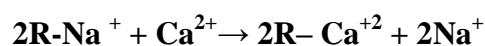
Parmi les procédés de décarbonatation, on trouve:

La décarbonatation à la chaux; la décarbonatation à la soude; la décarbonatation sur résines échangeuses d'ions du type cationique carboxylique, régénérée par une solution de chlorure de sodium. [HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021]

- 1- L'échangeur d'ions :
- 2- Décarbonatations à la chaux:
- 3- L'osmose inverse
- 4- Décarbonatation au carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

#### III-6.1.L'échangeur d'ions :

C'est un procédé destiné à éliminer la dureté de l'eau par l'échange d'ions, l'eau dure passe sur un lit de résine cationique, préalablement saturé en sodium (Na), qui s'échange avec les ions calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ ), responsables de la dureté de l'eau:



### III-6.1.1.Principe de l'échange d'ions:

Pour l'échange d'ion on retrouve essentiellement des résines échangeuses d'ions [ A. kettab 1992, HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021 ].

Elles se présentent sous la forme de billes poreuses contenant de l'eau sur lequel un ion fixe est lié tels que des ions ammoniums pour les résines échangeuses d'anions et des ions sulfonâtes pour l'échange d'anion, qui aura d'avantage d'intérêt dans cette étude. À ces ions viennent des contre-ions qui eux sont mobiles et pourront être échangés par un autre cation

Il existe, pour les échangeurs de cations, deux variétés, les échangeurs avec des acides forts, qui échangeront mieux les cations que ceux avec des acides faibles. Tout cela va dépendre de l'utilisation des résines que ce soit en chromatographie, par exemple, où l'échange doit être rapide et donc des acides forts seront plus adaptés, ou bien pour déminéraliser de l'eau trop calcaire qui ne doit pas trop s'acidifier où les acides faibles seront plus aptes au répondre au besoin.[ A. kettab 1992],[ HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021]

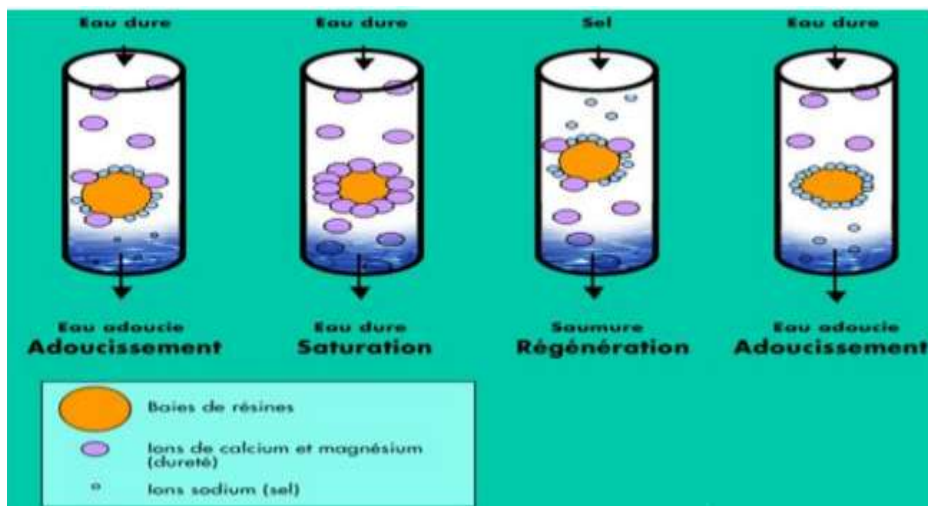
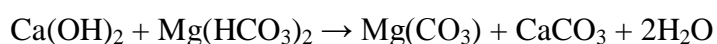
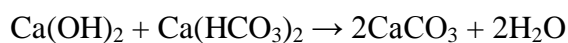


Figure III. 1.Principe de l'échange d'ion

### III-6-2.Décarbonatations à la chaux:

Ce procédé est employé lorsque la dureté carbonatée est due essentiellement aux ions  $\text{Ca}^{2+}$ . Pratiquement, l'addition de la chaux entraîne la précipitation du  $\text{CaCO}_3$  (chaux seule) et du  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  (chaux en excès), suite à l'augmentation du pH. La cinétique de cette réaction étant relativement lente, dont le procédé est accéléré soit par une recirculation des boues dans lesquelles se trouvent des germes de cristallisation déjà formés, soit en ajoutant des cristaux sur lesquels le carbonate de calcium s'agglomère (Antoly, 2003 ; Brodsky et Zdenek, 1971) :



L'addition de la chaux nécessite plusieurs précautions lors de sa mise en œuvre, et l'eau ne doit pas contenir des colloïdes en suspension qui peuvent gêner la cristallisation.

Il est donc parfois nécessaire d'ajouter un coagulant. La décarbonatation doit comprendre une zone de clarification appropriée pour séparer les cristaux de  $\text{CaCO}_3$  de l'eau.

Cette technique présente un inconvénient à savoir la quantité de boues produites, mais celles-ci sont facilement déshydratées.

Cependant, ce procédé a plusieurs avantages tels qu'il est aisé à mettre en œuvre et ne nécessite pas l'utilisation d'équipements spécifiques, de plus, il n'est pas contraignant en exploitation.[ HAMITI S, LEHRCH B. 2021]

### III-6-3.L'osmose inverse:

C'est un procédé de séparation par membrane semi-perméable. Ces membranes ne sont perméables qu'aux liquides et non aux corps dissous (sels minéraux, colloïdes) ou aux matières en suspension.

Pour réduire la concentration en sels dissous d'une eau il suffit de lui appliquer une pression supérieure à la pression osmotique afin de forcer les molécules d'eau à travers la membrane semi-perméable. Il s'agit alors d'osmose inverse.

Si l'on met en contact de l'eau douce avec l'eau de mer par l'intermédiaire d'une membrane qui laisse passer l'eau mais retient les éléments dissous, l'eau douce a tendance à traverser la membrane, il va s'établir une différence de niveau entre le compartiment qui contient l'eau de mer et celui qui contient l'eau douce, ce différentiel est appelé 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, La pression appliquée doit donc être supérieure à la pression osmotique. Pour le dessalement d'eau de mer, la pression doit être d'environ de 50-70 bars.[ KETTAB A 1992],[ HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021],[ Khouadja brahim & Ataouat brahim, 2019]

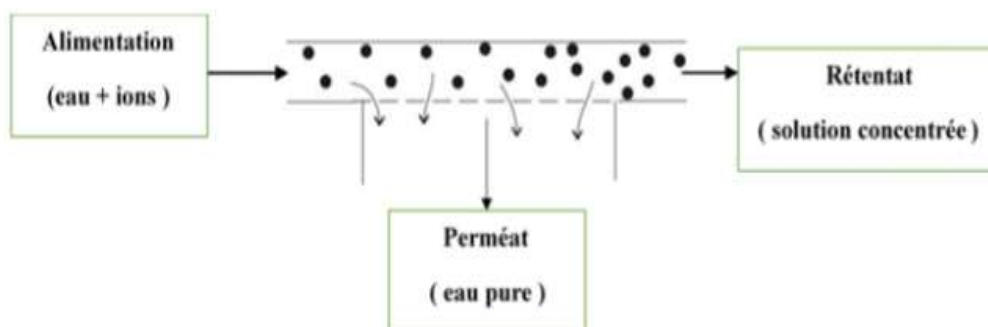


Figure III. 2.L'osmose inverse.

**III-6-3.1. Module d'Osmose Inverse :**

Pour être mises en œuvre, les membranes doivent être montées dans des supports appelés modules.

Plusieurs critères sont à prendre en compte pour le choix d'un type de module:

- Le régime d'écoulement permettant de minimiser les phénomènes de polarisation (écoulement laminaire ou turbulent).
- La compacité qui est exprimée par le rapport de la surface filtrante ou volume de l'appareil.
- La facilité de démontage et de remplacement des membranes défectueuses.
- Le volume mort de l'appareil (exprimé en l/m<sup>2</sup>). [A. Kettab 1992], [HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021], [Khouadja brahim & Ataouat brahim, 2019]

Actuellement quatre types de modules sont commercialisés:

**A. Modules Tubulaires :**

Ce type de module est constitué de tubes métalliques ou plastiques sur lequel est fixée la membrane semi-perméable. L'eau de mer sous pression circule à l'intérieur du tube et l'eau douce produite est récupérée à l'extérieur du tube. Le tube est soit poreux, soit perforé de trous pour permettre l'évacuation du perméat.

**B. Modules Fibres Creuses :**

Ce sont comme des modules tubulaires composés de tubes de petits diamètres mais à la différence les fibres creuses jouent à la fois le rôle de membrane et de support, le liquide à traiter circule à l'extérieur de la fibre.

**C. Modules Plans :**

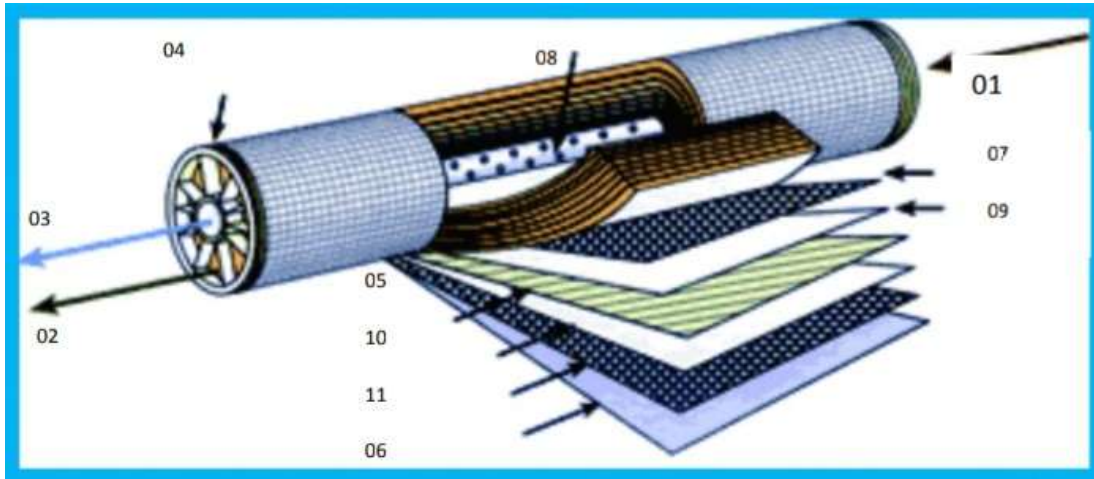
Ce type de module qui est le plus simple, est aussi le plus ancien, il peut se présenter soit sous forme de plaques unitaires, soit sous formes des cartouches.

**D. Modules Spirales :**

Dans ce type de module, les membranes planes sont enroulées autour d'un tube perforé et creux destiné à collecter le perméat, entre les membranes est placé un grillage plastique de 0.8 à 1.2 mm d'épaisseur, qui a pour but de créer une turbulence dans la circulation du fluide.

L'eau traitée renfermant les sels dissous entre à l'une des extrémités du rouleau et passe axialement à travers la membrane.

Afin de pouvoir exercer la pression requise sur le liquide à traiter, les rouleaux de membranes (appelés souvent cartouche) sont insérés dans des corps de pression tubulaires avec un système de joints aux extrémités.



**Figure III. 3.** Modules Spirales

- 1) Entrée d'eau
- 2) Sortie de concentrât
- 3) Sortie de perméat
- 4) Sens d'écoulement de l'eau brute
- 5) Sens d'écoulement du per méat
- 6) Matériau de protection
- 7) Joint d'étanchéité entre module et enveloppe
- 8) Perforations collectant le perméat
- 9) Spacer
- 10) Membrane
- 11) Collecteur de perméat

#### **III-6-4. Décarbonation au carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) :**

Le carbonate de sodium a pour objectif de réduire la dureté permanente, c'est-à-dire, précipité le calcium et de magnésium lié aux chlorures et aux sulfates en solution. [ HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021]

#### **III-7. Types d'adoucisseur d'eau :**

Outre l'adoucisseur d'eau à résines échangeuses d'ions, il existe d'autres alternatives aussi efficaces selon les budgets et les spécifications de la qualité de l'eau ciblée. En premier lieu, on peut citer l'osmoseur d'eau, dispositif d'ultrafiltration d'eau généralement sous pression basé sur le principe de l'élimination des «grosses» molécules minérales et organiques contenues dans l'eau du réseau au passage sur un filtre à pores extrêmement petits.

