

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
démminéralisation à la Daïra de Sidi
Khouiled (W. Ouargla).**

Soutenu le : 23/06/2021

Présenté par :

HAMITI Salima, LAHRECH Batoul.

Soumis au jury composé de :

FORTAS TAHAR	Grade MAA	Président
MEKHLOUFI NABIL	Grade Docteur	Examineur
BELMABEDI AMEL	Grade MAA	Promotrice
SEDDIKI AMOR	Grade Doctorant	Co-Promoteur

Année Universitaire: 2020 / 2021

Remerciement

Tout d'abord, nous tenons à exprimer nos remerciements généraux à tous les professeurs travaillant dans le département de génie civil et hydraulique, puis nous voudrions mentionner le professeur superviseur BELMABEDI.A pour son acceptation d'encadrer ce travail avec soutien, conseils et disponibilité au quotidien, et c'est un plaisir de travailler avec elle. Merci pour votre douceur et votre gentillesse, ainsi que le professeur SEDDIKI.A qui nous a donné le stock de connaissances disponible. Merci pour votre générosité et votre bienveillance, et sincères remerciements aux membres du jury qui ont accepté de revoir ce modeste ouvrage, je tiens également à remercier tous qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Que dieu le tout puissant nous aide à mener à bien ce travail. Il a un premier et un dernier remerciement.

SALIMA, BATOUL

Dédicace

*A celui qui a planté en moi la passion, volonté,
amour et tendresse*

*Et la persévérance est la chose la plus précieuse
qui existe, ma chère mère*

*A celui qui a passé sa vie sous ma garde
mon éducation, mon cher père*

A mon bien-aimés tous mes frères et sœurs

A mon fiancé, mon futur compagnon

*A tous ceux qui m'ont appris une lettre,
m'ont appris un mot et m'ont fait comprendre une idée*

*Alors sois bien informé avec moi, et amène-moi
dans la civilisation avec ça A tout les amis*

A tous ceux qui me connaissent

SALIMA, BATOUL

Sommaire

Remerciement.....	I
Dédicace	II
Liste des tableaux:	VII
Liste des figure:	VIII
Introduction Général	1
Chapitre I : Présentation De La Zone D'étude.	4
I.1. Introduction	5
I .2.Présentation de la wilaya d'Ouargla	5
I .3.Présentation de la daïra de sidi khouiled	6
I .4.Situation géographique	6
I .4.1.L'emplacement	6
I .4.2.Limites administratives.....	6
I .4.3.Propriétés de la zone	7
I .5.Situation démographique	7
I .5.1.Le nombre d'habitants.....	7
I .6.Géologie [6]	8
I .6.1.Généralités sur la géologie du Sahara	8
I .6.2.Géologie du Sahara septentrional.....	8
I .7.La morphologie de la zone [3]	9
I .8.Topographie et réseau hydrographique [3]	9
I .9.Les aquifères dans la région [3]	10
I .9.1.Le Continentale Intercalaire (CI) [3]	11
I.9.2. Le Complexe Terminal (CT) [3]	11
I .10.Caractéristique climatique [3].....	12
I .10.1.Température :	13
I .10.2.Précipitations:	14
I .10.3.Vitesse de vent :	14
I .10.4.L'humidité relative moyenne. [7].....	15
I .10.5.Durée d'insolation. [3].....	15
I .10.6.L'évaporation. [3].....	15
I.11. Conclusion :	16
Chapitre II :généralité sur les eaux potables.....	17
II.1.Introduction.....	18
II.2. Composition de l'eau	18

II .3.Propriétés de l'eau	18
II .4.La définition de l'eau potable:	18
II .5.Origine des eaux potables [3].....	19
II .6.Liste des sources d'eau potable:	20
II .7.Les eaux souterraines [7].....	20
II .7.1.Généralités	20
II .7.2.Les problèmes de l'eau souterraine dans la région.....	21
II .8.Alimentation en eau potable	21
II .9.Dotation en eau potable.....	21
II .10.Sel minéraux dissous dans l'eau	22
II .10.1.Elément nécessaires:	22
II .10.2.Les éléments indésirables:.....	23
II .10.3.Les éléments toxiques :.....	24
II .11.Économies d'eau potable:.....	24
II.12.spécification et utilisation de Léau potable:	24
II.13. LES CRITÈRES DE POTABILITÉ DE L'EAU:.....	24
II .14.Types de polluants de l'eau potable:	25
II .15.Normes de potabilité:	26
II .16.Conclusion:	26
Chapitre III : Techniques d'adoucissement	27
III.1. Introduction [7]	28
III.1.L'entartrage.....	29
III .2.L'entartrage et ses conséquences [3]	28
III .3.Définition des objectifs du traitement [7].....	28
III .4.Fiche d'analyse des eaux de forage [ADE Unité d'Ouargla].....	29
III .5.Techniques d'adoucissement:	29
III .5.1.L'échangeur d'ions :	29
III .5.1.1.Principe de l'échange d'ions:.....	30
III .5.2.Décarbonatations à la chaux:.....	30
III .5.3.L'osmose inverse:	31
III .5.3.1.Module d'Osmose Inverse :	32
III .5.4.Décarbonatation au carbonate de sodium (Na ₂ CO ₃)	34
III .6.Types d'adoucisseur d'eau :	34
III.6.1. Adoucisseur d'eau au CO ₂	34

III .6.2. Adoucisseur d'eau sans électricité:	35
III .6.3. Adoucisseur d'eau industriel.....	35
III.7. La dureté du l'eau:	36
III .7.1. La dureté totale:	36
III .7.2. La dureté temporaire :.....	36
III .7.3. La dureté permanente :	37
III .7.4. Principaux éléments responsables de la dureté;.....	37
III .8. Conséquences de la dureté:	37
III.9. Conclusion:	39
Chapitre IV: Dimensionnement de la station déminéralisation	40
IV .1. Introduction	41
IV .2. Lieu d'implantation de la station	41
IV .3. Evaluation des débits d'eau potable.....	41
IV.3.1 - Estimation de la population	41
IV .4. Dimensionnement de la station de déminéralisation.....	42
IV .4.1. Prétraitement	42
IV.4.1.1. Filtre à sable.....	43
IV.4.1.2. Microfiltration	44
IV.4.1.4. Reminéralisations	64
IV.5. Conclusion.....	65
Chapitre V : Etude technico économiques et gestion de la station.....	66
V.1. Introduction.....	67
V .2. Prix de l'équipement principal et auxiliaire (E).....	67
V.3. Prix de l'équipement de l'osmoseur.....	68
V .4. Charges annuelles d'exploitation (A) [19].....	68
V.5. Coût d'investissement indirect.....	69
V .6. Charge de main-d'œuvre	69
V.7. Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station [19].....	70
V.8. Coût de l'énergie électrique.....	71
V.9. Calcul du prix du m ³ d'eau produit par osmose inverse	72
V .9.1. Calcul du coût de production Coût _{TP}	72
V .9.2. Charges annuelles d'exploitation.....	72
V .10. Prix de vente P _v	73
V .11. Gestion	73

V .12.Conclusion	76
Conclusion général.....	77
<i>Références bibliographiques</i>	79
Annexe : Propose D'un Station De Déminéralisation.....	81
Résumé.....	82
الملخص.....	82
Summary.....	82

Liste des tableaux:

Tableau I. 1. tableau des variations extrêmes de température au cours des mois de l'année.....	13
Tableau I. 2. tableau des précipitations.....	14
Tableau I. 3. tableau des vitesses du le vent	14
Tableau I. 4. Humidité moyenne relative dans région d'Ouargla.....	15
Tableau I. 5. Durée moyenne mensuelle d'insolation en h, de la période (1993-2014). ANRH.	15
Tableau I. 6. Evaporation moyenne mensuelle en (mm) ANRH.....	16
Tableau II. 1. Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS (source ADE).....	27
Tableau III. 1. Degré de dureté.....	36
Tableau IV. 1. Caractéristiques de cartouche	45
Tableau IV.2 ..Caractéristiques initial de membrane Anonyme: technical bultin N°501, 1977 DUPONT CMOPANY	45
Tableau IV.3 .Caractéristiques des eaux brute	51
Tableau IV.4 ..Molalité en mol/1000.gr d'eau.10-3	51
Tableau IV. 5. Le calcul de l'étage 2 résumé dans le tableau suivant	56
Tableau IV. 6. Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions	58
Tableau IV. 7. Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions	59
Tableau IV. 8. La détermination de la concentration moyenne des deux forages pour chaque ion	62
Tableau IV. 9. Calcul de la concentration de l'eau osmose pour la disposition 8/6.....	63
Tableau IV. 10. Tableau récapitulatif de tous les résultats	64
Tableau V.1 .Prix de la construction de l'unité	67
Tableau V.2 .Prix de l'équipement principal et auxiliaire (E)	67
Tableau V.3 ..Prix de l'équipement de l'osmoseur	68
Tableau V.4 ..charge de main-d'œuvre	69
Tableau V.5 ..Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station	71

Liste des figures:

Figure I.1 La situation géographique de la wilaya d'Ouargla	6
Figure I.2 . Situation géographique de la daïra de sidi khouiled	7
Figure I. 3 Coupe géomorphologique schématique de la vallée d'Ouargla.....	9
Figure I.4 . Coupe hydrogéologique de SASS (UNESCO, 1972)	10
Figure I.5 . Coupe hydrogéologique transversale du "CI" (UNESCO, 1972).....	11
Figure I.6 . Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972).....	12
Figure I. 7.barres graphiques montrant les changements de température maximale et minimale au cours de l'année.	13
Figure I. 8.colonnes montant les changements de précipitations tout au long de l'année	14
Figure I. 9.barres graphiques montrant la vitesse du vent tout au long de l'année	14
Figure II. 1.Présentation Lewis de la molécule d'eau	18
Figure III. 1.Principe de l'échange d'ion	30
Figure III. 2.L'osmose inverse.	32
Figure III. 3.Modules Spirales	33
Figure III. 4.Adoucisseur d'eau au CO2.....	35
Figure III. 5.Adoucisseur d'eau sans électricité	35
Figure III. 6.Adoucisseur d'eau industriel	36
Figure III. 7.Types de pH-mètre	38
Figure III.8 .Type de conductimètre.	39

Introduction Générale

Introduction Générale

Le défi qui avait été lancé par le ministère des Ressources en eau, pour la décennie précédente était « l'eau pour tous ». Où plus tôt l'approvisionnement en eau sur tout le territoire national.

L'enjeu actuel est de l'eau de qualité qui répond à des critères applicables à l'échelle mondiale (Organisme Mondiale de la Santé).

Dans les premières étapes du processus au niveau des zones côtières (nord de l'Algérie) il a été choisi le dessalement, pour les régions centrales la création de barrages qui servent à stocker de grands volumes d'eau, pour la dernière phase le traitement des eaux souterraines de forte salinité au niveau du sud de l'Algérie.

Est ce que toutes les eaux sont potables et consommable pour l'homme ?

Les origines des eaux de consommation souterraine elle est ce qui définit si cette eau répond aux normes de potabilités.

Les eaux souterraines sont considérées comme la seule ressource dans notre région, mais elles présentent une forte salinité car la composition de ces eaux est reliée à la nature chimique des couches géologiques traversées.

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.

La déminéralisation des eaux saumâtre est un sujet très importants actuellement, et de penser à réaliser des unités de dessalement de vient jour après jour une nécessité car il permet la satisfaction des besoins des consommateurs en eau potable soit du coté quantitatif ou qualitatif (eau de bonne qualité, douce et agréable).

La ville de Ouargla se trouve au-dessus de ces zones et ou au fil du temps les effets de l'eau potable sont apparus à la vie de la population (bouchage les réseaux interne et externe, problèmes de santé Dommages aux chauffe-eau ...).

Pour Résoudre ces problèmes il a été décidé de réaliser le projet « Etude, Réalisation, Exploitation et Assistance pour la maintenance de (09) neuf stations de Déminéralisation d'eau à Ouargla ».

La zone de Sidi Khouiled est en dehors du périmètre de ce projet, mais la qualité de l'eau qui s'y trouve et son manque de qualité nous obligent à l'approuver dans le cadre du plan d'opération.

Introduction Générale

Pou cette raison notre travail est partagé en deux parties:

Partie bibliographique : qui comporte 3 chapitre, dans le quel nous parlerons de généralités sur la zone d'étude, Généralité sur L'eau potable, et Technique de déminéralisation.

Partie Expérimentale: qui comporte deux chapitres, un sur le matériel et méthodologie de travail et un autre sur les, Dimensionnement de la station de déminéralisation, et Etude technico-économiques et gestion de la station.

Chapitre I : Présentation De La Zone D'étude.

I.1. Introduction

Dans ce chapitre ; nous présentons un aperçu sur le cadre physique de la zone d'étude en particulier sa situation géographique et son contexte climatique, situation démographique, et l'hydrologie, ainsi que l'état du réseau d'approvisionnement en eau potable actuel.

Nous basons sur une synthèse des données disponibles en 2021 dans l'ADE et la commune de Sidi Khouiled.

I .2.Présentation de la wilaya d'Ouargla

La wilaya de Ouargla est considérée comme l'un des états les plus importants d'Algérie car c'est la capitale du sud-est, et un important pôle administratif et régional avec une superficie de 163230 km², La population est estimée à 590 958 habitants. Géographiquement située au Nord du Sahara algérien, dans le domaine aride du grand désert africain.

Administrativement, la Wilaya de Ouargla est située au Sud-est du pays dans les limites de latitude 28°45' et 33°55' et de longitude 3° et 9° 35' couvrant un territoire de 163 230 km².

Elle se situe à 128 m. d'altitude, à 190 km à l'Est de Ghardaïa, 388 km au Sud de Biskra et à 160 km au Sud-ouest de Touggourt, elle est limitée par :

- La Wilaya d'El-Oued au Nord,
- La Wilaya d'Illizi au Sud,
- Les Wilayat de Djelfa Biskra et Ghardaïa au Nord-Ouest et Ouest,
- La Wilaya de Tamanrasset au Sud-ouest
- Et par la Tunisie à l'Est.

