



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : Réutilisation des eaux non conventionnelles

THEME :

Etude de l'état de déminéralisation des eaux saumâtres et dimensionnement d'une station de déminéralisation dans la Willaya d'OUARGLA

Présenté par
YAGOUB Zohra

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr KAHLERRAS Djillali	M.C.A	Président
Mme KHALED HOULI Samia	M.A.A	Examineur
Mme MEDJDOUB LEULMI Sonia	M.A.A	Examineur
Mr TOUIL Youcef	M.C.B	Promoteur

Session novembre 2021

Remerciement

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes vifs remerciements :

Tout d'abord je rends grâce à Dieu tout puissant pour sa miséricorde et sa bonté infinie.

** Je remercie mon encadreur **TOUIL Youcef** qui a une grande contribution dans l'accomplissement de ce travail. pour ces conseils et ses consultations qui m'ont tout aidé à la réalisation de mon projet.*

** A tout le corps enseignants et le personnel de l'**ENSH** qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.*

** Aux membres de jury qui auront à juger et à apprécier ce travail.*

** Je tiens aussi à remercier mes amis qui m'ont aidé pendant la réalisation de projet.*

** je remercie toutes les personnes sans exception que j'ai rencontrée pendant ces cinq dernières années car cette aventure a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

* *La mémoire de mon défunt oncle décédé la semaine passée ;*

*Mes chers parents symbole de grands sacrifices, de courage,
d'humilité et d'amour sans qui rien de tout ça n'aurait jamais été
Possible, que Dieu les protège et leur procure une longue vie en
bonne santé, et à qui j'espère pouvoir rendre un jour ne serait-ce
qu'une partie de tout ce qu'ils m'ont offert*

* *A tous mes frères et ma sœur Rozlane.*

* *A Amara MAHKOUFIA*

* *A tou(s) (tes) mes ami(s) (es).*

* *Toute ma promotion, en générale et tous les étudiants de l'option
RENC en particulier*

Yagoub Zohra

ملخص:

يتم تمثيل موارد المياه الجوفية في منطقة ورقلة، كما هو الحال في أي مكان آخر من مناطق شمال الصحراء، من خلال نظامين كبيرين مترابطين لطبقات المياه الجوفية: النتوء القاري المتمثل في منسوب المياه البيضاء ومجمع المحطة التي تضم أهم الطبقات حيث تشتهر منطقة ورقلة بملوحة مياهها. لذلك من الضروري تحسين جودتها من خلال طرق تحلية المياه.

تُستخدم جميع المياه تقريباً لتموين السكان وللسقي، حيث تُعتبر المورد المائي الوحيد المتوفر في هذه المنطقة على الرغم من هذه الوفرة، إلا أن جودة هذه المياه تظل من المتوسط إلى السيئ مع نسبة عالية من المعادن وتتجاوز المعايير التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية.

للقيام بذلك، يجب المطالبة بمعايير صارمة لتحسين جودة هذه المياه وضمان صلاحيتها للشرب وفقاً للمعايير الوطنية والدولية، قبل تعبئتها للمستهلكين.

الهدف الرئيسي من عملنا هو إنشاء دراسة مقارنة بين تقنيات التنقية المختلفة (تقنياً واقتصادياً) مما أدى إلى تأهيل التناضح العكسي لمزيد من الحسابات. ثم اقتراح تحجيم محطة التحلية بمنطقة ورقلة.

الكلمات المفتاحية: التنقية، الجودة، الاقتصاد، التناضح العكسي، التصريف، مياه الشرب

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) Représenté dans La nappe albienne et le Complexe Terminal (CT) qui comprend les nappes les plus important le Moi-pliocène et le Sénonien.

La région d'Ouargla est connue par la salinité de ses eaux ; aussi convient-il d'en améliorer la qualité par des méthodes de dessalement des eaux.

Dont la quasi-totalité des eaux est destinée à la l'alimentation de la population et à l'irrigation, car elle est considérée comme la seule ressource hydrique disponible dans cette région. Malgré cette richesse, la qualité de ces eaux reste néanmoins de médiocre à mauvaise avec une minéralisation élevée et dépassant les normes recommandées par l'OMS. Pour cela, il faut exiger des critères rigoureux pour améliorer la qualité de ces eaux et garantir leur potabilité selon les normes nationales et internationales, avant de les mobiliser aux consommateurs.

Notre travail a pour but principal l'établissement d'une étude comparative entre les différentes techniques de déminéralisation (techniquement et économiquement) ce qui a eu pour ressort la qualification de l'osmose inverse pour la suite des calculs. Puis, de proposer un dimensionnement de la station de dessalement (NEZLA) dans la région d'Ouargla

Mots clé : déminéralisation, qualité, économie, osmose inverse, rejet, eau potable

Abstract

The underground water resources in Ouargla are represented, as everywhere else in the regions of the northern Sahara, by two large superimposed aquifer systems: the Continental Intercalary (CI) and the Complexe Terminal (CT), which includes the most important aquifers of the Mio-Pliocene and the Senonian. The region of Ouargla is known for the salinity of its waters; it is therefore necessary to improve its quality by water desalination methods. Almost all of the water is used for fulfilling the population needs and for irrigation, as it is considered the only water resource available in this region. Despite this richness, the quality of these waters remains from mediocre to bad with a high mineralization and exceeding the standards recommended by the WHO. To do this, rigorous criteria must be achieved to improve the quality of these waters and guarantee their potability in accordance with national and international standards, before mobilizing them to consumers. The main goal of our work is to establish a comparative study between the different demineralization techniques (technically and economically) which resulted in the qualification of reverse osmosis for further calculations, then, to propose a sizing of the desalination plant (NEZLA) in Ouargla.

Keywords: demineralization, quality, economy, reverse osmosis, discharge, drinking water

Table des matières

Remerciements	I
Dédicaces	II
Résumé	IV
Sommaire	V
Liste des Figures	VII
Liste des Tableaux	IX
Liste des abréviations	X
Introduction générale	1

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

Introduction.....	4
I.1 Les techniques séparatives à membranes utilisées dans le traitement des eaux	4
I.1.1 Adsorption.....	5
I.1.2 Echange d'ions.....	5
I.1.3 Les différentes filières	5
I.2 L'osmose inverse.....	6
I.3 Généralités sur les membranes.....	9
I.3.1 Les différents types de membranes.....	9
I.3.2 Critères de choix des membranes.....	11
I.3.3 Mode de fonctionnement des systèmes membranaires.....	12
I.3.4 Fabrication des membranes.....	13
I.3.5 Géométrie des membranes et des modules.....	14
I.4 Nano-filtration.....	16
I.5 Electrodialyse.....	17
I.6 Distillation.....	18
I.7 Critères de choix d'un procédé de dessalement.....	21
I.7.1 Critères économiques.....	21
I.7.2 Critères techniques.....	21

Conclusion	22
-------------------------	----

CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

Introduction	24
II.1 Situation géographique.....	24
II.2 Situation topographique.....	25
II.3 Description géologique.....	26
II.3.1 Séismicité.....	26
II.3.2 Géologie du site.....	27
II.4 Situation climatologique.....	30
II.4.1. La température.....	30
II.4.2 La précipitation.....	31
II.4.3 Diagramme ombrothermique.....	32
II.4.4 Vitesse de vent.....	32
II.4.5 Humidité.....	32
II.4.6 Taux d'isolation.....	33
II.4.7 L'évaporation.....	33
II.4. 8 Diagramme d'Emberger.....	33
Conclusion	34

CHAPITRE III : Quantification de la ressource et estimation des besoins

Introduction	36
III.1 Ressources en eaux souterraines.....	36
III.1.1 la nappe phréatique.....	36
III.1.2. Le Continental Intercalaire (CI).....	36
III.1.3 Le Complexe Terminal (CT).....	37
III.2 Estimation des épaisseurs mouillées.....	38
III.3 Description de l'état de secteur de l'eau de la ville d'Ouargla.....	38
III.3.1 les forages.....	38
III.3.2 Les normes de potabilité.....	39
III.4 Les besoins.....	40
III.4.1 Evolution de la population.....	41
III.4.2 Taux d'accroissement.....	41
III.4.3 Evolution de la population de Touggourt a différents horizons.....	42

III.4.4. Dotation nette domestique autres usages et autres usages	42
III.4.5 Calcul des besoins en eau potable.....	43
III.5 Critères de potabilité d'une eau destinée à la consommation.....	45
III.5 .1 Les paramètres organoleptiques.....	45
III.5.2 Les paramètres physico-chimiques.....	45
III.5.3 Les paramètres bactériologiques.....	46
Conclusion	47

CHAPITRE IV : Etat des lieux des stations des déminéralisations dans la ville d'Ouargla et les différentes techniques utilisées

Introduction.....	49
IV.1 Historique de déminéralisation et de dessalement dans la willaya d'Ouargla.....	49
IV.1.1 La différence entre le dessalement et la déminéralisation.....	49
IV.2 Caractéristiques des eaux des eaux saumâtres	50
IV.3 Les stations de déminéralisation dans la ville da Ouargla par la méthode d'osmose inverse	50
IV.3.1 Les stations de déminéralisations Gharbouz(S1) ,Zyayna(S6) et Bamendil Village(S8)	50
IV.4 Station de déminéralisation Sarl Ben Amor Frères à Ouargla.....	51
IV.4.1. Caractéristiques du forage	52
IV.4.2 Les caractéristiques de la pompe utilisée dans le forage.....	53
IV.4.3 Réservoir de l'eau brute.....	53
IV.4.4 Préfiltration	53
IV.4.5.Filtre à sédiment.....	54
IV.4.6.Filtre à cartouche de 5 microns	54
IV.4.7 Membranes de l'osmose inverse.....	55
IV.4.8 Désinfection.....	56
IV.5 Station de dessalement NEZLA à Touggourt.....	57
IV.5.1 Tour de refroidissement	58
IV.5.2 Dosage chimique à l'entrée des tours.....	58
IV.5.3 Réservoir d'eau brute	59
IV.5.4 Station de pompage de gavage.....	59
IV.5.5 Filtre à sable	59
IV.5.6 Filtres à cartouches.....	60

IV.5.7 Drainage de l'eau test prétraitement.....	60
IV.5.8 Mise en pression de l'eau d'alimentation.....	60
IV.5.9 Blocs d'osmose inverse.....	61
IV.5.10 Bache d'eau osmose	62
IV.5.11 Système de rinçage des membranes.....	62
IV.5.12 Système de mélange.....	62
IV.5.13 Dosage des produits chimiques Post-traitement.....	62
IV.5.14 Système de nettoyage des modules.....	63
IV.5.15 Réservoir d'eau traitée 2×5000m3	63
IV.5.15 Réservoir d'eau traitée 2×5000M3.....	63
IV.5.16 Système de télégestion.....	63
IV.5.17 Rejet de la saumure.....	63
IV.6 Description des stations de traitement des eaux (électrodialyse et Osmose inverse) de la région HAUOD BERKAOUI	63
IV.6.1.Station traitement des eaux saumâtres par électrodialyse.....	63
IV.6.2 Description les stations de MAA-SAFI (HAOUD BERKAOUI).....	67
Conclusion :	68

CHAPITRE V : Dimensionnement de station de dessalement

Introduction.....	70
V.1 Bases de conception et données nécessaires pour la conception d'une unité de déminéralisation.....	70
V.1.1 Les caractéristiques de l'eau brute	70
V.1.2 Les conditions environnementales	71
V.1.3 Relation entre les conditions d'opération et le colmatage des membranes.....	71
V.2 la chaine de traitement de la station de Nezla	72
V.2.1 Prétraitement	73
V.2.2 Le prétraitement chimique	74
V.2.3 Le prétraitement physique.....	77
V.3 Mode de calcul	78
V.3. 1 Les caractéristiques des tours de refroidissement	79
V.3. 2 La quantité d'eau de lavage nécessaire.....	80
V.3.3 Filtration à cartouche.....	83
V.3.4 Unité d'osmose inverse	85
V.3.5 Les différents types de montage de l'installation d'OI	86

V.4 Technologies de la reminéralisation.....	88
V.5 Stockage et impulsion de l'eau produite et de rejet	92
V.6 Limitations de l'osmose inverse	108
V.6.1 Définition du colmatage.....	113
V.6.2 Origine du colmatage	113
V.6.3 Les conséquences du colmatage	114
V.6.4 Les types de colmatage	122
V.7 Le nettoyage des membranes.....	123
V.7.1 Les rétrolavages	124
V.7.2 Les nettoyages chimiques	125
V.7.3 Nettoyage enzymatique	126
V.8 Prévention du colmatage.....	127
Conclusion.....	128

CHAPITRE VI : Organisation de chantier et devis estimative

Introduction	130
VI.1 travaux de réparations et installation de chantier.....	131
VI.1.1 Installations destinées aux personnels.....	131
VI.1.2 Installations destinées au stockage des matériaux.....	131
VI.1.3 Installations destinées à la réparation des engins.....	131
VI.2 Moyens des travaux de chantier.....	131
VI.2.1 Moyens humains.....	132
VI.2.2 Moyens matériels.....	132
VI.3 Planification.....	133
VI.3.1 Attribution des durées de chaque opération.....	134
VI.3.2 Méthode basée sur le réseau.....	134
VI.3.3 Symboles des différentes opérations.....	135
VI.4 Devis quantitatif et estimatif.....	135
VI.4.1 Coût d'investissement.....	135
VI.4.2 Coût du système de contrôle.....	136
VI.4.3 Cout du transport des équipements et leurs mises en œuvre.....	136
VI.4.4 Coût auxiliaire	136
VI.5 Calcul économique.....	137
VI.5.1 L'investissement.....	137

VI.5.2 Coût de la construction de l'unité.....	137
VI.5.3 Coût de Prise d'Eau	137
VI.5.4 Coût de la partie génie civile.....	137
VI.5.5 Coût de l'équipement principal et auxiliaire.....	137
VI.5.6 Coût des Membranes	137
VI.5.6 Coût de Système d'Energie	137
VI.5.7 Coût d'Exploitation.....	138
VI.5.8 Coût de Consommation d'Energie	142
VI.5.9 Charge du personnel	143
VI.5.10 Coût d'Entretien.....	143
VI.5.11 Coût de Consommation des produits chimique.....	144
VI.5.12 Coût de Changement des Membranes.....	144
VI.5.13 Coût Global de la station	145
VI.5.14 Montant total avec la TVA.....	145
VI.5.15 Prix Unitaire du Mètre Cube d'Eau Traité.....	145
Conclusion :.....	146

CHAPITRE VII : Protection et sécurité de travaille

Introduction.....	148
VII.1 Aspect hygiène, sécurité et environnement.....	148
VII.2 Les facteurs de risque professionnel.....	148
VII.2.1 Les risques mécaniques.....	149
VII.2.2 Les risques physiques.....	149
VII.2.3 Les risques chimiques.....	149
VII.2.4 Les risques biologiques.....	149
VII.2.5 Les risques radiologiques.....	150
VII.2.6 Les risques psychologiques.....	150
VII.3 Les facteurs liés à l'ambiance de travail.....	151
VII.4 Les conditions liées aux facteurs de risques.....	152
VII.5 Politique de santé et sécurité de travail SST en Algérie.....	152
VII.6 Les mesure de prévention.....	152
VII.6.1 Les règles de base.....	152
VII.6.2 Les consignes d'urgence.....	152
VII.6.3 Permis de travail.....	153

VII.7 Mise hors tension, séparation, verrouillage, étiquette.....	153
VII.8 Travaux en hauteur.....	153
VII.9 Procédure en cas de blessure.....	154
VII.10 Procédure en cas de personne électrisée.....	154
Conclusion.....	154

Conclusion général

Références bibliographiques

Annex

Liste des figures

Figure I.1 : Principe d'un système de dessalement (Source : Pastor Jean)

Figure I.2 : Système d'échangeur d'ions. (FNDA ,2002)

Figure I. 3 : Différents composés rencontrés dans les eaux naturelles et les techniques permettant leur élimination (BOUCHARD 2000)

Figure I.4 : Principe de l'osmose inverse (FNDA ,2002)

Figure I.5 : Principales techniques de déminéralisation

Figure I.6 : Installation de dessalement d'eau

Figure I.7 : Schéma du principe de fonctionnement d'une membrane

Figure I.8 : Principales caractéristiques des matériaux membranaires Prix moyens

Figure I.9 : Présentation du fonctionnement de la filtration frontale

Figure I.10 : Présentation du fonctionnement de la filtration tangentielle

Figure I.11 : Etapes de fabrication d'une membrane

Figure I.12 : Module à membrane tubulaire (TAKABAIT Fatah, 2012)

Figure I.13 : Module spiralé (Wintsi, 2017)

Figure I.14 : Principe de l'ultrafiltration (FNDA ,2002)

Figure I .15: Principe de l'électrodialyse

Figure I.16 : Distillateur à simple effet (Techniques de l'Ingénieur, 2010)

Figure I.17 : Distillateur à multiple effets (Techniques de l'Ingénieur, 2010)

Figure I.18 : Distillation à détente successives (Techniques de l'Ingénieur, 2010)

Figure I.19 : Schéma de principe de la compression de la vapeur

Figure II.1 : Situation géographique de la zone d'étude

Figure II.2 : Carte topographique de la zone d'étude

Figure II.3 : Carte de zonage sismique du territoire national

Figure II.4 : Extrait de la carte géologique d'Ouargla

FigureII.5 : Logs stratigraphiques des forages à travers la cuvette d'Ouargla (ANRH, 1994)

FigureII.6 : Carte de situation des forages albiens et des traits de coupes géologiques (ANRH, 2000)

Figure II. 7 : Evaluation des températures moyennes annuelles d'Ouargla

Figure II.8 : Cumul précipitations moyennes annuelles d’Ouargla (2000-2020)(ANRH Ouargla)

Figure II.9 : Diagramme ombrothermique d’Ouargla

Figure II.10: Diagramme d’Emberger pour l’année 2020

Figure III.1 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (UNESCO, 1982)

Figure IV .1 : Organigramme montrant les étapes du traitement de l'eau potable.

Figure IV .2 : Filtre à sédiment

Figure IV .3 : Filtre à cartouche 5 microns (Station Sarl Ben Amor).

Figure IV .4 : Membranes d'osmose inverse (Station Sarl Ben Amor)

Figure IV .5 : Javellisation (station Sarl Ben Amor).

Figure IV .6 : conductimètre et la vanne électrique de station électrolyse.

Figure IV .7: Station de traitement de l’eau par l’osmose inverse (MAA-SAFI).

Figure V.1 : Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse (culture Sciences-chimie, 2010).

Figure V.2 : Filtration sous pression (techniques de l’ingénieur, 2000).

Figure V.3 : sable et anthracite (Hubert Cabana, 2009).

Figure V.4 : Mécanismes de colmatage

Figure VI.1 : Réseau à flèches.

Figure VI.2 : Réseau à nœud

Figure VI.3 : Réseau à nœud pour la réalisation du projet

Figure VI.4 : Réseau à noeud pour la réalisation du projet.

Liste des tableaux

- Tableau II.1 :** Températures annuelles moyennes d'Ouargla (2012-2020)
- Tableau II.2 :** Cumul des précipitations moyennes annuelles d'Ouargla (2000-2020)
- Tableau III.1:** Étendue et volume des ressources en eaux souterraines.
- Tableau III.2:** Récapitulatif des systèmes aquifères d'Ouargla
- Tableau III.3 :** les caractéristiques des aquifères du Sahara Septentrional
- Tableau III.4:** les taux d'accroissement de population
- Tableau III.5:** les taux d'accroissement de population.
- Tableau III.6 :** les taux d'accroissement de la ville d'Ouargla et la commune de Touggourt.
- Tableau III.7 :** Evolution démographique de la ville d'Ouargla commune Touggourt
- Tableau III.8:** Dotation par l'hypothèse volontariste.
- Tableau III.9:** Dotation de la ville d'Ouargla commune Touggourt.
- Tableau III.10 :** Estimation des besoins domestique en eau potable de Touggourt.
- Tableau III.11:** Récapitulatif des besoins en eau de la willaya d'Ouargla.
- Tableau III.12 :** Estimation des pertes en eau potable de la ville d'Ouargla commune de Touggourt.
- Tableau IV.1 :** les noms et les caractéristiques des trois stations.
- Tableau IV.2 :** Capacité de traitement et taux de conversion.
- Tableau IV.3 :** les caractéristiques techniques du forage.
- Tableau IV .4 :** Les caractéristiques du forage de la station.
- Tableau IV .5 :** Les caractéristiques de la pompe utilisé dans le forage.
- Tableau IV .6 :** Présente le débit d'eau brute
- Tableau IV .7 :** Présente le débit de mélange
- Tableau IV .8 :** Un degré de javel chloré représente 3,17ppm de Cl₂ qui est 0,317% massique.
- Tableau IV .9 :** Les caractéristiques les plus significatives des membranes.
- Tableau IV .10 :** les caractéristiques par ligne.
- Tableau V.1 :** Avantages et inconvénients entre les techniques de filtration à sable lente et rapide
- Tableau V.2 :** Caractéristique des composantes du média filtrant
- Tableau V.3 :** Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau à traiter.
- Tableau V.4 :** Caractéristiques des eaux de lavage.

Tableau V.5 : Récapitulation de la chaine de prétraitement.

Tableau V.6 : Caractéristiques des pompes haute-pression.

Tableau V.7 : les résultats du calcule.

Tableau V .8 : Facture de correction du flux de rétention de la membrane en fonction de la pression, de la température et du temps

Tableau V .9 : les résultats des valeurs calculées sont résumés dans le tableau 1^{ère} itération.

Tableau V .10 : les résultats des valeurs calculées sont résumés 2^{ème} itération

Tableau V .11 : les résultats des valeurs calculées sont résumés

Tableau V .12 : les résultats des valeurs calculées sont résumés 1^{ère} itération (2/1)

Tableau V .13: les résultats des recalculs sont résumés 2^{ème} itération (2/1)

Tableau. V .14: Valeurs des capacités recalculées (1^{ère} itération)(3/2/1)

Tableau. V .15 : Valeurs des capacités recalculées (2^{ème} itération) (3/2/1)

Tableau .V.16 : Valeurs des capacités recalculées (5/3/1)

Tableau .V.17 : Valeurs des capacités recalculées avec les nouvelles conversions (1^{ère} itération) 5/3/1.

Tableau V.18 : les résultats des calculs sont présentes (7/5/3)

Tableau .V.19 : les résultats des calculs sont présentes (7/5/3) (1^{ère} itération)

Tableau .V.20 : les résultats des calculs sont présentes (7/5/3) (2^{ème} itération)

Tableau .V.21 : La détermination de la concentration moyenne des cinq forages pour
Chaque ion

Tableau .V.22 : Calcul de la concentration de l'eau osmosé pour la disposition 5/3/1

Tableau .V.23 : Calcul de la concentration de l'eau osmosé pour la disposition 3/2/1

Tableau .V.24 : Calcul de la concentration de l'eau osmosé pour la disposition 7/5/3

Tableau .V.25 : Tableau récapitulatif de tous les résultats

Tableau V.26 : caractéristiques du système de pompage à la sortie de la station

Tableau VI.1 : Montant du système de forage et d'adduction d'eau brute

Tableau VI.2 : Montant de l'ensemble de la tuyauterie et des accessoires

Tableau VI.3 : Montant de l'ensemble du système énergétique et de pompage

Tableau VI.4 : Montant de l'ensemble des salaires annuels.

Liste des planches

Planche n°1/4 : Plan d'équipement de la station dessalement NEZLA (W.Ouargla)

Planche n°2/4 : Profil en long du forage (Ain Sahra1)

Planche n°3/4 : Profil en long du forage Sidi Mahdi 3

Planche n°4/4 : Plan des accessoires

Liste des abréviations

abréviations	signification
MES	Matières en suspension
MVS	Matières volatiles en suspension
DBO5	Demande biochimique en Oxygène
DCO	Demande chimique en Oxygène
NTK	L'azote total de KJEDAHL
TA	Titre alcalimétrique
TAC	Titre alcalimétrique complet
TH	Le titre hydrométrique
T	Température
GP	Gallon par jour
J	Jour
GPM	Gallon par minute
μ s/cm	Microsiémens par centimètre
SA	Subdivision agricole
AEP	Alimentation en eau potable
NPP	Le nombre le plus probable
NF	Nanofiltration
OMS	Organisation mondiale de la santé
ED	Electrodialyse
MA	Membrane anionique
MC	Membrane cationique
UF	Ultrafiltration



**Introduction
Générale**

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est la vie pour tous les êtres vivants, elle couvre les trois quart (3/4) de la Surface terrestre, et environ les deux tiers (2/3) du corps humain. L'eau interagit avec l'énergie solaire pour déterminer le climat, et elle transforme et transporte les substances physiques et chimiques nécessaires à toute vie sur Terre. Sans l'eau, la terre ne serait qu'un astre mort, et aucune vie humaine, végétale, ou animale n'existerait. Mais est ce que toutes les eaux sont potables et consommable pour l'homme ?

L'eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser la préparation de nets sans risque pour la santé. Les origines des eaux de consommation sont multiples (eaux de surface, eaux Souterrains), mais ceux qui répondent aux normes de potabilités sont très peu nombreuses (Eaux souterraines).

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 élevée qui dépasse les normes présente un problème majeur, face à des conditions climatiques 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 semble être la solution incontournable.

L'Algérie n'échappe malheureusement pas à cette situation de raréfaction de ce précieux liquide, les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. Elle reçoit approximativement 90 milliards m³ de pluie par an, dont 85% s'évaporent et le reste s'infiltre dans le sol. En matière de ressources souterraines, le volume exploitable est estimé à 1,8 milliards m³ au nord (SASS, 2003). Au sud et exactement dans le Sahara Septentrional, d'importantes ressources en eau existent telles que la nappe du Continentale Intercalaire (CI) et celle du Complexe Terminal (CT).

Pour le Sahara septentrional algérien, l'essentiel des ressources est constitué par les eaux souterraines. Ces dernières, contenues dans les formations continentales du continental intercalaire (C.I) et du complexe terminal (C.T) constituent l'un des plus vastes réservoirs hydrauliques du monde (BEL et CUCHE, 1970 ; CDTN, 1992), dont les potentialités mobilisables sont estimées à 5 milliards de mètres cubes d'eau (ANRH, 1986).