L'adoucisseur d'eau au gaz carbonique consiste à injecter sous forme de gaz du  $\text{CO}_2$  dans les canalisations d'eau en amont des robinets d'arrivée de façon à solubiliser dans l'eau sous forme de bicarbonates de calcium et de magnésium le calcaire se déposant sur les parois autrement.

Sur le même principe mais avec une méthode purement physique -c'est à dire sans ajout notamment de substances supplémentaires-, la filtration magnétique empêche les particules de calcium ou de magnésium de se déposer sur les parois des canalisations en se positionnant grâce au champ magnétique au centre des canalisations. L'univers des adoucisseurs d'eau est très vaste. Il existe une multitude de modèles d'adoucisseurs d'eau différents. Selon ses besoins, et son budget, ce ne sera pas le même adoucisseur qui nous correspondra. Choisir son adoucisseur d'eau demande de bien se renseigner au préalable. Ci-dessous, des exemples d'adoucisseurs d'eau qui sont commercialisés à l'échelle industrielle.[ HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021]

### III-7-1. Adoucisseur d'eau au $\text{CO}_2$

C'est un adoucisseur qui permet, par injection de fines bulles de  $\text{CO}_2$ , d'adoucir l'eau que l'on reçoit chez soi. Il permet ainsi de transformer l'eau courante du robinet ou de la douche en eau douce beaucoup moins agressive pour la peau et surtout sans calcaire. [MME BENCHEGBA-RABHIA K 215 ]

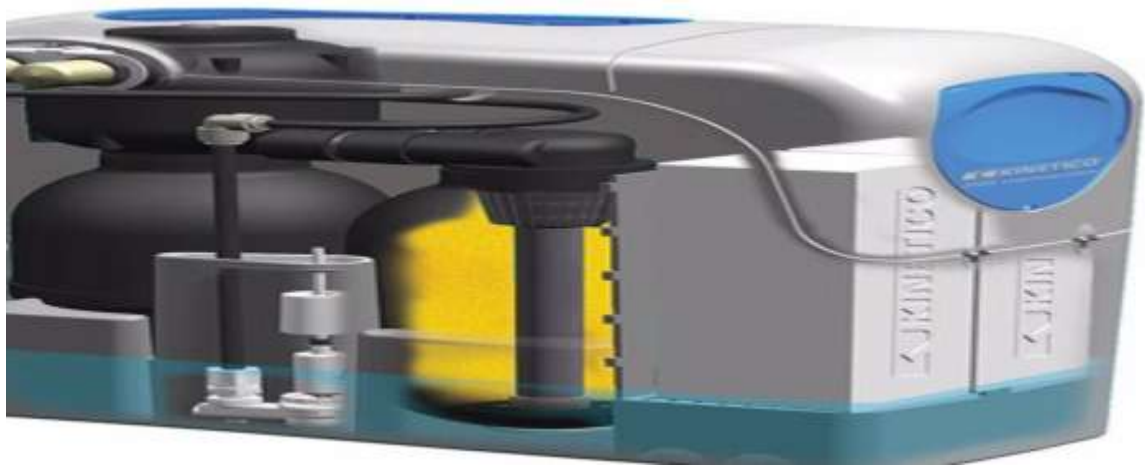


Figure III. 4. Adoucisseur d'eau au  $\text{CO}_2$

### III-7-2. Adoucisseur d'eau sans électricité:

Ceci est un système qui fonctionne sans électricité et permet ainsi de faire des économies d'énergie et d'argent (il n'est pas cher). Ce type de système fonctionne tout simplement avec la pression de l'eau ou avec des piles. [Mme Benchegba-rabhia k 215 ]





**Figure III. 5.**Adoucisseur d'eau sans électricité

### III-7-3.Adoucisseur d'eau industriel

Comme chaque appareil, un adoucisseur d'eau industriel possède des caractéristiques qui lui sont propres. En ce sens, il peut avoir une capacité qui varie entre 42 à 1130 litres de résine. La vanne est un simple disque. Concernant la régénération, elle se fait à contre-courant. De plus, durant la régénération, le by-pass est automatique. [Mme Bencheqba-rabhia k 2015]



**Figure III. 6.**Adoucisseur d'eau industriel

### III-8.La dureté du l'eau:

La dureté d'une eau traduit sa teneur globale en ions calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ). Elle est exprimée en degrés hydrotimétriques : un degré français correspond à 4 mg/l de calcium ou à 2,4 mg/l de magnésium.[ HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021]

**III-8-1.La dureté totale:**

Est prise en considération chaque fois qu'il s'agit d'éviter des réactions nuisibles ou gênantes entre les ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  et les produits mis en contact avec l'eau (savons dans l'usage domestique, nombreux produits dans les processus industriels).[ HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021]

**Tableau III. 1.**Degré de dureté

Degré de dureté	Concentration en mg/l de $\text{CaCO}_3$
Douce	0-60
Modérément douce	60-120
Dure	120-180
Très dure	180 et plus

**III-8-2.La dureté temporaire :**

Est prise en considération quand il s'agit de protéger les parois ou les corps immergés contre des dépôts carbonatés qui se forment rapidement dès que la température dépasse 55 à 60 °C (chaudières basse pression, chauffage central, cuisson de légumes, etc.). Une protection par un adoucissement partiel visant à réduire le TAC est alors souvent suffisante. [HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021]

**III-8-3.La dureté permanente :**

Elle est due au résultat des sels de chlorures de sulfate ou d'osilicate de calcium et de magnésium dissous dans l'eau, et elle est dite «permanente» car on ne peut pas s'en débarrasser en chauffant l'eau, mais que le chauffage augmente la solubilité de ces sels dans l'eau, et ce type peut être éliminé par traitement chimique en ajoutant un adoucissant tel que le carbonate de sodium (soude) [HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021]

**III-8-4.Principaux éléments responsables de la dureté;**

La dureté d'une eau est due à la présence des ions métalliques bivalents,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ..

- **Le calcium** est un métal alcalino-terreux très répandu dans la nature. Les eaux potables de bonne qualité ayant des teneurs en calcium comprennent entre 100 et 140 mg/l. La directive de l'OMS recommande pour sa limite supérieure une teneur de 200 mg/L.[2]

- **Le magnésium** est un des éléments aussi très répandus dans la nature, il constitue environ 2,5 % dans l'écorce terrestre. La directive de la communauté européenne recommande un niveau guide de 30 mg/l et l'OMS recommande pour sa limite supérieure une teneur de 85 mg/l.

Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à 1,5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine la lixiviation des terrains traversés, ou les pollutions industrielles; dans les eaux de distribution, il provient le plus souvent de la corrosion des conduites d'aménées. Le fer peut se rencontrer jusqu'à 10 mg/l dans les eaux de sondage [22].

En pratique on considère souvent que la dureté totale d'une eau de consommation est égale à la somme de sa dureté calcique et la dureté magnésienne:

$$TH = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]. \text{ [HAMITI SALIMA, LEHRCH BATOUL. 2021]}$$

### III -9. Conséquences de la dureté:

Il existe plusieurs conséquences dont :

#### 1. Conséquences pratiques et domestiques

L'eau dure n'est pas mauvaise pour la santé. Au contraire, il semble que les populations alimentées en eau naturellement dure sont moins sujettes à l'infarctus du myocarde. En revanche, l'eau adoucie peut présenter certains inconvénients tels que pour des localités ayant des anciennes canalisations en plomb induit à la solubilité du plomb.

L'utilisation domestique des eaux dures pose les principaux problèmes suivants:

- L'eau dure mousse difficilement
- L'eau dure produit des dépôts calcaires qui rêche le linge, entartre la tuyauterie, les chaudières et les appareils électroménagers
- Elle durcit les légumes secs à la cuisson
- Goût désagréable au thé

#### 2. Conséquences sanitaires

Le dépôt calcaire :

- Favorise la multiplication bactérienne dans les installations
- Augmente la fréquence des calculs urinaires
- Effet laxatif en cas de fragilité intestinale
- La mortalité par maladies cardiovasculaires est moindre

### III -10. Appareillages d'analyse.

#### 1) Le pH-mètre

Le potentiel hydrogène, noté pH, est une mesure de l'activité chimique des protons en solution le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Ainsi, dans un milieu aqueux à 25 °C . [ HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021],[ Mme Benchegba-rabhia k 2004],[ RANDRIAMASINDRANTO Harisanjy Haja 2013 ]

Le pH de paillasse: Analyse de routine en laboratoire

Le pH portable: Endroits non-fixes



**Figure III.N° 7.**Types de pH-mètre



**Figure III.N°8 .**Type de conductimètre.

#### 2) Le conductimètre

Dans la pratique, les conductimètres mesurent la conductance et affichent la conductivité après avoir effectué les opérations de conversion.

- Le conductimètre portable: Endroits non-fixes
- Le conductimètre paillasse: Analyse de routine en laboratoire.[ Mme BENCHEGBA-RABHIA K 2004],[ RANDRIAMASINDRANTO Harisanjy Haja 2013 ]

**III-11. Conclusion:**

Nous avons abordé dans ce chapitre différentes méthodes et techniques, ainsi que les étapes importantes du traitement de l'eau potable dure en technique d'adoucissement, et évoqué les méthodes utilisées et les conséquences qui en découlent.

---

# *Chapitre IV*

## *Dimensionnement de la station déminéralisation*

---

## IV .1.Introduction

La conception d'une station de déminéralisation est de dimensionner les différents procédés (prétraitement, Traitement principal ainsi que le poste de désinfection) que comporte cette première. Avant le Dimensionnement, on doit en premier temps choisir le lieu d'implantation de cette station.

## IV .2.Lieu d'implantation de la station

D'après la visite de l'emplacement due forage on a trouvé qu'il y a un terrain vide pour la réalisation de notre Station

## IV .3.Evaluation des débits d'eau potable

### IV.3.1 - Estimation de la population

Le nombre d'habitant actuel de la commune d'EL-Guedid 20191 hab. Le nombre d'habitant futur se calcule par la relation suivante :

$$P = p_0 (1+T)^n$$

Avec :

P: nombre+583 d'habitant futur

P<sub>0</sub>: nombre d'habitant actuel

T: taux d'accroissement

n: nombre d'année

$$T=2.55 \%$$

$$n = 25 \text{ ans}$$

$$P_{2047} = 20191 (1 + 0.0255)^{25} = 37893 \text{ hab}$$

### IV.3.2 Calcul des débits de consommation

*\* Calcul de débit moyen journalier actuel et futur*

Le débit moyen est déterminé par la formule suivante:

$$Q_{\text{moy}} = N * D$$

Avec :

N : nombre d'habitant

D : dotation

Q<sub>moy</sub> : débit moyen journalier

Le nombre d'habitant actuel est égale à 20191 hab et la dotation est égale à 190 l/j

$$Q_{\text{moy,ac}} = 20191 * 190 = 3836.290 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{moy, fu}} = 37893 * 190 = 7199.670 \text{ m}^3/\text{j}$$

**\* Détermination du débit maximal journalier**

Il est déterminé par la formule suivante:

$$Q_{\max j} = Q_{\text{moy } j} * k_j$$

Avec :

$$K_j : \text{coefficient de pointe an de régularité } 1.1 < K_j < 1.3$$

Dans notre cas on prend  $K_j = 1.3$

$$Q_{\max j \text{ ac}} = 3836.290 * 1.3 = 4987.138 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\max j \text{ fu}} = 7199.670 * 1.3 = 9359.571 \text{ m}^3/\text{j}$$

**\* Détermination de débit de pointe**

Il est déterminé par la formule suivante:

$$Q_{\text{point}} = Q_{\text{moy } j} * K_p \quad [\text{SALHI.A kasdi marbah ouragla (2017)}]$$

Avec :

$$K_p = 1.5 + 2.5 / \sqrt{Q_{\text{moy } j}} = 1.5$$

Donc :

$$Q_{\text{pointe ac}} = 3836.29 * 1.5 = 5754.435 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{pointe fu}} = 7199.670 * 1.5 = 10799.505 \text{ m}^3/\text{j}$$

**IV .4.Dimensionnement de la station de déminéralisation****IV .4.1.Prétraitement**

Avant de procéder à la déminéralisation de l'eau saumâtre, un prétraitement est nécessaire pour un bon fonctionnement de l'unité de point de vue physique, chimique et bactériologique. Le prétraitement est nécessaire pour éliminer les particules en suspension.

La chaîne de prétraitement se compose de :

- Filtration rapide.( filtre à sable).
- Microfiltration (filtre à cartouche).