La Wilaya est organisée administrativement en 10 Daïras 21 communes. [4]

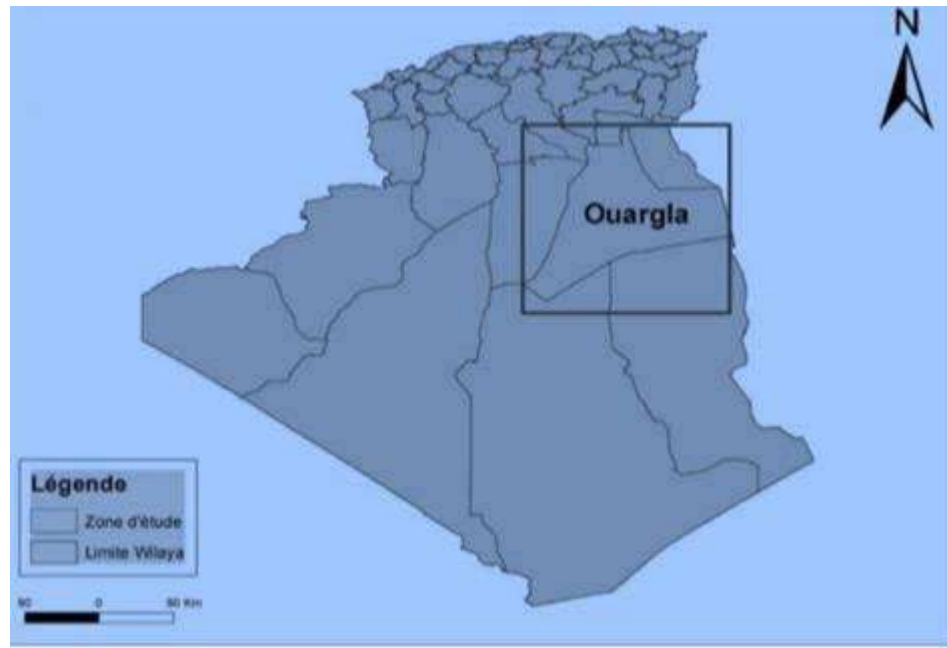


Figure I.1 La situation géographique de la wilaya d'Ouargla

I .3.Présentation de la daïra de sidi khouiled

I .4.Situation géographique

La Daïra de Sidi Khouiled est une circonscription administrative algérienne située dans la wilaya d'Ouargla. Son chef- lieu est situe sur la commune éponyme de Sidi Khouiled. Il occupe une superficie de 5 164 km², la daïra regroupe les trois communes d'Aïn Beida, Hassi Ben Abdallah et Sidi Khouiled.

I .4.1.L'emplacement

Sidi khouiled est situe astronomiquement entre la latitude, longitude, et altitude de 31°,58', 47' nord et 5°,25', 06' est, elle est de 149 m au-dessus du niveau de la mer. Il est séparé du siège de la wilaya par des obstacles naturels: forets de palmiers, sabkha et dunes de sable.

I .4.2.Limites administratives

La zone d'étude (la daïra de sidi khouiled) limite administrativement par:

- Au Nord par les deux daïra El Hadjira, et N'gussa
- A l'Est par la daïra de'Ouargla, et la commune de Rouissat
- Au Sud et l'Ouest par la daïra de Hassi Messaoud

I .4.3.Propriétés de la zone

Les communes du la daïra de Sidi Khouiled sont essentiellement des agglomération agricoles, car elles accueillent la plupart des activités agricoles, que ce soit dans le domaine de remise en état ou du secteur agricole traditionnel, il est séparé du siège de la wilaya par des obstacles naturels: forets de palmiers, sabkha et dunes de sable, et elles ont également un énorme potentiel touristique.

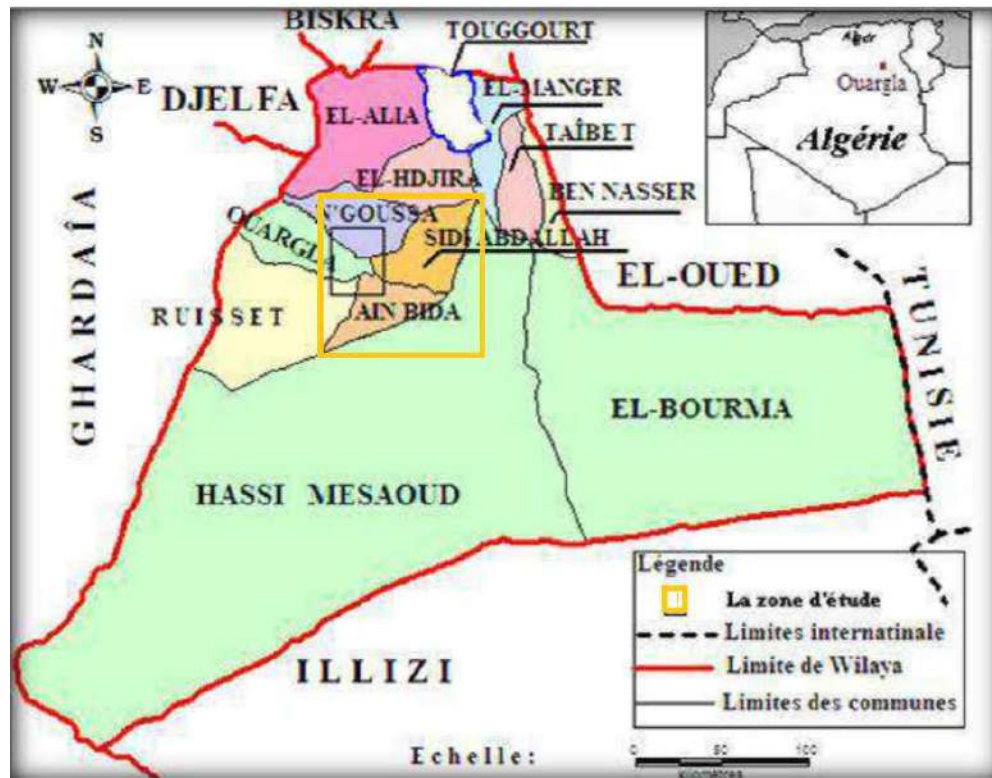


Figure I.2 . Situation géographique de la daïra de sidi khouiled

I .5.Situation démographique

I .5.1.Le nombre d'habitants

La population de la zone d'étude (district de sidi khouiled) a été dénombrée on 2021 et elle a été estimée a 31483 habitants, avec un taux de croissance démographique estimé : 1,34% selon le guide statistique de l'année 2021.

I.6.Géologie

I.6.1.Généralités sur la géologie du Sahara

Le Sahara est un grand désert formé de vastes étendues sableuses, (dunes) de matériaux caillouteux (ergs) et de massifs (Hoggar). Le Sahara est constituée d'un socle précambrien où repose une grande formation sédimentaire.

Ces formations sont regroupées dans plusieurs unités géomorphologiques. Qui subdivisent le Sahara en quatre :

- ✓ Chott Melhrir
- ✓ Sahara septentrional
- ✓ Hoggar et Tassili
- ✓ Saoura et Tindouf

La zone de notre étude appartient au Sahara septentrional. [6]

I.6.2.Géologie du Sahara septentrional

Le Sahara septentrional est ou le Bas Sahara est constitué par une série de dépôts alternativement marin et continentaux déposés dans le vaste bassin sédimentaire séparé par d'épaisses séries évaporites ou argileuses, soit :

- ✓ L'ensemble inférieur (anti-cénomaniens) contient de puissantes série continentales d'âge du crétacé inférieur (continental Intercalaire).
- ✓ L'ensemble supérieur (sénonien inférieur) contient plusieurs niveaux marins et se termine par une épaisse série continentale sableuse, d'âge Mio-Pliocène.

Le Bas Sahara à une altitude comprise entre 24 et 200 m. le socle de cette formation est surmonté par les grès primaires et au-dessus se trouvent les grès du continental Intercalaire (albien) ensuite viennent s'ajouter une stratification marine du sénonien et de l'éocène et par une autre de type continental Mio-Pliocène.

La litho stratigraphie de ce bassin se caractérise par trois principales formations :

- ✓ Formation de terrain paléozoïque affleurant à l'Est du grand Erg occidental et au Sud par le Tassili.
- ✓ Formation de terrain Mésozoïque et début du cénozoïque, c'est en cette période que la région est émergée par la mer, ce qui a induit une accumulation de sable et d'argile continentaux intercalaire.
- ✓ Formation de dépôts du tertiaire et du quaternaire, qui renferme une série sédimentaire du Barrémien Triasique.

I.7.La morphologie de la zone

La cuvette de Ouargla appartient au sous-bassin saharien de code 04, elle correspond à la basse vallée fossile de l'Oued M'ya.

La géomorphologie de la région d'étude est constituée des éléments suivants : [3]

- **Hamada du Mio-Pliocène** : Une formation continentale détritique située à l'Ouest de Ouargla, et s'abaisse légèrement d'Ouest en Est. Elle est fortement érodée, laissant une série de buttes témoins ou Goures.
- **Glacis** : Sur le versant Ouest de la cuvette, les glacis s'étagent en quatre niveaux allant de 200 m à 140 m. les glacis dont les hauteurs varient de 180 à 160 mm sont très visibles caractérisés par l'affleurement du substrat gréseux du Mio-Pliocène. La pente de ce dernier est faible, et souvent recouverte de sables et de graviers. A l'Est de la cuvette se trouve un vaste glacis alluvial à sable grossier, de 150 m d'altitude.
- **Les formations sableuses** : composées de dunes et de cordons d'erg.
- **Les étendues alluviales** : correspondant au lit d'oued mya selon un axe SW-NE.
- **Les chotts et sebkhas**: Les formations Quaternaires occupent généralement les points bas des grands bassins sédimentaires et forment des zones appelées en terme arabe "sebkhas" et "chotts".

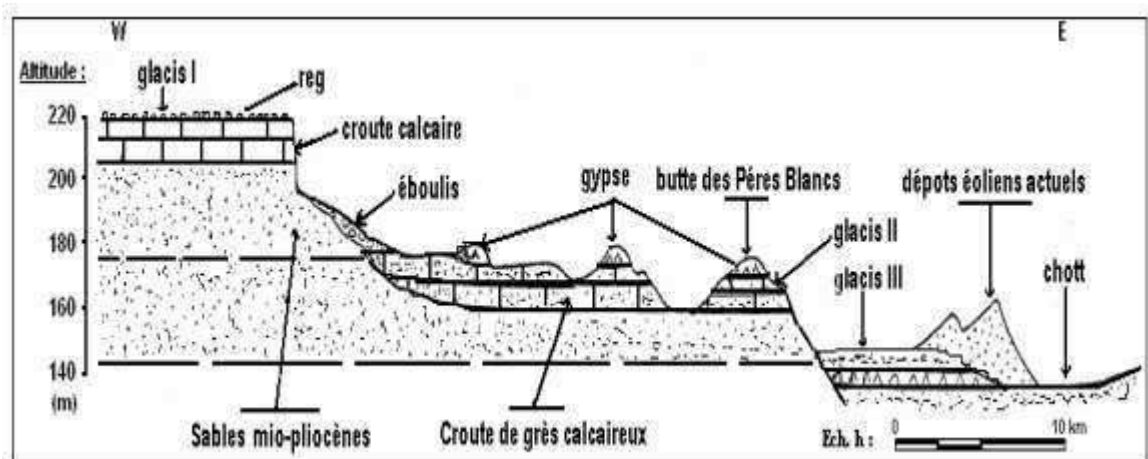


Figure I. 3 Coupe géomorphologique schématique de la vallée d'Ouargla.

I.8.Topographie et réseau hydrographique

La ville est à une altitude moyenne de 135-140 m NGA. On peut noter une légère pente du sud vers le nord (5m/km).En aval de Ouargla, diverses sebkhas alternent avec des massifs dunaires jusqu'à Sebkhet Safioune qui est à 103 m d'altitude point le plus bas de la région.

D'ouest en est, on observe le profil topographique suivant : A l'ouest, un plateau d'altitude avoisinant 220 m descend avec une pente prononcée sur les agglomérations secondaires de Khefdji et Bamendil.

La palmeraie qui sépare ses agglomérations de la ville de Ouargla est légèrement en contrebas à 130 m puis le terrain remonte dans la ville entre 135 et 140 m avant de redescendre à la traversée de la palmeraie située à l'est de Rouissait pour rejoindre Ain Beida à l'est au environ de 135 m d'altitude.

La direction de drainage générale est nord - sud. Le réseau hydrographique et les drains qui rabattent la nappe phréatique rejoignent finalement la première Sebkhha.

La station d'épuration de la ville (lagunage aéré) est également située au nord de la ville à l'amont de la première sebkhha.[3]

I.9. Les aquifères dans la région

La région d'étude renferme un système d'aquifères qui renferme une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT).

Ce bassin se subdivise en trois sous Occidental et du Grand Erg Oriental qui sont des cuvettes à écoulement endoréique aboutissant dans des dépressions fermées «chotts et sebkhhas», et le plateau de la Hamada El Hamra.[3]

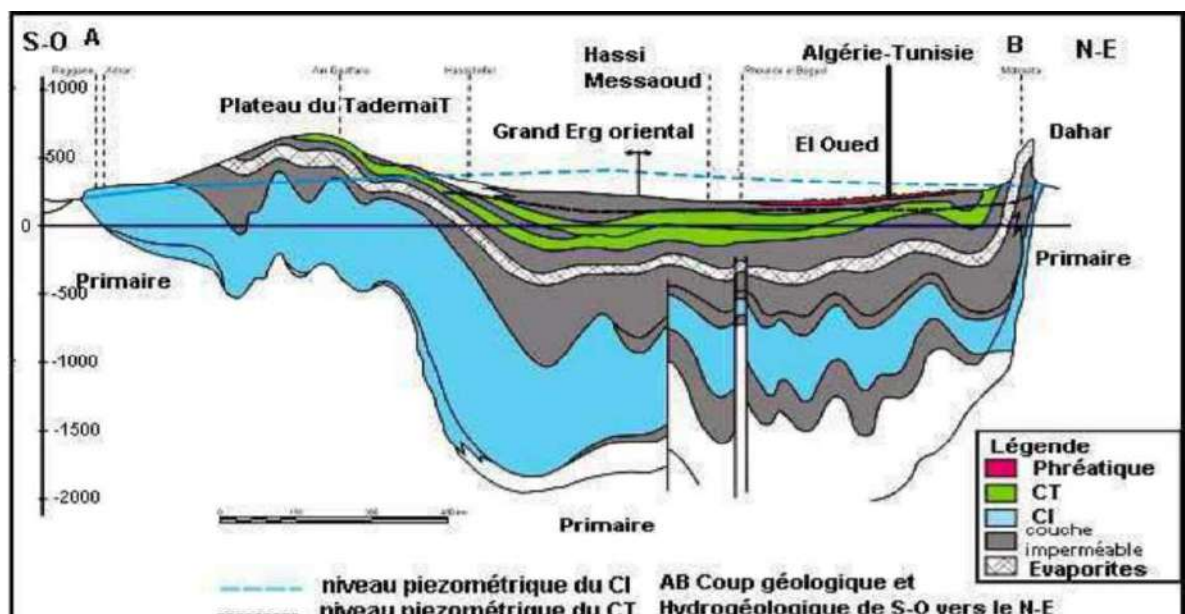


Figure I.4 . Coupe hydrogéologique de SASS (UNESCO, 1972)

I.9.1. Le Continentale Intercalaire (CI)

Qui contiens la nappe albien :

C'est un de plus grands réservoirs souterrains en Afrique .Cette nappe couvre le Sahara septentrional, contenue dans les argiles sableuses et les grès du continental intercalaire elle constitue un très important réservoir. Sa lithologie est forme de 10% de grès, de (10÷50) % de grès argileux et 50% d'argiles.