INTRODUCTION GENERALE

Malgré la richesse de cette région en eau souterraine, elle présente néanmoins des qualités médiocres à mauvaises. La qualité des eaux souterraines au Sahara diffère d'une région à une autre et d'un aquifère à un autre, mais d'une manière générale la qualité des eaux dans Les différentes régions sahariennes et notamment, celles situées au centre et au nord du Sahara (Ouargla, El oued, Biskra etc...) est très mauvaise, surtout celle destinée à l'alimentation en eau potable dans la région de Ouargla notre région d'étude et où la vente de l'eau se fait par camion transporteur et par des commerçants privés à partir de points d'eau très éloignés des centres urbains.

L'accroissement démographique dans la partie sud-est de la wilaya d'Ouargla, nécessite des besoins en eau de plus en plus croissants. La sécheresse et les risques de pollution des eaux souterraines nécessitent une attention particulière, mais le problème majeur réside dans les teneurs élevées en sel.

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

Il y a plusieurs techniques de dessalement sont choisis par rapport les conditions techniques et économiques.

Dans ce contexte, notre étude aura pour objectif le dimensionnement de la station de déminéralisation des eaux saumâtres de la ville d'Ouargla. Les principaux objectifs fixés dans le cadre de ce travail sont :

- L'estimation des besoins et des ressources en eaux de la région d'Ouargla.
- La comparaison entre les différents process de déminéralisation des eaux saumâtres et les différentes stations existant dans la willaya d'Ouargla.
- Le dimensionnement de la station de déminéralisation NEZLA pour satisfaire les besoins en eaux de la région



Chapitre I :

Synthèse bibliographique

Introduction :

L'Algérie à l'instar d'autres pays est confrontée à la problématique de l'eau, beaucoup d'efforts ont été consentis pour juguler cet épineux problème qui freine le développement socio-économique du pays. Néanmoins le manque et la rareté des pluies pénalisent la politique hydraulique entreprise par état qui est surtout axé sur la mobilisation de ces ressources naturelles par voir de captage. L'eau est obtenu à partir ces ressources, est caractérisée par fortes donc, L'Algérie dispose de ressources en eau très limitées, ce déficit fait que l'Algérie est classée 14eme pays manquant le plus d'eau et qu'en 2025.

I.1 Les techniques séparatives à membranes utilisées dans le traitement des eaux :

Le dessalement des eaux concerne bien sûr l'eau de mer mais aussi les eaux saumâtres. Elles se différencient par leur concentration en sels dissous et par leur composition. Pour les océans, l'eau de mer contient en moyenne 35 grammes de sels par litre, constitués à 86% de chlorure de sodium et 13% de carbonate et sulfate de magnésium et de calcium.

Pour produire de l'eau douce à partir d'eau salée, il faut introduire l'eau brute dans un système auquel on apporte de l'énergie (Figure I.1). Il est beaucoup plus facile et avantageux d'extraire l'eau plutôt que le sel. On peut en effet choisir de ne retirer qu'un peu ou beaucoup d'eau, alors qu'il faudrait extraire tout le sel pour obtenir ne serait-ce qu'une goutte d'eau douce. En pratique, pour éviter d'avoir à gérer les 35 kilogrammes de sel contenus dans chaque mètre cube d'eau traitée (Pastor Jean, Pauli Anne-Marie (1995)).

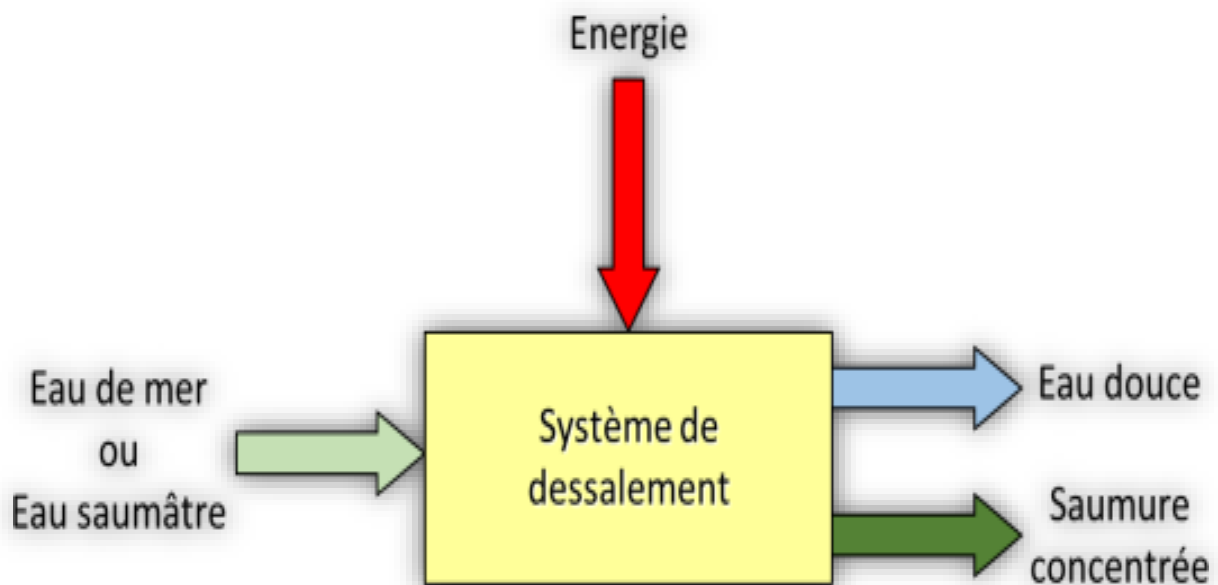


Figure I.1 : Principe d'un système de dessalement (Source : Pastor Jean, Pauli Anne-Marie).

I.1.1 Adsorption :

a. Définition : L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules de gaz ou de liquides (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant). Le phénomène inverse, par lequel les molécules adsorbées sur une surface s'en détachent (à haute température ou de basse pression) se nomme la désorption. (Source :Office Internationale de l'eau)

b. Utilisation : On utilise l'adsorption pour éliminer les substances humiques (couleur), les goûts, les odeurs, les phénols et plusieurs substances toxiques non-biodégradables.

I.1.2 Echange d'ions :

- a. **Définition :** l'échange d'ions est une opération par laquelle une substance insoluble (résine) attire un ion positif ou négatif d'une solution et rejette un autre ion de même signe. (Source : OMS, 1980)
- b. **Utilisation :** on recourt surtout d l'échange d'ions pour adoucir l'eau et pour réduire les concentrations d'azote et de phosphore dans l'eau.
- c.



Figure I.2 : Système d'échangeur d'ions. (FNDA ,2002)

I.1.3 Les différentes filières :

Le tableau ci-dessous présente le champ d'application des différentes techniques de filtration classique et des différentes techniques de séparation par membrane.

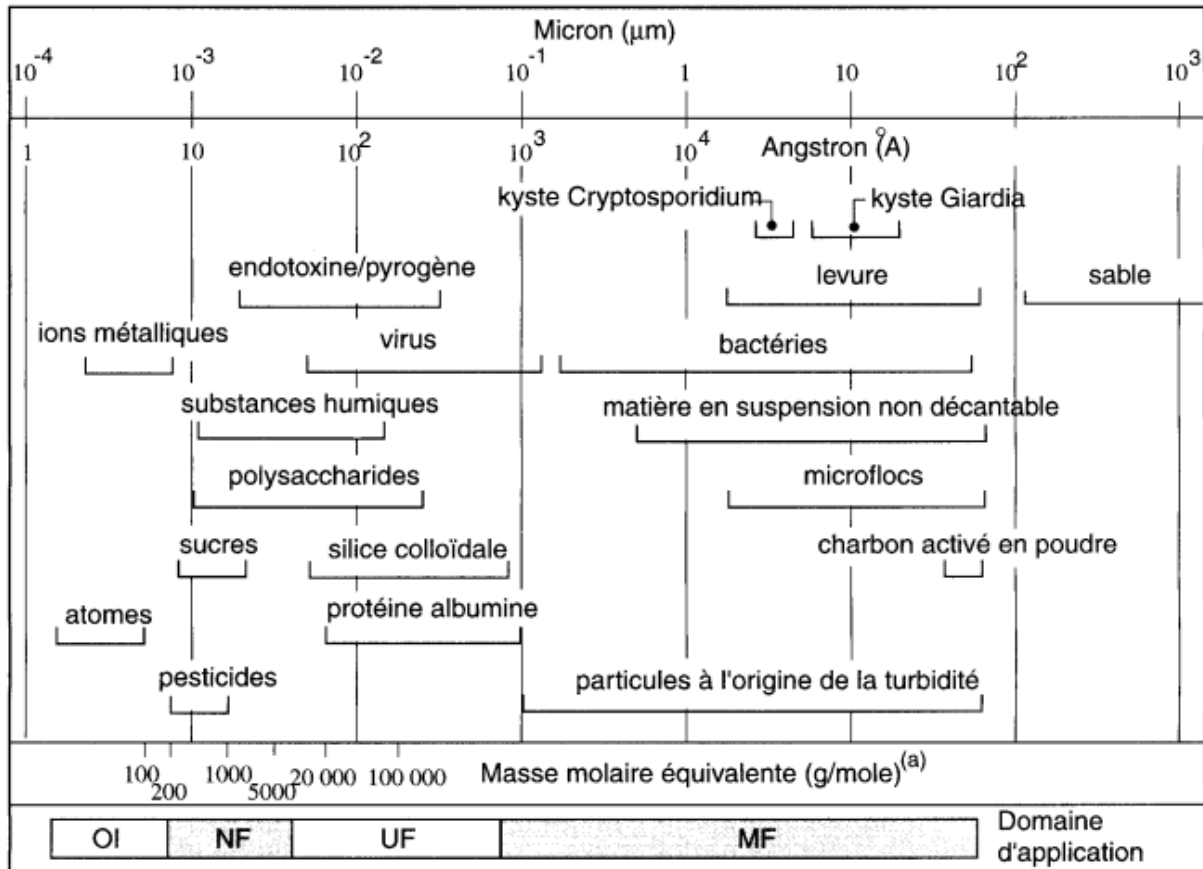


Figure I. 3 : Différents composés rencontrés dans les eaux naturelles et les techniques permettant leur élimination (BOUCHARD 2000).

I.2 L'osmose inverse :

L'osmose inverse (Figure II .3), industrialisée à partir des années 70 allait révolutionner le dessalement. A nouveau, c'est la nature qui a inspiré les ingénieurs.

L'osmose est un mécanisme naturel d'échange présent dans tous les organismes vivants au niveau des cellules. Sous l'effet d'un écart de concentration, les molécules diffusent des régions les plus concentrées vers les moins concentrées, y compris à travers de fines membranes, comme celles des cellules, si leur nature physico-chimique le permet. Si ce n'est pas le cas, c'est l'eau qui va migrer à travers la membrane pour diluer la zone concentrée et équilibrer les concentrations. A l'équilibre, la différence de pression est appelée pression osmotique.

L'osmose inverse, qui est au contraire un procédé de séparation, est exactement le phénomène inverse : en appliquant une pression suffisante, on force l'eau à quitter la zone concentrée pour rejoindre la zone à faible concentration. La membrane séparatrice doit bien évidemment avoir la capacité de laisser passer les molécules d'eau tout en arrêtant le sel. La pression à exercer dépend de la concentration en sel et sert à empêcher l'eau pure de retourner diluer l'eau salée... par phénomène d'osmose. On comprend aisément que la pression minimale à appliquer est au moins égale à la pression osmotique, qui correspond juste à l'état d'équilibre. Si on considère l'eau de mer, la valeur de la pression osmotique est environ 29 105 Pascals

(Pa), soit près de 30 fois la pression atmosphérique. Pratiquement, pour obtenir un flux significatif et vaincre la pression osmotique qui augmente au fur et à mesure que l'eau est extraite, la pression de travail varie entre 60 et 70 105 Pa. (Source : Observatoire National des Services d'Eau et d'Assainissement.

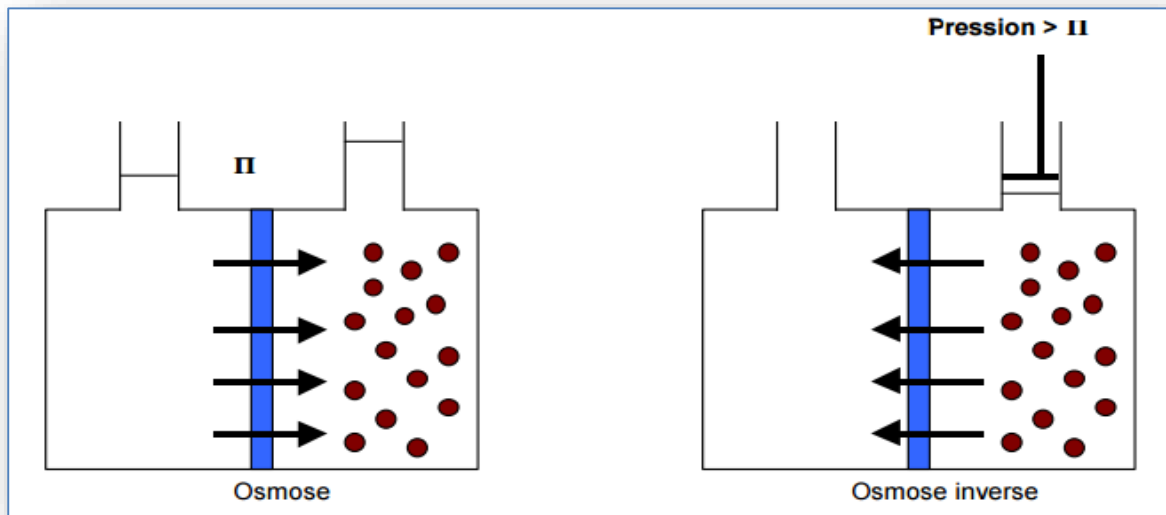


Figure I.4 : Principe de l'osmose inverse (FNDA ,2002)

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et qui peut varier dans le temps. L'eau à traiter doit donc être en permanence analysée car il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition et, si nécessaire, de le moduler en fonction de la variation observée de ses divers composants. Il peut arriver cependant qu'une pollution subite ou trop importante oblige l'usine à s'arrêter momentanément.

Le traitement classique et complet d'une eau s'effectue en plusieurs étapes dont certaines ne sont pas nécessaires aux eaux les plus propres.

En général une station de déminéralisation comporte :

- Une prise d'eau par forage.
- Un poste de prétraitement
- Une installation de déminéralisation
- Un poste de post-traitement
- Une installation de stockage et de refoulement des eaux traitées.

A l'issue de ces étapes, l'eau de mer ou l'eau saumâtre est rendue potable ou utilisable industriellement, pour cela elle doit alors contenir moins de 0,5 g de sels par litre.

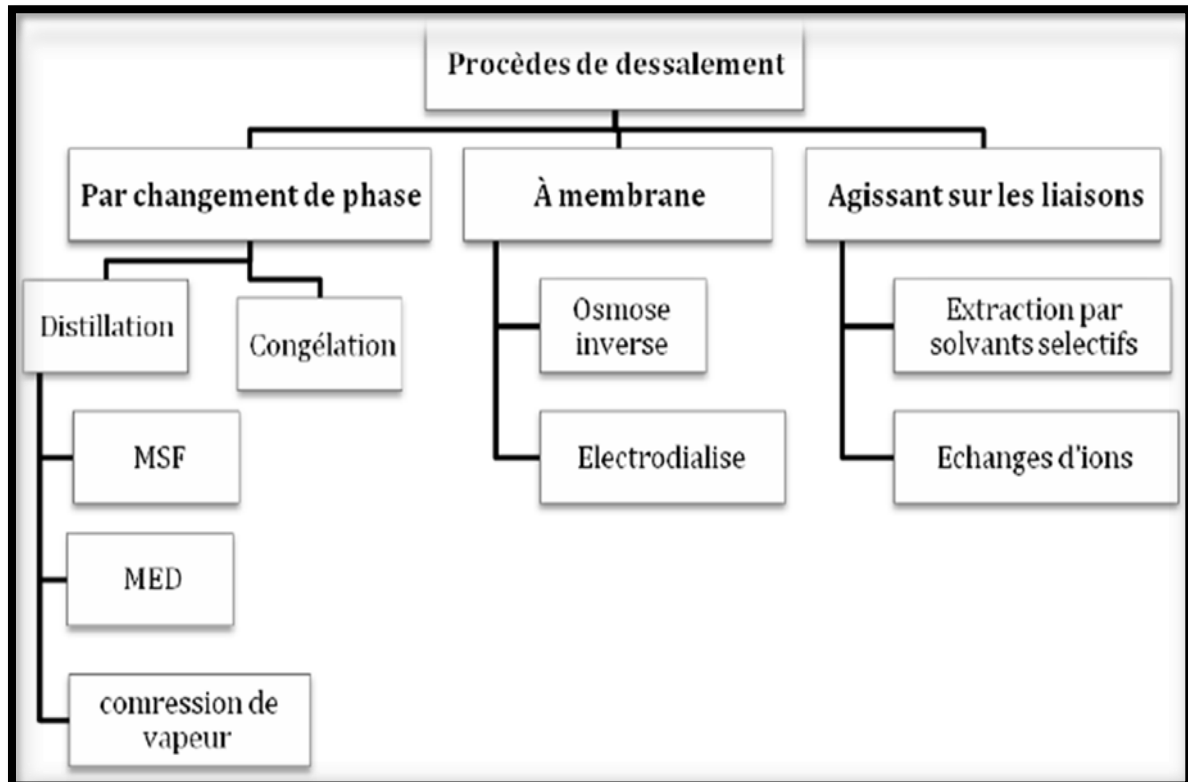


Figure I.5 : Principales techniques de déminéralisation



Figure I.6 : Installation de dessalement d'eau

I.3 Généralités sur les membranes :

Une membrane est définie comme étant une couche mince de matière. Son objectif principal est d'éliminer les sels. Elle assure également la rétention des composants indésirables dans l'eau (micro algues, bactéries, certains virus, microorganismes, micropolluants), supprime la turbidité (eaux troubles), limite les sous-produits de désinfection et permet la production d'une eau épurée.

Une membrane est constituée d'une surface plane dont la perméabilité est sélective, qui permet l'arrêt ou le passage sélectif de substances dissoutes ou non, sous l'action d'une force motrice de transfert. Une membrane semi-sélective est une membrane permettant certains transferts de matière entre deux milieux qu'elle sépare, en interdisant d'autres, ou plus généralement, en favorisant certains par rapport à d'autres.

Cette barrière constituée par la membrane va jouer le rôle d'interface sélective entre les deux phases. Le transfert de matière d'une phase à l'autre va dépendre de l'intensité de la contrainte appliquée de part et d'autre de cette interface. Cette contrainte a pour but d'accélérer le processus de séparation. Elle peut être :

- un gradient de pression.
- un gradient de potentiel électrique.
- un gradient de potentiel chimique.

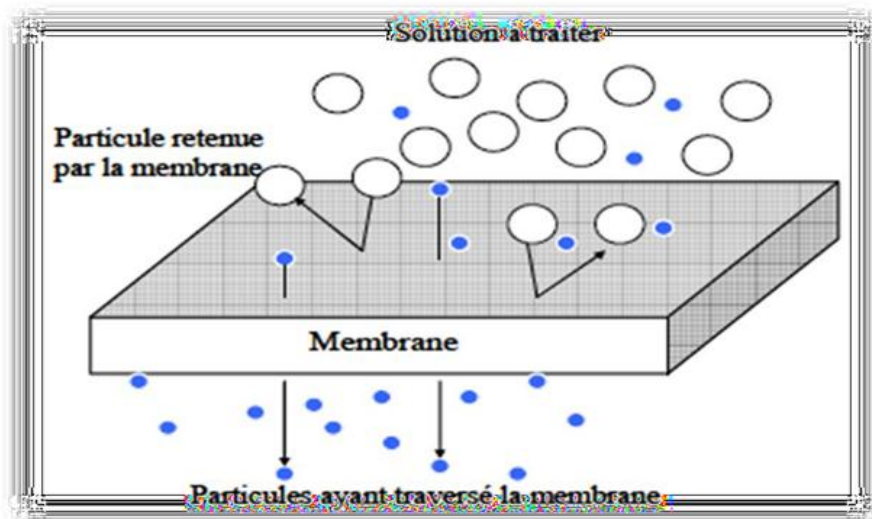


Figure I.7 : Schéma du principe de fonctionnement d'une membrane

(Semantic scholar, 2008)

I.3.1 Les différents types de membranes :

Les membranes présentent une large variété de textures physiques (denses ou poreuses) et d'origines (naturelle ou artificielle). Elles peuvent être inorganiques (céramiques), organiques (polymères de synthèse), mixtes, neutres ou chargées (échangeuses d'ions), homogènes ou à structures asymétriques. Cependant, toute classification systématique est assez arbitraire car certaines membranes peuvent présenter à la fois plusieurs propriétés : microporeuses, asymétriques dans leur structure et électriquement chargées.

a. Membrane dense :

Elle se caractérise, comme son nom l'indique, par l'absence de porosité. Le transfert des molécules à travers la membrane se fait selon le mécanisme de solubilisation-diffusion (sélectivité chimique). Elle est soit à base de polymère de haute densité se présentant sous forme de feuilles souples, soit à base de matériau céramiques ou métalliques.

b. Membrane poreuse :

Elle doit posséder une très grande résistance mécanique mais une épaisseur faible qui permet un débit de perméation élevé. Ces deux exigences contradictoires sont résolues par la mise au point de membranes à structure asymétrique. La séparation s'y effectue selon un mécanisme analogue à la filtration, c'est-à-dire qu'une particule traverse ou est retenue par la membrane selon que sa taille est inférieure ou supérieure au diamètre des pores. A cette catégorie appartiennent les membranes composites qui sont réalisées à partir de la superposition de plusieurs couches différenciées soit par leur nature chimique, soit par leur état physique. Qu'elles soient asymétriques ou composites, les membranes sont formées d'un support poreux qui assure les fonctions mécaniques, et d'une peau active de faible épaisseur qui assure les fonctions séparatrices (sélectivité).

c. Membrane homogène :

Elle est formée de solides microporeux ou denses constitués d'un seul matériau. Ce sont des couches séparatrices épaisses à porosité constante (isotrope) ou à porosité décroissante ou à structure asymétrique. La zone superficielle a la plus faible porosité. Ces membranes sont de type polymère (acétate de cellulose) ou inorganique. Les membranes échangeuses d'ions appartiennent à ce groupe et leurs propriétés résident dans la présence de charges électriques fixées en certains points de leurs structures. Les ions de signes opposés à celui de ces groupes se déplacent librement dans la membrane tandis que ceux de même signe sont repoussés par celle-ci. (Aptel et al. 2002)

d. Membrane minérale :

Les membranes minérales sont toutes de structures asymétriques. Le support et la couche active peuvent être composés de matériaux différents (membrane composite) ou de même nature. Dotées d'un support macroporeux qui assure la résistance mécanique sur lequel on dépose une ou plusieurs couches qui assurent la séparation proprement dite, ces membranes sont les dernières apparues sur le marché. Elles présentent des caractéristiques de résistance mécanique, thermique et chimique très élevées qui permettent leur utilisation à longue durée. (Carola et al, 2008).

Aujourd'hui, la classification la plus compréhensible semble être la classification par nature et on trouve :

✓ Membrane Organique :

Les membranes à base de polymères comptent parmi les plus utilisées dans les installations de dessalement en fonctionnement. Plusieurs polymères différents sont utilisés pour être adaptés au seuil de coupure des poids moléculaires, pour obtenir la résistance au colmatage désirée ou le rendement voulu. Les matériaux les plus usités pour les membranes organiques sont les polymères organiques ou naturels : acétate de cellulose, polysulfone, polyamides aromatiques, polyacrylonitrile...

✓ Membranes inorganiques :

Les membranes peuvent aussi être préparées à partir de matériaux inorganiques tels que les céramiques, métaux, et verre.

Les membranes inorganiques rivalisent avec les membranes organiques pour des applications en conditions extrêmes. Elles peuvent fonctionner à des températures très élevées, la plupart des membranes métalliques résistent à des températures de 500 à 800°C, et de nombreuses membranes céramiques sont adaptées pour des usages à des températures supérieures à 1000°C.

Elles sont nettement plus résistantes aux attaques chimiques et ont une durée de vie largement supérieure (Carola et al, 2007). Cependant, ces membranes présentent de nombreux inconvénients : leur coût très onéreux, leur porosité... Pour ces raisons, les matériaux inorganiques sont très peu adoptés. (Carola et al, 2007).

✓ Membranes hybrides :

Les matériaux hybrides organiques-inorganiques offrent des avantages spécifiques pour la préparation de membranes exigeant une sélectivité importante et des débits élevés, ou une résistance chimique et thermique considérable (Sforça et al, 1999)

I.3.2 Critères de choix des membranes :

Le choix se fait tout d'abord par rapport à la séparation à réaliser : de façon générale la taille des pores est généralement 2 fois plus petite que l'espèce la plus petite à retenir (pour assurer une bonne rétention tout en limitant le colmatage en profondeur de la membrane). Le matériau doit être choisi afin de limiter les affinités avec les espèces du fluide à traiter (pour limiter les phénomènes d'adsorption). Il faut aussi satisfaire les contraintes du fluide (pH, température) et du domaine d'utilisation (stérilisation, agrément ...) et que le coût soit compatible avec la valeur ajoutée du produit.

Pour résumer, il faudrait prendre en compte les paramètres suivants : la perméabilité, la résistance, le taux de conversion et de rejet, et enfin la durée de vie et le prix

	Membranes céramiques			Membranes organiques			
	Alumine	Zircone	Ox. de titane	Acétate	PAN	PS	PVD
pH	0-14	0-14	0-14	3-8.5	3-9	1-13	1-12
température	pas de limite – stérilisable			<35°C	<35°C	80°C	
solvant	très bonne résistance			faible résistance			
prix*	2300 € < < 7500 € / m ²			300 < < 750 € / m ²			

Figure I.8 : Principales caractéristiques des matériaux membranaires Prix moyens (Aptel et al. 2002)

I.3.3 Mode de fonctionnement des systèmes membranaires :

Il y a deux types de fonctionnement des systèmes membranaires :

- la filtration frontale (Dead-end)
- La filtration tangentielle (cross-flow).

a) Filtration frontale :

En mode frontal le flux d'alimentation arrive dans la direction perpendiculaire au plan de la membrane. Les particules solides et les solutés sont retenus à la surface et leur dépôt entraîne une superposition de couches qui vont progressivement provoquer le colmatage par la formation d'un gâteau. Cela exige un nettoyage périodique.