**IV.4.1.1. Filtre à sable**

Le filtre à sable se compose de trois parties:

- Le fond de filtre qui sert à collecter et évacuer les eaux filtrées et à distribuer uniformément l'eau de lavage.
- Couche de charbon actif consistée existée au-dessus de sable.
- Couche de sable de granulométrie 0.4 à 0.8 mm
- Couche de gravie de granulométrie 3 à 5 mm il existe en bas du filtre.



**a. Calcul du filtre à sable**

Les données :

- Débit d'eau traitée = **10799.505 m<sup>3</sup>/j**
- Porosité de sable  $\xi = 0.45$
- Diamètre des particules de sable  $dp_s=0.8$  mm
- La vitesse de passage de l'eau à travers le filtre est de 5 à 10 m/h
- viscosité dynamique du fluide  $\eta = 1.026 \cdot 10^{-3}$  Kg/m.s
- La hauteur totale du lit filtrant (hauteur standard  $L=1.5$  m)
  - Pour avoir un bon rendement de filtration, on prévoit généralement de point de vue hauteur 1/3 de sable et 2/3 de gravier.
  - La vitesse de passage doit être choisie à condition que la perte de charge dans le filtre soit faible (<1m)

**b. Calcul des pertes de charge :**

Le module poreux de koseny-Carmen permet de calculer la perte de charge à travers un lit de particules de porosité  $\xi$  donnée et de diamètre  $dp$  par la formule suivante :

$$\frac{\Delta P}{L} = K \cdot \eta \cdot \frac{V_F}{\varepsilon} \cdot \left[ \frac{(1-\varepsilon) \cdot 6}{dp \cdot \varepsilon} \right]^2$$

Avec

$\Delta p/L$  : perte de charge par unité de hauteur du lit propre

$K$  : Constante de Koseny-Carmen ( $K=4.5$ )

$\eta$  : viscosité dynamique.

$V_F$  : Vitesse de passage de l'eau choisie 8 m/h

La perte de charge à travers la couche de sable est :

$$\frac{\Delta P_s}{L_s} = K \cdot \eta \cdot \frac{V_F}{\varepsilon_s} \cdot \left[ \frac{(1-\varepsilon_s) \cdot 6}{dp_s \cdot \varepsilon_s} \right]^2$$

Application :

$$\frac{\Delta P_s}{L_s} = 4,5 \cdot 1,026 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\left(\frac{8}{3600}\right)}{0,45} \cdot \left[ \frac{(1-0,45) \cdot 6}{0,0008 \cdot 0,45} \right]^2$$

$$10^5 \text{ pas} \rightarrow 1 \text{ bars} \rightarrow 10 \text{ m}$$

Avec:

$$\frac{\Delta p_s}{L_s} = 1915.83 \text{ pas} = 0.019 \text{ bars} = 0.19 \text{ m} < 1 \text{ m (acceptable)}$$

**c. Calcul de la surface filtrante**

$$\Omega = Q_F / V_F$$

$$Q_F = 10799.505 \text{ m}^3/\text{j} = 449.979 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Omega = 449.979 / 8$$

$$\Omega = 56.247 \text{ m}^2$$

On prend  $M=3$  filtres d'où la surface d'un filtre  $S$  sera égale à:

$$S = \Omega / 3$$

$$S = 18.749 \text{ m}^2$$

Le diamètre d'un filtre sera égal à :

$$S = \pi D^2 / 4$$

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

$$D = \sqrt{\frac{18.749 \times 4}{\pi}}$$

$$D = 4.89 \text{ m}$$

**IV.4.1.2. Microfiltration****a. Calcul du filtre à cartouches**

Ces filtres travaillent sous pression (de 4 à 200 bars) et permettent l'élimination de particules de plus fine jusqu'à 0.5 micro, et permis aussi la prévention de toute perte de matériaux filtrants ou de toute de particule par voie atmosphérique.

Il existe deux types de filtres à cartouches :

- I. Les cartouches consommables
- II. Les cartouches régénérables (par nettoyage)

Le filtre à cartouches choisi dans notre cas est de type consommable avec les caractéristiques suivantes :

**Tableau IV. 1. Caractéristiques de cartouche**

Paramètres	Unité	Valeurs
Longueur (L)	M	0,9144
Surface effective de filtration (S)	m <sup>2</sup>	0,3716
Vitesse effective de filtration (V)	m/j.	235,68
Perte de charge ( p)	Bars	0,204

**b. Calcul de débit par cartouche  $Q_c$** 

$$Q_c = S \cdot V = 0.3716 \cdot 235.68$$

$$Q_c = 87.58 \text{ m}^3/\text{j}$$

On prend 3 filtres d'où la surface d'un filtre à cartouche donc chaque filtre traitée

$$Q_{al} = \frac{Q_a}{3} = \frac{10799.505}{3} = 3599.835 \frac{\text{m}^3}{\text{j}}$$

**C. nombre des cartouches dans chaque filtre**

$$N = \frac{Q_{al}}{Q_c} \qquad N = \frac{3599.835}{87.58} = 41.103$$

Donc  $N=42$  cartouches par filtre.

La perte de charge par tout les cartouches  $\Delta p = N \cdot \Delta p_c$

Donc:  $\Delta p = 42 \cdot 0.204 = 8.568$  bars.

Donc la perte de charge par les cartouches est dans l'intervalle recommandé (4 à 200 bars)

**IV.4.1.3. Osmose inverse :**

**Tableau IV.2 ..Caractéristiques initial de membrane Anonyme: technical bultin N°501, 1977  
DUPONT CMOPANY**

Les caractéristiques	Unité	Les valeurs
Débit spécifique initial $Q_{E0}$	GPM	8.33
Diamètre D	Inchs	7.95
Conversion y	%	85
Température T	°C	25
pression de fonctionnement $P_f$	Psi	400
Concentration de l'eau d'alimentation (en NaCl) $CF_0$	mg /l	1500
Taux de passage de sel $SP_0$	%	< 10
La perte de charge moyenne $\Delta p_{FRO}/2$	Psi	3

- GPD : gallon par jour et  $1 \text{ m}^3/\text{j} = 264,2$  GPD
- GPM : gallon par minute
- 1 inchs = 2.54 cm
- 1 psi = 0.068 atmo et 1 atmo =  $10^5$  pas
- La perte de charge moyenne :  $\Delta p_{FRO}/2 = 3$  psi

De ce filtre nous prenons L'arrangement 8/6

**b .Méthode de calcul**

Pour dimensionner le perméateur on suit les étapes suivantes :

A. Détermination des paramètres initial qui influençant le dimensionnement, qui sont :

- Perméabilité initial de membrane  $K_{Wi}$
- Molalité totale des eaux des forages  $m_T$
- Concentration de l'eau d'alimentation  $C_F$

Dans cette étape on étudier l'état d'une seul perméateur dans chaque étage.

B. Détermination le nombre de perméateur global pour l'installation. Dans cette étape pour les paramètres initiaux calculés précédant nous appliquons une chaîne de calcul pour chaque étage déterminé les paramètres suivant :

- Débit de production
- Débit d'alimentation
- Débit de rejet
- Les solides totaux de production
- Les solides totaux de rejet
- Perte de charge à trèèvre le perméateur

C. Détermination la disposition de les perméateur

Dans cette étape on calcule le taux de conversion global et le débit de production totale, pour ces dernier on suppose une plusieurs arrangement et corrigé les calcule de l'étape précédant, et choisir le mieux adapté qui donne un débit de production élevé et nombre de perméateur déminé.

D. Détermination la qualité d'eau produite.

Dans cette étape pour la valeur de taux de passage de sels (SP) pour chaque étage et la concentration de sels de l'eau d'alimentation on détermine les valeurs de concentration des sels de l'eau de production.

E. Reminéralisassions de l'eau produite pour adapter les normes de potabilité.

C'est sous ces conditions que le constructeur a établi les caractéristiques du module, dans notre cas, les conditions de fonctionnement sont différentes des conditions standard, par conséquent quelques corrections s'imposent, notamment la salinité de l'eau.

En effet le constructeur a utilisé une solution ne contenant que NaCl donc il faut qu'on ramène la salinité de notre eau à une salinité équivalente exprimée en ppm NaCl.

**c. Les facteurs influençant le dimensionnement**

Dans le but de concevoir une installation utilisant le perméateurs, il est nécessaire de corriger la capacité ou débit de production de perméateurs en tenant compte des conditions de travail.

Le débit de production sous les conditions standards est donné par :

$$Q_{wi0} = K_{wi0} (\Delta p_0 - \Delta \Pi_0) \quad \text{Anonyme: technical bulletin N°501, 1977 DUPONT COMPANY}$$

Avec :

$Q_{wi0}$  : débit initial à travers la membrane.

$K_{wi0}$  : perméabilité initiale de membrane.

$\Delta p_0$  : différence de pression à travers la membrane.

$\Delta \Pi_0$  : différence de pression osmotique.

$$\Delta p = P_{FR} - P_P$$

$$P_{FR} = \frac{P_F + P_R}{2} = P_{Fabs} - \frac{\Delta P_{FR}}{2}$$

Ou :

$P_{Fabs}$  : pression absolue l'alimentation en (psi)

$P_P$  : pression de l'eau produite en (psi)

$P_{FR}$  : pression moyenne de l'eau dans le module en (psi)

$$\Delta p_{FR} = P_F - P_R \quad \text{perte de charge à travers de module}$$

Si on connaît le débit initial  $Q_{w0}$  aux conditions standard précitées, il est possible de calculer la perméabilité de la membrane qui à son tour peut être utilisée dans des conditions autres que standard.

$$K_{wi} = \frac{Q_{wi}}{\Delta P - \Delta \Pi}$$

$$K'_{wi0} = \frac{1}{\Delta P_0 - \Delta \Pi_0}$$

$K'_{wi}$  : facteur de pression aux conditions standard en (psi)

La pression osmotique  $\Pi$  peut être calculée à partir des deux expressions suivantes :

$$\Pi = 1.12(T + 273) \sum m_i \quad \text{en (psi)}$$

$$\Pi = \frac{0,0385 * C * (T+273)}{1000 - \frac{C}{1000}}$$

Avec :

T : température en (°C)

$m_i$  : molalité de la soluté i en (moles/1000 gr de H<sub>2</sub>O)

C : concentration en (ppm NaCl)

La différence de pression osmotique entre la solution concentrée et diluée séparées par la membrane est prise égale à la pression osmotique moyenne entre les deux solutions :

$$\Delta\Pi = \Pi_{FR} = \frac{0,0385 * C_{FR0} * (T+273)}{1000 - \frac{C_{FR0}}{1000}}$$

$$C_{FR} = \frac{C_F + C_R}{2}$$

Avec :

$C_F$  : concentration en sels dans l'eau d'alimentation en (ppm NaCl )

$C_R$  : concentration en sels dans l'eau de rejet en (ppm NaCl)

$$C_R = \frac{C_F - C_P}{1 - Y}$$

Y : taux de conversion

$C_P$  : concentration en sels de l'eau produite

Si on estime que dans la production  $C_P \approx 0$  ( SP < 10%)

$$C_R = \frac{C_F}{1 - Y}$$

Pour le module, aux conditions standard :

$$\frac{\Delta P_{FR0}}{2} = 3 \text{ psi}$$

$$P_{F2} = P_{F1} - \frac{\Delta P_{FR1}}{2} = 400 - 3 = 397 \text{ psi}$$

Pour calculer les Concentration en sels du rejet on prend les valeurs des  $C_{F0}$  et  $Y_0$  dans le tableau (10)

#### d. Concentration en sels du rejet

$$CR0 = \frac{CF0}{1 - Y0} = \frac{1500}{1 - 0.85}$$

<b><math>C_{R0} = 10000 \text{ ppm NaCl}</math></b>
---

**e. Concentration moyenne entre l'alimentation et le rejet**

$$C_{FR0} = \frac{C_{F0} + C_{R0}}{2} = \frac{1500 + 6000}{2}$$

$$CFR0 = \frac{CF0 + CR0}{2} = \frac{1500 + 10000}{2}$$

**$C_{FR0} = 5750 \text{ ppm NaCl}$**

$$\Delta\Pi = \Pi_{FR} = \frac{0,0385 * C_{FR0} * (T + 273)}{1000 - \frac{C_{FR0}}{1000}} = \frac{0,0385 * 3750 * (25 + 273)}{1000 - \frac{3750}{1000}}$$

**$\Delta\Pi_0 = 66.35 \text{ psi}$**

$$K' = \frac{1}{\Delta p_0 - \Delta \pi_0} = \frac{1}{397 - 66.35}$$

**$K'_{wi0} = 0.00302 \text{ psi}^{-1}$**

En utilisant  $K'_{wi0} = 0.00302 \text{ psi}^{-1}$ , il est possible de calculer le facteur de correction de la production des modules :

$$PCF = K'_{wi0} (\Delta P - \Delta \Pi) = K'_{wi0} (\Delta P - \Delta \Pi_{FR})$$

Avec :

$$\Delta P = P_F - \frac{\Delta P_{FR0}}{2}$$

Dans la relation de PCF devient :

$$PCF = K'_{wi0} \left( P_F - \frac{\Delta P_{FR}}{2} - \Pi_{FR} \right)$$

PCF : facteur de correction de la production pour obtenir une productivité du perméateurs aux conditions de travail.

$$TCF = \frac{Q_w(T)}{Q_w(25^\circ\text{c})} = 1.03^{(T-25)}$$

Avec :

TCF : facteur de correction du débit de production

$Q_w(T)$  : débit de l'eau à la température ambiante

$Q_w(25^\circ\text{c})$  : débit de l'eau à 25°C

D'où le débit corrigé :

$$Q_F = Q_{wio} * PCF * TCF * MFRC$$

Avec :

MFRC : facteur de correction du flux de rétention de la membrane

#### f. Emplacement des perméateurs dans l'installation

La plus grande performance est obtenue quand le flux traversant un paquet de perméateurs est suffisant pour maintenir une bonne distribution d'eau.