Cet Aquifère est homogène avec une formation diversifie en couches isolés les uns des autres. Sa hauteur dépasse 150 m et atteint 1000 m au nord-ouest. et elle se trouve à environ 1300 m de profondeur dans la ville de Ouargla. Son eau jaillit à la surface à une température de 57°C avec une faible teneur en sel (2 g/l) et est captée entre 1120 m et 1380 m de profondeur dans la région.

Le sens d'écoulement se fait du sud vers le nord. Un forage artésien peut donner un débit de 200 l/s avec une pression à la sortie de 20 bars et une conductivité hydraulique de $8.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ dans la région d'étude.[3]

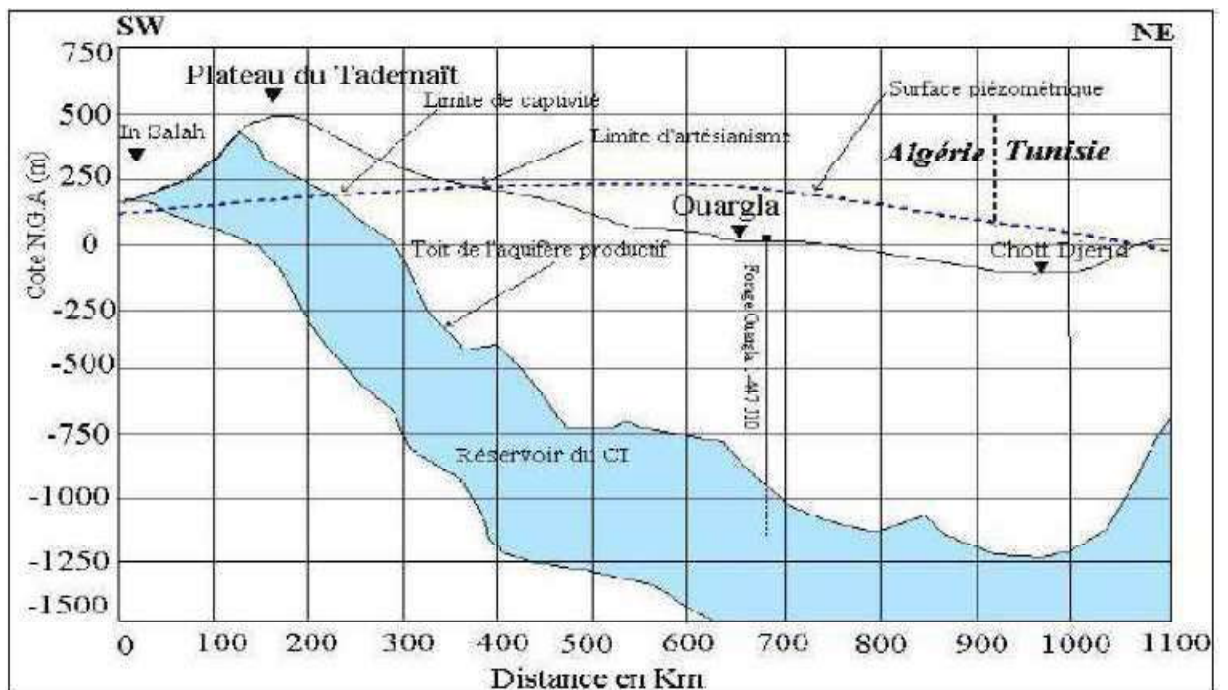


Figure I.5 . Coupe hydrogéologique transversale du "CI" (UNESCO, 1972)

I.9.2. Le Complexe Terminal (CT)

Il contient deux nappes :

a)- La nappe de sénonien

C'est une nappe sous sol de la vallée de l'oued Mya, elle est mal connue, il s'agit du sénonien lagunaire et de sénonien carbonate. La nappe de sénonien carbonaté est la plus exploitée dans la ville d'Ouargla pour l'alimentation en eau potable en raison de sa bonne La qualité chimique par rapport aux autres nappes.[4]

b)- La nappe de mio-paléocène

C'est la nappe la plus importante et la plus exploitée pour satisfaire les besoins en eaux des superficies agricoles. Elle s'écoule du Sud-Sud-ouest ver le Nord-Nord Est en direction du chott Melghir, avec une profondeur qui varie d 60 à 200 m. salinité de l'eau varie 1,8 à 4 g/l (dans certaines cas elle atteint les 7 g/l), avec une température de 23 à 25 °C. Elle est exploitée par pompage avec une capacité de 15 à 40 l/s. Mise à part le complexe terminal, il existe d'autres nappes très mal connues, il s'agit du Sénonien Lagunaire, du Sénonien Carbonate et le Turonien.

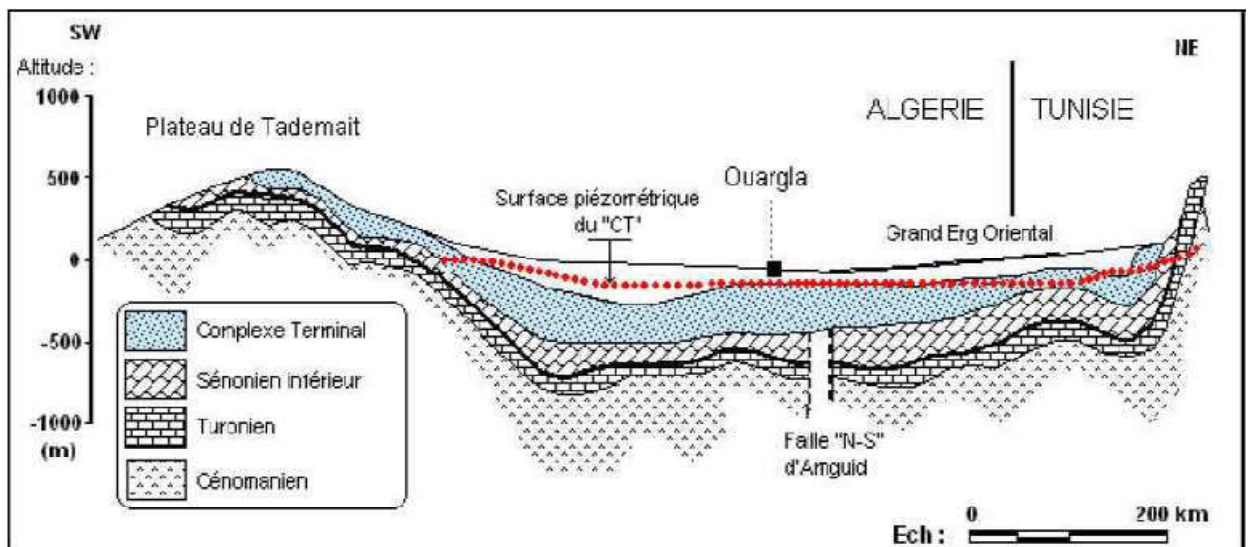


Figure I.6 . Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972)

I .10.Caractéristique climatique

Ouargla est exposé à un climat Saharien (désertique chaud hyperaride et très sec toute l'année), typique du Sahara, avec des étés très longs et extrêmement chauds et des hivers courts et très doux avec une pluviométrie très réduite puisque les précipitations moyennes annuelles avoisinent 45 mm.

La sécheresse y est encore plus accentuée durant l'été où l'on enregistre 0 mm de précipitations entre Juin et Août (des températures élevées et une forte évaporation). Cette ville-oasis étant encaissée, et très abritée des vents, elle devient vite une fournaise infernale, proche du climat d'Adrar et d'In Salah.

En été, la chaleur est extrême et prend un caractère persistant : les températures moyennes maximales dépassent 45 °C en Juillet (le mois le plus chaud) mais tournent plutôt autour de 50 °C entre Juin et Septembre. Les températures sont agréables et modérément élevées en hiver mais seulement la journée car dans les étendues désertiques, il n'y a rien pour retenir la chaleur et les températures minimales moyennes avoisinent 5 °C. Le ciel est dégagé et clair toute l'année et les journées couvertes restent très rares, si existantes. La température moyenne annuelle avoisine 25 °C à Ouargla. [3]

I .10.1.Température :

Puisque Sidi Khouiled est une région désertique, son climat est caractérisé par l'aridité, et donc a travers le tableau ci-dessous, nous notons que la température maximale en juillet est de 5,43 m, à la place La température minimale au mois de décembre est de 3,5 °C.

Tableau I. 1.tableau des variations extrêmes de température au cours des mois de l'année

Mois	Sép	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Out	Annuel
T°(C°) max	35.7	31.6	22.1	17.1	17.5	17.9	22	29.1	34.2	38.6	43.5	40.7	29.23
T°(C°) min	22.3	13.7	10.2	5.3	6.6	5.8	9.4	15.3	19.4	24	27.7	25.9	15.47

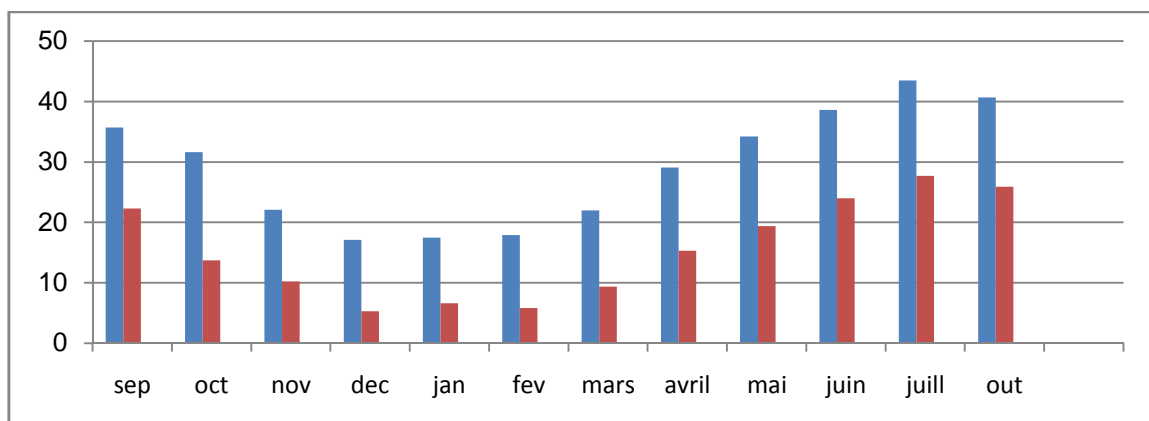


Figure I. 7.barres graphiques montrant les changements de température maximale et minimale au cours de l'année.

I .10.2.Précipitations:

Les précipitations sont irrégulières et la pluviométrie annuelle moyenne est très faible, car elle ne dépasse pas 5,15 mm et le calendrier ce qui suit explique cela

Tableau I. 2.tableau des précipitations

Mois	Sép	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Out	Moyenne
Moyenne(mm)	/	3.9	0.2	0.2	15.5	6.4	6.1	0	/	/	/	/	2.7

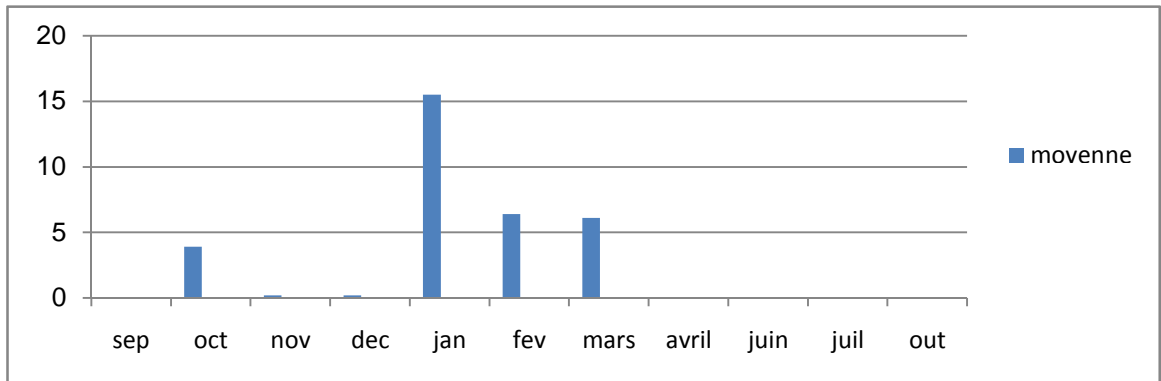


Figure I. 8.colonnes montant les changements de précipitations tout au long de l'année

I .10.3.Vitesse de vent :

Les vents sont généralement faibles et mesurés par un long cycle dans l'année. Les vents dominants dans la région sont les vents du sud et le sud-ouest :

Tableau I. 3.tableau des vitesses du le vent

Mois	sep	oct	nov	Déc	jan	Fév	mars	avri	mai	jui	juil	Out
La vitesse	14	17	12	17	17	12	15	17	20	14	18	13

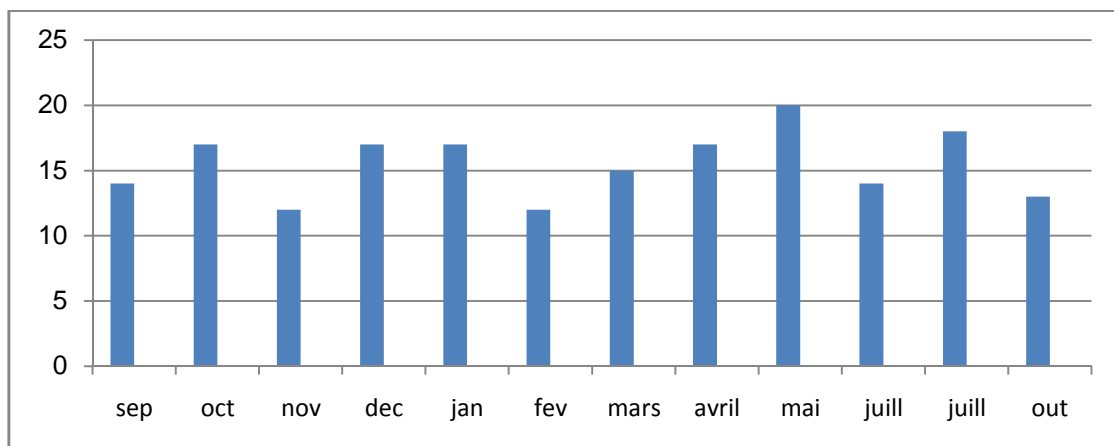


Figure I. 9.barres graphiques montrant la vitesse du vent tout au long de l'année

I .10.4.L'humidité relative moyenne

La région d'Ouargla se caractérise par un climat sec avec un taux d'humidité relative moyen de l'air variant de 24% à 62%. Les valeurs les plus basses se trouvent dans les mois d'été à savoir 27% en juin et Aout et 24% durant le mois de juillet. Par contre les valeurs les plus élevés se situent durant les mois de Novembre à Février avec des taux d'humidité relative variant de 52% à 62%.