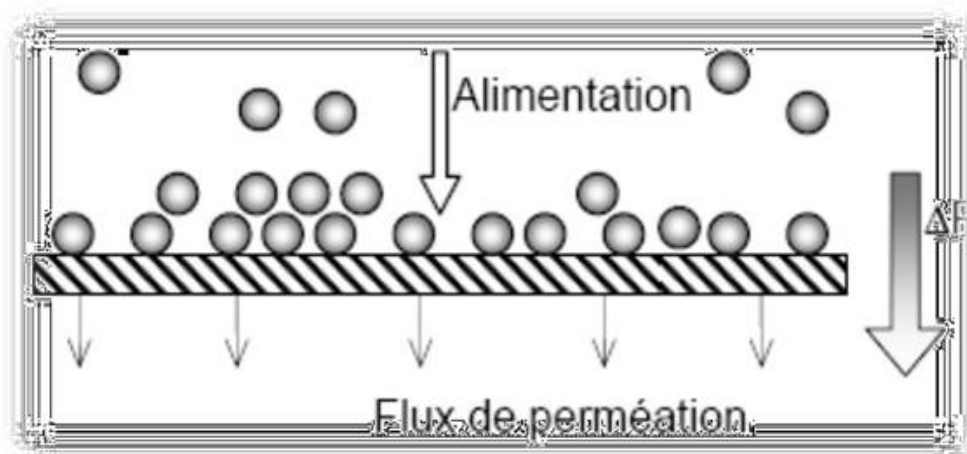


Figure I.9 : Présentation du fonctionnement de la filtration frontale (Docplayer, 2012)

b) Filtration Tangentielle :

En filtration tangentielle, le fluide à traiter entre dans le module pour venir au contact de la membrane suivant un flux tangential. Dans ce mode de mise en œuvre, il y a donc nécessairement une entrée correspondant à l'alimentation et deux sorties que sont le perméat qui correspond au passage d'une partie du flux initial à travers la membrane et le concentrât ou retentât qui représente le flux qui n'est pas passé à travers la membrane comme l'illustre la figure (I.10).

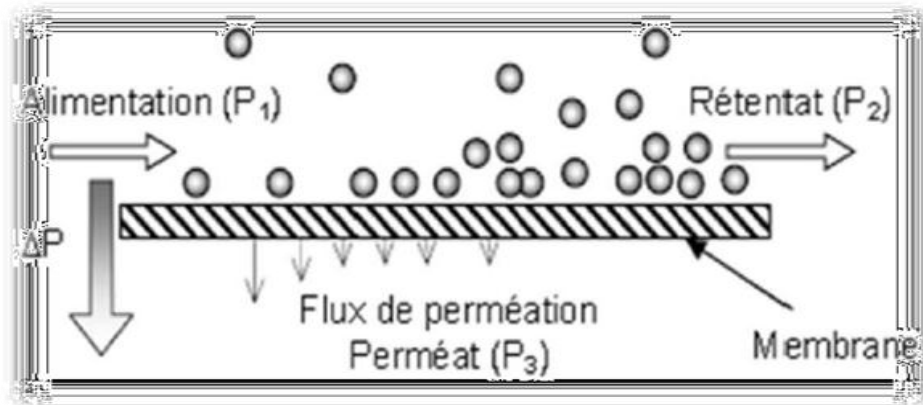


Figure I.10 : Présentation du fonctionnement de la filtration tangentielle (Docplayer, 2012).

I.3.4 Fabrication des membranes :

La majorité des membranes polymères poreuses commercialisées sont élaborées via un procédé de séparation de phases. La séparation de phases ou également appelée inversion de phase ou démixtion résulte d'un changement d'état thermodynamique d'une solution de polymère initialement homogène. Le changement d'état thermodynamique peut être induit par différentes méthodes :

- Variation de la température.
- Évaporation différentielle du solvant d'une solution ternaire polymère/ solvant/non-solvant.
- Intrusion d'un non-solvant dans une solution binaire polymère/solvant.

Les propriétés et les performances d'une membrane dépendent étroitement de sa morphologie. L'objectif majeur d'un fabricant de membranes consiste donc à contrôler les processus de texturation pour leur conférer. Les caractéristiques requises tout en leur assurant de bonnes propriétés de résistance mécanique, thermique et chimique en fonction des conditions opératoires choisies. Cette méthode de fabrication comporte en générale cinq étapes :

- Préparation d'une solution de polymère appelée : collodion (polymère + solvant)
- Coulée de la solution sur une plaque de verre en vue de former un film d'environ 250µm d'épaisseur.

- Evaporation d'une partie de solvant.
- Précipitation des polymères par immersion dans un non solvant ou coagulant (eau froide à 0 C° pendant une heure pour l'acétate de cellulose).
- Traitement thermique qui va déterminer la sélectivité et de la perméabilité de la membrane.

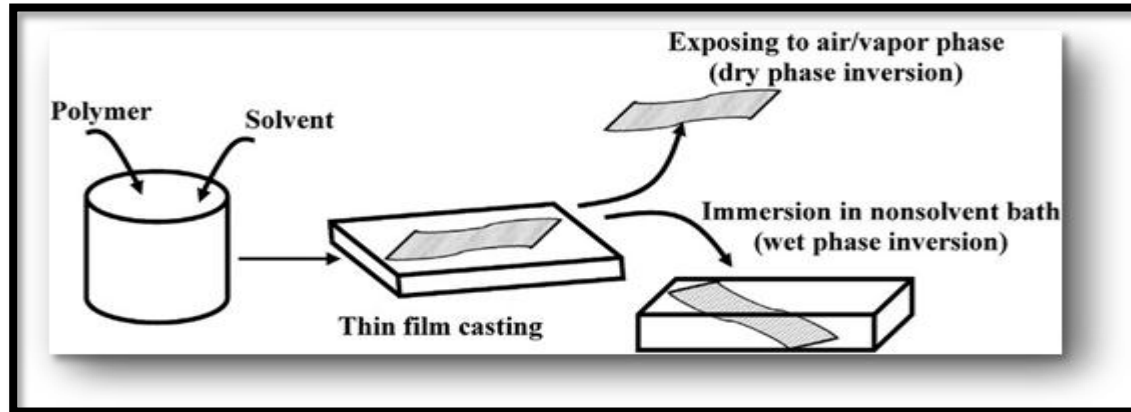


Figure I.11 : Etapes de fabrication d'une membrane (Cours de dessalement ENSH, 2020).

I.3.5 Géométrie des membranes et des modules :

Les membranes sont incorporées dans un dispositif appelé module et celui-ci peut se répéter à un certain nombre d'exemplaires disposés selon divers arrangements dans une unité, quatre grands types de modules sont commercialisés :

➤ Les modules tubulaires :

Ce type de module est constitué de tubes métalliques ou plastiques sur lesquels est fixée la membrane semi-perméable. L'eau à traiter circule, sous pression, à l'intérieur du tube et le perméat est collecté à l'extérieur du tube. Les tubes sont rassemblés en petit nombre (quelques dizaines) dans un module et ils y sont disposés parallèlement les uns aux autres avec un espacement régulier.

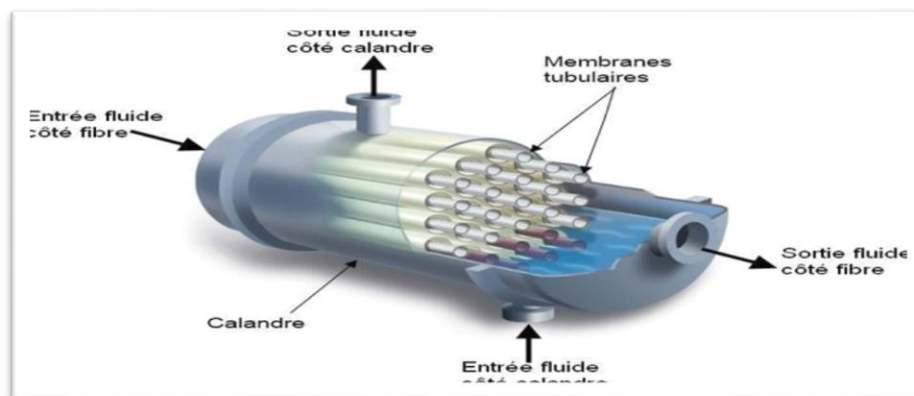


Figure I.12 : Module à membrane tubulaire (TAKABAIT Fatah, 2012)

➤ **Les modules fibres creuses :**

Constitué d'une quantité prodigieuse de fibres cylindriques creuses, le module à fibres creuses se présente comme une extrapolation du module tubulaire vers des diamètres fins ou ultrafins. A la différence des modules tubulaires qui sont constituées d'une membrane et d'un support inerte, les fibres creuses jouent à la fois le rôle de membrane et de support. Le faisceau de fibres est disposé en U à l'intérieur d'une enveloppe et les extrémités ouvertes des fibres sont d'abord noyées sur une longueur de quelques centimètres dans une résine d'époxy ; la plaque de résine est ensuite sectionnée pour donner accès à la collecte de perméat. L'eau à traiter circule généralement à l'extérieur de la fibre et le perméat est collecté à l'intérieur des tubes.

➤ **Les modules plans :**

Les modules plans sont les plus anciens et les plus simples, les membranes sont empilées en mille-feuilles séparées par des cadre intermédiaires qui assurent la circulation des fluides.

➤ **Les modules spiralés :**

Au sein des modules spiraux, une membrane plane est enroulée sur elle-même autour d'un tube poreux qui recueille le filtrat. On obtient ainsi un cylindre multicouche où le perméat s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube poreux tandis que l'alimentation circule axialement dans les canaux.

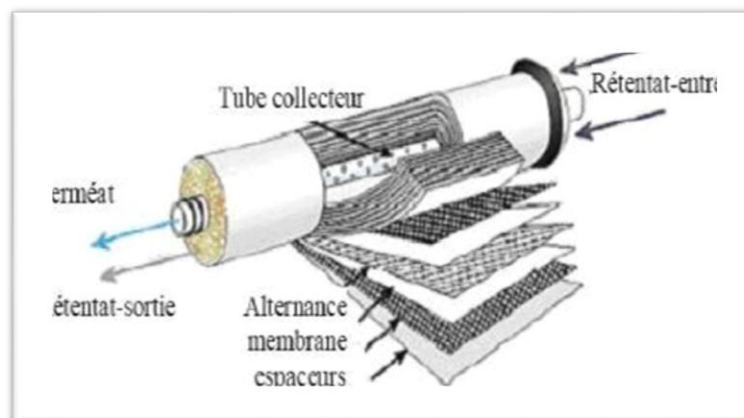


Figure I.13 : Module spirale (Wintsi, 2017).

Pour choisir un module on prend en considérations les critères suivants :

- Le type d'écoulement (laminaire ou turbulent) qui permet de minimiser les phénomènes de polarisation
- La compacité qui est le rapport entre la surface filtrante et le volume du module, elle s'exprime en m^2/m^3 .
- La facilité de démontage et de remplacement des membranes abimées.
- Le volume mort de l'appareil qui s'exprime en L/m^2 .

I.4 Nano-filtration :

Cette technique se situe entre l'osmose inverse et l'ultrafiltration. Elle permet la séparation de composants ayant une taille en solution voisine de celle du nanomètre (soit 10 Å) d'où son nom. Les sels ionisés monovalents et les composés organiques non ionisés de masse molaire inférieure à environ 200 - 250 g/mol ne sont pas retenus par ce type de membrane. Les sels ionisés multivalents (calcium, magnésium, aluminium, sulfates...) et les composés organiques non ionisés de masse molaire supérieure à environ 250 g/mol sont, par contre, fortement retenus. Dans le cas des macromolécules, l'unité de masse molaire que l'on utilise est le dalton : 1 Da = 1 g/mol. Les mécanismes de transfert sont intermédiaires entre ceux de l'osmose inverse et ceux de l'ultrafiltration. Cette technique est souvent utilisée pour l'adoucissement des eaux. (Source : Association Internationale de Dessalement)

• Ultrafiltration :

L'ultrafiltration utilise des membranes microporeuses dont les diamètres de pores sont compris entre 1 et 100 nm. De telles membranes laissent passer les petites molécules (eau, sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymères, protéines, colloïdes). Pour cette raison, cette technique est utilisée pour l'élimination de macro solutés présents dans les effluents ou dans l'eau à usage domestique, industriel (électronique) ou médical.

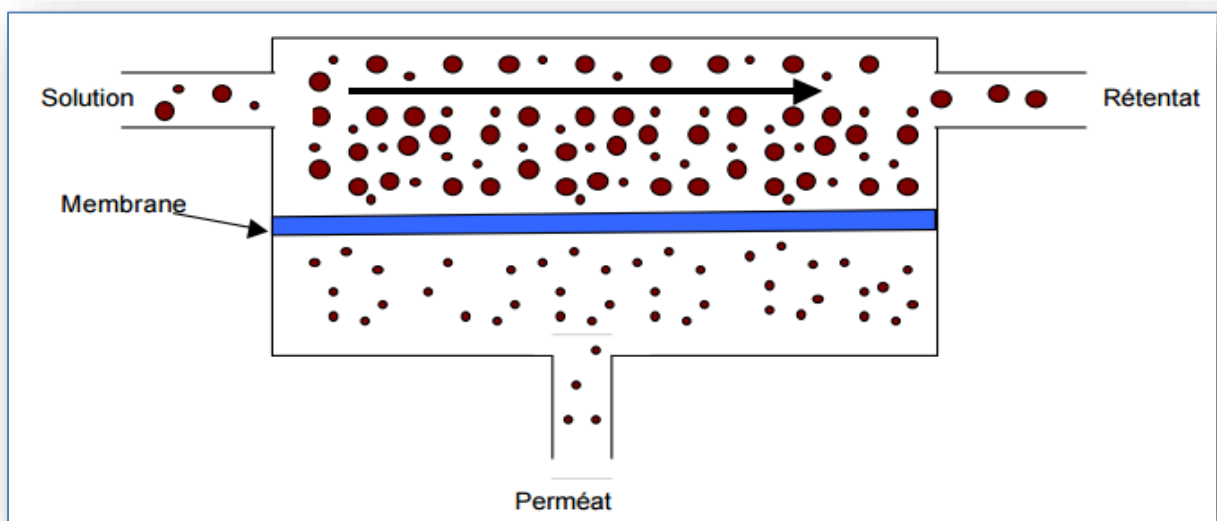


Figure I.14 : Principe de l'ultrafiltration (FNDA ,2002)

• Microfiltration :

Ce procédé de séparation solide-liquide met en œuvre des membranes dont les diamètres de pores sont compris entre 0,1 et 10 µm. Il permet donc la rétention des particules en suspension, des bactéries et indirectement des colloïdes et de certains ions après fixation de ces derniers sur

des plus grosses particules obtenues par complication, précipitation ou floculation. Théoriquement, la différence entre ultrafiltration et microfiltration est très nette. (Source : Société Européenne de Dessalement)

I.5 Electrodialyse :

L'appareil qui l'effectue, un électro dialyseur, est composé de nombreux compartiments et de membranes alternativement anioniques et cationiques. Lors de l'action du champ électrique, la membrane anionique autorise le passage des anions et la membrane cationique laisse franchir les cations.

Les cations sortent du premier compartiment en franchissant la membrane cationique et sont bloqués dans le deuxième compartiment par la membrane anionique. Les anions sortent aussi du premier compartiment en migrant la membrane anionique et sont bloqués par la membrane cationique.

L'électrodialyse n'est possible qu'entre une certaine concentration afin d'empêcher la cristallisation ou une résistance ohmique trop importante. Il est aussi fortement conseillé de rester en dessous de la valeur des courants limites. Car des composés parasites sont créés au niveau des membranes.

L'élimination des sels a un rendement d'environ 45 % par passe, il faut donc plusieurs passes. (Source : TMW, Mage Water Management, Altela, Terrawater).

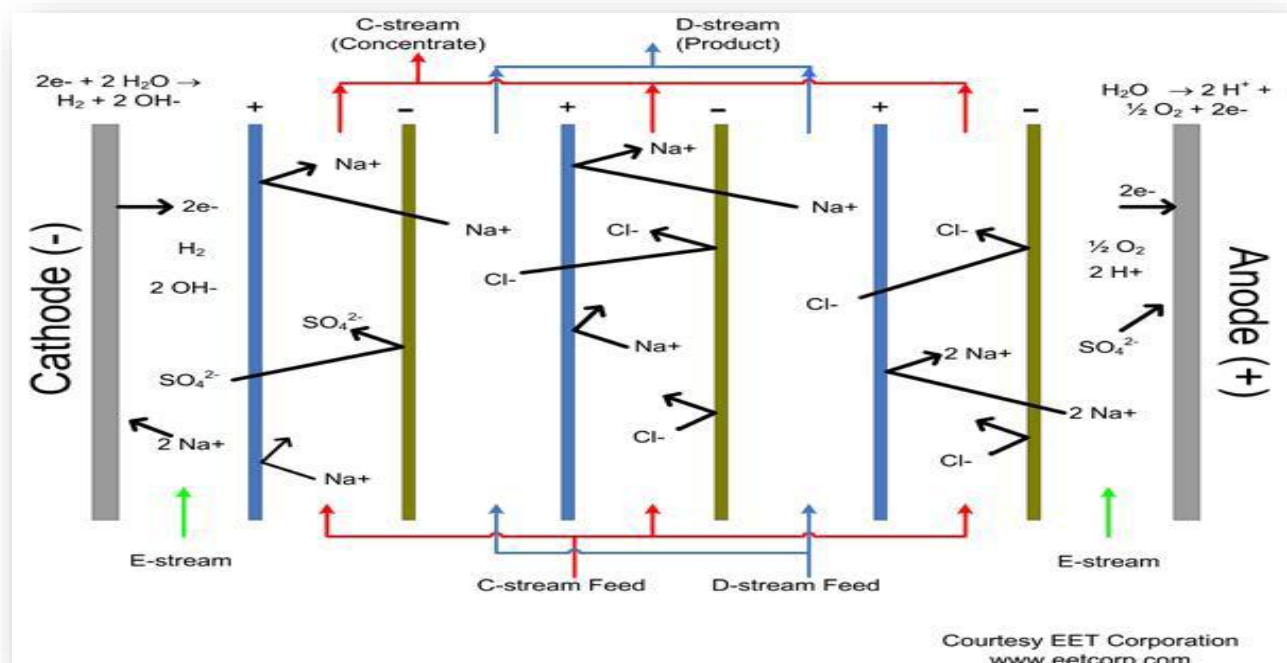


Figure I .15: Principe de l'électrodialyse

I.6 Distillation :

La distillation est un procédé qui comporte une vaporisation, une condensation et une récupération de la chaleur libère par la condensation. On procède à la vaporisation en fournissant de l'énergie sous forme de chaleur (procédé thermique) ou sous forme de travail mécanique. La température de travail en 0.5et 125°C, la salinité d'eau obtenue est nettement inférieure à 100 mg/l. Il y a plusieurs types de distillation :

- Distillation sans récupérations de la chaleur libère par la condensation.
- Distillation avec récupérations de la chaleur libère par la condensation.
- Procédé de dessalement par détentes successives.
- Distillations par évaporateur solaire

On utilise surtout la distillation solaire pour obtenir des petites quantités d'eau douce mais une bonne qualité et aussi très économique car on a besoin que soleil. (Source : GWI/Desal Data)

➤ Distillation à simple effet :

C'est un dispositif qui permet de reproduire le cycle naturel de l'eau. Dans une enceinte fermée, un serpentin de réchauffage porte à ébullition l'eau de mer. La vapeur produite se condense au contact d'un deuxième serpentin alimenté par de l'eau de mer froide. Un groupe électropompe soutire l'eau condensée, un deuxième, l'eau de mer concentrée (TATA DUCRU, 2009).

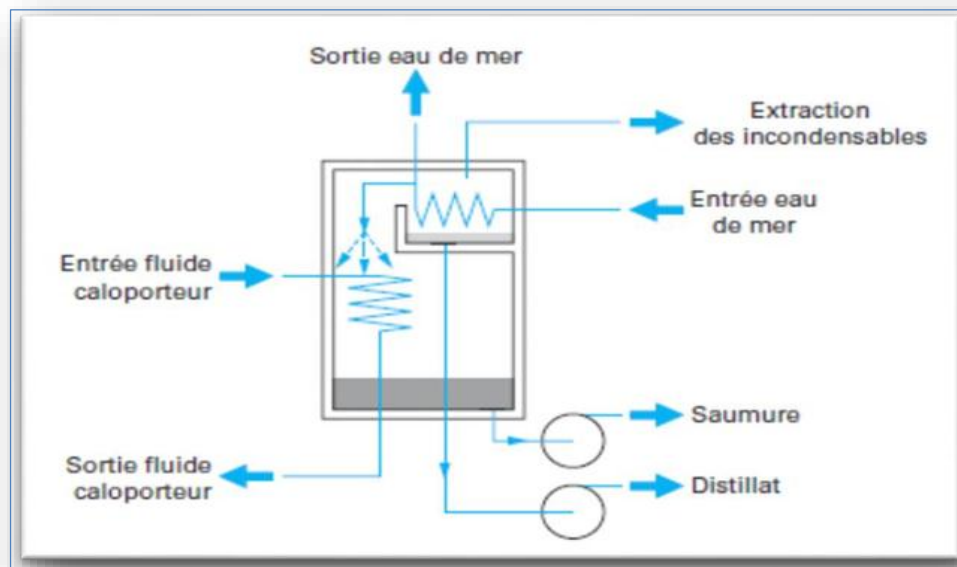


Figure I.16 : Distillateur à simple effet (Techniques de l'Ingénieur, 2010).

➤ **Distillation à multiples effets :**

Son objectif est d'améliorer la consommation spécifique de l'évaporateur simple effet. On sait que la température d'ébullition de l'eau varie avec la pression. On peut donc utiliser la chaleur de condensation de la vapeur produite dans une première chambre d'évaporation pour faire fonctionner le faisceau de chauffe d'une seconde chambre à pression et température plus faible et ainsi de suite (MAUREL, 2006).

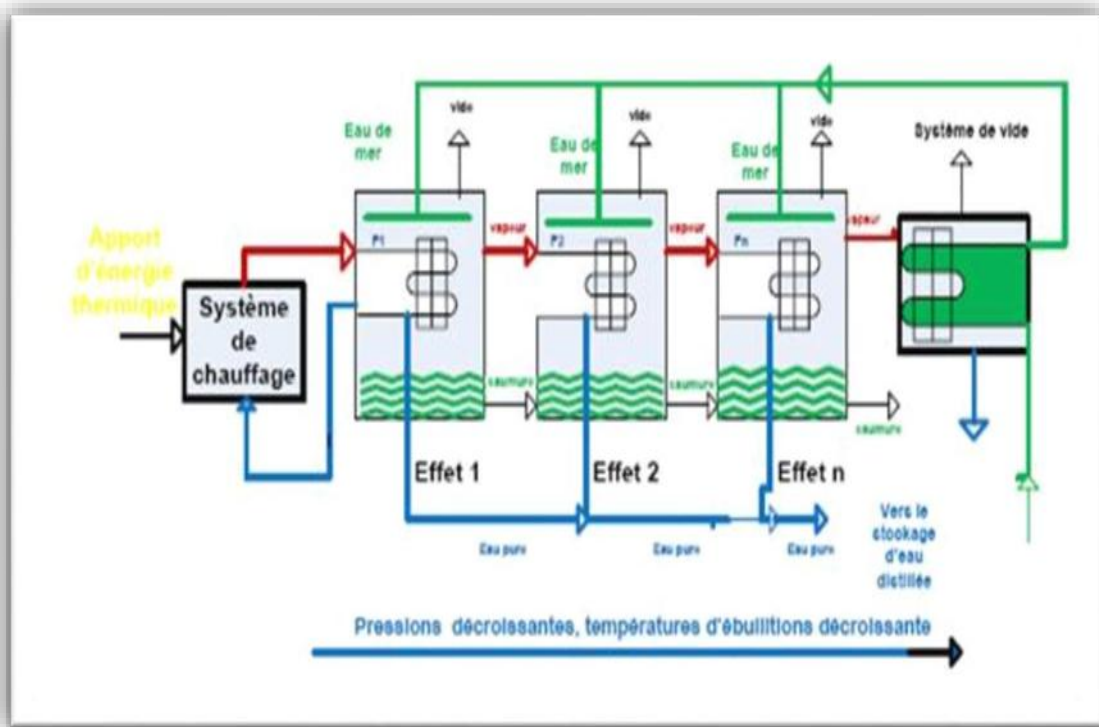


Figure I.17 : Distillateur à multiple effets (Techniques de l'Ingénieur, 2010)

➤ **Distillation par détente successives ou Flash(MSF) :**

Le procédé d'évaporation à détente étagée, appelé MSF (multistage flash) dans la littérature anglo-saxonne, consiste à mettre une enceinte sous vide, isolée et ne contenant que de l'eau de mer. On la maintient en équilibre avec sa vapeur à une température « T » et une pression « P » lorsqu'elle atteint une température de l'ordre de 120°C elle est introduite dans l'enceinte où la pression est inférieure à la pression de saturation, on observe une vaporisation instantanée par détente. La chaleur de la vapeur est transférée à l'eau froide circulant dans les tubes de condenseur. Elle est alors condensée sur un faisceau tubulaire situé dans la partie supérieure de l'enceinte. On peut alors récupérer l'eau distillée pure (DAUSSY et al. 2012).