La pression d'alimentation au 2<sup>ème</sup> étage est plus faible que celle du 1<sup>ère</sup> étage du fait de la perte de charge à travers les perméateurs et différents raccords :

$$P_{F2} = P_{F1} - \frac{\Delta P_{FR1}}{2} - \Delta P_{BAL}$$

$\Delta P_{BAL}$  : Perte de pression due aux raccords hydrauliques

$\Delta P_{BAL} = 35$  psi pour les perméateurs en utilisant en nylon.

#### g. Caractéristiques des eaux brutes d'El-Guedid

Les caractéristiques des eaux se basent essentiellement sur les analyses physico-chimiques, le tableau suivant montre les concentrations des éléments chimiques dissous dans l'eau dans le forage 1

<b>Tableau IV.N°3 ..Caractéristiques des eaux brutes (source ADE 2022)</b>	
Ca <sup>2+</sup>	640
Mg <sup>2+</sup>	116,6
Na <sup>+</sup>	342
K <sup>+</sup>	41,5
Cl <sup>-</sup>	397
(SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	1800
(HCO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	207,4
(CO <sub>3</sub> ) <sup>-2</sup>	0
(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	7,58
Somme	3578,08
<b>DEBIT (l/s)</b>	45



## h. Calcul de la molalité (m= mol/1000 gr d'eau)

La molalité est déterminée par la relation suivante :

$$\text{molalité} = \frac{\text{concentration} * 10^6}{1000 * \text{massemolaire}(10^6 - \text{salinitétotal})}$$

Avec cette relation on peut calculer la molalité de chaque constitution, et déduire la molalité total, en faisant la somme des molalité de tous les constituants. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-après :

<b>Tableau IV.N°4 ..Molalité en mol/1000.gr d'eau.10-3</b>			
<b>élément</b>	<b>Concentration moyenne</b>	<b>masse molaire</b>	<b>Molalité des eaux</b>
Ca <sup>2+</sup>	640,00	40	0,01605414
Mg <sup>2+</sup>	116,60	24,4	0,00479486
Na <sup>+</sup>	342,00	23	0,01491988
K <sup>+</sup>	41,50	39	0,0010677
Cl <sup>-</sup>	397,00	35,5	0,01122094
(SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	1800,00	96	0,01881344
(HCO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	27,40	61	0,0004507
(CO <sub>3</sub> ) <sup>-2</sup>	0,00	60	0
(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	7,58	62	0,00012267
	<b>3372,08</b>	<b>3372,08</b>	<b>0,06744</b>

## \* Calcul de la molalité totale :

$$m_t = \frac{\sum m_i * Q_i}{Q_i}$$

m et Q : sont respectivement les molalité et les débit des deux forages.

$$m_t = \frac{67.44 * 10^{-3} * 30}{30}$$

<b>m<sub>T</sub> = 67.44 10<sup>-3</sup> mol/1000 gr d'eau</b>
--

**\* Calcul de la concentration de l'eau d'alimentation en ppm NaCl**

Par l'égalité entre les deux équations (1) et (1') représenté ci- dessous on peut déterminés la concentration de l'eau d'alimentation en ppm NaCl

$$\Pi = 1.12 (T+273) m_T \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta \Pi = \frac{0.0385 * C_F * (T + 273)}{1000 - \frac{C_F}{1000}} \dots\dots\dots (1)'$$

$$(1)=(1)' \Rightarrow C_F = \frac{1.12 * m_T * 10^6}{38.5 + 1.12 * m_T}$$

**A.N:**

$$CF = \frac{1.12 \times 67.44 \times 10^{-3} \times 10^{-6}}{38.5 + 1.12 \times 67.44 \times 10^{-3}}$$

<b>C<sub>F</sub>= 1958,17 ppm NaCl</b>
--

**Calcul du nombre de perméateurs**

Nous admettons deux étages avec une conversion totale de 85% pour élever le débit de production

**Etage 1**

**\*Concentration de l'eau d'alimentation**

<b>C<sub>F1</sub> =1958.17ppm NaCl</b>
--

On supposé Y<sub>1</sub> = 50%

**\*Concentration en sels du rejet**

$$CR1 = \frac{CF1}{1-0.5} = \frac{1958.17}{0.5}$$

<b>C<sub>R1</sub> =3916.35 ppm NaCl</b>
---

**\* Concentration moyenne en sels entre l'alimentation et le rejet**

$$Cfr1 = \frac{CF1+CR1}{2} = \frac{1958.17 + 3916.35}{2}$$

<b>C<sub>FR1</sub>=2937.26 ppm NaCl</b>
---

**\* Pression osmotique de l'alimentation**

$$\begin{aligned} PPF_1 &= 8.308 \cdot 0.9 \cdot (T + 273) \cdot m_T \\ &= 8.308 \cdot 0.9 \cdot (25 + 273) \cdot 67.44 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$PPF_1 = 150.28 \text{ kpa}$$

**\* Pression osmotique de production**

$$PPP_1 = 0.01 \cdot PPF_1 = 0,01 \cdot 121.19$$

$$PPP_1 = 1.50 \text{ kpa}$$

**\* Pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet**

$$ppfr1 = \frac{0.0385 \cdot Cfr1 \cdot (T+273)}{1000 - \left(\frac{Cfr1}{1000}\right)} = \frac{0.0385 \cdot 2937.26 \cdot 298}{1000 - \left(\frac{2937.26}{1000}\right)}$$

$$PPFR_1 = 33.80 \text{ pas}$$

**\* Facteur de correction de la production**

$$PCF1 = K'wi0 \left( Pf1 - \left(\frac{\Delta pfr0}{2}\right) - ppFR1 \right) = 0.00302(400 - 3 - 33.80)$$

$$PCF_1 = 1.10 \text{ pas}$$

**\* Facteur de correction du flux de rétention de la membrane**

MFRC<sub>1</sub> = 0.8 à 400 psi, 25°C et 3 ans durée de vie de la membrane (annexes tableau)

**\* Facteur de correction de température**

$$TCF = (1.03)^{(T-25)} = (1.03)^{(25-25)}$$

$$TCF = 1$$

**\* Débit de production**

$$\begin{aligned} Q_{P1} &= PCF_1 \cdot TCF \cdot MFRC_1 \cdot Q_{wi0} \\ &= 1,10 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 8.33 \end{aligned}$$

$$Q_{P1} = 7.33 \text{ GPM}$$

**\* Débit d'alimentation**

$$Qf1 = \frac{Qp1}{Y1} = \frac{7.46}{0.5}$$

$$Q_{F1} = 14.66 \text{ GPM}$$

**\* Débit de rejet**

$$Q_{R1} = Q_{F1} - Q_{P1} = 14.92 - 7.46$$

$$Q_{R1} = 7.33 \text{ GPM}$$

**\* Débit moyenne entre l'alimentation et le rejet**

$$Q_{fr1} = \frac{Q_{f1} + Q_{r1}}{2} = \frac{14.66 + 7.33}{2}$$

$$Q_{FR1} = 10.995 \text{ GPM}$$

**\* Facteurs de correction du passage de sels**

$$SPCF_1 = \frac{(CF_0 * CFR_1)}{PCF_1 * CF_1 * CFR_0} = \frac{1500 * 2973.26}{1.10 * 1958.17 * 5750}$$

$$SPCF_1 = 0.36$$

**\* Taux de passage de sels**

$$SP_1 = SP_0 * SPCF_1 = 0.1 * 0.36$$

$$SP_1 = 0.036 = 3.6\%$$

**\* Les solides totaux dissous de la production**

$$TDSP_1 = SP_1 * TDS_0 = 0.036 * 2173.51$$

$$TDSP_1 = 120.30 \text{ mg/l}$$

**\* Les solides totaux dissous du rejet**

$$TDSR_1 = (1 - SP_1) * TDS_0 = (1 - 0.036) * 2173.51$$

$$TDSR_1 = 3251.78 \text{ mg/l}$$

**\* Perte de charge à travers le perméateur**

$$\Delta P_{FR1} = 0.703 * 11.19$$

$$\Delta P_{FR1} = 7.71 \text{ psi}$$

On applique les mêmes calculs dans les étages 2

Tableau IV.N° 5. Le calcul de l'étage 2 résumé dans le tableau suivant

Paramètres	Formules	Unité	Valeurs
<b>Etage 2 Y<sub>2</sub> = 50%</b>			
- Concentration de l'eau d'alimentation	- C <sub>F2</sub> = C <sub>R1</sub>	ppm NaCl	3916,35
- pression d'alimentation	- P <sub>F2</sub> = P <sub>F1</sub> - ΔP <sub>FR1</sub> /2 - P <sub>BAL</sub>	Psi	361,14
- concentration en sels du rejet	$C_{R2} = \frac{C_{F2}}{1 - Y_2}$	ppm NaCl	7832,70
- concentration moyenne en sels entre l'alimentation et le rejet	$C_{FR2} = \frac{C_{F2} + C_{R2}}{2}$	ppm NaCl	5874,52
- pression osmotique de l'alimentation	$m_2 = SP_1 * m_1$ $PPF_2 = 8,308 * 0,9 * (T + 273) * m_2$	mol/1000gr'eau	0,00241 5,36
- Pression osmotique de production	PPP <sub>2</sub> = 0.01 * PPF <sub>2</sub>	Kpa	0,054
- Pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet	$PPFR_2 = \frac{0,0385 * C_{FR2} * (T + 273)}{1000 - \frac{C_{FR2}}{1000}}$	Kpa	67,80
- facteur de correction de la production	$PCF_2 = K'_{wi0} (P_{F2} - \frac{\Delta P_{FR1}}{2} - PPFR_2)$	psi	0,82
- facteur de correction du flux de rétention de la membrane	MFRC <sub>2</sub> = 0.825 à 359,67	Psi	0,828
- Débit de production	Q <sub>P2</sub> = PCF <sub>2</sub> × TCF × MFRC <sub>2</sub> × Q <sub>wi0</sub>	GPM	5,65
- Débit d'alimentation	$Q_{F2} = \frac{Q_{P2}}{Y_2}$	GPM	11,30
- Débit de rejet	Q <sub>R2</sub> = Q <sub>F2</sub> - Q <sub>P2</sub>	GPM	5,65
- Débit moyenne entre l'alimentation et le rejet	$Q_{FR2} = \frac{Q_{F2} + Q_{R2}}{2}$	GPM	8,48
- Facteurs de correction du passage de sels	$SPCF_2 = \frac{C_{F0} * C_{FR2}}{PCF_2 * C_{F2} * C_{FR0}}$	-	0,48
- Taux de passage de sels	SP <sub>2</sub> = SP <sub>0</sub> * SPCF <sub>2</sub>	-	0,048
- Les solides totaux dissous de la production	TDSP <sub>2</sub> = SP <sub>2</sub> * TDSP <sub>1</sub>	mg/l	5,75
- Les solides totaux dissous du rejet	TDSR <sub>2</sub> = (1 - SP <sub>2</sub> ) * TDSP <sub>1</sub>	mg/l	114,55
- Perte de charge à travers le perméateurs	- ΔP <sub>FR2</sub> [Q <sub>FR2</sub> = 13 GPM, on tir ΔP <sub>FR2</sub> (voir l'annexe)]	Psi	5,96

**\* Calcul des conversions :**

Nous sommes intéressés dans cette partie d'utiliser l'arrangement 8/6 pour la détermination des taux de conversion globale et des débits de production totale.