L'humidité relative est un paramètre climatique fondamental pour la plante et les arbres fruitiers, par le biais du déficit de pression de vapeur d'eau DPV qui est une fonction dépendante de l'humidité relative ; cette dernière peut avoir des effets sur le statut hydrique du palmier. Le tableau ci-dessous illustre l'humidité moyenne relative dans la région d'Ouargla calculée pour la période de 1995 à 2005 .[7]

Tableau I. 4.Humidité moyenne relative dans région d'Ouargla

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel
Moyennes (%)	62	52	43	36	33	27	24	27	38	47	52	62	42

I .10.5.Durée d'insolation

Dans La région d'Ouargla la maximum quantité de lumière solaire très forte est atteint au mois de Juin avec une durée moyenne de 189.7 heures, et le minimum est enregistré au mois de Décembre avec une durée moyenne de 116,00 heures. [3]

Tableau I. 5.Durée moyenne mensuelle d'insolation en h, de la période (1993-2014).ANRH.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Aout
Moye	154.1	149.4	126.7	116.0	140.9	139.1	138.6	161.6	167.1	164.1	189.7	188.4

I .10.6.L'évaporation

L'évaporation est un phénomène physique, qui augmente avec la température, la sécheresse et l'agitation de l'air. Ce terme représente la restitution de l'eau de la surface terrestre sous forme de vapeur à l'atmosphère sous des conditions climatiques et physiographiques. Pour l'évaporation, la quantité d'eau qui repart dans l'atmosphère dépend uniquement des paramètres physiques tels que la température de l'air, de l'eau, de la vitesse du vent, du degré hygrométrique, de l'ensoleillement, ...etc.

L'évapotranspiration est déterminée par l'ensemble des processus d'évaporation (phénomène physique) et de transpiration (phénomène biologique)

On distingue alors l'évapotranspiration potentielle (E.T.P) qui correspond à la quantité d'eau pouvant être restituée par la transpiration des végétaux et l'évaporation à partir du sol et l'évapotranspiration réelle (E.T.R) qui correspond à la quantité d'eau effectivement évaporée et transpirée.

L'évaporation est très élevée, elle est en moyenne de 417.66 mm au mois de juillet et de 88.98 mm au mois de Décembre, soit 254.62 mm moyenne annuelle. Elle est très variable suivant les années, les mois et aussi les semaines. [3]

Tableau I. 6. Evaporation moyenne mensuelle en (mm) ANRH

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Aout
Moye	280.1	110.2	88.9	86.6	120.9	174.2	138.6	146.8	300.2	167.0	417.6	396.7

I.11. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les données nécessaires pour la région de Sidi Khouild et les caractéristiques géographiques et géologiques. Le climat.

Sidi Khouild a un climat chaud et sec en été et froid en hiver avec peu de pluie

Chapitre II : généralité sur les eaux potables

II.1.Introduction

L'eau C'est une Substance naturelle, souvent liquide et inodore, incolore, et sans saveur à l'état pur, de formule chimique H₂O, l'eau est l'un des agents ionisants les plus connus, on l'appelle fréquemment le solvant universel. [1]

II.2. Composition de l'eau

La composition chimique de l'eau naturelle varie énormément d'une région à l'autre et pour une même région d'une saison à l'autre. Ces variations chimiques dépendent de plusieurs paramètres comme la solubilité des sels constituant l'écorce terrestre (CaCO₃, CaSO₄, MgCO₃, Na Cl), ainsi la composition physique des roches.

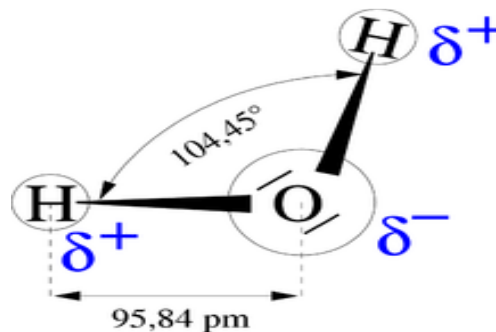


Figure II. 1.Présentation Lewis de la molécule d'eau

II .3.Propriétés de l'eau

Sur la terre, l'eau existe dans les trois états phases : liquide (eau proprement dite), solide (glace) gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau- vapeur, glace- vapeur selon les conditions de température et de pression.

II .4.La définition de l'eau potable:

Eau potable: C'est une eau potable et sans danger pour les humains sans causer de problèmes de santé, caractérisée par sa propreté et exempte de substances nocives ou de microbes. Les gouvernements fixent des normes pour l'eau fournie au public à utiliser pour boire, laver et se laver.

De nombreuses sources d'eau utilisées par les humains contiennent des vecteurs et des facteurs qui mènent à des maladies ou à des problèmes de santé à long terme si elles ne respectent pas les recommandations pour la qualité de l'eau potable. L'eau doit être non contaminée. Les gouvernements s'efforcent de fournir de l'eau potable, chacun selon ses moyens. La quantité d'eau potable disponible est un critère important pour la capacité d'absorption de la population d'un pays, et de nombreux pays du tiers monde ne mettent pas en œuvre correctement leurs gouvernements pour fournir une eau propre exempte de microbes aux pauvres et aux riches dans toutes les régions de leurs pays.

II .5.Origine des eaux potables

a-Eaux de source, eaux minérales : les eaux dites « de source » sont des eaux naturellement propres à la consommation humaine ; on parle alors d'eau potable. Les eaux minérales naturelles, possèdent des propriétés particulières : elles ont des teneurs en minéraux et en oligo-éléments qui peuvent leur donner des vertus thérapeutiques. Comme les eaux de source, elles ne peuvent être traitées. Elles sont d'origine profonde et de composition physicochimique constante dans le temps. [3]

b- Eaux brutes : destinée à la consommation humaine, est prélevée dans un cours d'eau ou une nappe d'eau souterraine. Elle est ensuite acheminée vers une usine de traitement de l'eau où elle subit divers traitements physiques, chimiques, physico-chimiques et biologiques; Ressource en eau avant tout traitement de potabilisation va dépendre à l'autorisation de prélever cette eau pour la rendre potable et la filière de potabilisation appropriée. Ces eaux superficielles destinées à la production alimentaire doivent répondre à des exigences de qualité très précises et fixés par des organismes spécialisés

Les eaux brutes utilisables pour fournir de l'eau destinée à la distribution sont classées en trois catégories de qualité :

- A1, bonne ; traitement physique simple et désinfection
- A2, moyenne ; traitement normal physique, chimique et désinfection
- A3, médiocre ; traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection.

II .6.Liste des sources d'eau potable:

- Les eaux libres de surface.
- Les eaux souterraines.
- L'eau de pluie.
- L'humidité de l'air.
- Les icebergs (en théorie).
- Les eaux chargées en sédiments, contaminants et pathogènes.
- L'eau de mer.

II .7.Les eaux souterraines

II .7.1.Généralités

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps, les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous.

- ✓ Turbidité faible, les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- ✓ Contamination bactérienne faible. Le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matières organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- ✓ Température constante, les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- ✓ Indice de couleur faible. Les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, sources de couleur.
- ✓ Débit constant. Contrairement à celle des eaux de rivière, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constantes durant toute l'année.
- ✓ Dureté souvent élevée. Les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des matériaux bivalents (Mg^{2+} , Ca^{2+} ,... etc.) responsables de la dureté.
- ✓ Concentration élevée en Fer et en Manganèse. Ces métaux, souvent présents dans le sol, sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous.[7]

II .7.2.Les problèmes de l'eau souterraine dans la région

D'une façon générale l'Etat des eaux se présente comme suit :

- Les eaux destinées à l'AEP ne répondent pas aux normes de potabilité notamment en ce qui concerne la minéralisation ;
- La dégradation de la qualité des eaux du Mio-pliocène (salinité) ;
- Les eaux de la nappe phréatique présentent une forte salinité (>15 g/l) ajouté à cela une contamination de cette nappe par les eaux usées, ce qui présente une menace de pollution pour les autres nappes ;
- Remontée des eaux;
- Connaissance et gestion des ressources en eau souterraines ;
- Forages profonds (accidents et techniques de bouchage) ;
- Préservation qualitative des ressources en eau ;

Selon l inventaire de l'ANRH édité en janvier 2005, les prélèvements de la nappe CT dans la cuvette de Ouargla sont 83 pour 222 forages exploités, tandis que les prélèvements dans la région de Ouargla, sont 74 pour 191 forages exploités. (ANRH 2004) .[2]

II .8.Alimentation en eau potable

Le réseau d'eau potable de la ville d'Ouargla est de type mixte, il a une longueur totale de 398,572 Km. Le système comprend 41 forages et 33 réservoirs. [5]

II .9.Dotation en eau potable

La dotation qui alimente les habitants de ville d'Ouargla est égale à 190 l/j/hab. [5]

II .10.Sel minéraux dissous dans l'eau

II .10.1.Elément nécessaires:

1- Calcium:

Considère comme un élément essentiel (99% dans le squelette), le calcium doit être fourni au corps humain à raison de 0.7 à 2g/J. Des concentrations élevées dans l'eau ne présentent pas de danger pour la santé. Le seuil de détection gustative se situe entre 100 à 300 mg/l. Dépendant de la température, du pH et de l'alcalinité de l'eau, la concentration en calcium constitue un facteur favorisant selon le cas, soit l'entartrage (forte teneur), soit la correction (faible teneur). Une teneur suffisante peut provoquer un léger dépôt de carbonate sur les conduites métalliques qui les protègent contre la corrosion.

2- Magnésium:

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. S'ils ne provoquent pas de phénomènes toxiques (sauf chez les personnes atteintes d'insuffisances rénales), les sels de magnésium, essentiellement les sulfates, peuvent avoir un effet laxatif à partir de 400 mg/l.

3- Sodium:

Pour le sodium contenu dans les eaux de boisson, il faut souligner que les valeurs limites varient en fonction de ressources disponibles et des habitudes alimentaires. Le sodium est le plus abondant des éléments alcalins. Ses composés largement répandus dans la nature, représentent 26 g/kg de la croûte terrestre.

5 – Chlorures :

Ils sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl₂). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, aux rejets des égouts.

6 -bicarbonates HCO₃

Les bicarbonates résultent de la dissolution de carbonate de calcium ou suite à l'hydrolyse de CO₂, comme le montre les équilibres chimiques suivants:

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

Leur concentration dépend de plusieurs facteurs tels que le pH, l'alcalinité ainsi que la température de milieu aqueux

7 – Les Sulfates:

La teneur en sulfate (SO₄⁻²) dans l'eau est liée aux composés alcalins de la minéralisation, l'excès de sulfates dans l'eau est de 400 mg/l

8 -Oxygène dissous

L'oxygène dissous dans l'eau agit essentiellement sur les réactions d'oxydoréduction qui met en jeu le fer, le magnésium, le cuivre et d'autres composés.

Généralement, les eaux souterraines sont dépourvues d'oxygène et elles nécessitent une aération avant leur utilisation pour la consommation.

II .10.2.Les éléments indésirables:**1-Le fer:**

Le fer est un élément chimique de numéro atomique 26, de symbole Fe .le corps simple est le métal et le matériau ferromagnétique le plus courant dans la vie quotidienne, le plus souvent sous forme d'alliages divers

2-Les Nitrates:

Le nitrates et un excès de nitrates dans les eaux de boisson peut provoquer une inflammation des muqueuses intestinales chez l'adulte. L'OMS considère comme limite maximale acceptable une concentration de 50 mg/l de nitrates.

3-Les nitrites:

Les nitrites et un excès de nitrites dans les eaux de boisson peut provoquer de l'hypotension chez les adultes et la méthémoglobinémie chez les nourrissons .Donc, il est conseillé qu'une eau potable ne doit pas contenir plus que 0.1mg/l en azote nitreux.

4-Les fluorures:

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

II .10.3.Les éléments toxiques :

Une pollution industrielle du captage ou une dégradation des réseaux de distribution peut entraîner la présence d'éléments toxiques dans l'eau, dangereux pour la santé en cas de consommation régulière. Les matières toxiques sont constituées de micropolluants minéraux (métaux lourds : chrome, cadmium, nickel...) ainsi que de substances telles que les cyanures, ou des molécules organiques présentant une action d'inhibition des mécanismes biologiques.

II .11.Économies d'eau potable:

Les principales façons de réduire réellement la consommation d'eau potable :

Le passage aux toilettes sèches, à litière bio-maîtrisée permet de réduire la consommation d'eau d'un ménage de 25 à 40 % tout en préservant l'environnement ;

La récupération d'eaux pluviales, dans une citerne en plastique ou en béton. Le béton permet de tamponner l'acidité naturelle de la pluie et minéraliser l'eau pour qu'elle ne corrode pas les tuyaux.