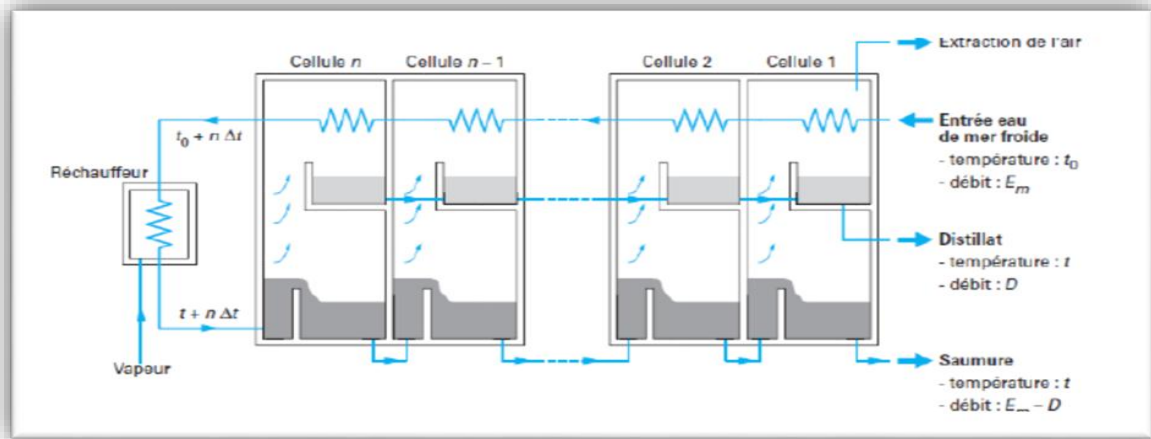


Figure I.18 : Distillation à détentés successives (Techniques de l'Ingénieur, 2010)

► **Distillation avec compresseur de vapeur :**

Consiste à une revalorisation de la vapeur d'eau du dernier effet par compression grâce à un compresseur mécanique ou via un éjecteur, on parle alors de thermocompression. La compression par éjecteur nécessite par ailleurs une vapeur motrice (SAMAKÉ, 2013).

Son principe est simple, l'eau de mer à dessaler est portée à ébullition dans une enceinte thermiquement isolée. La vapeur produite est aspirée par un compresseur qui élève sa température de saturation. Cette vapeur traverse un faisceau tubulaire placé à la base de l'enceinte et se condense en provoquant l'ébullition de l'eau salée ; grâce à la chaleur latente de condensation qui est transférée et le cycle d'évaporation condensation de l'eau douce est extraite ainsi que la saumure.

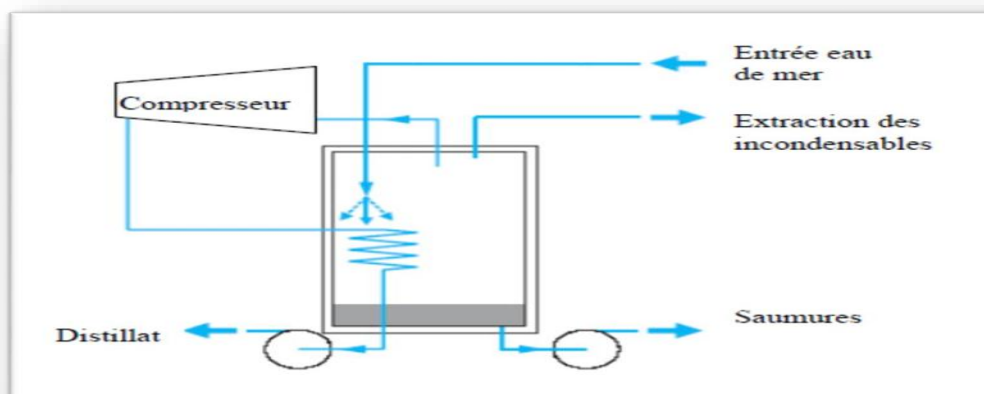


Figure I.19 : Schéma de principe de la compression de la vapeur (Techniques de l'Ingénieur 2010).

I.7 Critères de choix d'un procédé de dessalement :

Les facteurs à prendre en compte dans le choix d'un procédé de dessalement sont de deux ordres :

- les critères économiques
- les critères techniques

I.7.1 Critères économiques

Les critères économiques retenus sont les suivants :

- Coût de l'énergie : dépend de sa nature (énergie renouvelable, gaz, fuel) et de sa disponibilité locale (pays importateurs ou producteurs...) ;
- Coût des produits chimiques : selon qu'ils sont disponibles localement ou importés ;
- Fluctuation des monnaies : particulièrement pour les unités d'osmose inverse, provenant de manière quasi exclusive des USA, et dont le coût dépend donc des fluctuations du dollar ;
- Conditions de financement : détails, taux d'intérêt ;
- Coût de la main-d'œuvre.

I.7.2 Critères techniques

Parmi les critères techniques se trouvent :

- Salinité de l'eau à traiter : en général, les procédés de distillation permettent de traiter des eaux de fortes concentrations, tandis que les procédés à membrane sont généralement appliqués aux eaux saumâtres.
- Composition chimique de l'eau à traiter surtout dans le cas des eaux saumâtres (dureté, teneur en sulfates) ;
- Caractéristiques physiques de l'eau (turbidité, matières en suspension...) déterminent le type de prétraitement à utiliser.
- Salinité de l'eau produite : selon l'usage qui en sera fait, elle peut varier de 300 à 500 ppm pour l'approvisionnement en eau potable à 15-30 ppm pour l'alimentation en eau industrielle.

Conclusion :

La zone d'implantation du projet considéré est surtout caractérisée par une saison des pluies et une saison sèche plus longue d'environ neuf mois sur douze. En outre le pays se trouve dans un climat sahélien dominé par des vents chauds et sec accompagnés souvent de poussières. Par contre la température moyenne de l'eau à dessaler est généralement de 25 °C avec une salinité qui avoisine 35g/kg.

Dans les zones sahariens, l'osmose inverse c'est la technique le plus utiliser a cause de :

- Technologie éprouvée qui a fait ses preuves avec succès.
- Peut être utilisée pour le dessalement de l'eau de mer, des eaux saumâtres même à forte salinité.
- Consomme moins d'énergie que les procédés thermiques.
- Coût d'investissement plus faible que les procédés thermiques.
- Nécessite moins d'eau d'alimentation que les procédés thermiques.
- Plus petit comparé aux procédés thermiques.
- Les membranes produites par différents fabricants sont interchangeables, ce qui permet de ne pas dépendre d'un seul fabricant.
- Démarrage et arrêt

En plus, Y a beaucoup des Points faibles de l'utilisation de l'Osmose Inverse en zones saharien :

- Un système élaboré de prétraitement est nécessaire contrairement aux procédés thermiques.
- Utilisation un peu plus complexe par rapport aux autres procédés qui exigent un haut niveau de connaissances de la part des exploitants.
- Encrassement rapide des membranes.
- Le changement fréquent des conditions de fonctionnement et/ou les cycles fréquents de mise en route et d'arrêt peuvent réduire l'espérance de vie de la membrane.



Chapitre II :
Présentation de la zone
d'étude

Introduction

L'oasis d'Ouargla est une des plus grandes du Sahara algérien, elle occupe sur soixantaine de kilomètres sur le lit quaternaire de l'oued Mya. Elle s'étend sur 6000 ha, groupant une palmeraie irriguée par puits artésiens ou ascendants Ouargla possède un des climats les plus rudes du Sahara nord-oriental. Climat très contrasté malgré la latitude relativement septentrionale, caractérisé par l'aridité, des températures très élevées, la faiblesse des précipitations et l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air. La température annuelle moyenne est de 40C° en 1 juillet et 11C ° en 1 janvier.

Dans ce chapitre on s'intéresse à la présentation générale de de la zone d'étude Ouargla, nous mettrons en évidence la localisation géographique, topographique climatologique importants. Ce qui donnera une idée bien précise de la problématique que nous traiterons tout au long de ce travail.

II.1 Situation géographique :

La wilaya d'Ouargla s'étend sur une aire de 211980 km² avec 21 communes et 10 Daïras, comporte une population de plus de 445 619 habitants dont 112 339 habitants dans le chef-lieu de la Wilaya. La ville d'Ouargla est située au Sud-Est algérien, au nord du Sahara algérien, elle présente l'une des oasis les plus grandes du Sahara et occupe une soixantaine de kilomètres sur la cuvette d'oued Mya. C'est une vraie porte du désert entourée de six petites oasis : Beni Thour, Sidi Khouiled, Chott, Rouissat, Said Otba et N'goussa. Elle est limitée par :

- **Sud-Ouest** : par Tamanrasset.
- **Nord-Ouest et Ouest** : par les Wilayat de Djelfa Biskra et Ghardaïa.
- **Au Sud** : par la Wilaya d'Illizi.
- **Au Nord** : par la Wilaya d'El-Oued.
- **l'Est** : par la Tunisie.

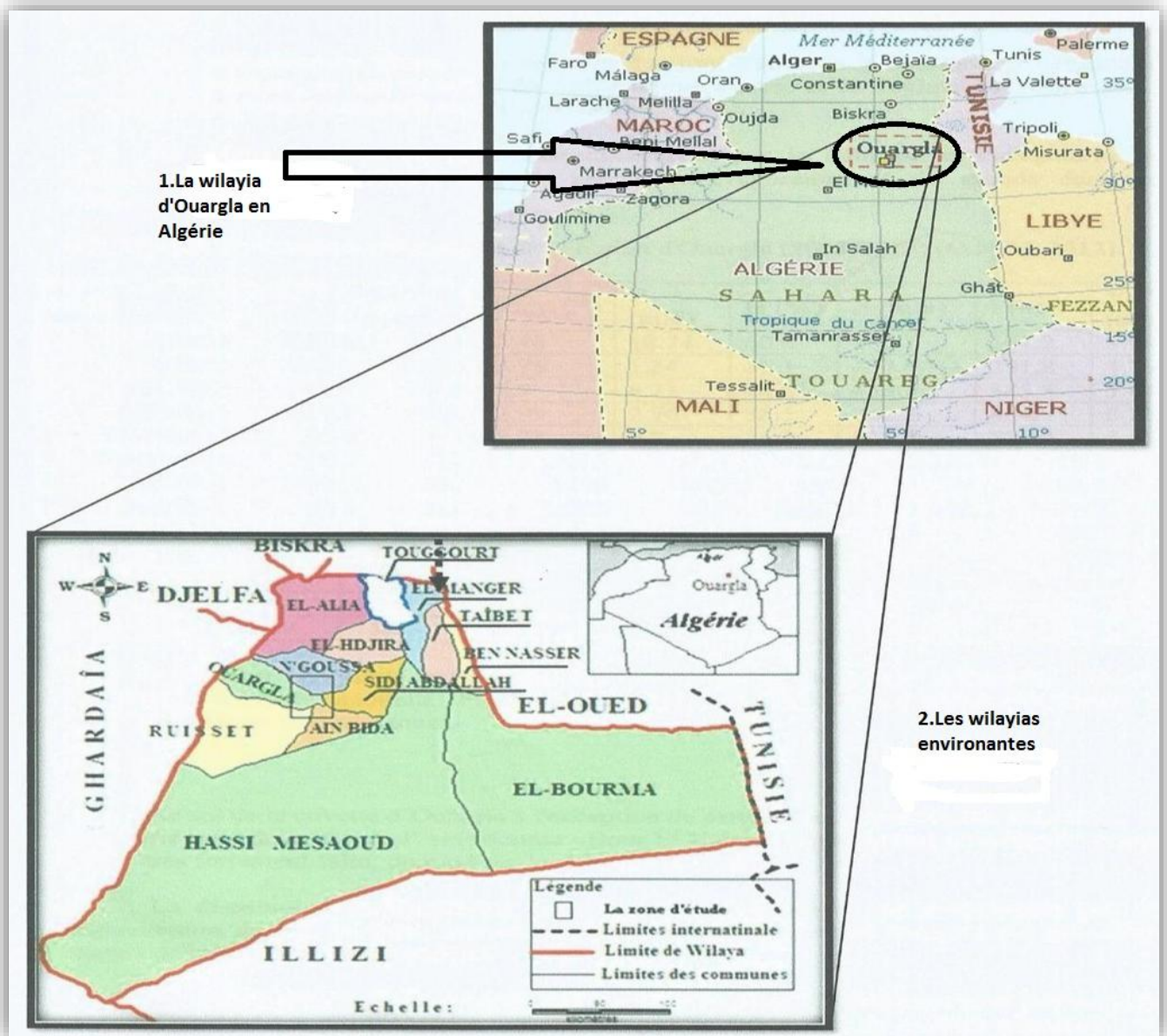


Figure II.1 : Situation géographique de la zone d'étude (Open Edition, 2020)

II.2 Situation topographique :

La Wilaya de Ouargla est située au Sud-Est du pays dans le bas Sahara dans les limites de latitude $28^{\circ}45'$ et $33^{\circ}55'$ et de longitude 3° et $9^{\circ}35'$ 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.

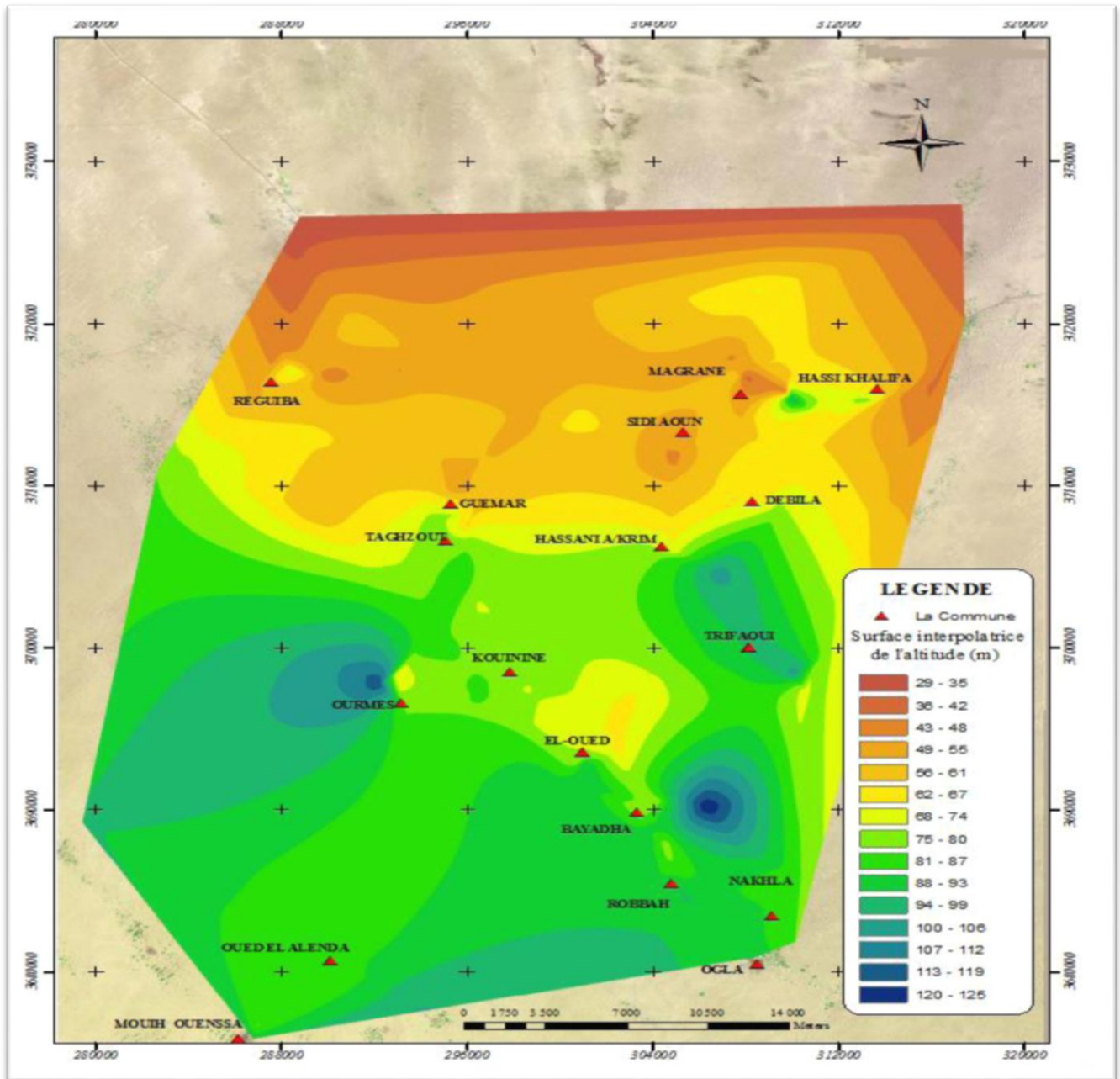


Figure II.2 : Carte topographique de la zone d'étude(ZINE.B.2010)
(Echelle : 1/3500).

II.3 Description géologique

II.3.1 Séismicité :

L'Algérie est découpée en cinq zones sismiques distinguées : zone 0, zone I, zone II a ,zone II b ,zone III. D'après le découpage (Figure I.3), la willaya d'Ouargla se trouve dans la zone 0 ou le risque de l'occurrence d'un tremblement de terre est très faible à voir quasi improbable et c'est qui est d'ailleurs confirmé par l'historique sismique algérien.

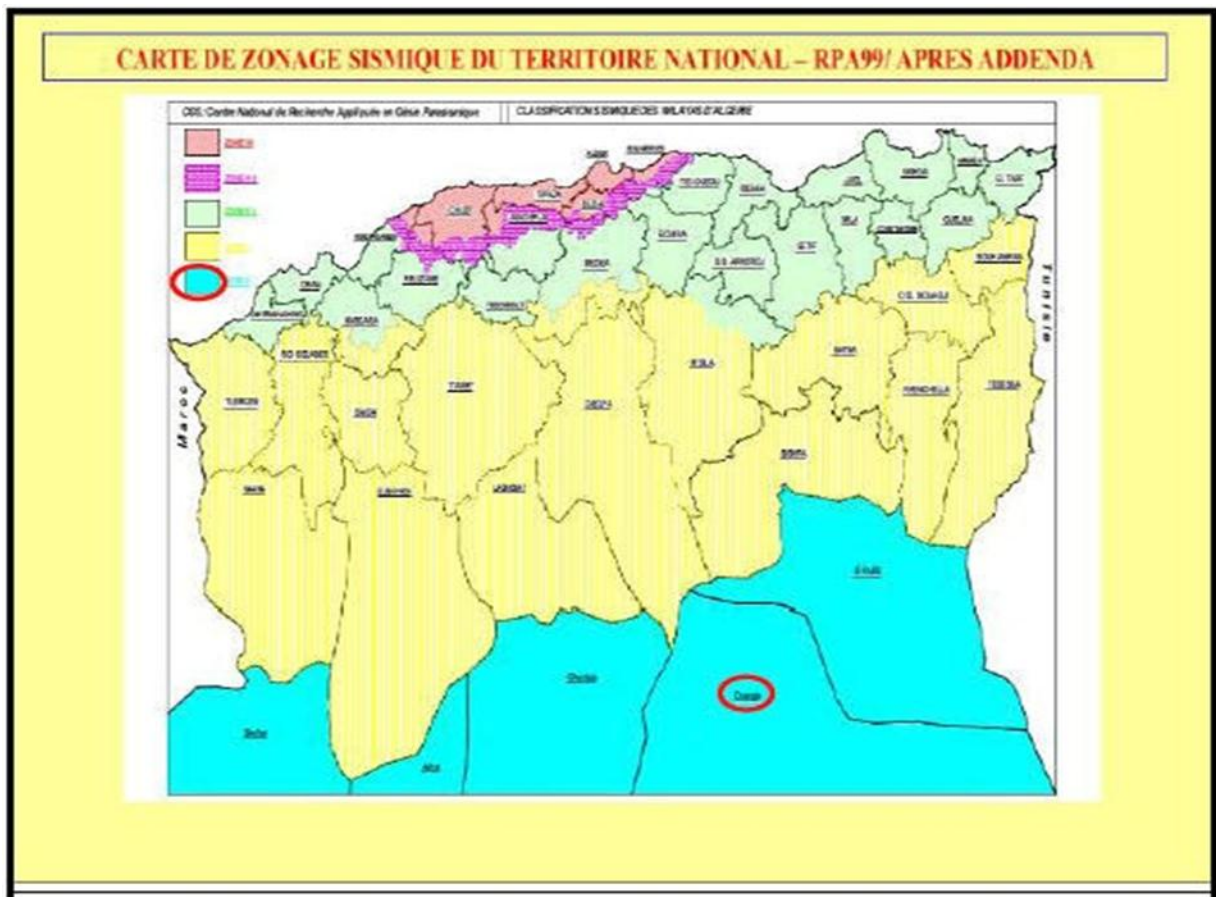


Figure II.3 : Carte de zonage sismique du territoire national (RPA 99/Version 2003) (Echelle : 1/5000).

II.3.2 Géologie du site

La cuvette de Ouargla fait partie du Sahara septentrional algérien ; l'un des plus grands déserts du monde. Elle correspond à une grande dépression, qui s'étend sur une superficie de 990 Km² Km² environ du lit quaternaire de la basse vallée fossile de l'oued M'ya . Le climat d'Ouargla est du type saharien hyper aride, les précipitations ne dépassent guère 45 mm/an. la cuvette de Ouargla est présentée dans la Figure(II.4).

Les logs stratigraphiques établis révèlent quatre niveaux de formations aquifères, à savoir :

- Les grès et les argiles sableuses de la nappe de l'Albien du Continental Intercalaire (CI), d'une épaisseur de 600 m environ, située à 1000 m de profondeur ;
- Les calcaires, avec la nappe du Sénono-Eocène carbonatés, d'épaisseur de 300 m, sise à une profondeur de 200 m.
- L'ensemble détritique (sables, argiles, et évaporites) des formations continentales, avec la nappe du Mio-Piocène, située entre 20 et 100 m de Profondeur et d'épaisseur de 100 m environ ;

- Les sables du Quaternaire avec la nappe superficielle, située à une profondeur de 2 m en moyenne.

L'Albien est caractérisé par une grande épaisseur (>400 m) dans presque tous les forages, il est marqué essentiellement par des formations détritiques : grès, sables, parfois argiles et marnes et très rarement des calcaires. **Figure(I.5).**

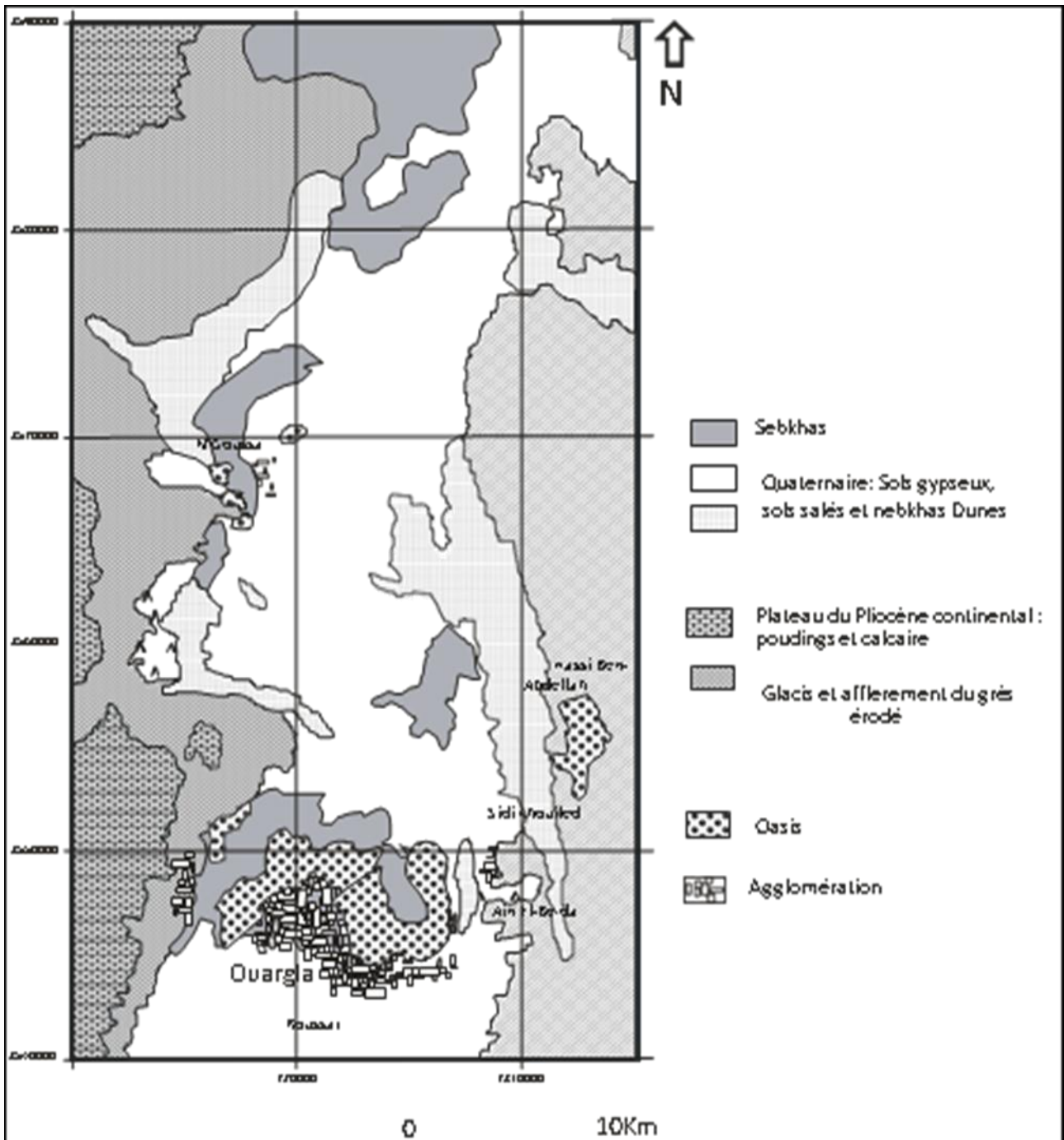


Figure II.4 : Extrait de la carte géologique d'Ouargla (CORNET-1974).