Pour calculer le débit de production totale, on prend les valeurs des différents débits de chaque étage.

$$\text{Etage 1 : } 8 \times \text{QP1} = 8 \times 7.33 = 58.48 \text{ G0PM}$$

$$\text{Etage 2 : } 6 \times \text{QP2} = 6 \times 5.65 = 33.90 \text{ GPM}$$

**\* Débit de production total :**

$$\text{QPT} = 58.48 + 33.90$$

$$\text{QPT} = 92.38 \text{ GPM}$$

Calcul du débit d'alimentation par la formule suivante:

$$Q_{ft} = \frac{Q_{pt}}{y_t} = \frac{92.38}{0.85} \qquad Y_t = 85\%$$

<b>Q<sub>FT</sub> = 108.68 GPM</b>
------------------------------------

On calcule les différents conversions Y1, Y2 pour corriger les calculs de chaque étage.

$$Y1 = (58.48 / 115.81) \times 100$$

$$Y1 = 53.80\%$$

$$Y2 = (33.90 / 115.81 - 58.48) \times 100$$

$$Y2 = 67.53\%$$

Tableau IV.N° 6.Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions

	<b>Etage 01</b>		<b>Etage 02</b>
Y <sub>1</sub>	53.80%	Y <sub>2</sub>	67.53%
C <sub>F</sub>	1958,17	C <sub>F2</sub>	4238,89
P <sub>F</sub>	400	P <sub>F2</sub>	361,74
C <sub>R</sub>	4238,89	C <sub>R2</sub>	13054,50
C <sub>FR</sub>	3098,53	C <sub>FR2</sub>	8646,70
M	0,06744	m <sub>2</sub>	0,00272
PPF	150,28	PPF <sub>2</sub>	6,07
PPP	1,50	PPP <sub>2</sub>	0,061
PPFR	35,66	PPFR <sub>2</sub>	100,07
PCF	1,02	PCF <sub>2</sub>	0,73
MFRC	0,80	MFRC <sub>2</sub>	0,828
TCF	1,00	TCF <sub>2</sub>	1,00
Q <sub>P</sub>	6,81	Q <sub>P2</sub>	5,04
Q <sub>F</sub>	12,67	Q <sub>F2</sub>	7,47
Q <sub>R</sub>	5,85	Q <sub>R2</sub>	2,43
Q <sub>FR</sub>	9,26	Q <sub>FR2</sub>	4,95
SPCF	0,40	SPCF <sub>2</sub>	0,73
SP	0,040	SP <sub>2</sub>	0,073
TDSP	136,12	TDSP <sub>2</sub>	9,90
TDSR	3235,96	TDSR <sub>2</sub>	126,22
ΔP <sub>FR</sub>	6,51	ΔP <sub>FR2</sub>	3,48

**\* Calcul des nouvelles conversions**

Pour calculer le débit de production total, on calcule le débit total de chaque étage:

Etage 1 :  $Q_{P1}=8 \times 6.81 = 54.52 \text{ GPM}$

Etage 2 :  $Q_{P2}=6 \times 5.04 = 30.24 \text{ GPM}$

On calcul le débit de production totale par la formule suivant :

Donc :  $Q_{PT} = 54.52 + 30.24$

<b><math>Q_{PT} = 84.78 \text{ GPM}</math></b>
--

Calcul de débit d'alimentation par la formule suivante

Soit une alimentation :

$$Q_{ft} = \frac{Q_{pt}}{y_t} = \frac{84.78}{0.85} \qquad Y_t = 85\%$$

<b>Q<sub>FT</sub>=99.74GPM</b>
--------------------------------

Les différentes conversions inférieures à 1% les résultats acceptable ou les différentes conversions supérieures à 1% en Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions

$$Y_1 = (60.24/113.22) \times 100 = 53.20 \% \qquad \Delta y_1 = 53.20 - 51.53 = 1.67\% > 1\%$$

$$Y_2 = (36/113.22 - 60.24) \times 100 = 67.95\% \qquad \Delta y_2 = 69.05 - 67.95 = 1.1\% > 1\%$$

Ces résultats sont en mauvais accord avec les premiers donc en calcul nouvelle correction.

**Tableau IV.N° 7.** Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions

	<b>Etage 1</b>		<b>Etage 2</b>
Y <sub>1</sub>	54.66%	Y <sub>2</sub>	66.92%
C <sub>F1</sub>	1958,17	C <sub>F2</sub>	4318,58
P <sub>F1</sub>	400	P <sub>F2</sub>	361,82
C <sub>R1</sub>	4318,58	C <sub>R2</sub>	13054,50
C <sub>FR1</sub>	3138,38	C <sub>FR2</sub>	8686,54
m <sub>1</sub>	0,06744	m <sub>2</sub>	0,00276
PPF <sub>1</sub>	150,28	PPF <sub>2</sub>	6,15
PPP <sub>1</sub>	1,50	PPP <sub>2</sub>	0,062
PPFR <sub>1</sub>	36,12	PPFR <sub>2</sub>	100,53
PCF <sub>1</sub>	1,02	PCF <sub>2</sub>	0,73
MFRC <sub>1</sub>	0,80	MFRC <sub>2</sub>	0,828
TCF <sub>1</sub>	1,00	TCF <sub>2</sub>	1,00
Q <sub>P1</sub>	6,81	Q <sub>P2</sub>	5,04
Q <sub>F1</sub>	12,45	Q <sub>F2</sub>	7,53
Q <sub>R1</sub>	5,65	Q <sub>R2</sub>	2,49
Q <sub>FR1</sub>	9,05	Q <sub>FR2</sub>	5,01
SPCF <sub>1</sub>	0,41	SPCF <sub>2</sub>	0,72
SP <sub>1</sub>	0,041	SP <sub>2</sub>	0,072
TDSP <sub>1</sub>	138,05	TDSP <sub>2</sub>	9,92
TDSR <sub>1</sub>	3234,03	TDSR <sub>2</sub>	128,13
ΔP <sub>FR1</sub>	6,36	ΔP <sub>FR2</sub>	3,52

**\* Calcul des nouvelles conversions**

Pour calculer le débit de production totale, on calcule le débit total de chaque étage :

Etage 1 : Q<sub>P1</sub> = 8 × 6.81 = 54.45GPM

Etage 2 : Q<sub>P2</sub> = 6 × 5.04 = 30.32GPM



On calcule le débit de production totale par la formule suivant :

$$\text{Donc : } Q_{PT} = 54.45 + 30.32$$

$$Q_{PT} = 84.67 \text{ GPM}$$

Calcul de débit d'alimentation par la formule suivante

$$Q_{ft} = \frac{Q_{pt}}{y_t} = \frac{84.67}{0.85} \quad Y_t = 85\%$$

$$Q_{FT} = 99.92 \text{ GPM}$$

$$Y_1 = (59.68 / 113.22) \times 100 = 53.02 \% \quad \Delta y_1 = 53.02 - 53.20 = 0.18\% < 1\%$$

$$Y_2 = (36 / 113.22 - 59.68) \times 100 = 68.07\% \quad \Delta y_2 = 68.07 - 67.95 = 0.12\% < 1\%$$

Ces résultats sont en bon accord avec les premiers.

**\*Calcul du débit spécifique du perméateurs à la production**

$$Q_{spc} = \frac{Q_{pt}}{14} = \frac{84.67}{14} = 6.048 \text{ Gpm/perméateur}$$

**\*Calcul du nombre des perméateurs total de l'installation**

$$N_T = \frac{Q_{WT}}{Q_{SPC}}$$

Avec :  $Q_{WT}$  = débit total de production

$$Q_{WT} = \text{débit d'eau brute} \times \text{conversion total}$$

$$Q_{WT} = 6425.04 \times 0.85 \times 264,2 / (24 \times 60)$$

$$Q_{WT} = 606,34 \text{ GPM}$$

perméature D'où :

$$N_t = (1001.99) / (6.83) = 100.25 \approx 100$$

**\* Calcul du nombre de perméateur dans chaque ligne**

Le calcul ce fait comme suit :

$$n = \frac{N_t}{1} = \frac{100}{1} = 100 \text{ perméateur}$$

**\* Calcul de la disposition par étage**

$$\text{Etage 1 : } 100(8/14) = 57.14 \text{ perm}$$

$$\text{Etage 2 : } 100(6/14) = 42.86 \text{ perm}$$

**\* Calcul des débits de production en m<sup>3</sup>/j**Etage 1 :  $57.14 \times 6.81 = 389.123$  GpmEtage 2 :  $42.86 \times 5.04 = 216$  Gpm

Donc le débit de production d'une ligne devient :

$$Q_{Pt} = 389.123 + 216$$

$$Q_{Pt} = \mathbf{606.34 \text{ GPM}}$$

Donc le débit de production de notre installation d'osmose inverse pour la disposition

$$Q_{PT} = 1 \times Q_{Pt} = 1 \times \mathbf{606.34}$$

$$Q_{PT} = \mathbf{606.34 \text{ GPM}}$$

$$Q_{PT} = \mathbf{3304.805 \text{ m}^3/\text{j}}$$

**\* Calcul du débit de rejet**

$$Q_{Rt} = 1 \times 42.96 \times 2.49$$

$$Q_{RT} = \mathbf{106.97 \text{ GPM}}$$

**\* Calcul de la conversion totale**

$$Y_t = \frac{Q_{pt}}{Q_{pt} + Q_{rt}} = \frac{606.34}{606.34 + 106.97} * 100$$

$$Y_T = \mathbf{85,00\%}$$

**\*- Prévision de qualité d'eau osmose****\* Calcul de la concentration moyenne**

$$[Ca + 2] = \frac{\sum Q_i \times [Ca + 2]}{Q_i}$$

$$[Ca^{+2}]_{\text{moy}} = \mathbf{640.00 \text{ mg/l}}$$

Tableau IV.N° 8.La détermination de la concentration moyenne des deux forages pour chaque ion

Les ions	Concentration moyenne mg/l
Ca <sup>+2</sup>	640,00
Mg <sup>+2</sup>	116,60
Na <sup>+</sup>	342,00
K <sup>+</sup>	41,50
cl <sup>-</sup>	397,00
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1800,00
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	27,40
<b>TOTAL</b>	<b>3372,08</b>

**\* Calcul de la qualité de l'eau produite**

Avec :

Les valeurs ci-dessous dans le tableau

Y<sub>1</sub>=54.66%                      Q<sub>P1</sub>=54.45 GPM                      SP<sub>1</sub>=0,041

Y<sub>2</sub>=66.92%                      Q<sub>P2</sub>=30.23 GPM                      SP<sub>2</sub>=0,072

**Etage 1**

**\* Concentration du l'eau produite**

$[Ca^{+2}]_{P1} = SP_1 \times [Ca^{+2}]_F = 0.041 \times 640$

$[Ca^{+2}]_{P1} = 26.24ppm$

**\* Concentration du l'eau de rejet**

$$[Ca + 2]_{r1} = \frac{[Ca+2] - y_1 \times [Ca+2]_{P1}}{1 - y_1} = \frac{640 - 0.5466 \times 26.24}{1 - 0.5466}$$

$[Ca^{+2}]_{R1} = 1379.92ppm$

**Etage 2**

**\* Concentration du l'eau produite**

$[Ca^{+2}]_{P2} = SP_2 \times [Ca^{+2}]_{R1} = 0.072 \times 1379.92$

$[Ca^{+2}]_{P2} = 99.13ppm$

**\*Calcul de la concentration moyenne**

$$[Ca^{+2}]_{moy} = \frac{Q_{P1} * [Ca^{+2}]_{p1} + Q_{P2} * [Ca^{+2}]_{p2} + Q_{P3} * [Ca^{+2}]_{p3}}{Q_{PT}}$$

$$= \frac{26.20 \times 54.45 + 99.13 \times 30.23}{84.67}$$

**$[Ca^{+2}]_{moy} = 52.26$  ppm**

Suivant la même méthode, on fait les calculs pour le reste des concentrations, pour le 1<sup>er</sup> étage ainsi que pour le 2<sup>eme</sup>. Le tableau ci-après résume les différents calculs :

**Tableau IV.N° 9.Calcul de la concentration de l'eau osmose pour la disposition 8/6**

les ions	étage 1				étage 2		Moyenne
	aliment	SP1	pro en ppm	rejet en ppm	SP2	pro en ppm	conce moy en ppm
Ca <sup>2+</sup>	640,00	0,041	26,20	1379,86	0,072	99,13	52,23
Mg <sup>2+</sup>	116,60		4,77	251,39		18,06	9,52
Na <sup>+</sup>	342,00		14,00	737,36		52,97	27,91
K <sup>+</sup>	41,50		1,70	89,48		6,43	3,39
Cl <sup>-</sup>	397,00		16,25	855,94		61,49	32,40
(SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	1800,00		73,69	3880,85		278,79	146,91
(CO <sub>3</sub> ) <sup>-2</sup>	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
(HCO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	27,40		1,12	59,08		4,24	2,24
(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	7,58		0,31	16,34		1,17	0,62

**REMARQUE**

On remarque que l'eau osmose à une salinité de 275.21ppm, alors que l'eau été à une salinité de 3372,08 ppm avant la déminéralisation.