Une filtration adaptée est nécessaire pour certains usages domestiques

Les toilettes à faible débit ou les dispositifs comme les sacs tank bank permettent des économies de près de 10 mètres cubes par an

II.12.spécification et utilisation de Léau potable:

L'eau potable peut être définie comme l'eau pour boire, cuisiner, laver les légumes et les fruits, préparer les aliments et les boissons, baigner et laver le corps, nettoyer les vêtements et nettoyer d'autres objets ...etc

II.13. LES CRITÈRES DE POTABILITÉ DE L'EAU:

Pour pouvoir être consommée en toute sécurité, l'eau doit répondre à des critères de potabilité très stricte dictée par le Ministère de la Santé et le Conseil Supérieur du secteur d'Hygiène Publique. Ces normes varient en fonction de la législation en vigueur et selon qu'il s'agit d'une eau destinée à la consommation humaine ou d'une eau industrielle.

A ce jour, il existe 63 critères de potabilité de l'eau, que l'on peut regrouper en 5 grands paramètres :

1-Les paramètres physico-chimiques : ils correspondent aux caractéristiques de l'eau tels que le pH, la température, la conductivité ou la dureté de l'eau et délimitent les quantités maximales à ne pas dépasser pour certains composants comme les ions, les chlorures, le potassium et les sulfates.[10]

2-Les paramètres organoleptiques : ils concernent la couleur, le goût et l'odeur de l'eau. L'eau doit être agréable à boire, claire et sans odeur. Ces paramètres étant liés au confort de consommation, ils n'ont pas de valeur sanitaire directe.[9]

3-Les paramètres microbiologiques : ils permettent de contrôler que l'eau ne contient aucun germe pathogène, comme les virus, les bactéries ou les parasites, pouvant provoquer des maladies, voire des épidémies.

4-Les paramètres liés aux substances indésirables : ils concernent les substances telles que les nitrates, les nitrites et les pesticides.

5-Les paramètres liés aux substances toxiques : les micropolluants tels que l'arsenic, le cyanure, le chrome, le nickel, le sélénium ainsi que certains hydrocarbures sont soumis à des normes très sévères à cause de leur toxicité. Leur teneur tolérée est de l'ordre du millionième du gramme

II .14.Types de polluants de l'eau potable:

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

1-Polluants physiques: les polluants physiques comprennent toutes les substances qui affectent principalement l'apparence physique et les propriétés physiques de l'eau; Comme la matière organique en suspension dans les rivières et les ruisseaux, ou les sédiments résultant des processus d'érosion du sol.

2-Polluants chimiques: Les polluants chimiques comprennent des éléments et des composés naturels ou produits par l'homme. Tels que l'azote, les agents de blanchiment, les sels, les pesticides, les minéraux et les toxines produits par des bactéries ou des médicaments humains et animaux.

3-Polluants biologiques: comprennent les polluants biologiques ou microbes, les microorganismes présents dans l'eau; Tels que les bactéries, les virus, les protozoaires et les parasites.

4-Polluants radioactifs: Les polluants radioactifs comprennent des éléments chimiques qui peuvent émettre des rayonnements ionisants; En raison de ses atomes instables en raison de son nombre déséquilibré de protons et de neutrons; Calcium, uranium et plutonium.

II .15.Normes de potabilité:

Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur, qui permet de protéger les personnes dont la santé est les plus fragiles .ces normes ne sont pas définitives, étant donné que le déversement des eaux usées industrielles augmente la quantité et la diversité des produits toxiques présents dans une eau. Aujourd'hui on mesure plutôt les caractéristiques les plus appropriées et on les compare a des normes nationale (Algérienne) ou mondiale (OMS) [8].

Tableau II. 1. Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS (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	/
Résidu 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 .16.Conclusion:

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

Chapitre III : Techniques 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.[7]

III.1. Les causes de l'entartrage

L'entartrage est principalement causé par la présence d'ions Calcium (Ca^{2+}), Magnésium (Mg^{2+}) et Bicarbonate (HCO_3^-) dans l'eau. Le calcaire (carbonate de calcium : 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 (H_2O) et du dioxyde de carbone (CO_2) et se transforme en di-hydrogénécarbonate 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 CaCO_3

III .2.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: 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.[3]

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.[7]

III .4.Fiche d'analyse des eaux de forage [ADE Unité d'Ouargla]

Le traitement d'une eau brute après son captage dépend de sa qualité et de ses constituants, critères qui varient dans le temps. L'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée en continu avant de subir le traitement de potabilisation approprié.

Ce contrôle exécuté, l'eau subit plusieurs traitements avant d'être distribuée dans les circuits d'eau potable.

III .5.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 [38]. 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.

1- L'échangeurs d'ions :

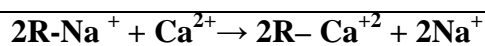
2-Décarbonatations à la chaux:

3- L'osmose inverse

4- Décarbonatation au carbonate de sodium (Na_2CO_3)

III .5.1.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 (Ca^{+2}) et magnésium (Mg^{+2}), responsables de la dureté de l'eau:



III .5.1.1.Principe de l'échange d'ions:

Pour l'échange d'ion on retrouve essentiellement des résines échangeuses d'ions [28]. 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 sulfonates 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.

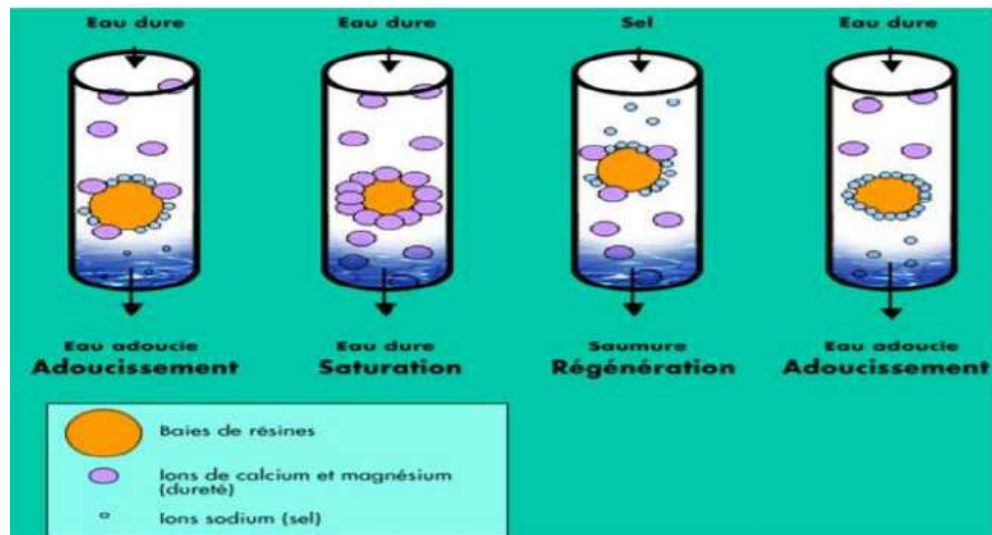
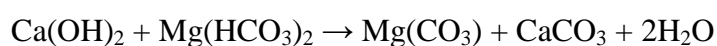
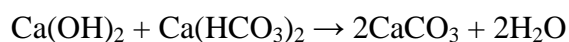


Figure III. 1.Principe de l'échange d'ion

III .5.2.Décarbonatations à la chaux:

Ce procédé est employé lorsque la dureté carbonatée est due essentiellement aux ions Ca^{2+} . Pratiquement, l'addition de la chaux entraîne la précipitation du 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 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.

III .5.3.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.

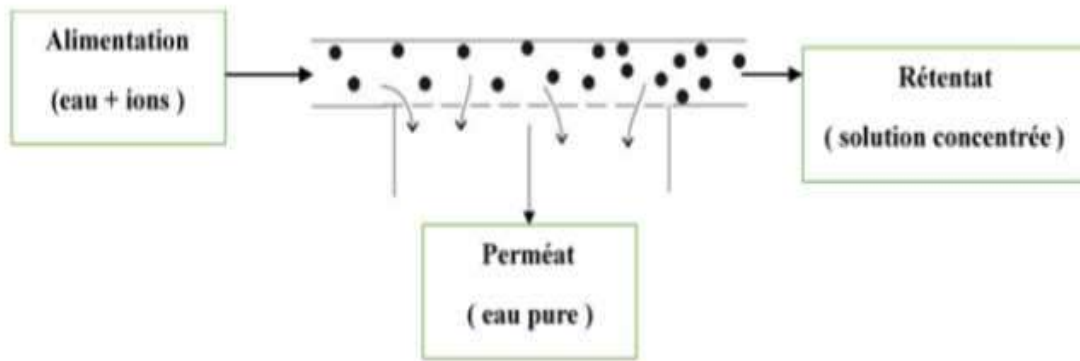


Figure III. 2.L'osmose inverse.

III .5.3.1.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/m²).

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.

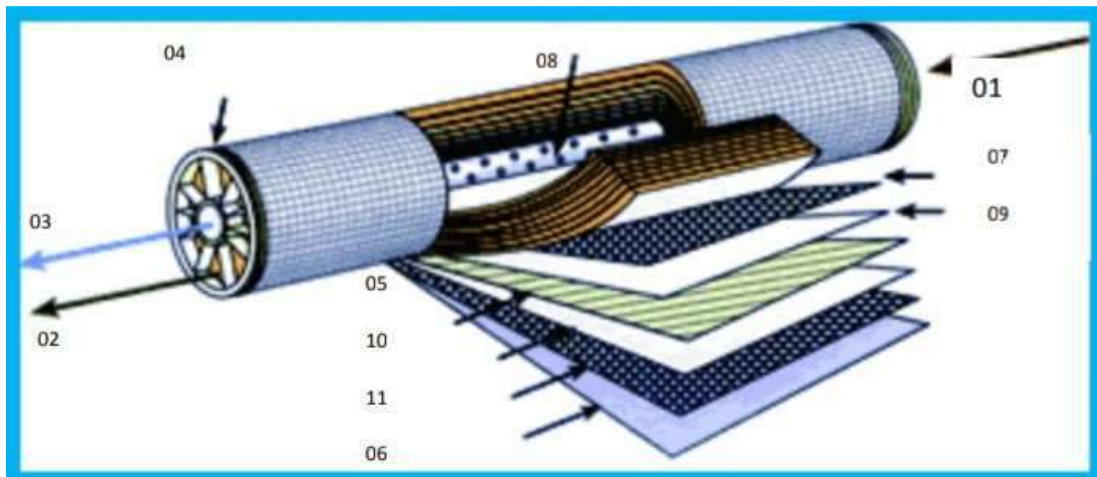


Figure III. 3. Modules Spirales

- 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 .5.4.Décarbonatation au carbonate de sodium (Na_2CO_3)

Le carbonate de sodium à 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.

III .6.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 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.

III.6.1. Adoucisseur d'eau au CO_2

C'est un adoucisseur qui permet, par injection de fines bulles de 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..[24] Mr DIAFI Radhwane



Figure III. 4. Adoucisseur d'eau au CO₂

III .6.2. 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. [25] Mr DIAFI Radhwane

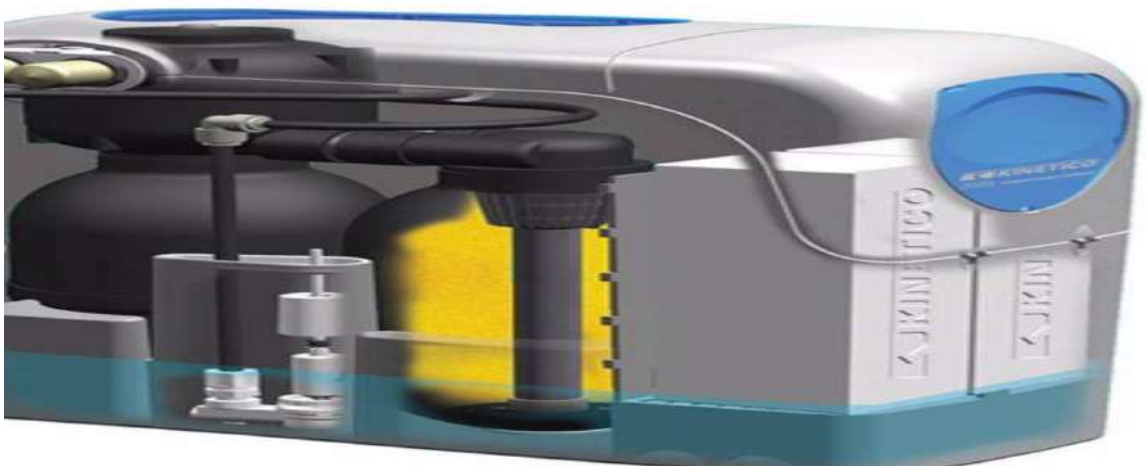


Figure III. 5. Adoucisseur d'eau sans électricité

III .6.3. 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. [26] Mr DIAFI Radhwane



Figure III. 6. Adoucisseur d'eau industriel

III.7. La dureté de l'eau:

La dureté d'une eau traduit sa teneur globale en ions calcium (Ca^{++}) et magnésium (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.

III .7.1. La dureté totale:

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

Tableau III. 1. Degré de dureté

Degré de dureté	Concentration en mg/l de CaCO_3
Douce	0-60
Modérément douce	60-120
Dure	120-180
Très dure	180 et plus

III .7.2. 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.

III .7.3.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)

III .7.4.Principaux éléments responsables de la dureté;

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

- **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'amenées. 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: $\text{TH} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$.

III .8.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 .9.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

Le pH de paillasse: Analyse de routine en laboratoire

Le pH portable: Endroits non-fixes



Figure III. 7.Types de pH-mètre

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.[5-6]



Figure III.8 .Type de conductimètre.

III.9. Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons abordé les différentes techniques et étapes importantes d'adoucissement de l'eau potable.