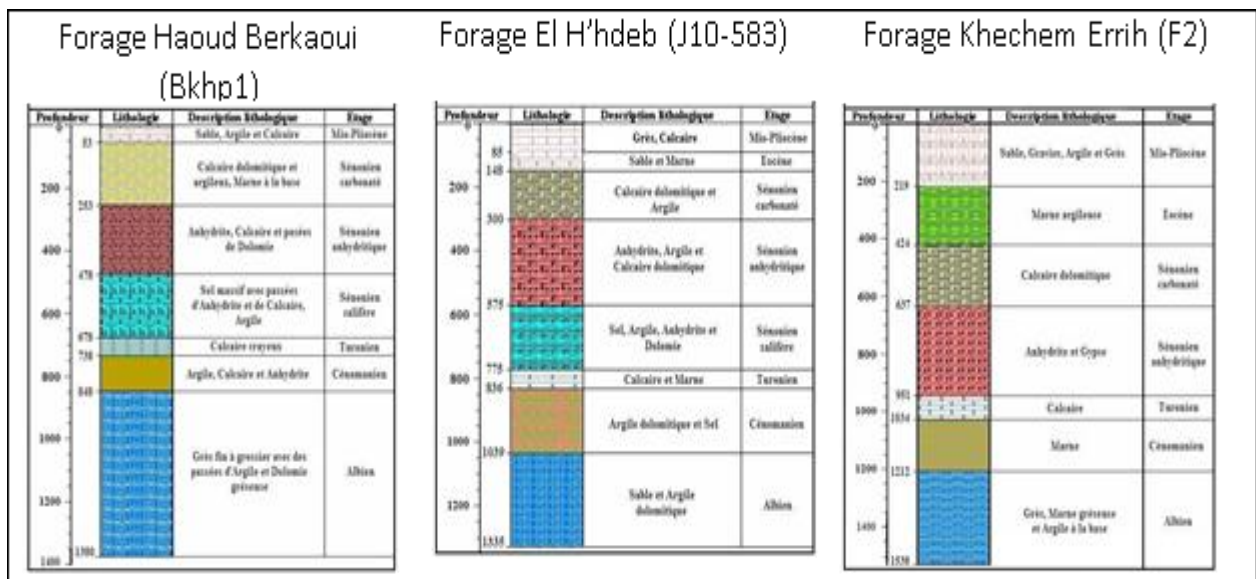


Figure II.5 : Logs stratigraphiques des forages à travers la cuvette d'Ouargla (ANRH,1994)

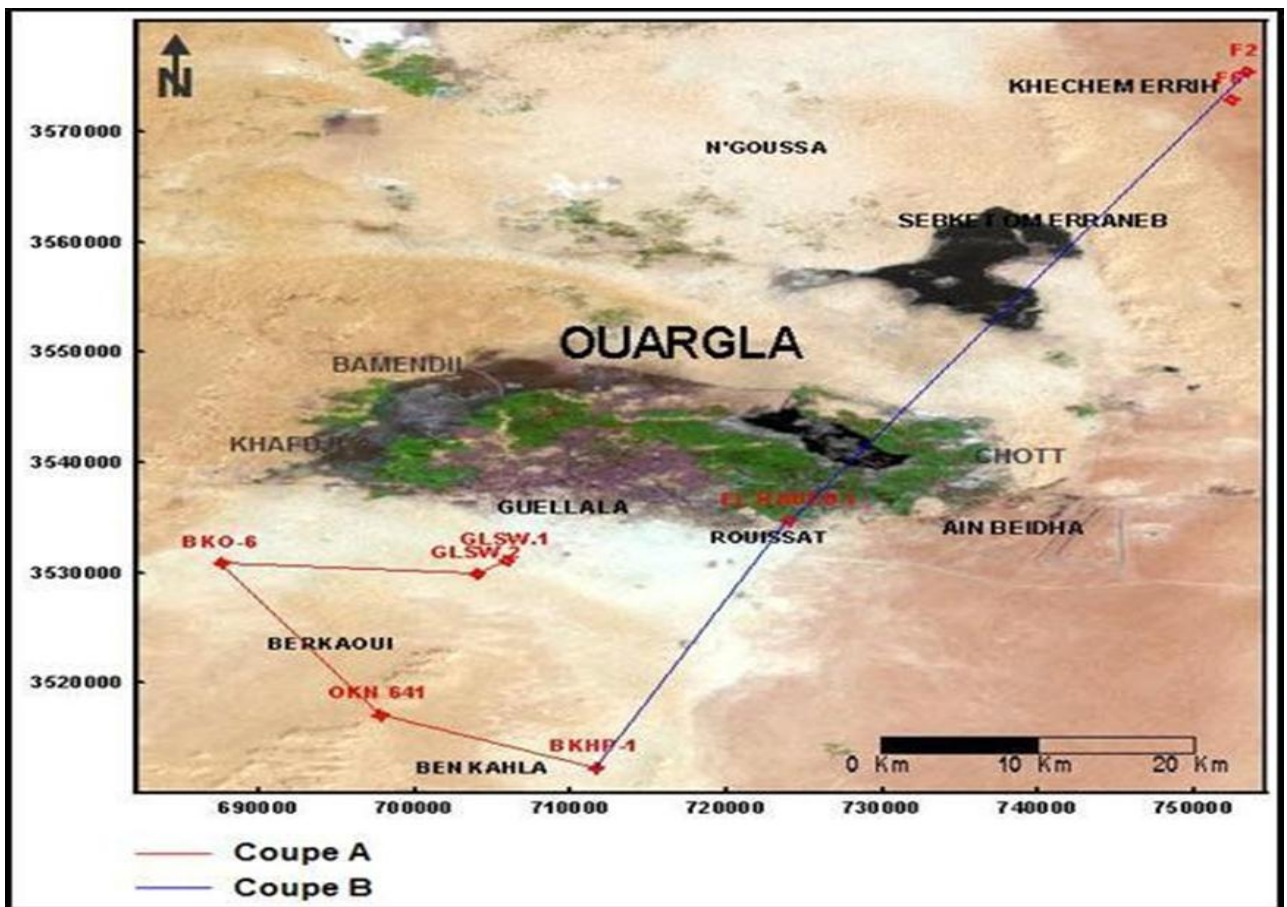


Figure II.6 : Carte de situation des forages albiens et des traits de coupes géologiques (ANRH, 2000)

II.4 Situation climatologique

La zone d'étude est caractérisée par une aridité nettement marquée et une Sécheresse quasi permanente qui s'exprime par la température élevée, les précipitations faibles et l'évaporation importante, (une grande chaleur estivale contrastant avec un froid hivernal).

Les variations diurnes sont assez élevées, elles sont évidemment beaucoup plus fortes lorsque l'on considère non plus la température de l'air mais celle du sol. Tempéré méditerranéen divisé en deux saisons, un hiver doux et pluvieux et un été chaud et sec ; La saison sèche est caractérisée par une longue période de sécheresse qui peut durer de trois à quatre mois.

II.4.1. La température : La température influence considérablement les autres paramètres météorologiques ce qui a un effet direct sur l'évaporation, l'évapotranspiration, la végétation et le déficit d'écoulement.

Ouargla est caractérisé par des étés brulants qui aussi durs que ceux qui s'observent dans le Sahara central .Les températures sont constamment variables. Les écarts entre la nuit et le jour dépassent parfois 22 C°.

Le tableau (I.1) ainsi que la figure(I.7) au-dessous représentent respectivement es températures annuelles moyennes allant de l'allant de l'année 2012 jusqu'à l'année 2020.

Tableau II.1 : Températures annuelles moyennes d'Ouargla (2012-2020)

Années	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Tmoy(C°)	9,30	8,97	10,28	9,44	11,10	10,53	10,20	10,21	9,64

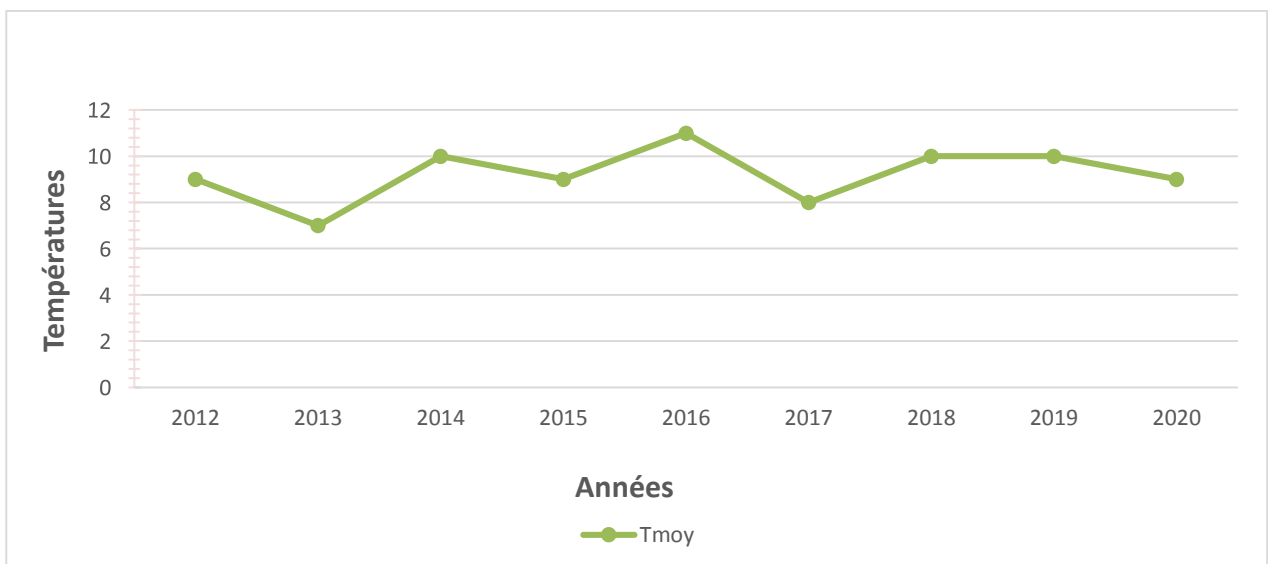


Figure II. 7 : Evaluation des températures moyennes annuelles d'Ouargla (2011-2019)

II.4.2 La précipitation : La Wilaya de Ouargla est caractérisée par un climat Saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées, une forte évaporation et une faiblesse de la vie biologique.

En plus de leur rareté, les précipitations au niveau de la région de Ouargla sont irrégulières, alors que la sécheresse presque absolue de Mai à Août, Janvier (8mm) mois le plus pluvieux, Juillet (0.17mm) mois le plus sec, le cumul annuel (32.2mm).

La pluviométrie est résumée dans le tableau et le graphe comme suit :

Tableau II.2 : Cumul des précipitations moyennes annuelles d'Ouargla (2000-2020)

Années	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Précipitations Annuelles (mm)	257.41	193.24	177.76	250.05	230.09	342.81	229.73	146.86	179.68	251.78	294.55
Années	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Précipitations Annuelles (mm)	294.55	337.75	209.16	170.09	250.22	322.56	265.84	261.49	315.65	292.54	

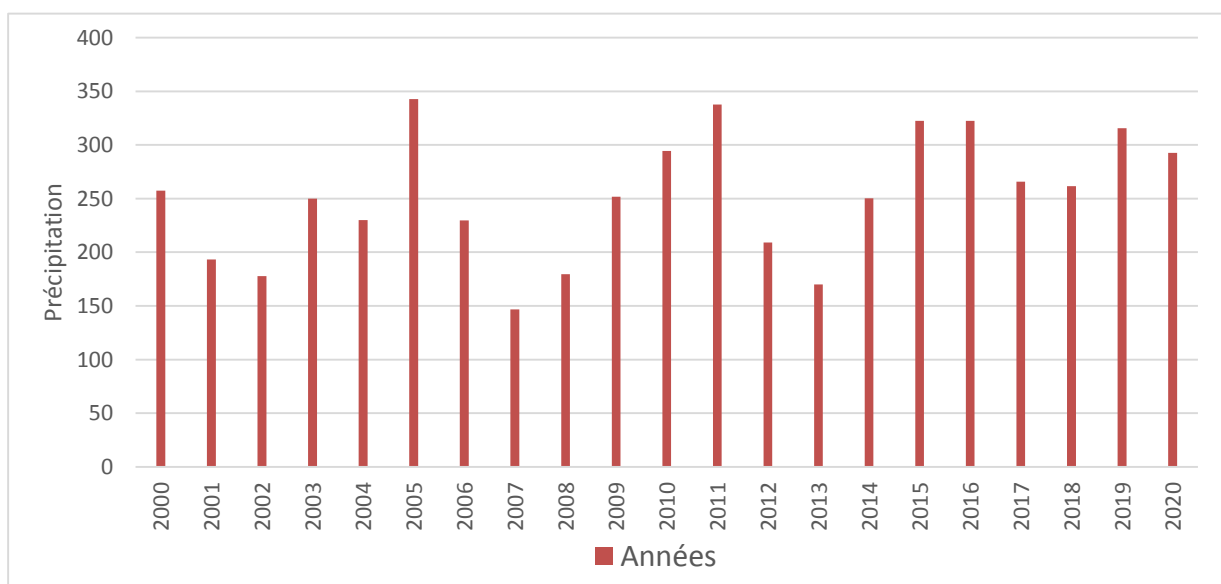


Figure II.8 : Cumul précipitations moyennes annuelles d'Ouargla (2000-2020) (ANRH Ouargla).

II.4.3 Diagramme ombrothermique

Pour établir ce diagramme (Figure II.9), on doit présenter les deux courbes : températures(C°) et précipitations (mm) sur même graphe contenant les deux paramètres à la fois.

Les températures sont représentées sur une échelle double à celles des précipitations .L'intersection des deux courbes, définit la zone humide .Actuellement dit, si la courbe des précipitations est au-dessus de celles des températures, la période est dite humide .si on a au contraire, la courbe des précipitations au-dessous de celle des températures, la période est dit sèche.

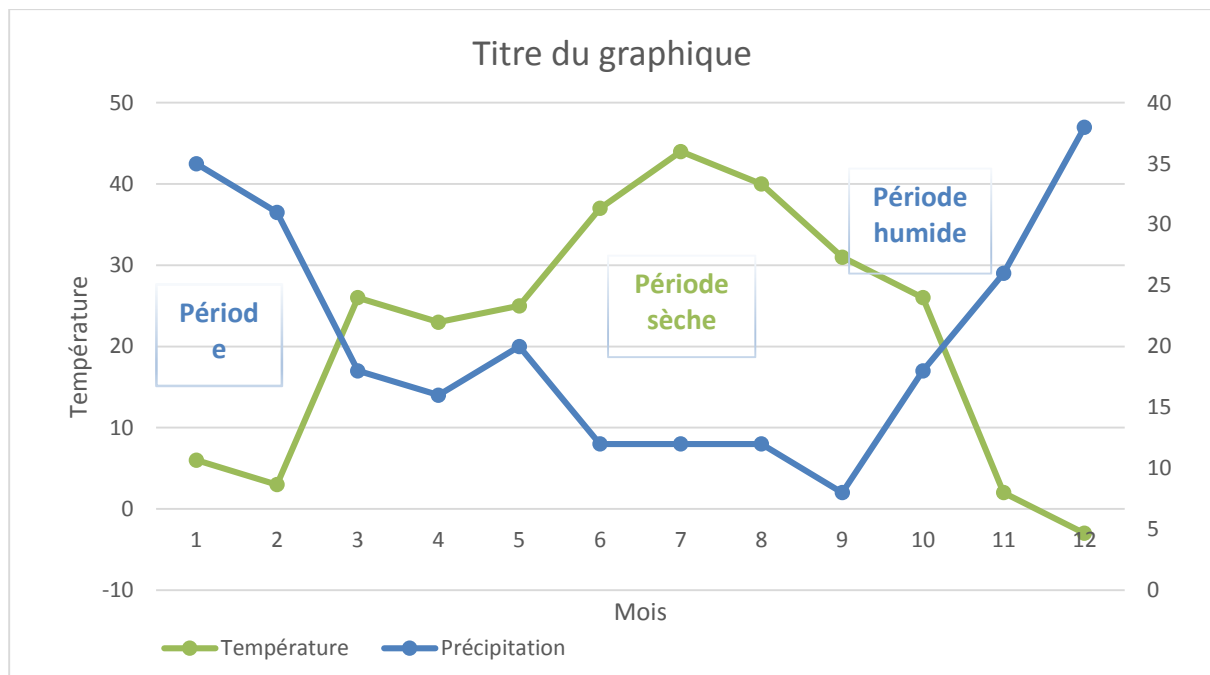


Figure II.9 : Diagramme ombrothermique d’Ouargla(2020)

II.4.4 Vitesse de vent :

Les vents de directions Est et Nord-est prédominent, puis à un degré moindre ceux de direction Ouest et Sud-Ouest, Caractérisés par le Sirocco. Généralement c’est au printemps que les vents sont les plus forts, ils sont chargés de sables éoliens pouvant durer jusqu’à trois jours consécutifs avec une vitesse allant de 40 à 50Km/h.

II.4.5 Humidité

L’humidité est définie comme étant du climat qui représente le pourcentage de la vapeur d’eau qui se trouve dans l’atmosphère. L’humidité moyenne minimale est de 25% en juillet et de 61% en décembre, la région présente une moyenne annuelle de 39,3%. Alors que l'évaporation est très importante (513mm à Ouargla et 420 mm à Hassi Messaoud).

II.4.6 Taux d'insolation

Il est exprimé en heure, sa durée débute par le lever du soleil jusqu'au coucher. L'insolation varie en fonction des quatre saisons et aussi de l'angle d'incidence de ses rayons. Dans cette région le taux d'insolation est très élevé et peut atteindre jusqu'à 3500 heures par année.

II.4.7 L'évaporation

L'évaporation atteint des valeurs très importantes, cela s'explique par les fortes températures et le fort pouvoir évaporant de l'air notamment les vents desséchants au mois d'Aout ou elle atteint 420,5 mm, ce qui correspond à 14 mm par jour.

IV.8 : Diagramme d'Emberger

Afin de déterminer les types de climat de la zone méditerranéenne, Emb(1966) a mis au point un quotient pluviométrique calculé comme suit :

$$Q = 3,43 * \frac{P}{M - m} \tag{II.1}$$

Avec :

Q : facteur des précipitations d'Emberger.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (C°).

m : moyenne des minima du mois le plus froid (C°).

Le calcul du facteur d'Emberger dans la zone d'Ouargla pendant l'année 2020 donne la valeur suivante :

$$Q = \frac{3.43 * 24.38}{41.5 - 4.5} = 2.26 \text{ mm/c}^\circ$$

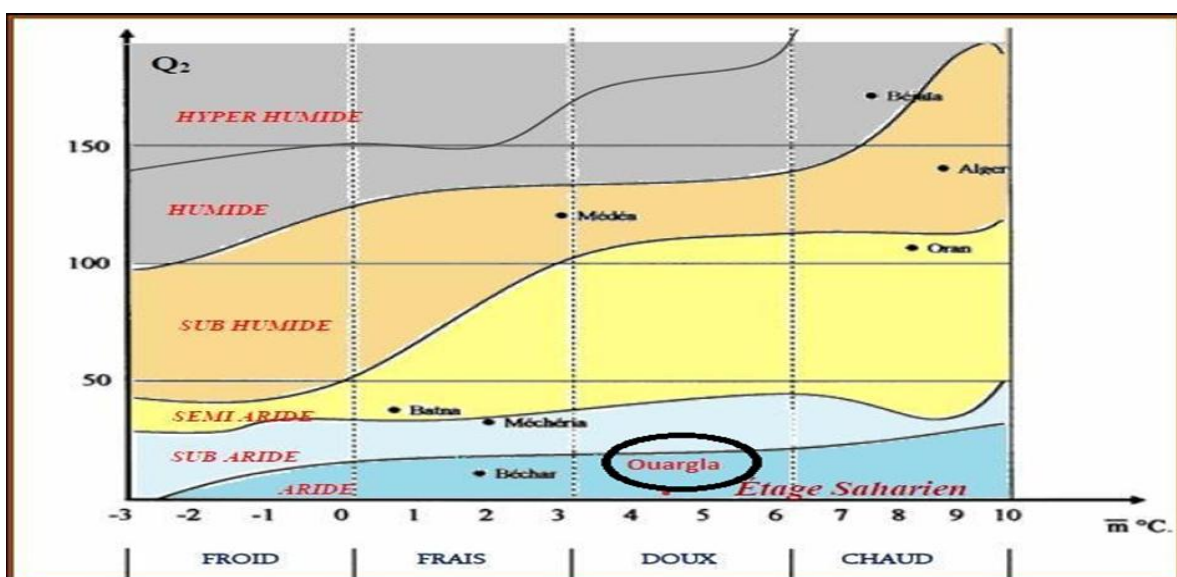


Figure II.10 : Diagramme d'Emberger pour l'année 2020

Selon la position sur le Diagramme d'Emberger (Figure I.10) la zone d'étude est caractérisée par un climat saharien avec un hiver frais.

Conclusion :

Etant une région désertique du Sud-Est algérien. La région de Ouargla repose sur un énorme réservoir d'eaux souterraines, il s'agit du système aquifère du Sahara septentrional qui renferme une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés communément : le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT).

Dans ce chapitre, nous avons présenté la situation géographique ainsi que le relief et la topographie de la région et ses caractéristiques géologiques.

L'étude climatologique de cette région pour un intervalle allant de 2000 jusqu'à 2020, nous a permis de synthétiser les spécifications exactes dont nous avons besoin pour avancer dans le travail.

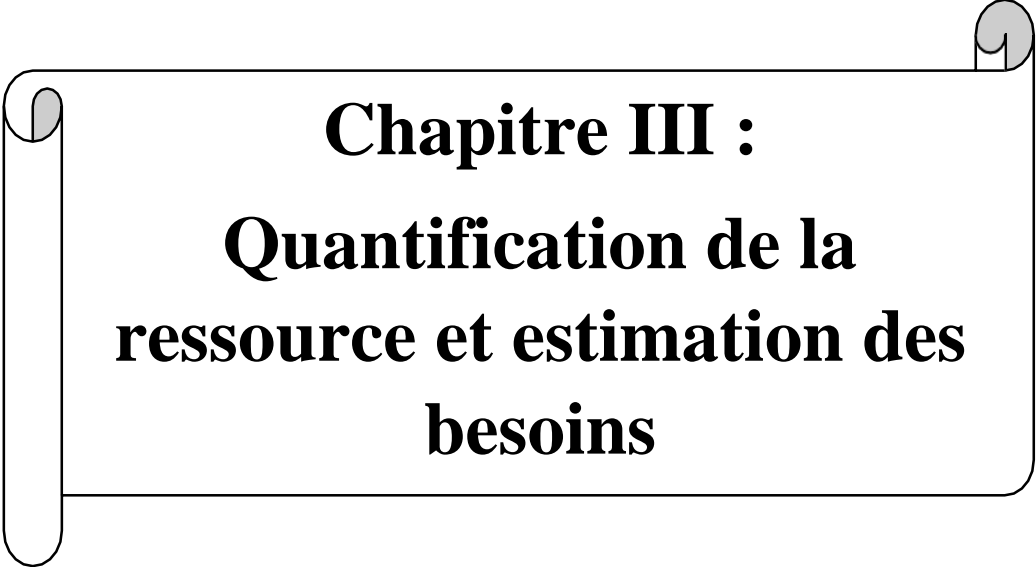
Ouargla est caractérisé par un climat hyper aride de type saharien marqué par une pluviosité irrégulière annuelle et interannuel avec des précipitations annuelles totales 292.54mm en 2020.

Le mois de décembre caractérisé par une forte humidité, et le mois de Juillet a une faible humidité, les mois d'été sont très chauds, et les températures atteignent jusqu'à 50°C à l'ombre et le jour de Sirocco, mais la température chute à la nuit tombante d'une vingtaine de degrés, créant un écart très considérable entre les températures.

Cela dit nous sommes en mesure de distinguer deux périodes : l'une est sèche et chaude se prolongeant entre les mois de Mai jusqu'à Novembre et l'autre est humide et froide s'étalant entre Novembre et Avril.

Les vitesses du vent les plus élevées sont enregistrées durant la période allant le mois d'Avril jusqu'au mois de Septembre, provoquant ainsi des taux d'évaporation plutôt élevés.

Avec tous ces facteurs réunis, pouvons conclure que la zone d'étude est caractérisée par une aridité extrême, l'évaporation et la transpiration sont des mécanismes majeur de perte en eau résultants de chaleur élevée et des vents forts.



Chapitre III :
Quantification de la
ressource et estimation des
besoins

Introduction

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou pour d'autres usages (Domestique, irrigation, industrie...etc.).

La chimie des différentes sources en eau (eaux souterraines) est souvent influencée par la dissolution des formations géologiques, des rejets industriels et l'activité agricole. En raison de l'utilisation multiple de ces eaux, cette étude a été menée afin de contrôler l'état actuel de la chimie des eaux souterraines de l'aquifère de Miopliocène de la zone d'étude, son évolution dans le temps et dans l'espace.

III.1 Ressources en eaux souterraines

Dans les oasis du Bas Sahara, la wilaya d'Ouargla présente des potentialités en eau assez importantes les seules ressources hydriques disponibles sont d'origine souterraine, représentées par trois types d'aquifères, l'un libre correspondant à la nappe phréatique, les deux autres sont captifs, correspondant aux nappes multicouche du complexe terminal et la nappe du continental intercalaire (Figure III.1).

III.1.1 la nappe phréatique

La nappe phréatique partout dans Ouargla, repose sur le plancher argilo gypseux du Pontien supérieur. La zone d'aération qui sépare la surface de cette eau de la surface du sol, ne dépasse pas une profondeur moyenne de plus de 40 m de sable non aquifère (ANRH, 2004).

L'alimentation de la nappe phréatique dans la zone d'étude est assurée par l'infiltration des eaux de forages profonds (CT et CI) et par les rares et faibles précipitations typiquement sahariennes.

Les études passées montrent d'une manière générale, comme d'ailleurs dans tout le Bas-Sahara que le sens de l'écoulement des eaux de la nappe libre suit celui de la nappe du Complexe Terminal, c'est-à-dire du Sud vers le Nord.