Les résultats obtenus présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV. N°10.Tableau récapitulatif de tous les résultats**

Les arrang es	Les étages	Taux de conversion par étage Yi (%)	Nombre de perméateur par étage	Débit de production par étage en (m <sup>3</sup> /j)	Nombre de perméateur total	Taux de conversion globale en %	Q <sub>PT</sub> en (m <sup>3</sup> /j)	Salinité résiduelle TDSPT en (mg/l)
<b>8/6</b>	<b>1<sup>ère</sup></b>	<b>54.66</b>	<b>57.14</b>	<b>2120.88</b>	<b>100</b>	<b>85%</b>	<b>3304.80</b>	<b>275.21</b>
	<b>2<sup>ème</sup></b>	<b>66.92</b>	<b>42.86</b>	<b>1177.29</b>				

#### IV.4.1.4. Reminéralisations

Les eaux produite très douce par apport les eaux potable pour les normes algérienne donc pour augmentée la salinité de l'eau produit pour adapté les eaux potable, on ajouté une quantité d'eau pure dans le réservoir de stockage.

\* Calcul de la quantité d'eau ajoutée du réservoir

On donne :

- Salinité d'eau pure  $TDS_{PU} = 3372.08 \text{ mg/l}$
- Salinité d'eau produite  $TDS_P = 275.21 \text{ mg/l}$
- Salinité d'eau potable pour les normes algérienne  $TDS_N = 500 \text{ mg/l}$
- Débit d'eau produit  $Q_P = 3304.80 \text{ m}^3/\text{j}$

Pour déterminer la valeur du débit d'eau  $Q_A$  qui alimenté le réservoir de stockage on appliqué la formule de calcul la salinité tell que :

$$TDS_N = \frac{\sum Q_i * TDS_i}{\sum Q_i}$$

Donc :

$$TDS_N = \frac{TDS_{PU} * Q_A + TDS_P * Q_P}{Q_P + Q_A}$$

$$\text{Donc : } Q_A = \frac{(TDS_N - TDS_P) Q_P}{TDS_{PU} - TDS_N}$$

$$Q_A = \frac{(500 - 156.36) * 5507.75}{(2173.51 - 500)}$$

$$= 258.66 \text{ m}^3/\text{j}$$

Donc le nouveau débit de la production de la station est égale :  $Q = Q_P + Q_A$

$$Q = 3304.80 + 258.66 = 3563.46 \text{ m}^3/\text{j} = 41.24 \text{ l/s}$$

La concentration des sels minéraux est égale **TDS = 500 ppm NaCl**

### Les pompes nécessaires pour la station

Le choix de la pompe se fait les critères suivants :

- Le débit d'exploitation
- L'hauteur manométrique totale  $H_{MT}$
- La consommation d'énergie (puissance)

Donc: dans la station il existe trois type du pompe

- Pompe centrifuge : 02 pompes type IR50-200/NA les caractéristiques suivent

$$Q = 120 \text{ m}^3/\text{l} \quad H_{mt} = 31 \text{ m} \quad p = 22 \text{ kw}$$

- Pompe immergé : 01 pompes type Sp-181-C/8 les caractéristiques suivent

$$Q = 160 \text{ m}^3/\text{l} \quad H_{mt} = 87 \text{ m} \quad p = 59 \text{ kw}$$

- Pompe haut pression : 03 pompes type IR65 les caractéristiques suivent

$$Q = 110 \text{ m}^3/\text{l} \quad H_{mt} = 82 \text{ m} \quad p = 37\text{kw}$$

### IV.5.Conclusion

La station dimensionnée pour la déminéralisation des eaux de consommation de la ville d'El-Guedid débute par un prétraitement qui comporte un filtre à sable et une microfiltration de filtre à cartouche.

Pour le traitement principal, on a opté pour l'osmose inverse, la membrane contient une ligne ce dernier et compose d'un deux étages.

On a choisi l'arrangement 8/6 car il présente le meilleur débit d'eau produit avec une meilleure qualité (le taux de l'eau produit et 85% du l'eau brut).

Concernant la désinfection, les eaux traitées sont dosées par l'hypochlorite de sodium afin de détruire les micro-organismes pathogène

---

*Chapitre V*

*Calculs technico-  
économiques et gestion  
de la station*

---

## V-1- Introduction

L'accord technique d'un projet n'implique pas sa réalisation directe car il doit être accepté de point de vue économique afin d'estimer son coût et de confirmer sa durée de vie. L'étude technico-économique de la station de déminéralisation conçue est indispensable pour déterminer les différentes charges et dépenses qui entrent en jeu.

## V-2- Investissement

Les charges d'investissement comportent les différentes dépenses liées à la construction des locaux et à l'achat des équipements principaux et auxiliaires. [raffinage et génie chimique, ED. Technique N°02]

### V-2-1 Prix de la construction de l'unité(C)

La construction concerne tout ce qui est bâtie (hangar, réservoir conduit, et ...) y compris les charges relatives (main d'œuvre, transport etc. ...).

**Tableau V .N°1:** Prix de la construction de l'unité [Technical Bultin N°501]

N°	Nature des ouvrages	Unité	Quantité	Prix.U DA	Prix total DA
1	Bâtiment (hangar)	Unité	01	29000000	29000000
2	clôture	m L	150	25000	3750000
3	Pose de conduite	m L	400	5000	2000000
4	Deux réservoirs	unité	2	34950000	69900000
				<b>Total</b>	<b>104650000</b>

### V-2-2- Prix de l'équipement principal et auxiliaire (E)

Les équipements sont tous ce qui appareillages et installations, et qui sont installées à l'intérieur de l'hangar

Les pompes :

- 05 pompes immergées installées pour l'alimentation de l'unité
- 06 pompes centrifuges (03 pompes pour refouler l'eau dans le réservoir de stockage après la station et une seule pompe pour évacuée le rejet, et 02 pompes pour la re-minéralisation)
- 09 pompes haute pression installées pour les étages par l'arrangement 4/3/2

**Tableau V .N°2 :** Prix de l'équipement principal et auxiliaire (E) [MEKHLOUFI.A Hydraulique BLIDA 2002]

N°	Nature de l'équipement	Nombre	Prix unitaire	Prix total DA	
1	Transformateur	01	6 999 199	6 999 199	
2	Groupe électrogène	01	5 332 800	5 332 800	
3	Pompes immergées	01	150 099	150 099	
4	Pompes centrifuges	02	489 000	978 000	
5	Pompes haute pression	03	900 000	2 700 000	
				<b>Total</b>	<b>16 160 098</b>



**V-2-3- Prix de l'équipement de l'osmoseur****Tableau V .N°3 : Prix de l'équipement de l'osmoseur [S .BOUBAKEUR BLIDA2001]**

N°	Nature de l'équipement	Nombre	Prix unitaire	Prix total DA
1	Membranes	100	150.000	15000000
2	Corps des membranes	13	250.000	3250000
3	Filtre à cartouche	126	2.500	315000
4	Corps du filtre à cartouches	3	93.000	279000
5	Filtres à sables	3	840.000	2520000
	Appareille de dosage du l'eau de javelle	2	120.500	241000
6	Appareille qui injectée Antiscalon	2	120.500	241000
7	Ensemble des tuyaux sou pression (PVC)	200 ml (Φ80)	400	80000
	Ensemble des tuyaux haut pression (inox)	120 ml (Φ63)	850	127500
			<b>Total</b>	<b>22053500</b>

Les prix mentionnés dans les tableaux V (1,2 et 3) sont des prix en T.T.C ET les dépenses pour le transport, l'installation et la manutention des équipements sont incluses en plus du coût d'investissement directs (CI).

Donc : le prix total d'investissement directe est égale : **142 863 598,00 DA**

**V-3. Charges annuelles d'exploitation (A)**

Les charge annuelles d'exploitation se composent de:

- \* coût d'investissement directe et indirect par an.
- \* charges de personnels
- \* l'amortissement et les charges de maintenances et de réparation.
- \* l'énergie consommée [HAMITI Salima, LEHRCH Batoul.2021]

**V-3-1. Coût d'investissement indirect**

Il y a ce qu'on appelle les coûts d'investissement indirects (CII) et qui se compose de

- intérêts (15 à 20 % de CI)
- Mesures prises (10 % de Ci)
- imprévus (16%)
- Capital (5% de Ci)

Ces coûts seront repartis sur la durée de vie de l'unité et le résultat sera rajouté aux charges annuelles d'exploitation

$$148299598.00/25 = 5931983.9$$

$$C_{II}/25 = 142\,863\,598,00 / 25 = 5\,714\,543.92 \text{ DA}$$

### V-3-2.Charge De Main-D'œuvre

Avant d'entamer les charges de personnel, il faut mentionner le personnel qui assure la gestion des unités

**Tableau V .N°4 : charge de main-d'œuvre [HAMITI Salima, LEHRCH Batoul.2021]**

N°	Fonction	Nombre	Durée (mois)	Salaire	Total salaire
1	Chef d'exploitation	01	12	50 000	600 000
2	Ingénieur	01	12	45 000	540 000
3	Technicien	02	12	32 600	65 200
4	Agent de sécurité	02	12	24 750	594 000
5	Ouvrier	02	12	20 000	480 000
6	Femme dommage	01	12	17 750	213 000
				<b>Total</b>	<b>2 492 200</b>

Pour le tableau (29), le choix du nombre de personnels de la station est en fonction de la taille de la station, de son importance et son régime en marche (24h).

### V-3-3.Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station

#### 1/L'amortissement

Tout bien durable perd sa valeur par usure ou par obsolescence (le matériel nouveau est techniquement plus avancé et le matériel acquis se démode vite).

L'amortissement est considéré comme la prise en compte de la perte de valeur que subit un bien durable. [HAMITI Salima, LEHRCH Batoul.2021]

C'est la répartition de la charge d'un bien durable sur le nombre d'utilisation. On retiendra deux types de calcul d'amortissement :

#### \*Amortissement constant

Le montant d'amortissement s'obtient en divisant d'achat par la durée probable d'utilisation

$$\text{Annuité d'amortissement} = \text{Valeur d'achat} / \text{Nombre d'année}$$

#### Amortissement dégressif

Le calcul de l'annuité d'amortissement s'effectue en appliquant le taux non pas à sa valeur nette à une date donnée ; elle est égale à la valeur d'origine des amortissements déjà effectués.

$$\text{Annuité d'amortissement} = \text{Valeur d'achat} * \text{Taux d'amortissement}$$

Pour notre étude, on a choisi l'amortissement constant.

Donc:

**l'annuité d'amortissement = valeur d'achat/nombre d'année d'utilisation.**

Chaque type d'investissement (bâtiment, réservoir de stockage, pompes ....) à sa propre durée de vie d'où la nécessité de calculer l'amortissement de chaque investissement à part et de faire ensuite la somme.

Pour les charges de réparation et d'entretien des différents ouvrages et équipements, il est recommandé d'utiliser les taux mentionnés dans le tableau V (5) partie entretien et réparation .

Les résultats trouvés dans le tableau V (5) rentrent dans les charges annuelles.