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 Daïra de Sidi Khouild 17871 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

P₀: nombre d'habitant actuel

T: taux d'accroissement

n: nombre d'année

T=2.35 %

n = 10 ans

$$P_{2018} = 17871(1 + 0.0235)^{10} = 22544 \text{ hab}$$

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_{moy} : débit moyen journalier

Le nombre d'habitant actuel de la daïra de sidi khouïld est égale à 17871 hab et la dotation est égale à 190 l/j

$$Q_{\text{moy,ac}} = 17871 * 190 = 3395.490 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{moy,fu}} = 22544 * 190 = 4283.360 \text{ m}^3/\text{j}$$

*** Détermination du débit maximal journalier**

Il est déterminé par la formule suivante:

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

Avec :

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

Dans notre cas on prend $K_j = 1.3$

$$Q_{\text{max j ac}} = 3395.490 * 1.3 = 4414.137 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{max j fu}} = 4283.360 * 1.3 = 5568.368 \text{ m}^3/\text{j}$$

*** Détermination de débit de pointe**

Il est déterminé par la formule suivante:

$$Q_{\text{point}} = Q_{\text{moy j}} * K_p \quad [4]$$

Avec :

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

Donc :

$$Q_{\text{pointe ac}} = 3395.490 * 1.5 = 5093.235 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{pointe fu}} = 4283.360 * 1.5 = 6425.04 \text{ m}^3/\text{j}$$

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 gravier de granulométrie 3 à 5 mm il existe en bas du filtre.

a. Calcul du filtre à sable

Les données :

- * Débit d'eau traitée = **6425.04 m³/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. [19]

- 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 ξ donnée et de diamètre dp par la formule suivante :

$$\frac{\Delta P}{L} = K \cdot \eta \cdot \frac{V_F}{\varepsilon} \cdot \left[\frac{(1-\varepsilon) \cdot 6}{dp \cdot \varepsilon} \right]^2 \quad [20]$$

Avec

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

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

η : 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 :

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

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

$$\Omega = Q_F / V_F$$

$$Q_F = 6425.04 \text{ m}^3/\text{j} = 267.71 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$= 267.71 / 8 \Omega$$

$$= 33.46 \text{ m}^2 \Omega$$

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

$$S = \Omega / 3$$

$$S = 11.15 \text{ m}^2$$

Le diamètre d'un filtre sera égal à :

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

$$D = [(4 \cdot S) / \pi]^{1/2} = [(4 \cdot 11.15) / \pi]^{1/2}$$

$$D = 3.77 \text{ m}$$

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 :

1-Les cartouches consommables

2-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 ²	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

$$Q_c = S * V = 0.3716 * 235.68$$

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

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

$$Q_{al} = \frac{Q_a}{3} = \frac{6425.04}{3} = 2141.68 \frac{\text{m}^3}{\text{j}}$$

C .nombre des cartouches dans chaque filtre

$$N = \frac{Q_{al}}{Q_c} \qquad N = \frac{2141.68}{87.58} = 24.45$$

Donc N=25 cartouches par filtre.

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

Donc: $\Delta p = 25 * 0.204 = 5.1$ 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 [24]] 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°	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 $1\text{m}^3/\text{j} = 264,2\text{ GPD}$
- 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 : $\Delta p_{\text{FRO}}/2 = 3\text{ psi}$

b.Méthode de calcul

Pour dimensionner le perméateur on suit les étapes suivantes :

- 1- 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.

- 2- 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 trévère le perméateur

- 3- 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.

- 4- 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.

5- Reminéralisations 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 :

$$Q_{wi0} = K_{wi0} (\Delta p_0 - \Delta \Pi_0) \quad [24] \text{] Anonyme: technical bulletin N°501, 1977 DUPONT CMOPANY}$$

Avec :

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

K_{wi0} : perméabilité initiale de membrane.

Δp_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)

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

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 Π peut être calculée à partir des deux expressions suivantes :

$$\Pi = 1,12 (T + 273) \sum m_i \text{ en (psi)} \quad [24]$$

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

Avec :

T : température en (°C)

m_i : molalité de la soluté i en (moles/1000 gr de H₂O)

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 :

$$\Delta \Pi = \Pi_{FR} = \frac{0,0385 * C_{FR0} * (T + 273)}{1000 - \frac{C_{FR0}}{1000}} \quad [24]$$

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

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

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

$$C_{R0} = 10000 \text{ ppm NaCl}$$

e. Concentration moyenne entre l'alimentation et le rejet

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

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

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

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

$$\Delta \pi = \pi_{FR} = \frac{0.0385 * CFR0 * (T+273)}{1000 - (\frac{CFR0}{1000})} = \frac{0.0385 * 5750 * (25+273)}{1000 - (\frac{5750}{1000})}$$

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

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

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

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 :

$$P C F = K'_{w i 0} \left(P_F - \frac{\Delta P_{FR}}{2} - \Pi_{FR} \right)$$

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

$$T C F = \frac{Q_w(T)}{Q_w(25^\circ c)} = 1.03^{(T-25)} \quad [24]$$

Avec :

TCF : facteur de correction du débit de production

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

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

D'où le débit corrigé :

$$Q_F = Q_{w i 0} * P C F * T C F * M F R C$$

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^{ème} étage est plus faible que celle du 1^{ère} étage du fait de la perte de charge à travers les perméateurs et différents raccords :

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

ΔP_{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 de Sidi Khouiled

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:

Tableau IV..3 .Caractéristiques des eaux brutes (source ADE 2020)

Constituants	Concentration en mg/l du forage sidi khouild 1
Ca ⁺²	280.56
Mg ⁺²	170.1
Na ⁺	0
K ⁺	0
Cl ⁻	803.15
SO ₄ ⁻²	760
CO ₃ ⁻	0
HCO ₃ ⁻	159.70
Somme	2173.51
TDS salinité	2173.51

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

La molalité est déterminée par la relation suivante :

$$\text{molalité} = \frac{\text{concentration} * 10^6}{1000 * \text{masse molaire} (10^6 - \text{salinité total})}$$

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 :

Tableau IV.4 ..Molalité en mol/1000.gr d'eau.10-3

Eléments	Forage sidi khouild 1	
	Concentration en mg/l	Molalité en mol/1000.gr d'eau.10 ⁻³
Ca ⁺²	280.56	7.027
Mg ⁺²	170.1	7.100
Na ⁺	0	0
K ⁺	0	0
Cl ⁻	803.15	22.66
SO ₄ ⁻	760	7.931
CO ₃ ⁻	0	0
HCO ₃ ⁻	159.70	2.622
La somme	2173.51	47.34

* 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.

$$m_t = \frac{47.34 * 10^{-3} * 30}{30}$$

$$m_T = 47.34 * 10^{-3} \text{ mol/1000 gr d'eau}$$

* 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:

$$C_F = \frac{1.12 * 47.34 * 10^{-3} * 10^6}{38.5 + 1.12 * 47.34 * 10^{-3}}$$

$$C_F = C_{F=} 1375.26 \text{ ppm NaCl}$$

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

$$C_{F1} = 1375.26 \text{ ppm NaCl}$$

On suppose $Y_1 = 50\%$

*Concentration en sels du rejet

$$CR1 = \frac{CF1}{1-0.5} = \frac{1375.26}{0.5}$$

$$C_{1CR1} = 2750.52 \text{ ppm NaCl}$$

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

$$C_{fr1} = \frac{CF1 + CR1}{2} = \frac{1375.26 + 2750.52}{2}$$

$$C_{FR} C_{FR1} = 2062.89 \text{ ppm NaCl}$$

* Pression osmotique de l'alimentation

$$\begin{aligned} PPF_1 &= 8.308 * 0.9 * (T + 273) * m_T \\ &= 8.308 * 0.9 * (25 + 273) * 47.34 * 10^{-3} \end{aligned}$$

$$PPF PPF_1 = 105.48 \text{ kpa}$$

*Pression osmotique de production

$$PPP_1 = 0.01 * PPF_1 = 0,01 * 105.48$$

$$PPP PPP_1 = 1.05 \text{ kpa}$$

*Pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet

$$ppfr1 = \frac{0.0385 * C_{fr1} * (T + 273)}{1000 - \left(\frac{C_{fr1}}{1000}\right)} = \frac{0.0385 * 2062.89 * 298}{1000 - \left(\frac{2062.89}{1000}\right)}$$

$$PPF PFR_1 = 23.71 \text{ pas}$$

***Facteur de correction de la production**

$$PCF_1 = K'_{wi0} \left(Pf_1 - \left(\frac{\Delta p_{fr0}}{2} \right) - pp_{FR1} \right) = 0.00302(400 - 3 - 23.71)$$

$$PCF_1 = 1.12 \text{ pas}$$

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

MFRC₁ = 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**

$$Q_{P1} = PCF_1 * TCF * MFRC_1 * Q_{wi0}$$

$$= 1,12 * 1 * 0,8 * 8.33$$

$$Q_{P1} = 7.46 \text{ GPM}$$

***Débit d'alimentation**

$$Q_{f1} = \frac{Q_{p1}}{Y_1} = \frac{7.46}{0.5}$$

$$Q_{F1} = 14.92 \text{ GPM}$$

*** Débit de rejet**

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

$$Q_R = 7.46 \text{ GPM}$$

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

$$Q_{fr1} = \frac{Q_{f1} + Q_{r1}}{2} = \frac{14.92 + 7.46}{2}$$

$$Q_{FR1} = 11.19 \text{ GPM}$$

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

$$SPCF_1 = \frac{(CF_0 * CFR_1)}{PCF_1 * CF_1 * CFR_0} = 1500 * \frac{2062.89}{1.12 * 1735.26 * 5750}$$

$$SPCF_1 = 0.35$$

***Taux de passage de sels**

$$SP_1 = SP_0 * SPCF_1 = 0,1 * 0,35$$

$$SP_1 = 0,035 = 35\%$$

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

$$TDS_{P_1} = SP_1 * TDS_0 = 0,035 * 2173.51$$

$$TDS_{P_1} = 76.07 \text{ mg/l}$$

***Les solides totaux dissous du rejet**

$$TDS_{R_1} = (1 - SP_1) * TDS_0 = (1 - 0,035) * 2173.51$$

$$TDS_{R_1} = 2097.43 \text{ mg/l}$$

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

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

$$\Delta P_{FR1} = 7.86 \text{ psi}$$

On applique les mêmes calculs dans les étages 2

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

Parameters	Formules	Unité	valeurs
Etage 2 Y₂ = 50%			
- Concentration de l'eau d'alimentation	- C _{F2} = C _{R1}	ppm NaCl	2750.52
- pression d'alimentation	- P _{F2} = P _{F1} - ΔP _{FR1} /2 - P _{BAL}	Psi	361.07
- concentration en sels du rejet	$C_{R2} = \frac{C_{F2}}{1 - Y_2}$	ppm NaCl	5501.04
- concentration moyenne en sels entre l'alimentation et le rejet	$C_{FR2} = \frac{C_{F2} + C_{R2}}{2}$	ppm NaCl	4125.78
- pression osmotique de l'alimentation	m ₂ = SP ₁ * m ₁ PPF ₂ = 8,308*0,9*(T + 273)*m ₂	mol/1000gr 'eau	0,00166 3.70
- Pression osmotique de production	PPP ₂ = 0.01*PPF ₂	Kpa	
- Pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet	$PPFR_2 = \frac{0,0385 * C_{FR2} (T+273)}{1000 - \frac{C_{FR2}}{1000}}$	Kpa	47.53 0.037
- facteur de correction de la production	$PCF_2 = K'_{wi0} (P_{F2} - \frac{\Delta P_{FR1}}{2} - PPFR_2)$	psi_	0,94
- facteur de correction du flux de rétention de la membrane	- MFRC ₂ = 0.825 à 359,67	Psi	0,825
- Débit de production	- Q_{P2} = PCF₂ * TCF * MFRC₂ * Q_{wi0}	GPM	6.46
- Débit d'alimentation	- Q _{F2} = $\frac{Q_{P2}}{Y_2}$	GPM	12.92
- Débit de rejet	- Q _{R2} = Q _{F2} - Q _{P2}	GPM	6.46
- Débit moyenne entre l'alimentation et le rejet	- Q _{FR2} = $\frac{Q_{F2} + Q_{R2}}{2}$	GPM	9.69
-Facteurs de correction du passage de sels	- SPCF ₂ = $\frac{C_{F0} * C_{FR2}}{PCF_2 * C_{F2} * C_{FR0}}$	-	0,42
-Taux de passage de sels	- SP ₂ = SP ₀ * SPCF ₂	-	0,042
- Les solides totaux dissous de la production	- TDSP ₂ = SP ₂ * TDSP ₁	mg/l	3.19
-Les solides totaux dissous du rejet	- TDSR ₂ = (1 - SP ₂) * TDSP ₁	mg/l	72.88
- Perte de charge à travers le perméateurs	- ΔP _{FR2} [Q _{FR2} = 13 GPM, on tir ΔP _{FR2} (voir l'annexe)]	Psi	6.81

***Calcul des conversions :**

Nous 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.

$$\text{Etage 1 : } 8 \times \text{QP1} = 8 \times 7.46 = 59.68 \text{ G0PM}$$

$$\text{Etage 2 : } 6 \times \text{QP2} = 6 \times 6.46 = 38.76 \text{ GPM}$$

*** Débit de production total :**

$$\text{QPT} = 59.68 + 38.76$$

$$\text{QPT} = 98.44 \text{ GPM}$$

Calcul du débit d'alimentation par la formule suivante:

$$Q_{ft} = \frac{Q_{pt}}{y_t} = \frac{98.44}{0.85} \qquad Y_t = 85\%$$

:

Q_{FT} = 115.8 1GPM

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

$$Y1 = (59.68 / 115.81) * 100$$

$$Y1 = 51.53\%$$

$$Y2 = (38.76 / 115.81 - 59.68) * 100$$

$$Y2 = 69.05\%$$

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

	Etage 01		Etage 02
Y_1	51.53%	Y_2	69.05%
C_F	1375.26	C_{F2}	2837.34
P_F	400	P_{F2}	361.19
C_R	2837.34	C_{R2}	9167.50
C_{FR}	2106.3	C_{FR2}	6002.42
M	0.04734	m_2	0,00170
PPF	105.48	PPF_2	3.79
PPP	1.0548	PPP_2	0.0379
$PPFR$	24.21	$PPFR_2$	69.28
PCF	1.13	PCF_2	0,87
$MFRC$	0,8	$MFRC_2$	0,828
TCF	1,00	TCF_2	1,00
Q_P	7.53	Q_{P2}	6.00
Q_F	14.61	Q_{F2}	8.69
Q_R	7.08	Q_{R2}	2.69
Q_{FR}	10.85	Q_{FR2}	5.69
$SPCF$	0.36	$SPCF_2$	1.20
SP	0.036	SP_2	0.12
$TDSP$	78.25	$TDSP_2$	9.39
$TDSR$	2095.26	$TDSR_2$	68.86
ΔP_{FR}	7.63	ΔP_{FR2}	4.00