III.1.2. Le Continental Intercalaire (CI)

Qui s'étend sur tout le bassin sédimentaire du Sahara septentrional sur une superficie de 600 000 km². Cet aquifère est contenu dans les formations sablo-gréseuses et argilo-sableuses accumulées dans des niveaux d'âges variables, selon les endroits, et compris entre le Trias et le Crétacé inférieur. Il porte souvent, de manière restrictive, le nom de nappe de l'Albien en référence à son étage supérieur, car les premiers jaillissements d'eau obtenus en provenance de cet aquifère ont été attribués aux grès de l'Albien. (Universico, 1982)

III.1.3 Le Complexe Terminal (CT)

Qui occupe une superficie d'environ 350 000 km². Sur le territoire algérien, le Complexe Terminal renferme deux formations aquifères distinctes. La première est contenue dans les sables du Mio-Pliocène, tandis que la seconde se trouve dans le Sénonien supérieur et l'Éocène inférieur. Une troisième formation, d'importance plus modeste, s'ajoute aux deux précédentes. Il s'agit de la nappe phréatique, ou nappe superficielle, contenue dans les alluvions de la vallée de l'oued Mya. Dans l'agglomération, sa profondeur varie entre 0,5 et 1,5 m par rapport au niveau du sol. Mais dans les zones les plus basses, elle se trouve pratiquement à fleur de sol. (Universico,1982)

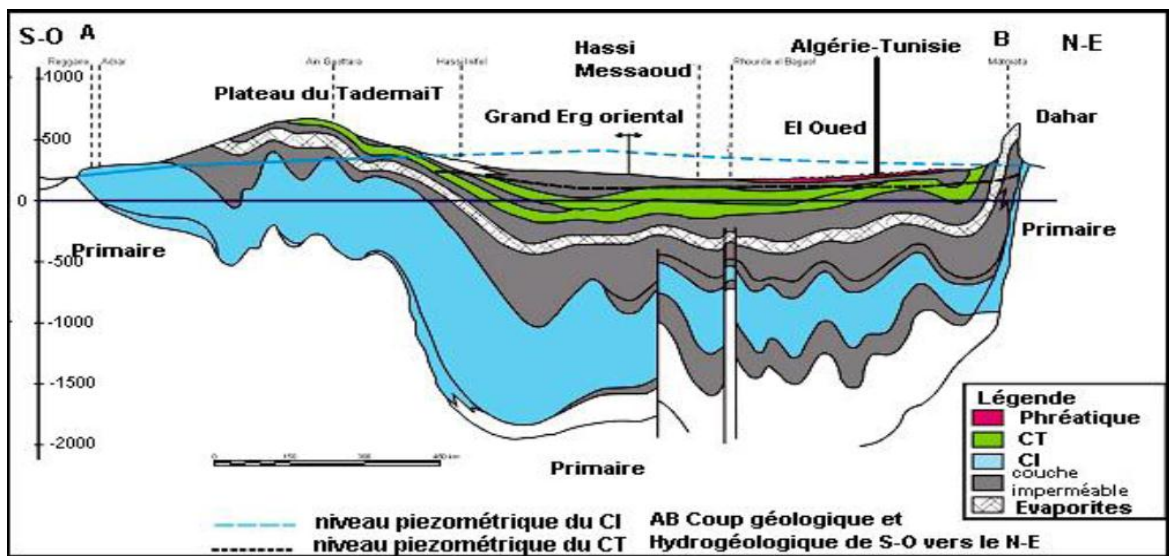


Figure III.1 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (UNESCO, 1982)

Tableau III.1: Étendue et volume des ressources en eaux souterraines.

Les nappes souterraines	La superficiel (l'étendue) (Km ²)	Le volume (m ³)	Le Temps de Renouvellement (ans)
La nappe du complexe terminal	350 000	/	6 000
La nappe phréatique	250000	/	70 000
La nappe du continental intercalaire	600000	60 000*10 ⁹	6 000

Source : ANRH 2006

Tableau III.2: Récapitulatif des systèmes aquifères d'Ouargla.

Nature hydrogéologique	Nature lithologique	Etage	Ere
Nappe phréatique	Sables	Quaternaire	
Niveau imperméable	Argiles		

1^{ère} nappe des sables	Complexe Terminal	Sables	Pliocène		Tertiaire
Semi-perméable		Argiles gypseuses	Pontien	Miocène	
2^{ème} nappe des sables		Sables grossiers, graviers	Moyen	Eocène	
Niveau imperméable		Argiles lagunaires, marnes	Inférieur		
Nappe des calcaires (perméables)		Calcaire fissuré	Sénonien carbonaté	Crétacé	Secondaire
Semi-perméable		Evaporites, argiles	Sénonien lagunaire		
Niveau imperméable		Argiles, marne	Cénomanién		
Nappe de Continental Intercalaire		Sables et Grés	Albien		

Source : DRE 2018

III.2 Estimation des épaisseurs mouillées :

Les études faites par l'ANRH concernant les caractéristiques des aquifères du Sahara Septentrional sont présentées par les valeurs suivantes (**Tableau III-3**) :

Tableau III.3 : les caractéristiques des aquifères du Sahara Septentrional

Aquifère	Nappe phréatique	CT	CI
Épaisseur mouillée	20 à 25 m	50 à 60 m	350 à 380 m
Superficie (S) m²	11738 km ² = 11738000000 m ²		
porosité efficace (ne)	12.49×10 ⁻²	5×10 ⁻²	5×10 ⁻²
Réserves en m³	65.97×10 ⁹ m ³	200×10 ⁹ m ³	226×10 ⁹ m ³

Source : ANRH 2006

III.3 Description de l'état de secteur de l'eau de la ville d'Ouargla :

III.3.1 les forages :

Les ressources en eau dans la zone d'étude Ouargla sont situées au niveau même de l'agglomération et sont constituées par des plusieurs forages dans différentes stations de dessalements le tableau suivant présentes la capacité de différentes stations de déminéralisation dans la ville de Ouargla qui sont alimentées par plusieurs forages.

Tableau III.3 : Liste des stations de déminéralisations dans la région d'Ouargla.

Localisation des stations	Gharbouz	Hai Bouzid	Mekhadma	Bamendil (Elkafdji)	Ifri (Gara)	Sokra	Ruisset El haddeb
Débit (m³/j)	5000	10000	3000	7500	10500	3000	27000

Source : (DRE Ouargla, 2014)

III.3.2 Les normes de potabilité

Les normes de l'eau potable sont établies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ou par l'Union Européenne (UE) ou le ministère algérien des ressources en eaux ou le ministère d'économie. L'eau potable doit être exempte de matières en suspension, micro-organismes et produits toxiques. Les recommandations quant aux concentrations en minéraux varient d'un pays à un autre avec toutefois pour la plupart des minéraux une concentration maximale afin de garantir une eau équilibrée et agréable à boire. (Lenntech).

L'élaboration des normes de potabilité est basée sur les études scientifiques montrant les effets nocifs sur la santé. Elles sont liées à la qualité physicochimique et bactériologique de certains éléments.

Le tableau ci-dessous montre les normes de potabilité de l'eau fixées par l'OMS.

Tableau III.4 : Normes de potabilité de l'eau fixées par l'OMS (2015).

Eléments/Substance	Symbole/Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS
Turbidité	/	Non mentionnée
Dureté	mg/l CaCO ₃	200 ppm
Total des solides dissous	/	1000mg/l
PH	/	6.5 - 9.5
Aluminium	Al	0.2 mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	0.02 g/l
Arsenic	As	0.01 mg/l
Baryum	Ba	0.7 mg/l
Bore	B	0.5 mg/l
Cadmium	Cd	0.003 mg/l
Chlore	Cl	250 mg/l
Chrome	Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺	0.05 mg/l
Cuivre	Cu ²⁺	2 mg/l
Cyanure	Cn ⁻	0.07 mg/l
Fluore	F ⁻	1.5 mg/l
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S	0.05 à 1 mg/l
Fer	Fe	Pas de valeur guide
Plomb	Pb	0.01 mg/l
Manganèse	Mn	0.4 mg/l
Mercure	Hg	0.006 mg/l
Molybdène	Mb	0.07 mg/l
Nickel	Ni	0.07 mg/l

Nitrate et Nitrite	NO ₃ , NO ₂	50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Sélénium	Se	0.01 mg/l
Argent	Ag	Pas de valeur guide
Sodium	Na	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄	500 mg/l
Etain inorganique	Sn	Pas de valeur guide
Uranium	U	0.015 mg/l
Zinc	Zn	3 mg/l

III.4 Les besoins

Les demandes totales en eau à Ouargla en 2014 ont dépassé 1,40 Milliards m³, les besoins par habitant de cette année se répartissent comme suit :

- **L'alimentation en eau potable(AEP)** : les prélèvements pour l'alimentation en eau potable sont principalement effectués à partir de 148 dans la nappe du Complexe Terminal(CT) et 02 forages dans la nappe du Continental Intercalaire(CI).
En 1999, la mobilisation est de 0,5 hm³ /jet en 2015 atteint 0,7hm³ ou les ressources mobilisables à but d'alimentation en eau potable représentent 9,27 % du total de la mobilisation .Les besoin en eau domestique est évaluée à 0,06 hm³ /j en 1999 qui s'accroît jusqu'à 0,19hm³/j en 2015 avec une moyenne d'augmentation annuelle de 2202m³/j.
- **L'alimentation en eau pour l'irrigation(AEA)** :
L'agriculture dans la ville de Ouargla est la principale activité de la région comme culture dominante, la Pomme de terre, le palmier dattier dans les ghouts.
Les ghouts saharienne fonctionne comme un agro-système, reposant sur la trilogie eau/habitat/palmeraie ; pour faire venir les eaux à eux, d'excaver suffisamment le sable pour que l'épaisseur restante soit 2m, planter alors les palmiers dans sol de façon à ce qu'ils aillent puiser l'eau par leurs propres racines, c'est le principe de la culture Bour (en sec), on n'importe pas d'eau d'irrigation mais les palmiers va chercher lui-même ce dont il a besoin (ADE, 2016)

Donc pour l'agriculture utilise plus de 90% des ressources en eau sachant que les besoins en eau d'un hectare sont évaluée à 17340m³/an .les besoins augmentent continuelles de 3,76hm³/j en 1999 à 4,45hm³/j en 2005 pour atteindre 5,93 hm³/j en 2015(ADE, 2016)

- **L'alimentation en eau pour l'industrie (AEI)** :
L'utilisation d'eau dans le domaine industrielles est très faible dans la ville de Ouargla par rapport aux grands villes vu à l'absence des grandes unités industrielle dans la

région ; les ressources mobilisables à des fins industriels ne représentent que 5,33% de la totalité des ressources mobilisables .Les besoins en eau industrielles sont estimées en 1999 à 0,06hm³/j et sera 0,09hm³/j en 2015(ADE ,2016)

III.4.1 Evolution de la population

La croissance démographique entraînera une augmentation des besoins en eau. Les populations, les exploitations et les entreprises seront amenées à consommer davantage alors que le changement climatique devrait provoquer l’assèchement de certaines zones quand d’autres deviendraient plus humides. Selon les dernières données liées aux tendances démographiques communiquées, la population mondiale pourrait atteindre les 9,7 milliards d’individus en 2050 (ONU, 2015).

La demande en eau potable est définie comme étant la somme des volumes d’eau à mobiliser à une agglomération ou un ensemble d’individus pour satisfaire leurs besoins.

III.4.2 Taux d’accroissement

L’évolution de la population est estimée suivant la loi des accroissements géométriques C’est à dire on varie le taux d’accroissement de l’agglomération en fonction du temps (selon les différents horizons), et en fonction de l’espace (l’agglomération fait partie de la région des Hauts plateaux et sud).

Tableau III.5: les taux d'accroissement de population.

S7	100 000 ≤ hab			REGION HP et SUD	
Taux(τ) en % 1987/2008	Taux 2008/2010	Taux 2010/2015	Taux 2015/2020	Taux 2020/2025	Taux 2025/2030
$\tau < 0$	1	1.5	2	1.8	1.5
$0 \leq \tau \leq 1$	1	1.5	2	1.8	1.5
$1 \leq \tau \leq 1.5$	1.5	2	2	1.8	1.5
$1.5 \leq \tau \leq 2$	1.8	2	2	1.8	1.5
$2 \leq \tau \leq 2.5$	2.5	2	2	1.8	1.5
$2.5 \leq \tau \leq 3$	2.5	2.2	2	1.8	1.5
$3 \leq \tau \leq 4$	2.5	2.2	2	1.8	1.5
$\tau \geq 4$	2.5	2.2	2	1.8	1.5

Source : PNE, 2010

Tableau III.6 : les taux d'accroissement de la ville d’Ouargla et la commune de Touggourt.

Année	2021	2031	2041
Taux	1.8	1.5	1.5

III.4.3 Evolution de la population de Touggourt a différents horizons

L'évolution démographique en Algérie suit la loi des accroissements géométriques qui est donnée par la formule suivante :

$$P_n = P_0 [1 + \tau]^n \tag{III.1}$$

Avec :

P_n : nombre d'habitants futurs à l'horizon n

P_0 : nombre d'habitants de l'année de référence (hab.).

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

τ : taux d'accroissement annuel de la population.

Tableau III.7 : Evolution démographique de la ville d'Ouargla commune Touggourt

Année	2020	2021	2031	2041
Population (hab)	182659	192701	230336	267315

III.4.4. Dotation nette domestique autres usages et autres usages :

La dotation nette domestique et autres usages correspond à la dotation moyenne journalière destinée à la consommation du domestique et des autres usages (calculée à partir des volumes facturés pour l'ensemble des catégories domestiques, administration, commerce, petite industrie et tourisme, au sein des unités d'ADE sur le territoire Algérien).

La dotation est distribuée par équivalent habitant au robinet.

Dans le Tableau III.8 du plan national de l'eau (PNE) montre la répartition de chaque région (région nord, région haut plateaux et région sud) et donne la dotation unitaire domestique selon des Hypothèse volontariste pour plusieurs horizons qui est en fonction d'urbanisation des villes (urbaines, semi-urbaines,.....etc).

Tableau III.8 : Dotation par l'hypothèse volontariste.

HYPOTHESE VOLONTARIS TE	Dotation unitaires domestiques et autres usages assimilés (en l/j/hab)														
	Région Nord					Région Hauts Plateaux					Région Sud				
HORIZON	2010	2015	2020	2025	2030	2010	2015	2020	2025	2030	2010	2015	2020	2025	2030
Métropoles(SPE)	170	170	162	153	145	179	179	170	161	152	196	196	186	176	166
Métropoles	144	144	136	136	128	151	151	143	143	134	166	166	156	156	147
Urbain sup	128	128	120	120	120	134	134	126	126	126	147	147	138	138	138
Urbain	112	112	105	98	98	118	118	110	103	103	129	129	121	113	113
Semi Urbain	108	108	101	95	95	113	113	106	99	99	124	124	116	109	109
Semi rural	94	94	88	88	88	98	98	92	92	92	108	108	101	101	101
Rural aggloméré	81	81	81	81	81	85	85	85	85	85	93	93	93	93	93

DOTATION MOYENNE PONDEREE population agglomérée	121	121	114	108	108	118	119	113	110	110	126	128	121	117	118
Eparse	60	60	60	60	60	63	63	63	63	63	69	69	69	69	69

Source : PNE, 2010

Tableau III.9 : Dotation de la ville d’Ouargla commune Touggourt.

Année	2020	2021	2031	2041
Dotation (l/j/hab)	116	116	109	109

III.4.5 Calcul des besoins en eau potable :

La consommation moyenne journalière est exprimée en mètre cube par jour et donnée par la relation suivante :

Donc :

$$Q_{AEP} = (D * N)/1000 \quad (III.2)$$

Avec :

D : dotation moyenne journalière en (l/j/hab)

N : nombre d’habitants

En absence de données des équipements et on se basant sur les études des quelques localités de la région sud est de l’Algérie nous avons constaté que la consommation des équipements varie entre 5 et 10 % de la consommation des habitants ; pour notre cas et vue que la ville de Touggourt est transformé en wilaya ce qui va faire objet de création de beaucoup d’équipement administratives alors nous allons prendre le taux de 10% comme consommation des équipements. **Le tableau III-10** représente les débits moyens journaliers calculés pour les différents horizons.

Tableau III.10 : Estimation des besoins domestique en eau potable de Touggourt.

Année	2020	2021	2031	2041
Population (hab)	182659	192701	230336	267315
Dotation (l/j/hab)	116	116	109	109
Q_{moyj} Hab (m³/j)	//	22353,34	26719	31008,5
Q_{moyj} total (m³/j)	//	25706,34	30726,85	35659,8

Le réseau d'eau potable a pour fonction de base de livrer de façon continue une eau de bonne qualité et avec une quantité suffisante à une pression adéquate. Le réseau de distribution subit des dégradations au cours du temps qui peuvent engendrer des fuites.

Les causes les plus communes des fuites sont les suivantes :

- ❖ Mauvaises installation et fabrication des conduites.
- ❖ Mauvais choix de matériaux des conduites.
- ❖ Une mauvaise manipulation de matériaux avant l'installation.
- ❖ Remblai incorrect ;
- ❖ variations de la pression.
- ❖ La corrosion.
- ❖ Les vibrations et le chargement de la circulation ;
- ❖ Les conditions environnementales telles que le froid et le chargement
- ❖ Manque d'entretien approprié.

Tableau III.11 : Récapitulatif des besoins en eau de la willaya d'Ouargla.

Usages	Besoins (hm 3/an)	Taux (%)
Domestique	53.20	9.27
Agricole	1703.43	90
Industrielle	26.65	5.33

Source : ADE ,2016

Ce tableau exprime la totalité des besoins en eau en différentes usages et ça pourcentage d'utilisations dans la willaya d'Ouargla.

• **Estimation du débit de fuite**

Plusieurs études ont été réalisées pour estimer le taux de perte d'eau par les fuites.

D'après une étude, environ 6 milliards de m³ sont prélevés chaque année dans les ressources en eaux pour délivrer aux usagers des services d'eau potable les 4 à 4,5 milliards de m³ nécessaires pour satisfaire leurs besoins. Un taux de perte de 25% à 33 %.

Pour les pays en voie de développement les pertes d'eau ont été estimées en moyen de 40 à 50%

La réduction des pertes en distribution des systèmes d'alimentation en eau potable est donc un enjeu considérable dans un contexte de tension sur les quantités d'eau mobilisables pour cet usage.

Tableau III.12 : Estimation des pertes en eau potable de la ville d'Ouargla commune de Touggourt.

Année	2021	2031	2041
Q_{moyj} Hab (m³/j)	22353,34	26719	31008,5

Q_{moyj} total (m³/j)	25706,34	30726,85	35659,8
Q_{moyj} de fuite (m³/j)	7711,90	7681,71	5348,96
Q_{moyj} majoré (m³/j)	33418,24	38408,56	41008,7

III.5 Critères de potabilité d'une eau destinée à la consommation

Une eau est dite "potable" si elle respecte les valeurs imposées par la loi, il existe cinq catégories de paramètres :

III.5.1 Les paramètres organoleptiques

- **Le goût et l'odeur** : Ensemble complexe des sensations olfactives, gustatives perçues au cours de la dégustation, il doit être non désagréable ; le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV.

L'odeur a pour origine principale la présence de substances organiques volatiles ou de certains gaz.

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

- **La couleur** : La couleur de l'eau est liée à la présence de substances organiques colorées et de métaux (le fer et le manganèse).
- **La turbidité** : La turbidité est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau ; c'est l'inverse de la limpidité. Techniquement, la turbidité correspond à la propriété optique de l'eau permettant à une lumière incidente d'être déviée (diffraction) ou absorbée par des particules plutôt que transmise en ligne droite. Elle est causée par diverses matières particulaires ou colloïdales. Composées de limon, d'argile, de composés organiques ou inorganiques ainsi que du plancton et d'autres micro-organismes.

III.5.2 Les paramètres physico-chimiques

- **La température** : La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air. Pour que l'eau potable soit désaltérante, sa température doit situer entre 8 et 15°C. L'OMS ne recommande aucune valeur.

La température de l'eau, est un facteur qui agit sur la densité, la viscosité, et la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes (W.H.O, 1987)

- **La dureté** : La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins Na⁺, K⁺ et H⁺. Elle est souvent due aux ions Ca²⁺ et Mg²⁺. La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire

la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de CaCO₃ par litre. On l'exprime aussi en degré français.

- **Le PH** : Le PH exprime l'acidité ou l'alcalinité suivant qu'il se trouve dans la bande de 0 à 7 ou de 7 à 14, le 7 constitue la neutralité du milieu. La mesure du pH grâce à un PH-MÈTRE ou un comparateur colorimétrique approprié est tout à fait valable pour déterminer la concentration des protons H⁺ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (Himmi et al, 2003).
- **La minéralisation** : La minéralisation est la concentration en sels dissous (Sulfates, Chlore, Sodium, Magnésium, Aluminium).

III.5.3 Les paramètres bactériologiques

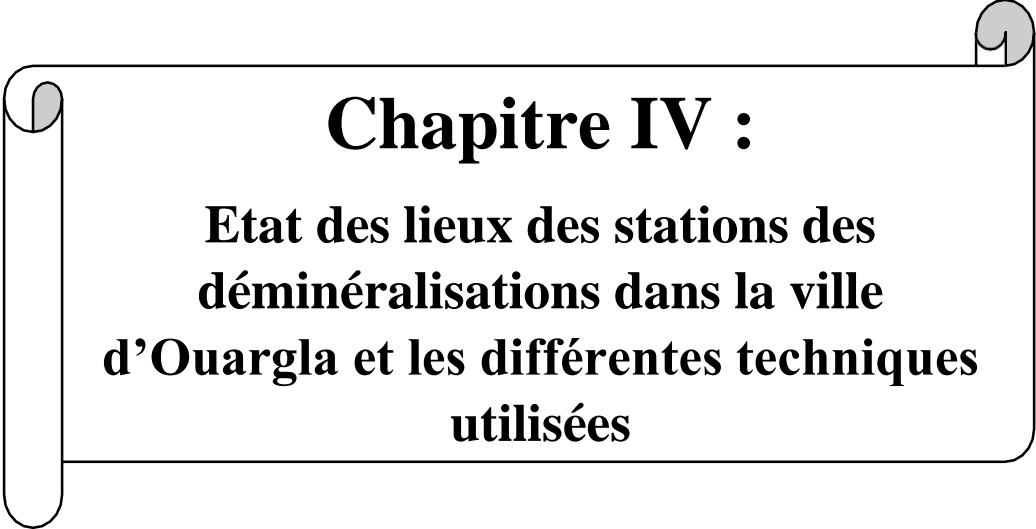
L'eau contient une multitude de micro-organismes (bactéries, virus, parasites) issus de l'activité biologique naturelle. Certains de ces micro-organismes peuvent être pathogènes pour l'homme. Les maladies d'origine microbienne constituent d'ailleurs le risque sanitaire le plus important dans le domaine de l'eau : les effets sanitaires (gastro-entérite,...) peuvent se produire à court terme et se caractériser dans certaines situations par la survenue d'épisodes épidémiques.

L'eau ne doit en aucun cas contenir des organismes pathogènes et/ou d'organismes indicateurs d'une contamination fécale, tels les bactéries coliformes fécales, les bactéries *Escherichia coli*, les bactéries entérocoques et les virus coli-phages. L'eau ne doit pas contenir plus de 10 bactéries coliformes totales par 100 millilitres d'eau prélevée.

- **Matières en suspension** : Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (Rodier, 1996). Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution (HEBERT & LEGERE, 2000).
- **La conductivité électrique** : La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm² de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m). La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (HCEFLCD, 2006).

Conclusion :

La distribution de l'eau dans la willaya d'Ouargla a toujours le souci de couvrir les différentes besoins de consommateurs en qualité et quantité suffisante. Il a aussi la responsabilité de la bonne gestion et à la perfection de toutes les infrastructures. Avec la mise en service de nombreux forages dans les nappes souterraines, l'eau est apparue comme un bien disponible en quantité quasi illimitée, avec un taux de raccordement des ménages à l'eau potable qui atteint les 84 % en 1993 (selon DHW de la wilaya). Dès le début des années 2000, le débit disponible permettait l'eau courante 24 h/24 ; la consommation journalière se situait en moyenne aux alentours de 400 l/hab./jour, mais elle pouvait atteindre certains jours le volume impressionnant de 700 l/hab./jour (Farhi, 2006). Toutefois l'exploitation et l'utilisation de ces eaux nécessitent un traitement particulier en premier lieu vu leur qualité médiocre, et cela en passant par des stations de déminéralisation qui sont plutôt nombreuses.



Chapitre IV :
**Etat des lieux des stations des
déminéralisations dans la ville
d'Ouargla et les différentes techniques
utilisées**

Introduction :

L'eau est indispensable pour la vie mais sa disponibilité n'est pas assurée partout. La pénurie d'eau se pose et se posera dans de nombreux pays. Pourtant les réserves d'eau sur le globe terrestre sont immenses. La majeure partie de ces réserves (97,5 %) est sous forme d'eaux salines ou saumâtres et sur les 2,5 % disponibles, la plus grande partie (70 %) est sous forme de glace. Ce qui reste est souvent inaccessible : humidité du sol ou nappe profonde.

Par ailleurs les populations ont un accès très inégal à ces ressources. Ainsi des estimations montrent que pour la région méditerranéenne les besoins en eau dessalée s'élèveront à environ 15 millions de m³ par jour en 2025.

Dans la région de l'Ouargla, l'eau potable est prélevée des nappes souterraines qui sont considérées comme la seule source d'approvisionnement disponible mais l'eau de ces nappes en générales de gout salé légèrement saumâtre et médiocre car la composition de ces eaux est reliée à la nature chimique des couches géologiques traversées.

Ces eaux influe négativement sur la santé humain .Cette situation alarmante est à l'origine de la réalisation des stations de déminéralisations dans la zone de Ouargla pour obtenir une eau de bonne qualité. La déminéralisation des eaux saumâtres est sujets très important et la réalisation des stations des dessalements dans l'Algérie devient jour après jour une grande nécessité car elle permet la satisfaction des besoins des consommateurs en eau potable du coté qualitatif comme du quantitatif.

IV.1 Historique de déminéralisation et de dessalement :

L'idée de fabriquer de l'eau pure à partir de l'eau de mer tourmente les populations assoiffées depuis des centaines pour ne pas dire des milliers d'années. Il faut savoir que ce sont les Grecs qui ont découvert la distillation au Vème siècle .En effet, cela leur permettait de subvenir à leur besoins en eaux lorsqu'ils effectuaient de longs séjours en mer, car les marins de l'antiquité confrontés à l'approvisionnement en eau à bord des bateaux avaient déjà imité la nature en faisant bouillir de l'eau de mer pour en extraire de l'eau non salée par condensation de la vapeur produite.