**Tableau V.N°5 : Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station [HAMITI S, LEHRCH B. 2021]**

N°	Natures des ouvrages et équipements	Capital investi K ou PDA	Charges d'amortissement		Charges de réparation et d'entretien	
			%	DA	%	DA
1	Equipements. Electrique	12331999	10	1233199,9	3,8	468615,962
2	Pompes	3 828 099	20	765619,8	3,8	145467,762
3	Pose des conduites	1 200 000	5	60000	2,2	26400
4	Deux Réservoir	69900000	3,5	2446500	2,2	1537800
5	Clôture	3 750 000	3,5	131250	2,2	82500
6	Bâtiments	29 657 000	3,5	1037995	2,2	652454
7	Appareille qui injectée antiscalon	241 000	50	120500	3,8	9158
8	Appareille de dosage du chlore	241 000	50	120500	3,8	9158
9	Filtres à sables	3 000 000	50	1500000	1,2	36000
10	Corps du filtre à cartouches	279 000	10	27900	2,2	6138
11	Filtre à cartouche	187 500	2400	4500000	10	18750
12	Corps des membranes	4 500 000	5	225000	2,2	99000
13	Membranes	15 000 000	100	15000000	1,5	225000
14	Ensemble de tuyaux (pvc)	80 000	3	2400	2,2	1760
15	Ensemble de tuyaux (inox)	127 500	5	6375	2,2	2805
			Total	27177239,7	Total	3321006,724

Pour le tableau la durée de vie des différentes ouvrages et équipements est représentée en pourcentage  $\beta(\%) = (\text{durée de vie})^{-1} * 100$

Les charges moyennes de réparation des équipements sont estimées à 3.8% de leur valeur.

**V-3-4. Coût de l'énergie électrique**

La somme des puissances de la station est égale la puissance des pompes ( $p_t$ ).

Le prix de 1Kwh est 8 DA

Donc coût de l'énergie est  $C_E = 8 * p_t$

$$p_t = \sum n p_i$$

Avec :

$P_i$  : puissance de chaque pompe

n : nombre des pompes

$$p_t = 2 * 15 + 1 * 20 + 3 * 40 = 170 \text{ kw}$$

$$C_E = 8 * 170 = 1360 \text{ DA /h}$$

Donc :

$$C_E = 11\ 750\ 400 \text{ DA/ans}$$

**V-4. Calcul du prix du  $m^3$  d'eau produit par osmose inverse****V-4-1. Calcul du coût de production  $Coût_{Tp}$** 

Connaissant les charges annuelles d'exploitation et la quantité d'eau produite, on peut déterminer le coût d' $1m^3$  d'eau par la formule suivante :

$$Coût_{1p} \text{ (DA/m}^3\text{)} = \text{Charges annuelles d'exploitation (DA/an)} / \text{Quantité d'eau produite (m}^3\text{/an)}$$

$$Coût_{1p} = C / Q_{P/AN}$$

A cette valeur s'ajoute la T.V.A (Taxe à la Valeur Ajoutée) qui est 19 % du Coût 1

Donc ;

Le coût $_{Tp}$  total est :

$$\text{Le coût}_{Tp} = Coût_1 * (1 + 0.19)$$

Application :

**Charges annuelles d'exploitation**

$$C = 142\ 863\ 598 + (271\ 772\ 39,7 + 332\ 100\ 6,724) + 11\ 750\ 400 + 35\ 740\ 800 = 175\ 840\ 44,424 \text{ DA/ans}$$

$$Coût_{1p} = 175\ 840\ 44,424 / (3304,805 * 365) = 145,80 \text{ DA/m}^3 \text{ HT}$$

$$\text{Donc } Coût_{Tp} = 145,80 * 1,19 = 173,48 \text{ DA/m}^3 \text{ TTC}$$

<b>Coût <math>T_p = 173,48 \text{ DA}</math></b>
--

**V-4-2 Prix de vente  $P_v$** 

Le coût calculé  $\text{coût}_T$  représente le prix de revient d' $1\text{ m}^3$  d'eau produite. Pour avoir le prix de vente, il faut rajouter une marge de gain au de revient.

En plus de la rareté de l'eau de bonne qualité dans la zone, qui peut être un facteur important dans la détermination de la marge de gain (on peut choisir une grande marge), la loi du marché nous impose de faire un choix de marge de gain qui permet d'avoir un prix de vente d'une part acceptable par les clientèles et rentable pour le producteur.

La marge de gain choisie est de 20% du prix de revient d'où le prix de vente  $P_v$  est :

$$P_v = \text{Coût}_{1p} * (1,2)$$

Application :

$$P_v = 173.48 * 1,2 = 208.20 \text{ DA}$$

$P_v = 208.20 \text{ DA}$
---------------------------

**V-5. Gestion**

Pour la réalisation d'une station de déminéralisation et les ouvrages annexes, des investissements très importants sont consentis, donc le bon fonctionnement de la station est recherchée, cela ne sera acquis que si cette station est bien entretenue et bien gérée.

**V-5-1. Organisation de l'entretien de la station [Anonyme: technical bulletin N°501, 1977 dupont company]**

L'organisation de l'entretien des stations doit être fondée sur une parfaite connaissance de la station dans tous ses éléments constitutifs et de son fonctionnement.

Un programme de surveillance s'avère indispensable afin de mener dans de bonnes conditions des opérations d'entretien et de contrôle des stations.

**1\ Surveillance des stations**

Toute mise en place d'un système quelconque de surveillance nécessite au préalable l'établissement de la carte d'identité du station que l'on désire contrôler. Elle apportera une connaissance en fonction des résultats recherchés et des caractéristiques de la station :

**1- Maintenance des filtres à sable**

On injecte simultanément, par le fond du filtre, de l'air et de l'eau; l'eau entraîne les impuretés vers les goulottes de lavage alors que l'air assure un passage suffisant pour décoller ces impuretés, signalons qu'il n'est pas nécessaire que le milieu filtrant soit en expansion pour que le lavage soit efficace. Après l'arrêt des soufflantes, il faut toute fois continuer le lavage afin d'entraîner toutes les impuretés vers les goulottes de lavage

La vitesse de l'eau de lavage est une vitesse élevée permet de chasser les impuretés vers les goulottes et de reclasser le matériau filtrant.

## **2- Maintenance des osmoseurs**

Généralement, la maintenance des osmoseurs est trop souvent négligée. Il en résulte une production d'eau de qualité inférieure à celle que l'on pourrait obtenir, et une durée de vie réduite des membranes.

### **V-5-2. Suivi des performances**

L'essentiel du travail de maintenance, à l'exception d'opérations assez spécialisées mais peu fréquentes comme le changement des membranes par exemple, peut être fait par le personnel de maintenance sans faire appel à des fournisseurs extérieurs

#### **\* Paramètres à enregistrer**

Les paramètres à enregistrer – manuellement ou automatiquement quotidiennement sur un osmoseur sont :

##### **1- Pressions**

- Pression avant le pré filtre
- Pression après le pré filtre et avant la pompe haute pression
- Pression après la pompe
- Pression en sortie des membranes, coté concentrât
- Pression du perméat (si celle-ci est différente de la pression atmosphérique)

##### **2- Débits**

- Perméat
- Concentrât

##### **3- Conductivité**

- Alimentation
- Perméat  $C_p$
- Concentrât  $C_c$

##### **4- Température de l'eau d'alimentation**

Ces paramètres ne sont pas eux-mêmes une mesure directe des performances de l'osmoseur. Comme nous l'avons vu le débit varie en fonction de la température et la qualité de l'eau produite varie en fonction de la qualité de l'eau d'alimentation or ces Paramètres varient au cours du temps dans pratiquement toutes les installations. Il est donc essentiel de procéder à quelques calculs à partir des valeurs enregistrées

#### **\* Paramètres à calculer sur la base des enregistrements**

\* Taux de recouvrement en % : En principe ce taux ne devrait pas varier. Il peut varier au cours de l'année si la température de l'eau d'alimentation varie.

\* Débit de perméat à  $T = 30\text{ °C}$  et  $P_{\text{moy}} = P_{\text{nominale}}$  : on parle souvent de normalisation du débit. Comme nous l'avons vu plus haut, le débit varie en fonction de la température de l'eau et de la différence de pression à travers la membrane. On ne peut donc comparer directement les débits mesurés. Si le débit de perméat est resté constant alors les performances se sont dégradées d'avantage que si à température égale et à une différence de pression à travers la membrane qui aurait légèrement augmenté le débit de perméat était resté constant.

Il faut donc calculer :

- ✓ Conductivité moyenne :  $C_{\text{moy}} = (C_{\text{lim}} + C_c)/2$
- ✓ Taux de rejet :  $\text{Rej} = 1 - C_p/C_{\text{moy}}$
- ✓ Perte de charge, coté concentrât, à débit constant : la différence entre la pression en aval de la pompe haute pression et la sortie du concentrât des membranes donne la perte de charge à travers les membranes, coté concentrât. Ce paramètre est important, car il peut indiquer s'il y a un entartrage important des membranes comme les débits peuvent varier au cours du temps, il faut calculer la perte de charge à débit nominal.

L'approximation suivante est utilisable en pratique

$$\Delta P_{\text{nom}} = \Delta P_{\text{mesuree}} * \frac{2 * Q_{C \text{ nom}} + Q_{P \text{ nom}}}{2 * Q_C + Q_P}$$

$Q_{C \text{ nom}}$  et  $Q_{P \text{ nom}}$  étant les débits de concentrât et respectivement de perméat nominaux et  $\Delta P_{\text{mesuree}}$  étant la différence de pression effectivement mesurée. Pour les débits on peut aussi prendre les valeurs des débits lors de la mise en service pour  $Q_{C \text{ nom}}$  et  $Q_{P \text{ nom}}$

Nous avons maintenant 2 valeurs : le débit de perméat à  $30\text{ °C}$  (et  $P_{\text{moy}} = P_{\text{nominale}}$ ) et le taux de rejet des membranes qui reflètent les performances de l'osmoseur, et une valeur,  $\Delta P_{\text{norm}}$ , qui est une mesure de l'état des membranes. Le taux de recouvrement doit être contrôlé pour vérifier qu'il ne varie pas plus que quelque % au cours de l'année.

### V-5-3. Nettoyage des membranes

Il est inévitable que après un certain temps les performances d'un osmoseur diminuent. Il faut alors nettoyer les membranes. De combien faut il que les performances se dégradent pour qu'un nettoyage soit justifié. L'ensemble de la littérature et plusieurs fabricants conseillent de nettoyer lorsque les performances se sont dégradées comme suit:

1. Le débit de perméat à  $30\text{ °C}$  et  $P_{\text{moy}} = P_{\text{nominale}}$  a baissé de 10 à 15%
2.  $P_{\text{norm}}$  a augmenté de 10 à 15%
3. Le taux de rejet a baissé de 1 à 2%

Les produits à employer pour le nettoyage sont fonction de la nature du dépôt que l'on trouve sur la membrane. Affirme qu'il faut procéder à une analyse de la nature du tartre que l'on trouve sur la surface de la membrane avant de choisir le produit nettoyant.

Cette méthode implique que l'on extrait une membrane de la machine avant de procéder au premier nettoyage et qu'on la détruit pour effectuer un prélèvement:

Elle n'est donc économiquement défendable que si l'on utilise un osmoseur avec un grand nombre de membranes, ce qui est rarement le cas des osmoseurs utilisés dans l'eau potable. En pratique, il est donc généralement préférable de procéder par essais successifs.

### **V-6.Conclusion**

L'étude technico-économique d'une station de déminéralisation est d'un grand intérêt afin d'évaluer le coût total de la station. Dans notre cas, le mètre cube de l'eau produite est estimée à **208.20DA**. Toutefois, la bonne gestion de la station dimensionnée permet une exploitation vigilante et une durée de vie plus longue.



---

*Conclusion*  
*Générale*

---

## Conclusion Générale

L'objectif de cette étude est de concevoir une station de déminéralisation pour les eaux de consommation de la ville d'El- Guedid qui se caractérisent par une forte salinité et une température élevée.

La station conçue comporte trois étapes principales, la première étape concerne le prétraitement qui se compose d'un filtre à sable et d'une microfiltration à cartouche. La deuxième étape est celle de traitement principal, on a choisi l'emploi de l'osmose inverse. La membrane utilisée comprend quatre lignes, chaque ligne comporte trois étages. L'arrangement utilisé pour la disposition des modules est 3/2/1.

L'étude technico-économique a permis d'évaluer le prix de mètre cube d'eau produit qui est égale à 208 DA .