* Calcul des nouvelles conversions

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

$$\text{Etage 1 : } Q_{P1} = 8 * 7.53 = 60.24 \text{ GPM}$$

$$\text{Etage 2 : } Q_{P2} = 6 * 6.00 = 36 \text{ GPM}$$

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

$$\text{Donc : } Q_{PT} = 60.24 + 36$$

$Q_{PT} = 96.24 \text{ GPM}$
--

Calcul de débit d'alimentation par la formule suivante

Soit une alimentation :

$$Q_{ft} = \frac{Q_{pt}}{y_t} = \frac{96.24}{0.85}$$

$$Y_t = 85\%$$

$$Q_{FT} = 113.22 \text{ GPM}$$

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

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

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

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

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

	Etage 1		Etage 2
Y ₁	53.20%	Y ₂	67.95%
C _{F1}	1375.26	C _{F2}	2938.59
P _{F1}	400	P _{F2}	361.39
C _{R1}	2938.59	C _{R2}	9168.77
C _{FR1}	2156.93	C _{FR2}	6053.68
m ₁	0,04734	m ₂	0,00175
PPF ₁	105.84	PPF ₂	3.90
PPP ₁	0,10548	PPP ₂	0.0390
PPFR ₁	24.80	PPFR ₂	69.88
PCF ₁	1,12	PCF ₂	0,87
MFRC ₁	0,80	MFRC ₂	0,828
TCF ₁	1,00	TCF ₂	1,00
Q_{P1}	7.46	Q_{P2}	6.00
Q _{F1}	14.02	Q _{F2}	8.83
Q_{R1}	6.56	Q _{R2}	2.83
Q _{FR1}	10.29	Q _{FR2}	5.88
SPCF ₁	0,37	SPCF ₂	0,62
SP ₁	0,037	SP ₂	0.062
TDSP ₁	80.42	TDSP ₂	4.98
TDSR ₁	2093.09	TDSR ₂	75.43
ΔP _{FR1}	7.23	ΔP _{FR2}	4.10

*** Calcul des nouvelles conversions**

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

$$\text{Etage 1 : } Q_{P1} = 8 * 7.46 = 59.68 \text{ GPM}$$

$$\text{Etage 2 : } Q_{P2} = 6 * 6.00 = 36 \text{ GPM}$$

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

$$\text{Donc : } Q_{PT} = 59.68 + 36$$

$$Q_{PT} = 95.68 \text{ GPM}$$

Calcul de débit d'alimentation par la formule suivante :

$$Q_{ft} = \frac{Q_{pt}}{y_t} = \frac{95.68}{0.85} \qquad Y_t = 85\%$$

$$Q_{FT} = 112.56 \text{ GPM}$$

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

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

Ces résultats sont en bon accord avec les premiers.

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

$$Q_{spc} = \frac{Q_{pt}}{14} = 95. \frac{68}{14} = 6.83 \text{ Gpm/perméateur}$$

*** 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} = débit d'eau brute x conversion totale

$$Q_{WT} = 6425.04 * 0,85 * 264,2 / (24 * 60)$$

$$Q_{WT} = 1001.99 \text{ GPM}$$

$$N_t = (1001.99) / (6.83) = 146.70 \approx 147 \text{ perméateurs D'où :}$$

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

Le calcul se fait comme suit :

$$n = \frac{N_t}{1} = \frac{147}{1} = 147 \text{ perméateur}$$

*** Calcul de la disposition par étage**

Etage 1 : $147(8/14) = 84$ perm

Etage2 : $147(6/14) = 63$ perm

*** Calcul des débits de production en m³/j**

Etage 1 : $84 * 7.53 = 632.52$ Gpm

Etage2 : $63 * 6 = 378$ Gpm

Donc le débit de production d'une ligne devient :

$$Q_{Pt} = 632.52 + 378$$

$$Q_{Pt} = 1010.52 \text{ GPM}$$

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

$$Q_{PT} = 1 * Q_{Pt} = 1 * 1010.52$$

$$Q_{PT} = 1010.52 \text{ GPM}$$

$$Q_{PT} = 5507.75 \text{ m}^3/\text{j}$$

*** Calcul du débit de rejet**

$$Q_{rt} = 1 * 63 * 2.83$$

$$Q_{RT} = 178.29 \text{ GPM}$$

*** Calcul de la conversion totale**

$$Y_T = \frac{Q_{PT}}{Q_{PT} + Q_{RT}} = \frac{2663,24}{2663,24 + 465,6} * 100$$

$$Y_t = \frac{Q_{pt}}{Q_{pt} + Q_{rt}} = 1010. \frac{52}{1010.52 + 178.29} * 100$$

$$Y_T = 85,00\%$$

***- Prévission de qualité d'eau osmose**

*** Calcul de la concentration moyenne**

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

$$[Ca^{+2}]_{moy} = 280.56 \text{ mg/l}$$

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

Les ions	Concentration moyenne mg/l
Ca ⁺²	280.56
Mg ⁺²	170.1
Na ⁺	0
K ⁺	0
cl ⁻	803.15
SO ₄ ⁻	760
CO ₃ ⁻	0
HCO ₃ ⁻	159.70
TOTAL	2173.51

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

Avec :

Les valeurs ci-dessous dans le tableau

$$Y_1=53.20\% \quad Q_{P1}=59.68 \text{ GPM} \quad SP_1=0,037$$

$$Y_2=67.95\% \quad Q_{P2}=36 \text{ GPM} \quad SP_2=0,062$$

Etage 1

*** Concentration du l'eau produite**

$$[Ca^{+2}]_{P1}=SP_1 * [Ca^{+2}]_F=0.037*280.56$$

$$[Ca^{+2}]_{P1}= 10.38\text{ppm}$$

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

$$[Ca + 2]_{R1} = \frac{[Ca+2]-y1*[Ca+2]_{P1}}{1-y1} = \frac{280.56-0.5320*10.38}{1-0.5320}$$

$$[Ca^{+2}]_{R1}= 587.69\text{ppm}$$

Etage 2

*** Concentration du l'eau produite**

$$[Ca^{+2}]_{P2}=SP_2 * [Ca^{+2}]_{R1}=0.062*587.69$$

$$[Ca^{+2}]_{P2}= 36.44\text{ppm}$$

***Calcul de la concentration moyenne**

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

$$= \frac{30,39 * 8,8 + 17,56 * 20,33 + 7,11 * 46,01}{55,06}$$

$$[ca + 2]_{moy} = \frac{Q_{p1} * [ca+2]_{p1} + Q_{p2} * [ca+2]_{p2}}{Q_{pt}}$$

$$= 59.68 * 10.38 + 36 * 36.44 / 95.68$$

$[Ca^{+2}]_{moy} = 20.19 \text{ ppm}$

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

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

Els.	Etage1				Etage2		
	Aliment en ppm	SP1 %	Prod En ppm	Rejet en ppm	SP2 %	Prod En ppm	conce moy en ppm
Ca⁺²	280.56	0,037	10.38	587.69	0,062	36.44	20.18
Mg⁺²	170.1		6.29	356.31		22.09	12.23
Na⁺	0		0	0		0	0
K⁺	0		0	0		0	0
cl⁻	803.15		29.72	1682.35		104.31	57.78
So₄⁻²	760		28.12	1591.97		98.70	54.68
CO₃⁻²	0		0	0		0	0
HCO₃⁻	159.70		5.91	334.52		20.74	11.49

Remarque

On remarque que l'eau osmose à une salinité de 156.36ppm, alors que l'eau été à une salinité de 2173.51 ppm avant la déminéralisation.

Les résultats obtenus présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV. 10. Tableau récapitulatif de tous les résultats

Les arrangements	Les étages	Taux de conversion par étage Yi (%)	Nombre de perméateurs par étage	Débit de production par étage en (m ³ /j)	Nombre de perméateurs total	Taux de conversion globale en %	Q _{PT} en (m ³ /j)	Salinité résiduelle TDSPT en (mg/l)
8/6	1^{ère}	53.20	84	3447.55	147	85%	5570.75	156.36
	2^{ème}	67.95	63	2060.29				

IV.4.1.4. Reminéralisations

Les eaux produite très douce par rapport 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} = 2173.51 mg/l
- Salinité d'eau produite TDS_P = 156.36 mg/l
- Salinité d'eau potable pour les normes algérienne TDS_N = 500 mg/l
- Débit d'eau produit Q_P = 5507.75 m³/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 :

$$TDS_N = (\sum Q_i * TDS_i) / \sum Q_i$$

Donc :

$$TDS_N = (TDS_{PU} * Q_A + TDS_P * Q_P) / Q_P + Q_A$$

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

$$Q_A = ((500 - 156.36) * 5507.75) / (2173.51 - 500)$$

$$= 1130.97 \text{ m}^3/\text{j}$$

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

$$Q = 5507.75 + 1103.97 = 6638.72 \text{ m}^3/\text{j} = 76.83 \text{ l/s}$$

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

$$Q = 120 \text{ m}^3/\text{l} \quad H_{mt} = 66 \text{ m} \quad p = 15 \text{ kw}$$

- Pompe immergé : 02 pompes type Sp-181-C/8 les caractéristiques suivent

$$Q = 145 \text{ m}^3/\text{l} \quad H_{mt} = 87 \text{ m} \quad p = 20 \text{ kw}$$

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

$$Q = 90 \text{ m}^3/\text{l} \quad H_{mt} = 80 \text{ m} \quad p = 40 \text{ kw}$$

IV.5.Conclusion

La station dimensionnée pour la déminéralisation des eaux de consommation à la Daïra de sidi khouiled 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 pathogènes.

**Chapitre V : Etude 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

Tableau V.1 .Prix de la construction de l'unité [22]

N°	Nature des ouvrages	Unité de mesure	Quantité	Prix. U DA	Prix total DA
1	Bâtiment (hangar)	Unité	01	30 000 000	30 000 000
2	Clôture	m L	150	25 000	3 750 000
3	Pose de conduite	m L	300	4000	1 200 000
4	Deux réservoirs	Unité	2	70 000 000	150 000 000
				Total	184 950 000

V .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 : - 02 pompes immergées installé pour l'alimentation de l'unité

- 02 pompes centrifuges.
- 03 pompes hautes pression installé pour les étages.

Tableau V.2 .Prix de l'équipement principal et auxiliaire (E) [26]

N°	Nature de l'équipement	Nombre	Prix unitaire	Prix total DA
1	Tronsformateur	01	5 200 000	5 200 000
2	Groupe électrogène	01	10 667 600	10 667 600
3	Pompes immergées	02	326 000	652 000
4	Pompes centrifuges	02	253 000	506 000
5	Pompes haute pression	03	875 555	2 626 665
			Total	19 652 265

V.3. Prix de l'équipement de l'osmoseur

Tableau V.3 ..Prix de l'équipement de l'osmoseur [23]

N°	Nature de l'équipement	Nombre	Prix unitaire	Prix total DA
1	Membranes	147	150 000	22 050 000
2	Corps des membranes	18	250 000	4 500 000
3	Filtre à cartouche	75	2 500	187 500
4	Corps du filtre à cartouches	3	93 000	279 000
5	Filtres à sables	3	840 000	2520 000
	Appareille de dosage du l'eau de javelle	02	120 500	241 000
6	Appareille qui injectée Antiscalon	02	120 500	241 000
7	Ensemble des tuyaux sou pression (PVC)	200 ml (Φ80)	200	40 000
8	Ensemble des tuyaux haut pression (inox)	150 ml (Φ63)	400	60 000
			Total	30 118 500

Les prix mentionnés dans les tableaux et 28 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 : **234 720 765 DA**

V .4.Charges annuelles d'exploitation (A)

Les charge annuelles d'exploitation se composent de:

- * Coût d'investissement direct et indirect par an.
- * Charges de personnels
- * L'amortissement et les charges de maintenances et de réparation.
- * L'énergie consommée. [19]

V.5. 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

$$C_{II}/10 =: 234720765/10 =: 23\ 472\ 076,5\ \text{DA}$$

V.6. 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.4 ..charge de main-d'œuvre [4]

N°	Fonction	Nombre	Durée (mois)	Salaire	Total salaire
1	Chef d'exploitation	01	12	40 000	40 000
2	Ingénieur	01	12	34 000	34 000
3	Technicien	02	12	23 600	47 200
4	Agent de sécurité	02	12	18 750	37 500
5	Ouvrier	02	12	17 010	34 020
6	Femme domage	02	12	12 750	25 500
7	jardinier	01	12	15 100	15 100
				Total	233 320

Pour le tableau, 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.7. 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.

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 suivant partie entretien et réparation.

Les résultats trouvés dans le tableau suivant rentrent dans les charges annuelles.[19]

Tableau V.5 ..Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station [19]

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	15 867 600	10	1 586 760	3,8	602 968.8
2	Pompes	3 784 665	20	756 933	3,8	143 817.27
3	Pose des conduites	1200 000	5	60 000	2,2	26 400
4	Deux Réservoir	150 000 000	3,5	5 250 000	2,2	3 300 000
5	Clôture	3 750 000	3,5	131 250	2,2	82 500
6	Bâtiments	30 000 000	3,5	1 050 000	2,2	660 000
7	Appareille qui injectée antiscalon	241 000	50	120 500	3,8	9 158
8	Appareille de dosage du chlore	241 000	50	120 500	3,8	9 158
9	Filtres à sables	2 520 000	50	1 260 000	1,2	30 240
10	Corps du filtre à cartouches	279 000	10	27 900	2,2	3 348
11	Filtre à cartouche	187 500	2400	4 500 000	10	18 750
12	Corps des membranes	4 500 000	5	225 000	2,2	99 000
13	Membranes	22 050 000	100	22 050 000	1,5	330 750
14	Ensemble de tuyaux (pvc)	40 000	3	1200	2,2	880
*15	Ensemble de tuyaux (inox)	60 000	5	1200	2,2	1 320
			T	37 141 243	Total	5 318 290.07

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.8. Coût de l'énergie électrique

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

Le prix de 1Kwh est 8 DA

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

$$p_t = \sum np_i$$

Avec :

P_i : puissance de chaque pompe

n : nombre des pompes

$$P_t = 2*15 + 2*20 + 3*40 = 190 \text{ kw}$$

$$C_E = 8*190 = 1\,520 \text{ DA /h}$$

$$\text{Donc : } C_E = 13\,315\,200,00 \text{ DA/ans}$$

V.9. Calcul du prix du m^3 d'eau produite par osmose inverse

V.9.1. 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 :

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

$$\text{Coût}_{1p} = C / Q_{P/AN}$$

A cette valeur s'ajoute la T.V.A (Taxe à la Valeur Ajoutée) qui est 17% du Coût 1

Donc ;

Le coût $_{Tp}$ total est :

$$\text{Le coût}_{Tp} = \text{Coût}_1 * (1 + 0.17)$$

Application :

V.9.2. Charges annuelles d'exploitation

$$C = 234\,720\,765 + (37\,141\,243 + 5\,318\,290.07) + 233.320 + 13\,315\,200,00 = 290\,728\,818 \text{ DA/ans}$$

$$\text{Coût}_{1p} = 290\,495\,731.6 / (5507,75 * 365) = \mathbf{144.61 \text{ DA/m}^3 \text{ HT}}$$

$$\text{Donc Coût}_{Tp} = 144.50 * 1,17 = 169.20 \text{ DA/m}^3 \text{ TTC}$$

Coût$_{Tp}$ = 169.20 DA

V .10.Prix de vente P_v

Le coût calculé $coût_T$ représente le prix de revient d' $1m^3$ 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 :

$$P_v = Coût_{1p} * (1,2)$$

Application :

$$P_v = 169.20 * 1,2 = 203.04 \text{ DA}$$

$P_v = 203.04 \text{ DA}$

V .11.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.