IV.1.1 La déférence entre le dessalement et la déminéralisation :

- **Le dessalement :** On peut l'appel aussi dessalage ou désaliénation, consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou eau saumâtre d'origine continentale (DUNGLAS, 2014).
- **La déminéralisation :** Pour faire simple nous dirons que la déminéralisation est une opération qui consiste en l'élimination partielle ou totale des sels minéraux contenus dans un liquide. Elle est couramment pratiquée sur les eaux, les boissons et le lactosérum. Quant à la déminéralisation des eaux, cela concerne toute eau dont on a artificiellement retiré les sels minéraux dissous en utilisant différentes technologies qui changent l'état des sels de l'eau de dissous à insolubles et donc pouvant être supprimés .L'eau utilisée dans ce processus provient de nombreuses sources. Certaines

d'entre elles, particulièrement l'eau souterraine et les lacs réservoirs contiennent des sels d'eau, les plus communs étant le Calcium et le Magnésium.

IV.2 Caractéristiques des eaux des eaux saumâtres :

La caractéristique la plus importante des eaux est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels : chlorures de sodium et de magnésium, sulfate, carbonates.

Ce qui caractérise une eau saumâtre, c'est leur salinité, leur température et leurs teneurs en matière en suspension (MES), ces trois paramètres sont déterminants car ils influent sur le fonctionnement de l'unité de dessalement ou de déminéralisation. Le contrôle de ces trois paramètres nous permet d'optimiser les installations de dessalement pour la production d'eau douce.

IV.3 Les stations de déminéralisation dans la ville da Ouargla par la méthode d'osmose inverse :

IV.3.1 Les stations de déminéralisations Gharbouz(S1), Zyayna(S6) et Bamendil Village(S8) :

Les stations des déminéralisations d'eau saumâtre de GHARBOUZ (S1), ZYAYNA (S6) et BAMENDIL VILLAGE (S8), est alimentée à partir de six forages (1 albien) de défirent nappe ayant une salinité que est actuellement de 3 à 6 g/l.

Ces forages sont regroupés dans un collecteur général pour alimenter la station.

Tableau IV.1 : les noms et les caractéristiques des trois stations.

Nom de la station	Capacité d'eaux brutes (m3/j)	Objectif d'eaux traitées (m ³ /j)	nombre d'habitant moyenne de 150 l/J. hab	Forages
GHARBOUZ (S1)	3 000	2250	15000	2
ZYAYNA (S6)	3 000	2250	15000	2 (1 Albien)
BAMENDIL (S8)	3 000	2250	15000	2

Source : ADE ,2015

Les stations de GHARBOUZ (S1), ZYAYNA (S6) et BAMENDIL VILLAGE (S8) est implantée du complexe d' GHARBOUZ (S1), ZYAYNA (S6) et BAMENDIL VILLAGE (S8) dont la superficie est de 3250 m2

Les stations possédé une capacité de traitement de 3000 m3/j avec un taux de conversion total de 75%

Le tableau suivant présenté la capacité de traitement de chaque station :

Tableau IV.2 : Capacité de traitement et taux de conversion.

Nom de la station	Taux de production	Débit eau osmosée		Débit eau usée	Débit eau de service
	%	m3/h	m3/j	m3/h	m3/h
GHARBOUZ (S1)	75	97,00	2330	42	20
ZYAYNA (S6)	75	97,00	2328	40	21
BAMENDIL (S8)	75	97,00	2326	42	20

Source : ANRH, 2014

Les stations sont alimentées en eau brute à partir de six forages (1 Albine).

Tableau IV.3 : les caractéristiques techniques du forage.

N°	Forage	Débit exploite (m3/jour)	Débit a traité (m3/jour)	Année réalisation	Nappe captée
S1 – Station Gharbouz					
1	Gharbouz 1	1800	1531	1978	sénonien
2	Gharbouz 2	1728	1469	1990	sénonien
Débit Total		3528	3000	/	
S6 – Station Ziaina (Sokra)					
1	Ziaina	1296	726	2008	Miopliocène
2	Hadeb 03	6220	2274	1974	Albien
Débit Total		7516	3000	/	
S8 – Station village Bamendil					
1	Bamendil 1	2678	1525	1967	Miopliocène
2	Bamendil 2	2592	1475	1997	Miopliocène
Débit Total		5270	3000	/	

Source : DRE, 2012

Dont le débit de chacun est contrôlé par un débitmètre électromagnétique installé en amont de la bache des eaux brutes .Le débit provenant de chaque forage sera ajusté manuellement En manipulant les vannes y corresponde.

IV.4 Station de déminéralisation Sarl Ben Amor Frères à Ouargla :

La ville de Ouargla est caractérisée par l'eau salée, il est nécessaire d'en améliorer la qualité en la rendant compatible avec les normes nationales et internationales Pour ce faire, il existe plusieurs usines de dessalement d'eau Vendée à Ouargla. Parmi les quelles station de dessalement Sarl Ben Amor.

Le dessalement dans cette station s'effectue par les étapes suivantes :

1-Forage.

2-Préfiltration se fait par :

- Filtre à sédiments
- Filtre à cartouche de 5 microns

3-Filtration par l'osmose inverse.

4-Désinfection par :

- Eau de javel
- Ultraviolets (UV)

5- Distribution

La figure suivante illustre les étapes précédentes : Stockage d'eau brute

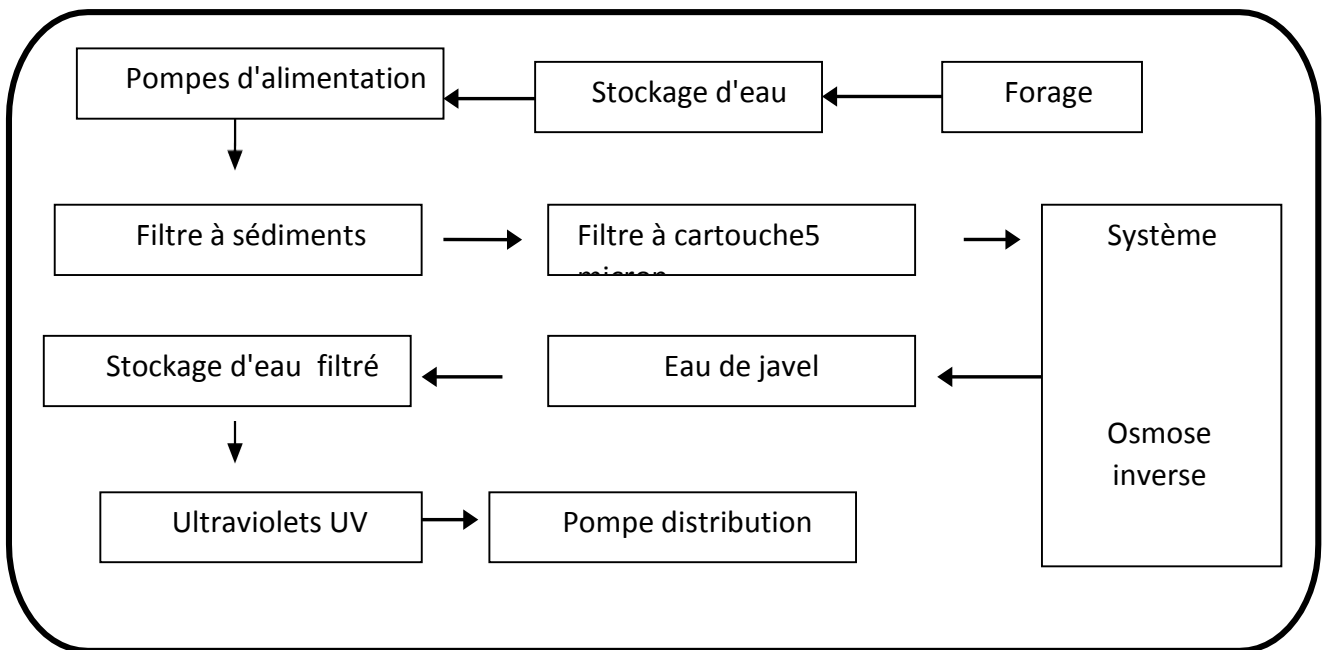


Figure IV .1 : Organigramme montrant les étapes du traitement de l'eau potable.

IV.4.1 Caractéristiques du forage :

La station de Sarl ben Amor frères est alimentée par un forage de 160m de profondeur avec un débit égal 35 l/s. Les caractéristiques du forage de la station comme indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV .4 : Les caractéristiques du forage de la station.

Caractéristique de la Nappe	
Profondeur (m)	160
Tubage (m)	13"3/8
Débit (l/s)	35
Crépine à persienne Inox (m)	8"5/8
Niveau dynamique (m)	30.80
Niveau statique (s)	9.20
Rabatement (m)	21.60
Entreprise de réalisation	FORHYD
Anne de mise en service	2006

Source : Sarl ben Amor frères

IV.4.2 Les caractéristiques de la pompe utilisée dans le forage :

Les caractéristiques de la pompe utilisée par station de Sarl ben Amor frères sont les suivant :

Tableau IV .5 : Les caractéristiques de la pompe utilisé dans le forage.

Caractéristiques de la pompe	Valeurs
Débit (m3/h)	20-48
Hauteur manométrique (m)	28-74
Vitesse de rotation (tr/min)	2900
Puissance (kW)	7.5

Source : station de Sarl ben Amor

IV.4.3 Réservoir de l'eau brute :

C'est un réservoir cylindrique utilisé pour le stockage de l'eau brute. La capacité du réservoir d'eau brute est de 50000 litres, la pression de service est de 0,2 bar et la pression d'épreuve est 0,3 bar.

IV.4.4 Préfiltration :

En l'absence de préfiltration convenable et de qualité acceptable d'eau d'alimentation la membrane peut s'encrasser, écailler et par conséquent, avoir une durée de vie réduite, le prétraitement est habituellement effectué pour réduire la turbidité, extraire le fer au le manganèse, stabiliser l'eau pour prévenir l'entartage, contrôler les microbes extraire le chlore (certaine type de filtre) et ajuster le pH.

Habituellement, des filtres à cartouche devraient tout au moins être pour protéger les membranes contre les particules. Elle est réalisée par deux filtres, filtre à sédiments et filtre à cartouches de 5 microns, en utilisant deux pompes d'alimentation horizontale en parallèles ayant les caractéristiques suivantes :

- Pression (2-3.5) bars

- Débits (9-36) m³/h
- Hauteur manométrique (35.6-27.3) m

IV.4.5. Filtre à sédiment

C'est un système de filtration rapide, il est sous forme d'un cylindre sous pression placé verticalement, de diamètre (1.25 m) et de hauteur (2 m) remplie par plusieurs couches de graines de nature déterminés comme suit :

- La couche supérieure est constituée par le charbon actif ($\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$) à grosse granulométrie, considéré comme un absorbant à très large spectre.
- La couche des milieux est formée de sable ($\rho = 2640 \text{ kg/m}^3$) qui diminue les matières en suspension.
- La couche inférieure est constituée de gravier ($\rho = 4100 \text{ kg/m}^3$), qui permet de retenir le sable et améliorer la répartition de l'eau de lavage dans les filtres, il est à noter que la densité spécifique (ρ) du matériau de remplissage augmente d'amont en aval. Le gravier doit être distribué en fonction du diamètre



Figure IV .2 : Filtre à sédiment

IV.4.6. Filtre à cartouche de 5 microns :

Un filtre à cartouche de 5 microns en polypropylène 5 (Figure IV.3) qui présente l'avantage de retenir les solides en suspension restants après le filtre à sédiments. Les cartouches filtrantes restent valables 2 à 3 mois.



Figure IV .3 : Filtre à cartouche 5 microns (Station Sarl Ben Amor).

Les éléments de l'osmose inverse disponibles à l'unité de traitement (station Sarl Ben Amor) sont les suivants :

- Membranes.
- Pompe à haute pression.

IV.4.7 Membranes de l'osmose inverse

La station utilise des membranes hélicoïdales en polyamide (susceptibles d'être attaquées par le chlore résiduel), qui sont trois lignes et composée de six unités.

Les conditions favorables pour un bon fonctionnement sont :

- pH de l'eau à filtre (4 à 9)
- La température de l'eau à filtre (7 °c à 49 °c)
- La turbidité de l'eau à filtrer (<1 NTU)

Les membranes d'osmose inverse présentent quelques avantages comme :

- Elles ne consomment pas d'énergie électrique importante.
- Les résidus résultants sont inoffensifs.

La membrane d'osmose inverse présente un défaut qui est la réduction des sels dissous dans l'eau.



Figure IV .4 : Membranes d'osmose inverse (Station Sarl Ben Amor)

IV.4.8 Désinfection

Le but la désinfection est d'éliminer les micro-organismes tels que les bactéries et les virus, évitant ainsi les maladies d'origine hydrique. Dans cette station on utilise deux méthodes de désinfection de l'eau filtrée qui sont : La désinfection par l'eau de javel et par ultraviolets (UV).

➤ Désinfection par l'eau de javel

Eau de javel est un désinfectant ou agent de blanchiment consistant en hypochlorite de sodium ou de potassium

L'eau de javel réagit rapidement dans l'eau pour former de l'acide hypochloreux (HOCl). Qui est le produit actif dans la désinfection.



Le traitement des eaux par l'eau de javel n'est utilisé que dans les petites installations fournissant de faibles débits. Le taux du traitement en chlore est déterminé en fonction de la longueur du réseau et des infiltrations, en général le taux de chlore résiduel est de (0.3mg/l) en été et (0.2mg/l) en hiver. La désinfection par l'eau de Javel ne dure pas longtemps : la période de protection de 24 heures seulement.



Figure IV .5 : Javellisation (station Sarl Ben Amor).

➤ **Désinfection par les radiations Ultraviolets (UV)**

La purification de l'eau par ultraviolets est un processus complètement naturel, sans produits chimiques. Sa longueur d'onde varie de 240 à 280 nanomètres, où il attaque directement l'ADN biologique de toutes les bactéries. L'appareillage consiste en un luminaire, à vapeur de mercure protégée par un tube de quartz, émettant une radiation de 250 nm de longueur d'onde. La couche d'eau doit être très fine car le rayonnement ultraviolet a un très faible pouvoir de pénétration.

➤ **Avantages et inconvénients**

Comme la stérilisation par ultraviolets (UV) se fait naturellement, sans produits chimiques, ce processus (nettoyage UV) ne laisse pas de produit chimique. En ce qui concerne les inconvénients, on trouve ce qui suit :

- Si le débit est trop élevé, l'eau passera sans exposition suffisante au rayonnement, si le débit est trop faible, la chaleur peut être augmentée et les rayons UV sont endommagés
- La durée de stérilisation par rayonnement ultraviolet n'est que temporaire et ne dure pas longtemps.

IV.5 Station de dessalement NEZLA à Touggourt :

L'eau provenant des différents forages géothermales artésiens (Ain sahra1, Ain sahra 2, Sidi mahdi 2, sidi mahdi 3) arrive à la station par l'effet de l'artésianisme à travers des conduites indépendantes sur les quelles, se trouvent des vannes d'isolements. Un collecteur général regroupe ces forages pour alimenter en parallèle les tours de refroidissement.

Tableau IV .6 : Présente le débit d'eau brute.

Débit en m ³ /j	Débit en m ³ /h	Débit en L/s
45535	1897	527

Tableau IV .7 : Présente le débit de mélange

Débit en m ³ /j	Débit en m ³ /h	Débit en L/s
7186	299	83

IV.5.1 Tour de refroidissement :

Les tours de refroidissement sont de type préfabriqués. il existe quatre tours de refroidissement qui travaillent en parallèle.

Chaque tour reçoit un débit à l'entrée autour de 400m³/h à la température de 55c° qui réparti sur cinq cellules ayant chacune garnissage en feuille de PVC sur les deux côtés. Un ventilateur par cellule aspire l'air en courant croisé et à contre-courant pour refroidir l'eau jusqu'à 30c°.

IV.5.2 Dosage chimique à l'entrée des tours :➤ **Dosage de NaOCl pré coloration :**

L'eau de javel est stockée dans un réservoir de capacité 2m³ et le dosage de NaOCl se fait à travers deux pompes doseuse de débit 75l/h

L'eau de Javel est utilisée pour un dosage de choc pour la désinfection des tours et l'installation des tuyauteries avant les membranes .il est injectée soit avant le mélangeur statique ou dans le réservoir d'eau brute.

L'eau de javel est utilisée sans dilution.

Tableau IV .8 : Un degré de javel chloré représente 3,17ppm de Cl₂ qui est 0,317% massique.

12° chloré	30° chloré	40° chloré
3,804%	9,51%	12,68%

➤ **Dosage de l'acide :**

Pour un dosage de 5g /m³ la consommation journalière est de 191.75 Kg d'acide sulfurique à 98%, l'acide sert à diminuer le potentiel d'entartrage dans les tours et pour le stockage il est prévu un réservoir de 25m³ en acier carbone menu d'une pompe de remplissage d'une petite

bâche de 500l utilisée pour le dosage de l'acide vers les tours à l'aide d'une pompe doseuse de capacité 23l/h.

IV.5.3 Réservoir d'eau brute :

Après refroidissement les eaux parviennent à un réservoir en béton de capacité 500m³. Ce réservoir est équipé de :

- Un lecteur de niveau ultrasonique
- Un thermomètre
- Un flotteur pour le niveau haut et le niveau bas
- Un point d'injection de l'eau de Javel.

IV.5.4 Station de pompage de gavage :

A partir de cette station que les trois lignes seront indépendantes, La pompe de gavage refoule l'eau à un débit de 507m³/h et de pression entre 3,5 et 5,5 bar vers la chaîne de filtration sur sable. La valeur opérationnelle est 4 bars, Une pompe de réserve est installée pour qu'elle soit utilisée sur n'importe quelle

Ligne en cas de besoin, les pompes sont protégées à la marche à sec par flotteur qui est commun et par des interrupteurs de pression

IV.5.5 Filtre à sable

La filtration de la matière en suspension se fait à travers 4 filtres à sable cylindriques sous pression qui travaillent en parallèle, le diamètre du filtre est de 2,5m sur une longueur de 6m. La surface totale de filtration est 60m² ce qui donne une vitesse de filtration de 8,45m/h cette vitesse augmente à 11,2 lorsqu'un filtre sort en mode de lavage.

Le lit filtrant est constitué de :

- Une couche d'anthracite 0,8-1,6 de hauteur 500mm
- Une couche de sable 0,4-0,8mm de hauteur 300mm
- Une couche de sable grossier 1-3,15mm de hauteur 50mm
- Une couche de gravier 3,15-5,6 de hauteur 75mm
- Une couche de gravier 8- 12,5 de hauteur 75mm

Le faux-fond du filtre à travers lequel est évacuée l'eau filtrée est constitué d'une plaque métallique

Auxquelles est fixé des busettes-collecteurs en polypropylène (656 busettes/filtre), l'eau filtrée est récupérée en bas du filtre à travers un collecteur général.

➤ Lavage des filtres à sable

Les filtres à sable sont lavés avec la saumure produite par les lignes d'osmose inverse afin d'économiser l'eau brute.

La bache de la saumure est construite en béton en deux compartiment .Le premier compartiment de capacité 200m³ qui diverse par trop plein dans le deuxième est utilisé pour le lavage des filtres.

L'équipement nécessaire pour lavage des filtres à sable est formé de :

- Deux soufflantes d'air (une de réserve de 750m³/h) à 500 mbar ce qui représente un débit unitaire de 50m³/h/m²
- Deux pompes d'eau de lavage (une de réserver) de 450m³/h à 2 bar.
- Un débitmètre de contrôle de débit avec une vanne motorisée.
- Deux pompes de rinçage de débit 130m³/h à 4 bar.

IV.5.6 Filtres à cartouches

Chaque ligne d'osmose dispose de 4 filtres à cartouches en acier inoxydable prévu des tuyauteries correspondantes ainsi que des vannes de mise à l'atmosphère de vidange chaque filtre contient 32 éléments filtrants par filtre pour un total de 128 avec un degré de filtration de chaque filtre.

Chaque collecteur d'entrée et de sortie des filtres sont menues respectivement de deux transmetteur de pression permettant de vérifier l'état du filtre par une pression différentielle.

Des manomètres de pression à cadran sont aussi montés sur les collecteurs d'entrée et de sortie. Des même chaque ligne est prévue avant et après chaque filtre des systèmes de prises d'échantillonnage et des systèmes de mesures qui permettent de contrôler la qualité de l'eau, de manière indépendante dans chaque ligne.

IV.5.7 Drainage de l'eau test prétraitement

Pendant le démarrage de la ligne, l'eau est refoulée vers la bache des saumures afin de dégager l'eau stagnante dans les filtres et permettre un dosage chimique pour régler les paramètres de l'eau avant qu'elle passe sur les membranes c'est ce qu'on appelle le teste prétraitement.

Une vanne pneumatique s'ouvre pour laisser l'eau partir vers la bache des saumures. Le contrôle des paramètres de l'eau se fait comme suit :

- La température : à l'aide du thermomètre
- Le pH : à l'aide du pH-mètre.
- La conductivité : à l'aide du conductimètre

IV.5.8 Mise en pression de l'eau d'alimentation

L'établissement de pression nécessaire d'alimentation aux blocs d'osmose inverse à partir di réservoir d'eau brute se réalise en deux étapes :

Dans une première étape, l'eau est pompée à une pression telle qu'elle peut atteindre l'aspiration de la seconde étape de pompage à une pression résiduelle supérieure à la valeur de NPSH requis par ces secondes pompes.

L'eau brute est pompée à travers trois pompes centrifuges (une par ligne) ayant un débit de 507 m³/h et une pression de 3.5-5.5 bar .Valeur opérationnel=4bar.

Ces pompes sont intégralement en acier inoxydable corps et roue en duplex. La seconde étape du pompage « pompage à haute pression » fournit la pression indispensable aux blocs d'osmose inverse. Ce pompage à haute pression est constitué de trois pompes centrifuges à deux étapes (une par ligne d'eau) capables de fournir 507m³/h à 10bars, équipés d'un variateur de vitesse. L'adaptation de cette valeur de pression est déterminée par les diverses caractéristiques à prendre en compte dans les blocs d'osmose inverse. Le dessin des blocs d'osmose inverse a été effectuée de manière à ce qu'ils soient remplies à tout moment deux conditions : que la pression d'alimentation aux blocs soit minimale, c'est-à-dire inférieure à 12bar et que la distribution des éléments entre la première et seconde étape soit d'une proportion allant de 2 :1.

IV.5.9 Blocs d'osmose inverse

Tableau IV .9 : Les caractéristiques les plus significatives des membranes.

Fabricant	TORAY
Modèle	TM720D-400
Configuration	Spirale
Matériel	Polyamide aromatique
Productivité en conditions standard	33,6m ³ /d
Rejet des sels	9,65%
Pression maximale	41Kg/cm ²
Température maximale	45°C

Tableau IV .10 : les caractéristiques par ligne.

Production par ligne	9120m ³ /j
Nombre d'étapes	2/ligne
Nombre de tubes	
Premier étape	44
Deuxième étape	22
Nombre de modèle	
Dans première étape	264 module/ligne
Dans seconde étape	132 module/ligne
Nombres de modules/tube	6
Nombre total de modules	396 module/ ligne

IV.5.10 Bache d'eau osmose :

La production des trois lignes diverse dans un réservoir d'eau osmose divisé en deux compartiments de capacité 90m³. Le premier compartiment est équipé d'un transmetteur et un flotteur de niveau pour la protection de la pompe de rinçage des membranes.

IV.5.11 Système de rinçage des membranes

A chaque arrêt de la ligne, les membranes doivent être risées avec de l'eau osmosée pour dégager la saumure tout en prévenant d'éventuelles précipitations qui affecteraient le rendement et la durée de vie utile des équipements. Pour cela une pompe démarre automatiquement après chaque arrêt avec un débit de 352m³/h à 4 bar. Les vannes s'ouvrent avant le démarrage de la pompe pour permettre le passage de l'eau et le temps de rinçage est de 10 min

IV.5.12 Système de mélange

L'eau osmose qui arrive par trop plein du premier compartiment de la bache d'eau osmose se mélange dans le deuxième compartiment avec l'eau brut vannant de l'entrée de la station. Le taux de volume est de l'ordre de 100m³/h par ligne d'eau brute pour un débit d'eau osmose de 380m³/h afin de donnée une eau mélangée de distribution dont la salinité ne dépassant pas les 600ppm.

IV.5.13 Dosage des produits chimiques Post-traitement**➤ Dosage de la soude**

Le pH de l'eau est contrôlé pendant le mélange et l'hydroxyde de sodium est dosé en fonction de sa valeur afin d'équilibrer le caractère corrosif de l'eau. Cette neutralisation se fait de manière commune pour les lignes.

➤ Dosage de L'eau de javel

Afin de désinfecter l'eau qui est prévu pour la consommation l'ajout de l'eau de javel est injecté au niveau du mélange. Cette désinfection se fait de manière connue pour les lignes

Les équipements de stockage et de dosage l'hypochlorite se composent de :

- Un réservoir de service de 2m³ de capacité équipé de :
 - ❖ Un tube de niveau visuel
 - ❖ Une sonde conductrice de contact de niveau pour la protection des pompes de dosage
- Deux pompes de dosages pour l'envoi de la dose autour de 2ppmde Javel 12% ce qui donne une consommation journalière de chlore pur par ligne à 23kg.

IV.5.14 Système de nettoyage des modules

Un système pour le nettoyage chimique des membranes, les éléments principaux du système sont les suivants :

- Un réservoir de préparation des produits de nettoyage chimique.
- Une pompe centrifuge de nettoyage de débit 242m³/h à 4 bar.
- Filtre à cartouches.

IV.5.15 Réservoir d'eau traitée 2×5000m³ :

Les eaux de mélange sont véhiculées par une conduite de diamètre 800 en fibre de verre qui contient un débitmètre ultrasonique pour quantifier l'eau produite vers deux réservoirs de stockage de capacité 10000m³(2×5000m³) communicante et qui peuvent être isolés avec des vannes murales.