---

*Références*  
*Bibliographiques*

---

## **Références Bibliographiques**

1. **A. Kettab** (Docteur D'état En Hydraulique, Maître De Conférence A L'e.N.P), «Traitement Des Eaux (Les Eaux Potables) », (1992).
2. **ABDELHAFIDI.N, 2005**-Contribution A L'étude Qualitative Des Ressources Hydriques Souterraines En Zone Semi-Aride.(Cas De Synclinale Nord De Djelfa).Thèse, Ing.Agro. Université De Djelfa.
3. **ALLOLIO B., LEHMANN R. 1999**-Drinking Water Fluoridation And Bone. Exp. Clin. Endocrinol. Diabète, 107.P12-20.
4. **BAZA.Y, 2006**-Contribution A L'étude De La Qualité Des Eaux D'irrigation Des Zones Semi-Aride, Cas De La Région De Ain Ibel. Thèse, Ing, Agro. Université De Djelfa. P 34-35.
5. **BELHOUADJEB.F.A.TOAIBA.A.H.2006**-Initiation A La Régionalisation Stochastique Des Paramètres Chimiques Dans Le Cadre D'un SIG (Application A La Région De Ain Oussera). Thèse, Ing, Agro. Université De Djelfa.
6. **Bencheqba-Rabhia K,** Cours Introduction Aux Techniques D'analyse, Le Laboratoire d'Aquaculture Et De Bioremediation, Université D'oran, 1mai 2004, P 2-7.
7. **BERKANLI, BENARFA.N, 2005**-Contribution A L'étude De La Qualité Des Eaux D'irrigation Des Zones Semi-Aride, Cas De La Région De Deldoul (Plaine De Oueld Tolba).
8. **DERAMCHE.M, MOUSSA.M, 1993**-Synthese Des Etudes Et Exploitation Des Données Existantes Sur Le Synclinal De Djelfa
9. **DIAFI Radhwane,** Etude Expérimentale Sur L'adoucissement De L'eau Par Précipitation Chimique, Université Abou Bekr Belkaid, Diplôme De Master, 2015
10. **HAMITI Salima, LEHRCH Batoul. 2021 / 2020** Dimensionnement D'une Station De Déminéralisation A La Daïra De Sidi Khouiled (W. Ouargla).
11. **HAMITI Salima, LEHRCH Batoul.** Dimensionnement D'une Station De Déminéralisation A La Daïra De Sidi Khouiled (W. Ouargla).2021 / 2020
12. **J.RODIER, 1980**-L'analyse De Eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduaire, Eaux De Mer. Edition Dunod Technique, France, P925-953.
13. **Khouadja Brahim & Ataouat Brahim 2019** Contribution A L'étude D'adoucissement Des Eaux Souterraines (Cas De La Région d'Ouargla)
14. **Khouadja Brahim & Ataouat Brahim,** Contribution A L'étude D'adoucissement Des Eaux Souterraines (Cas De La Région D'ouargla), Université Kasdi Merbah –Ouargla, P 4 2019
15. **KIRDA, 1997**-Assessment Of Irrigation Water Quality.

## *Références Bibliographiques*

---

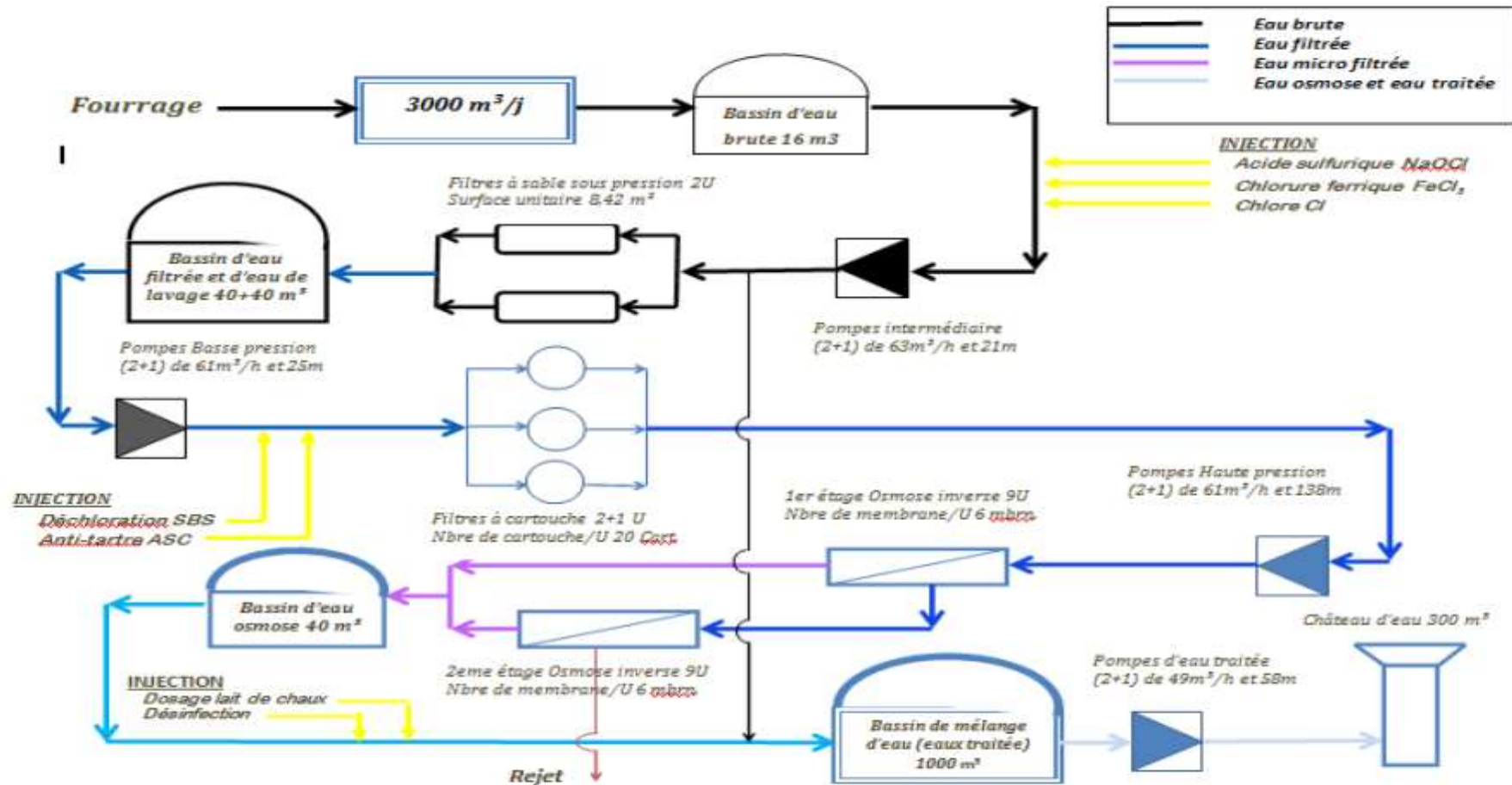
16. **LAGREB.H, SEMANE.S**, 2007-Etude De La Qualité Des Eaux Potables De La Ville De Djelfa Par Régionalisation Stochastique Des Paramètres Hydro Chimiques. Thèse, Ing, Biologie. Université De Djelfa. P 39-42.
17. **M.POUGET, 1980**-Les Relations Sol Végétation Dans Les Steppes Sud Algéroises. O.R.S.T.O.M. Paris, N°116, P555.
18. Monique Henry : Les Eaux Naturelles Et Les Eaux De Consommation Saint
19. **MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE** Hamsatou 2005 : Les Eaux Résiduaire Des Tanneries Et Des Teintureries, Caractéristiques Physico-Chimiques, Bactériologiques Et Impact Sur Les Eaux De Surface Et Les Eaux Souterraines. Thèse Doctorat En Pharmacie.Mali, P.33.
20. **NEDJIMI.S, 2006**-Contribution A L'étude Piézométrique Et Hydro Chimique Du Synclinal Du Djelfa. Thèse, Ing, Agro. Université De Djelfa. P32.
21. **NEDJIMI.S, 2006**-Contribution A L'étude Piézométrique Et Hydro Chimique Du Synclinal Du Djelfa. Thèse, Ing, Agro. Université De Djelfa. P32.
22. **RANDRIAMASINDRANTO Harisanjy Haja** 2013, Conception D'un Conductimètre A L'aide De La Plate-Forme Arduino, MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE LICENCE EN INGÉNIERIE PETROLIÈRE, UNIVERSITE D'ANTANANARIVO, P 3 2013
23. **A.N.A.T, 2003**- Prospective Territoriale Pour Un Développement Durable Et Intègre Dans La Wilaya De Djelfa. Phase II.
24. **A.N.R.H, 2008**-Agence Nationale Des Ressources Hydriques. (Wilaya De Djelfa).
25. Tanah Bin Daoud ,**2006** , Intitulé "Capacités Spatiales Et Développement Durable Pour l'Etat De Djelfa"
26. **O.N.M, 2008**-Office National De La Météorologie. Station De Djelfa.

---

# *Les annexes*

---

Annexe n°1: schéma synoptique de la station d'Ée-Guedid



---

# *Résumé*

---



### Résumé

Les ressources en eau souterraine sont représentées dans la commune d'el Guedid à Djelfa, ainsi que dans les régions du désert du nord, dans deux systèmes d'eau qui se chevauchent, la couche continentale et le complexe final.

En raison de la qualité de cette eau potable dans la zone de Djelfa, qui est sous le contrôle de l'ancienne commune, qui se caractérise par un taux de salinité élevé, et l'effet de cette dernière sur la santé des consommateurs, provoquant parfois l'apparition de maladies graves.

Il fallait donc trouver un moyen efficace de dessaler l'eau pour la traiter, et dans cette optique, nous avons essayé de dimensionner la station d'amélioration de la qualité de l'eau potable de la commune d'el-Guedid, travaillant sur la séparation membranaire selon le principe de l'osmose inverse.

Enfin, les résultats de l'analyse montrent que l'eau traitée à une salinité de **275.21** ppm, alors que l'eau était à une salinité de **3372.08** ppm avant la déminéralisation. Ce résultat est conforme aux exigences de normes algériennes et l'OMS

**Mots clés** : les eaux souterraines, eau potable, déminéralisation, qualité, osmose inverse, brut, membrane, analyse physico-chimique.

### ملخص

تتمثل موارد المياه الجوفية في بلدية القديد بالجلفة ، وكذلك في المناطق الصحراوية الشمالية ، في نظامين متداخلين للمياه ، الطبقة القارية والمجمع الأخير .

بسبب جودة هذه المياه الصالحة للشرب في منطقة الجلفة الخاضعة لسيطرة البلدية السابقة والتي تتميز بارتفاع نسبة الملوحة فيها ، وتأثير هذه الأخيرة على صحة المنطقة المستهلك ، مما يتسبب في بعض الأحيان في ظهور أمراض خطيرة .

لذلك كان لا بد من إيجاد وسيلة فعالة لتحلية المياه لمعالجتها ، ومن هذا المنطلق حاولنا تجسيد معمل تحسين جودة مياه الشرب في بلدية القديد بدائرة الشارف بولاية الجلفة تعمل على فصل الغشاء وفق مبدأ التناضح العكسي .

أخيرا نتائج تحليل المياه الناتجة عن المعالجة لوحظ ان درجة ملوحة المياه بالتناضح **275.21** جزء في المليون بينما كانت درجة ملوحة المياه **3372.08** جزء في المليون قبل التنقية وقد اثبتت انها صالحة للشرب ومطابقة للمواصفات الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية .

**الكلمات المفتاحية**: المياه الجوفية، المياه الصالحة للشرب، نزع الاملاح، الجودة، التناضح العكسي، الخام، أغشية، التحليل الفيزيوكيميائي

### Summary

Groundwater resources are represented in the commune of el Guedid in Djelfa, as well as in the northern desert regions, in two overlapping water systems, the continental layer and the final complex.

Because of the quality of this drinking water in the area of Djelfa, which is under the control of the former municipality, which is characterized by a high salinity rate, and the effect of the latter on the health of the area? the consumer, sometimes causing the onset of serious illnesses.

It was therefore necessary to find an effective way to desalinate the water to treat it, and with this in mind, we tried to embody the plant for improving the quality of drinking water in the municipality of el Guedid in the district of Scharf in the state of Djelfa, working on the separation of the membrane according to the principle of reverse osmosis.

Finally, the results of the analysis are a salinity of **275.21**ppm of the water treatment, whereas the water was at a salinity of **3372.08** ppm before demineralization. Have shown that it is drinkable and complies with the Algerian specifications and the World Health Organization

**Keywords**: Groundwater, drinking water, demineralization, quality, reverse osmosis, crude, membrane, physico-chemical analysis.