* Organisation de l'entretien de la station

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.[22]

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 :

***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 continue 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.

*** 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.

*** 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.[12]

*** 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 Cp
- * Concentrât Cc

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 $T= 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 dégradés 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 : $C_{\text{moy}} = (C_{\text{lim}} + C_{\text{c}})/2$

* Taux de rejet : $\text{Rej} = 1 - C_{\text{p}}/C_{\text{moy}}$

* 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 d3:onne 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

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

$Q_{\text{C nom}}$ et $Q_{\text{p nom}}$ 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 $Q_{\text{C nom}}$ et $Q_{\text{p nom}}$

Nous avons maintenant 2 valeurs : le débit de perméat à 30 °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, ΔP_{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.

- Nettoyage des membranes

Il est inévitable qu'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 °C et $P_{\text{moy}} = P_{\text{nominale}}$ a baissé de 10 à 15%
- 2- P_{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 [12]

V.12. 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 produit est estimé à **203.04 DA**.

Toutefois, la bonne gestion de la station dimensionnée permet une exploitation vigilante et une durée de vie plus longue.

Conclusion général

Conclusion générale

A L'issue de cette étude, nous pouvons conclure beaucoup des choses :

La région fait partie du grand Sahara septentrional, elle est caractérisée par un climat désertique aride avec des températures extrêmes en été (plus de 50 °C) et des précipitations faibles, Les eaux de la région d'Ouargla sont des eaux légèrement saumâtre, dure et de qualité médiocre à mauvaise, et ceci nous ramène penser à la nécessité de procéder au déminéralisation et à la réalisation des stations des traitements.

Dans notre région, le procédé utilisé est celui de la déminéralisation par l'osmose inverse. A l'aide de ce procédé, on obtient une eau déminéraliser et cela revient de la sélectivité de membrane d'osmose inverse qu'il s'agit d'un fort taux de rétention pour tous les sels (95%). L'eau osmosée est nettement en dessous des critères de potabilités d'une eau de consommation humain sur le plan physico-chimique, une ré-minéralisation est indispensable pour obtenir une eau qui répond au goût agréable des consommateurs toujours en respectant les normes.

Dans notre étude, nous avons discuté de la possibilité d'améliorer la qualité de l'eau potable dans la commune de Sidi Khouiled, c'est la raison de la réalisation d'une étude sur la mise en place d'une usine de déminéralisation par osmose inverse.

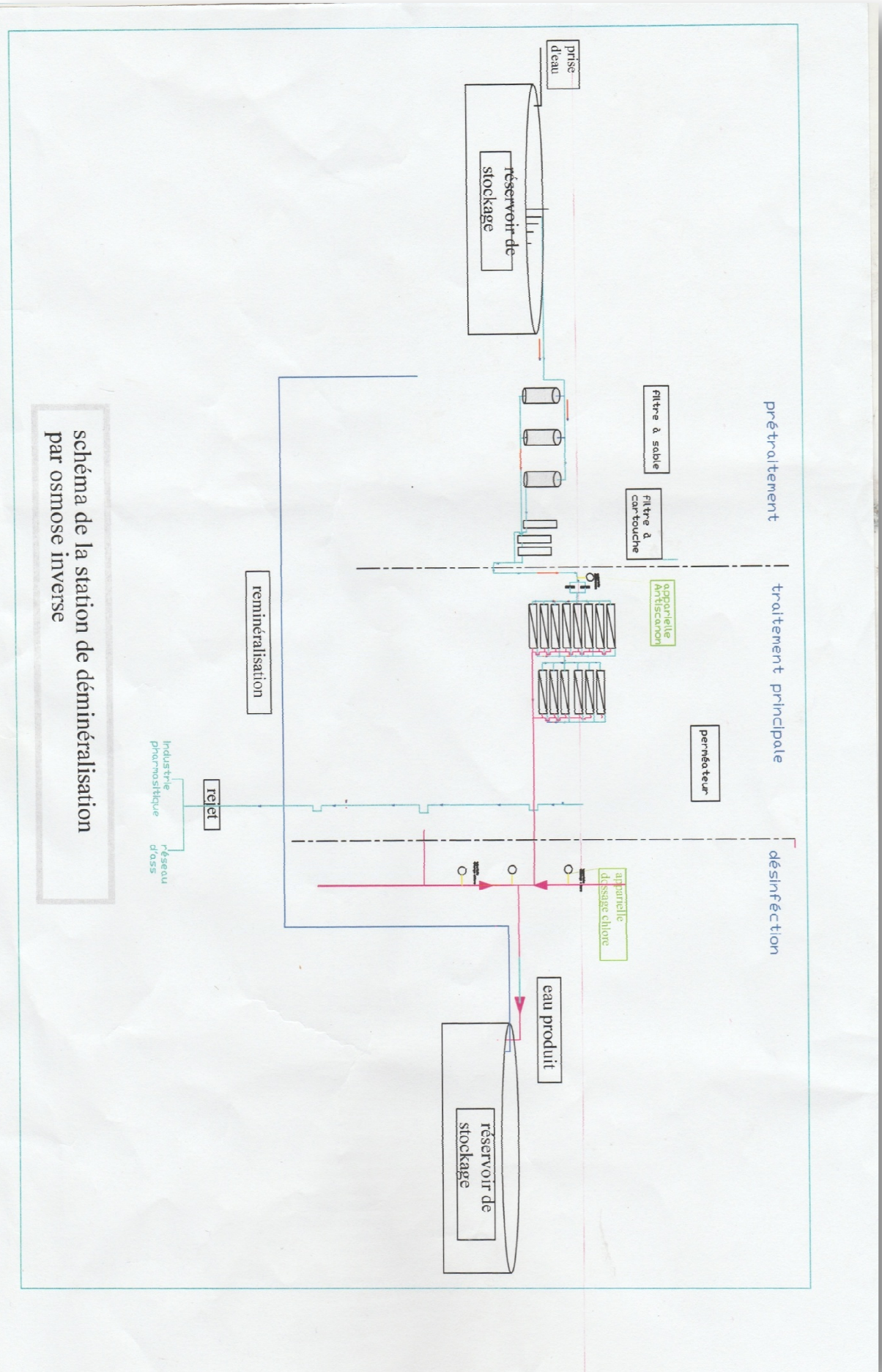
Les résultats ont été très satisfaisants, car nous avons pu réduire la salinité totale de l'eau (TDS) de 2173.51 à **156.36** (mg/l).

Références bibliographiques

- 1 Harez Amira, Djelailia Hanane, etude d'une station de traitement et de production d'eau potable à partir d'un forage « hôpital el-hadjar », mémoire de master, u.b.m. annaba, P 7-18.
- 2 Mr LIMANE AHMED, Etude géochimique des nappes du complexe terminal (CT) dans la cuvette d'ouargla, mémoire de master, université kasdi merbah –Ouargla , P 4-14.
- 3 Khouadja brahim & Ataouat brahim, contribution à l'étude d'adoucissement des eaux Souterraines (cas dela région d'ouargla), université kasdi merbah –Ouargla, P 4
- 4 Abdelkader Salhi, transformations spatiales et dynamiques socio-environnementales de l'oasis d'Ouargla (Sahara algérien). Une analyse des perspectives de développement, thèse de doctorat en géographie, aix-marseille université [ecole doctorale « espaces cultures sociétés » (ED 355) laboratoire population environnement développement], décembre 2017, P 49.
- 5 Mme Bencheqba-rabha k, Cours introduction aux techniques d'analyse, Le laboratoire d'Aquaculture et de bioremediation, université d'oran, 1mai 2004, P 2-7.
- 6 RANDRIAMASINDRANTO Harisanjy Haja, conception d'un conductimètre a l'aide de la plate-forme arduino, MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE LICENCE EN INGÉNIERIE PETROLIÈRE, UNIVERSITE D'ANTANANARIVO, P 3.
- 7 A. kettab (docteur d'état en hydraulique, maître de conférence à l'E.N.P), «Traitement des eaux (les eaux potables) », (1992).
- 8 A.khadraoui ,s.taleb, « Qualité des eaux dans le sud algérien (potabilité pollution et impact sur le milieu) », (2008).
- 9 Dégrément, « memento technique de l'eau », première édition, (1952).
- 10 A. Dupont, dydrologie-captage et traitement des eaux, hydraulique, Tome 1, Ed 5, Paris (1981).
- 11 H.tardath et j.p.beaudry, « chimie des eaux, les griffons d'argile », (1984).
- 12 Henri Roque, « Fondement théorique du traitement chimique des eaux » vol. I et II, technique et documentation, Lavoisier, Paris (1990).
- 13 H.ouahrani, « Suivie de la stabilité des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau », Université de Bejaia, (2012).

- 14 Belmabedi.A.(2016-2018) Cour de procédés membranaires. univ. Ouargla
- 15 Contribution a l'étude de la dureté des eaux des nappes souterraines de la région d'el oued souf et les procédés d'adoucissement (25 .26 .29)
- 16 Etude du caractère incristant des eaux et son inhibition par des essais chimiques et électrodeposition 46-3
- 17 Baouia Kaisse (2003) .traitement d'adoucissement de l'eau de ouade righe. Magistère université d'Ouargla-5
- 18 Etude de stations de déminéralisation de la ville de Ouargla :cas des stations gharboze,ziaina et bamandil-6
- 19 Etude expérimentale sur l'adoucissement de l'eau par précipitation chimique
- 20 Mr DIAFI Radhwane, étude expérimentale sur l'adoucissement de l'eau par précipitation chimique, université abou bekr belkaid, Diplôme de Master, 2015
- 21 Djellakh Boubakeur Selfaoui Messaoud, conception d'une station de déminéralisation des eaux potables pour la ville de Djamaa wilaya de l'oued, , université kasdi merbah –Ouargla ,mémoire de master,2008
- 22 Anonyme: technical bultin N°501, 1977 dupont company
- 23 دراسة المخطط التوجيهي لشبكة الصرف الصحي لمنطقة النشاطات و التوسع العمراني بسيدي خويلد ورقلة جوجي أمينة وقاد مريم.
- 24 دراسة ابعاد محطة نزع الحديد من المياه الجوفية بمنطقة سيدي بوضلاح بولاية ايليزي 19-18-17

Annexe : Plan Proposé D'une Station De Déminéralisation à Sidi Khouiled Ouargla



Résumé

Les ressources en eau souterraines dans la région de Ouargla, sont représentées, comme partout ailleurs dans les régions du Sahara septentrional, par deux grands systèmes aquifères superposés : le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT).

La conséquence de la qualité des eaux de consommation de la région d'Ouargla qui est caractérisée par une forte salinité de l'ordre 3 g/l, cette dernière, influe sur la santé du consommateur, qui provoque dans certain cas l'apparition des maladies graves. Pour cela il est nécessaire de trouver une méthode de dessalement efficace pour son traitement

On a essayé de dimensionner une station pour améliorer la qualité de l'eau à la daïra de Sidi Khouiled par le procédé de Séparation membranaire qui fonctionne sur le principe de l'osmose inverse.

Les résultats de l'analyse montrent que l'eau produite après traitement est potable, et que le prix finale de vente est de l'ordre de : $P_V = 203.04 \text{ DA/m}^3$

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

المخلص

تتمثل موارد المياه الجوفية في منطقة ورقلة كما في مناطق الصحراء الشمالية, في نظامين مائيين مترابطين هما الطبقة القارية والمركب النهائي.

نتيجة لنوعية مياه الشرب هذه في منطقة ورقلة والتي تتميز بارتفاع نسبة الملوحة تصل إلى 3 مغ/ل, وتأثير هذه الأخيرة على صحة المستهلك, فتتسبب في بعض الأحيان في ظهور أمراض خطيرة.

لهذا وجب علينا إيجاد طريقة تحلية فعالة لمعالجتها, ومن هذا المنطلق حاولنا تجسيد محطة تحسين جودة مياه الشرب بدائرة سيدي خويلد تعمل على الفصل باستخدام الأغشية بمبدأ التناضح العكسي.

في الأخير أظهرت نتائج تحليل الماء الناتج عن المعالجة أنه صالح للشرب وضمن المعايير الجزائرية و أن سعر البيع النهائي هو: $P_V = 203.04 \text{ DA} / \text{m}^3$.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية, المياه الصالحة للشرب, نزع الاملاح, الجودة, التناضح العكسي, الخام, أغشية, التحليل الفيزيو كيميائي.

Summary

Groundwater resources in the region of Ouargla are represented as everywhere elsewhere in the northern Sahara regions, by two large superimposed aquifer systems: the Continental intercalaire (CI) and complexe terminal (CT)

The consequence of the quality of drinking water in the Ouargla region, which is characterized by a high salinity of the order of 3g/ l, the latter influences the health of the consumer, who in some cases causes the onset of serious illnesses. For this it is necessary to find an efficient desalination method for its treatment.

We tried to size a station to improve the quality of water at the Daira of Sidi Khouiled by the membrane separation process which works on the principle of reverse osmosis.

The results of the analysis show that the water produced from the treatment is drinkable, and that the final sale price is of the order of: $P_V = 203.04 \text{ DA} / \text{m}^3$

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