L'eau traitée est pompée avec deux pompes qui sont injecté directement dans le réseau

IV.5.16 Système de télégestion

Le système de télégestion entre les réservoirs (2×5000m³) du complexe est la station de déminéralisation a pour but de commander ou d'arrêter les pompes d'eau produites afin d'éviter un manque d'eau ou éviter un trop plein dans les réservoirs. Pour cela un transmetteur de niveau ultrasonique est installé sur les réservoirs du complexe le niveau est lu par l'émetteur et envoyé via GSM qui sera réceptionné à la station de déminéralisation. Suivant les valeurs de consignes mis sur SCADA les pompes fonctionnent ou s'arrêtent.

IV.5.17 Rejet de la saumure

La saumure produite par les trois lignes qui est de 127m³/h ayant une salinité environ 8000ppm est dirigée vers la bêche de rejet qui se compose en deux compartiment comme a été expliqué dans le lavage des filtres. L'eau arrive par trop plein du premier compartiment vers le deuxième est pompée par quatre pompes dont une de réserve de débit 130m³/h à 2 bar dans une conduite commune de diamètre 315 vers le regard de rejet qui se trouve à la limite Ouest de la station.

A partir de cette regard l'eau descend gravitaire ment vers le canal Oued Righ dans deux conduite une en amiante ciment de diamètre 500 l'autre annulaire de diamètre 400.

IV.6 Description des stations de traitement des eaux (électrodialyse et Osmose inverse) de la région HAUOD BERKAOUI :**IV.6.1. Station traitement des eaux saumâtres par électrodialyse :****➤ Eau de puits**

La station est alimentée à partir de 05 forages Hb1, Hb6, Hb9, Hb10, Hb11, tous les puits sont reliés à un collecteur sauf HB7 qu'est relié directement au bac 02 destiné. Pour l'irrigation. Et autre puits en services Hb2, Hb3, Hb4, Hb5, Hb8.

➤ **Les caractéristiques :**

- Des pompes immergées multicellulaire (le choix selon HMT demandé et le débit).
- Refoulent par un débit entre 20 et 59 m³/s.
- Les tête des puits en acier.
- Qualité d'eau saumâtre.
- Conductivité électrique 3200 à 3400 us.
- Riche en phosphatât du calcium.
- Les adductions en (PVC, PEHD).
- Les puits refoulent dans un collecteur principal de diamètre de 10 pouces.

Type des conduites est : PVC pour la distribution d'eau domestique.

➤ **Stockage eau brute :**

Le complexe hydraulique équipé de 02 bacs identiques avec une capacité de stockage de 500 m³ et une hauteur de 10.82 m.

- Le bac 01 destiné pour l'irrigation
- Le bac 2 destiné pour la distribution d'eau domestique

➤ **Préfiltration :**

La filtration est le passage d'un mélange solide- liquide qui traverse un milieu poreux qui retient les solides et laisse passer le liquide.

Dans tous les cas, des installations d'Osiose inverse et électrodialyse doivent être protégées par :

1. Une filtration à sédiment (rapide).
2. Une microfiltration sur filtre à cartouche de 05 microns.

➤ **Filtre à sédiment :**

C'est le filtre rapide est le type de filtre le plus utilisé dans le traitement des eaux de consommation, les matériaux filtrants sont maintenus en place par gravité et l'écoulement de l'eau à lieu de haut en bas.

Les principaux éléments de filtration à sable rapide sont :

- Fond de filtre : Le fond de filtre est une structure qui sépare le milieu filtrant de l'eau filtrée. Il doit donc être suffisamment solide pour supporter le milieu filtrant, il permet en outre :
 - De collecteur et évacuer les eaux filtrées et à distribuer uniformément l'eau de lavage.
 - Gravier de support : le gravier de support, se situe au-dessus du fond de filtre et il sert à retenir le sable du milieu filtrant et à améliorer la répartition de l'eau de lavage ans le filtre.

- L'épaisseur et les caractéristiques granulométriques de la couche de gravier de support dépendent des caractéristiques du fond de filtre et de celle du milieu filtrant.
 - Le milieu filtrant : qui compose des matériaux filtrants et qui sont la plus sauvant des sables et l'antracite.
- **Lavage du filtre à sédiment :**

Le lavage de filtre à sédiment est réalisé en deux (02) cycles :

1. L'eau brute entrée en bas du filtre à sédiment est agité pour éliminer les matières solides et rejeter vers l'assainissement.
2. L'eau brute entré à haut du filtre à sédiment et éliminer finalement les matières en suspension qui reste sue le filtre, puis rejeté vers l'assainissement.

➤ **Microfiltration (Les filtres à cartouches) :**

Ce type de filtre est constitué d'une enveloppe sous pression contenant une ou plusieurs cartouches filtrantes destinées à retenir les impuretés. Les finesses de filtration sont variables, le plus souvent de 5 à 80 microns, selon la texture du matériau qui constitue la cartouche (papier plissé, feutre, fils bobinés). Dans cette station on utilise cartouche à 05 micro nature laine.

➤ **Unité de dessalement d'électrodialyse :**

L'eau arrivé à l'unité de traitement à partir du BAC 02, à l'entrée de l'unité on a une pompe d'alimentation refoule l'eau vers le filtre multicouche placé par ordre décroissant selon leur granulométrie, ce filtre a pour but d'éliminer les grosses particules, puis vers le deuxième filtre à cartouche (c'est un cylindre placé verticalement contient 6 bobines en fil de laine) ce filtre a pour but d'éliminer les particules fines. Au cours de l'écoulement au sien des piles l'eau passe par 3 étages hydrauliques les membranes assurent la diminution de la conductivité de l'eau, chaque 15 minutes il y a un renversement de polarité.

La conductivité très élevée (plus que la norme 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$), dans ce cas la vanne électrique de sortie est fermée puisque la vanne électrique de sortie s'ouvre une fois la conductivité est inférieure à 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$.



Figure IV .6 : conductimètre et la vanne électrique de station électrodialyse.

➤ **Description de la pile à membrane :**

En remarque l'empilement des membranes cationique et anionique. Les espaces entre les membranes représentent les passages des courants déminéralisés et concentrés formés par les séparateurs en plastique intitulés séparateurs de débit d'eau déminéralisée et séparateurs de débit d'eau concentrée.

Ces séparateurs sont en polyéthylène de faible densité et sont aménagés de telle façon dans la pile à membranes que tous les courants déminéralisés sont collectés ensemble et que tous les courants de concentrés sont également collectés ensemble.

• **Les caractéristiques de membrane :**

Trois types de membranes sont utilisés ; les membranes de transfert anionique, les membranes de transfert cationique et les membranes cationiques lourdes a une certaines propriétés a savoir :

- ✓ Faible résistance électrique.
- ✓ Insolubilité dans les solutions aqueuses.
- ✓ Semi-rigides pour un facilité de manœuvre en cours de mélange e la pile.
- ✓ Résistances aux changements de pH de 1 à 10.
- ✓ Fonctionnement à des températures excédant les quarantaines degrés.
- ✓ Résistances au gonflement osmotique (expansion du volume causée par une prise d'eau pendant les cycles situés entre 220 ppmà30000ppm de solution salée.
- ✓ Longue durée de vie.
- ✓ Résistances à l'encrassement.
- ✓ Imperméabilité à l'eau sous pression.

➤ **Séparateurs :**

Ils sont formés de deux couches e polyéthylène de faible densité dont les découpages de tubulures conviennent aux découpages de la membrane.

Lorsqu'une pile à membrane proprement assemblées, les découpages de tubulures des membranes et de séparateurs forment des conduites verticales dans la pile. L'eau s'écoule dans un séparateur entre les deux membranes et travers des passages de débit d'eau qui sont reliés aux découpages de tubulures. Il existe deux types de découpages de tubulures de séparateur qui permettent l'écoulement de l'eau dans des caniveaux sélectionnés entre la membrane de sorte à former deux courants séparés : l'un déminéralisé, l'autre concentré.

➤ **Les électrodes :**

Le rôle des électrodes métalliques situées à chaque extrémité de la pile à membranes est d'appliquer une intensité de courant continu en travers de chaque étage électrique de la pile. La zone des électrodes juxtaposées aux collecteurs est masquée de sorte à éviter les courts-circuits dans les collecteurs et inhiber la fragilité de l'électrode par l'hydrogène .Le compartiment d'électrode se compose d'une électrode, d'un séparateur de débit d'eau d'électrode, et d'une membrane cationique lourde.

IV.6.2 Description les stations de MAA-SAFI (HAOUD BERKAOUI) :

La station de MAA-SAFI est une station qui traité les eaux par le même technique des autre stations, la différence entre cette station et les autres stations dans l'étape de prétraitement ces nombres des cartouches et le type fonctionnement (en parallèle).

➤ La différence entre les stations d'osmose inverse :

Après avoir vu toutes les stations, nous avons trouvé une différence entre les stations par technique osmose inverse est représenté ci-dessous :

- ❖ L'arrangement des modules, station HAOUD BERKAOUI (4/2) et station BEN AMOR (2/1)
- ❖ La station de MAA SAFI est différente des stations Haoud Berkaoui et de Ben Amor en fonction de montage, ou les stations Ben Amor et Haoud Berkaoui fonctionnent en montage série rejet et station MAA SAFI fonctionne en montage en parallèle.
- ❖ La chaîne de prétraitement : station de HAOUD BERKAOUI, il a y filtre à sables et filtre à charbon et en plus de filtre de cintropur, ou station de BEN AMOR il existe un filtre à sédiment et il y a dans la station MAA-SAFI trois filtre à sédiment ;
- ❖ La durée de fonctionnement des stations ;
- ❖ Le débit de production et le débit de rejet de chaque station est déférente.

➤ Les étapes de traitement de station MAA-SAFI :

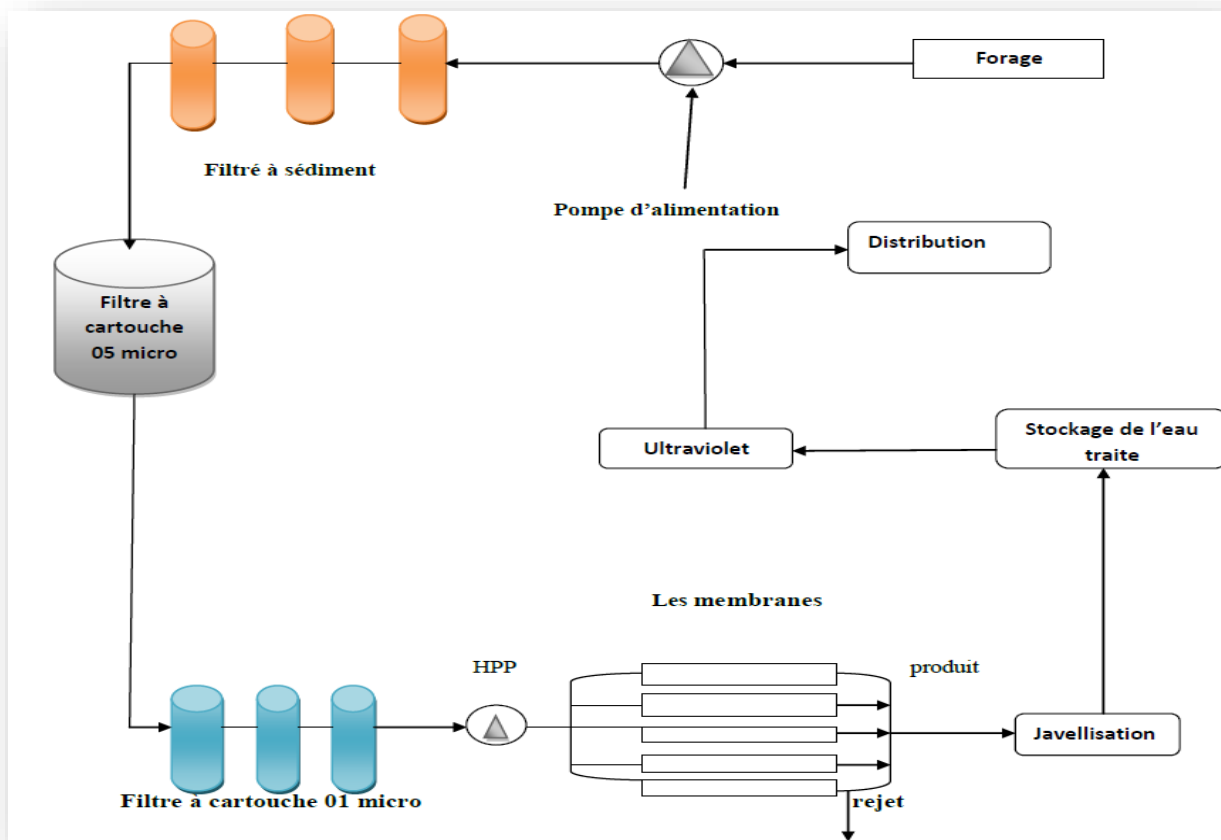


Figure IV .7: Station de traitement de l'eau par l'osmose inverse (MAA-SAFI).

Conclusion :

Après avoir vu en détails et analysé chaque station de déminéralisation dans ce chapitre ,nous pouvons conclure que le procédé d'osmose inverse est le principal moyen de déminéralisation de l'eau saumâtre grâce auquel nous pouvons éliminer les sels, les matières organiques et autres contaminants dissous dans l'eau. Il peut également rejeter les bactéries, les sucres, les protéines, les particules colorants et encore d'autres constituants dont la taille est supérieure à celle des membranes utilisées. En plus de purifier l'eau d'origine naturelle à usage humain, les systèmes d'osmose inverse sont utilisés partout dans le monde pour purifier l'eau destinée aux industries alimentaires et des boissons, dans les hôpitaux et dans l'agriculture pour modifier les sols et dans de nombreuses autres applications.

L'osmose inverse est également capable d'éliminer sélectivement les cations divalents comme le calcium et le magnésium, qui causent la dureté de l'eau.

Ces avantages, en plus des progrès incessants de la technologie membranaire, font de l'osmose inverse la technique la plus importante pour déminéraliser de l'eau, ce qui rend ce procédé plus fréquent autour du monde.

Et au vu des critères de notre région d'étude et de la qualité des ressources en eau dont elle dispose, la solution technique et économique retenue pour la production d'eau potable est donc le traitement de l'eau par osmose inverse.

A decorative scroll frame with a black outline and rounded corners. The left side is a vertical scroll, and the top right corner is a small scroll. The text is centered within the frame.

Chapitre V :
Dimensionnement de la station
de déminéralisation
NEZLA

Introduction

Comme on a vu dans le chapitre 4, la région d'Ouargla souffre d'un stress hydrique chronique à cause de l'aridité de la région. Par conséquent le seul scénario envisagé pour y remédier a été de recourir à l'exploitation des eaux souterraines et plus récemment des eaux du complexe terminal et du continental intercalaire, elles sont considérées comme la seule source, le projet ayant pour but le traitement de ces eaux et ça concerne en premier pas, seulement la ville d'Ouargla. Puis va être généralisé, en deuxième étape, sur toute les communes de wilaya.

Comme il a été mentionné dans le chapitre précédent, la déminéralisation par osmose inverse a été le procédé le plus avantageux donc celui qu'on a retenu pour la suite de cette étude. Adopter un traitement par OI exige avant tout un prétraitement très poussé de l'eau pour éviter le dépôt de matière en suspension sur les membranes qui conduirait très rapidement à une réduction des produits d'écoulement

D'une manière générale, les éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse dans la plupart des cas sont schématisés sur la figure suivante (Figure V.1) :

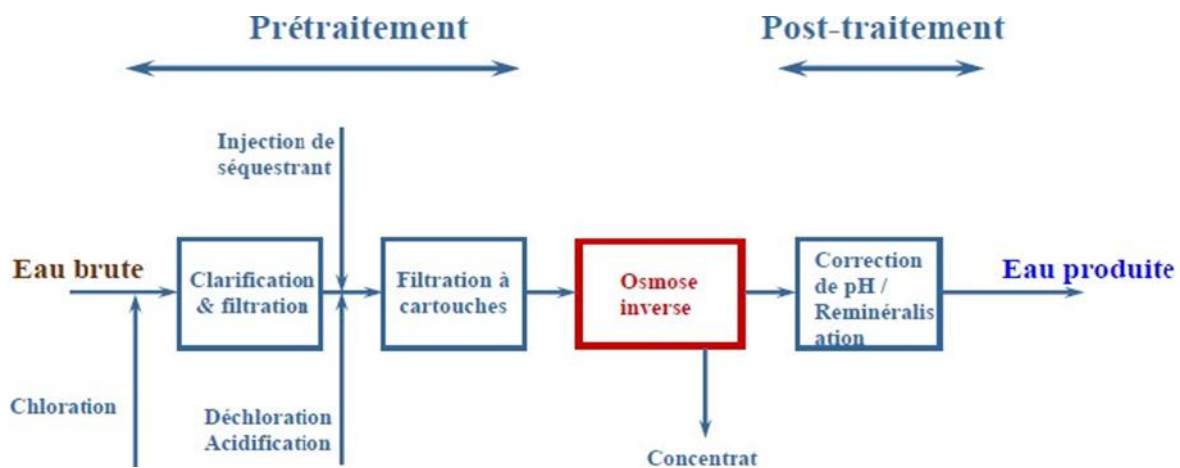


Figure V.1 : Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse (culture Sciences-chimie, 2010)

I. Bases de conception et données nécessaires pour la conception d'une unité de déminéralisation

La mise au point d'un système de dessalement ou de déminéralisation fait appel à des calculs, des paramètres, des méthodes et à du matériel plus au moins complexe, accomplis dans la plupart du temps par des professionnels du domaine hautement qualifiés.

Pour notre étude, la conception de notre système se basera sur les données suivantes :

I.1 Les caractéristiques de l'eau brute :

- **Potentiel colmatant des particules en suspension :** Ce paramètre peut être évalué à l'aide du test de SDI (Silt Density Index = filtration d'une eau à 0,45 μm et mesure de la baisse de

vitesse de filtration due au colmatage du filtre). La mesure de la turbidité et / ou les comptes de particules de l'eau brute peuvent aussi être utilisés pour évaluer ce potentiel.

- **Variation de la température de l'eau :** Cette variation affecte directement et significativement la perméabilité des membranes, ainsi que le taux de rétention.
- **Alcalinité :** Ce paramètre est particulièrement important quand il y a coagulation avant filtration sur membrane.
- **Conductivité :** Ce paramètre permet d'estimer la pression osmotique et donc la pression minimale à appliquer.
- **Dureté et présence de sel dont la limite de solubilité pourrait être dépassée :** Les sels les plus courants qui risquent de précipiter sont CaCO_3 , CaSO_4 , BaSO_4 , SrSO_4 , SiO_2 . A cela, il faut ajouter les risques de précipitation des sels de fer, de manganèse et de magnésium.
- **Risques d'événements ponctuels de pollution :** Cette situation peut, par exemple, impliquer l'ajout occasionnel de charbon activé en poudre.

I.2 Les conditions environnementales :

- **Disponibilité de la ressource en termes de quantité :** Une disponibilité réduite de l'eau brute exigera un taux élevé de récupération
- **Conditions dans lesquelles le rejet contrôlé du concentrât dans l'environnement peut être autorisé. :** conditionner par le taux global de récupération ainsi que le choix des produits chimiques à utiliser.

La conception d'un système consiste à déterminer les points suivants :

- Le type de membrane avec le type de module.
- Le mode d'opération.
- Le nombre d'unités de traitement.
- Le nombre de modules par unité de traitement et agencement des modules à l'intérieur d'une unité de traitement.
- Le nombre, type et caractéristiques des pompes.
- Les conditions d'opération des modules : pressions ; débits ; taux de récupération ; fréquence, débits et conditions des rétrolavages.
- Le type, caractéristiques et conditions d'opération du prétraitement
- Les procédures de lavage des membranes.
- La procédure de vérification de l'intégrité des membranes.
- Procédure d'hygiène et de sécurité.
- L'estimation de la consommation d'énergie et de produits chimiques.

La plupart de ces points seront déterminés grâce à des méthodes de calculs et tout cela au fur et à mesure pendant chaque étape du traitement des eaux brutes.

I.3 .Relation entre les conditions d'opération et le colmatage des membranes

Les conditions d'opération peuvent influencer fortement les risques de colmatage des membranes. Elles doivent donc être établies en fonction de la durée de vie ciblée des membranes. Elles vont

également influencer le dimensionnement des ouvrages. Des études pilotes peuvent s'avérer nécessaires afin d'optimiser les conditions d'opération.

II. la chaine de traitement de la station de NEZLA :

La solution proposée à ce jour pour améliorer l'alimentation en eau potable et le traitement des eaux prélevées par forages au niveau des nappes souterraines, et la filière préconisée que nous avons établie suite au diagnostic est la suivante :

- 4 forages (Ain sahra 1, Ain sahra 2, Sidi mahdi 2, Sidi mahdi 3) établis basés sur une étude géologique détaillée des lieux.
- Dosage de l'antiscalant et de l'hypochlorite de calcium
- Refroidissement des eaux brutes.
- Réservoir d'eau brute.
- Pompes d'alimentation des filtres à sable
- Filtres à sable
- Bâche d'eau filtrée
- Pompes d'alimentation basse pression
- Dosage du Méta Bisulfite de sodium et du séquestrant
- filtres à cartouches
- Pompes d'alimentation haute pression
- Unité d'osmose inverse à deux étages.
- Bâche de rejet
- Potabilisation de l'eau par dosage de l'hypochlorite de calcium et de soude et par eau de mélange.
- Réservoirs d'eaux traitées
- Bâche de rinçage et de nettoyage
- Pompes d'évacuation des eaux.

En outre, les unités auxiliaires suivantes sont prévues pour l'exploitation dans les règles de l'art de la station de traitement :

- Poste de rinçage des filtres à sable.
- Poste de nettoyage de membrane.
- Poste de pompage des eaux usées (eau de nettoyage, eau de rinçage, saumure).
- Poste de préparation et de dosage des produits chimiques
- Poste d'eau de service.

L'usine comprendra également les éléments suivants :

- Les infrastructures de distribution électriques, supervision et automatisme
- Les bâtiments administratifs et techniques parmi eux ceux dédiés au stockage et aux analyses chimiques.
- Les locaux de vie du personnel et le parking.

A) Prétraitement :

Le prétraitement est l'ensemble des opérations de correction effectuées sur l'eau d'alimentation avec le bon fonctionnement du système d'osmose inverse de point de vue physique, chimique et bactériologique et la prévention du colmatage.

Le prétraitement peut servir à :

- Éliminer les particules en suspension, les matières organiques, et les micro-organismes
- Régler le pH pour déplacer les équilibres de solutés des sels susceptibles de précipiter (sel de fer, de manganèse, de calcium, de baryum...) conformément aux
- Dans les stations au les forages sont des forages albiens la température d'eau sera plus de 50C° donc il faut passe par le refroidissement avant l'entrer à la station de dessalement (la température après la refroidissement c'est de 25C°)
- Enlèvement plus poussé des particules et des colloïdes par un autre procédé membranaire ou par un traitement conventionnel.
- Ajout des antiscalants appelés séquestrant pour empêcher le dépôt de sels à la surface des membranes.

Le prétraitement est aussi nécessaire pour éviter, l'incrustation, l'encrassement et la dégradation des membranes d'osmose inverse par les microorganismes. Cette étape comporte deux types :

- Le prétraitement chimique
- Le prétraitement physique

B) Le prétraitement chimique :

Avant de passer à travers les membranes, l'eau est conditionnée à l'aide de différents réactifs, de manière à garantir la meilleure traitabilité. Le contrôle du pH est très important. S'il est trop haut, il y a risque de précipitation des métaux dans la membrane. En fonction des cas, il est également ajouté un antiscalant ainsi qu'un biocide qui permettent d'éviter un beurrage de la membrane.

Le prétraitement chimique consiste en l'addition d'inhibiteurs d'entartrage, de coagulants et de désinfectants.

- Une acidification (acide sulfurique) pour éviter les précipitations du calcium lié aux bicarbonates, et/ou une injection d'un séquestrant pour éviter celles du calcium lié principalement aux sulfates.
- Une injection de chlore pour l'oxydation des micro-organismes, suivie d'une déchloration (injection de bisulfite de sodium) afin de ne pas oxyder les membranes.

Le dosage de l'antitartre doit être effectué avant d'atteindre les membranes d'osmose inverse pour briser les précipités de sulfate, le carbonate de calcium et d'autres salissures minérales. Un produit chimique antitartre est utilisé pour traiter une eau d'alimentation de très mauvaise qualité à des taux de récupération très élevés. Lorsqu'il est utilisé correctement. L'antiscalant prolonge le temps entre les nettoyages de la membrane de quelques semaines à quelques années dans certains cas. Sans l'antiscalant, les systèmes à membranes osmose inverses ne seraient pas aussi efficaces pour l'industrie du traitement de l'eau.

C) Le prétraitement physique

C'est un traitement destiné à éliminer fondamentalement les éléments solides, les algues et la matière organique, par le passage de l'eau de brute à travers des filtres à sable et anthracite et à travers des filtres à cartouches.

Le mouvement de l'eau dans ces filtres est vertical, pénétrant par la partie supérieure du filtre et descendant à travers les couches filtrantes qui retiennent les matières solides dans sa partie inférieure. Des collecteurs munis de buses recueillent l'eau filtrée.

La filtration est un procédé utilisant le passage d'un mélange solide liquide à travers un milieu poreux qui retient les solides et laisse passer le liquide.

Dans tous les cas, les installations d'osmose inverse doivent être protégées par une filtration, pour cela nous avons prévu :

- Une filtration sur filtre à sable.
- Une microfiltration sur filtre a cartouches.

C.1.Comparaison ente la filtration lente et la filtration rapide :

Le tableau suivant désigne les avantages et les inconvénients de chaque technique, ce qui nous permettra de faire un choix :

Tableau V.1 : Avantages et inconvénients entre les techniques de filtration à sable lente et rapide

Type de filtration à sable	Avantage	Inconvénient
Filtration lente	<ul style="list-style-type: none"> •C'est la technologie la moins onéreuse et la p simple de filtration. •Elle est plus efficace pour le traitement des ea •Ses avantages pratiques ont été démontrés sur une longue période, et elle est encore la métho privilégiée pour la purification de l'eau dans certaines parties du monde. •Le système ne comporte aucun élément mécanique. 	<ul style="list-style-type: none"> •Nécessite de grandes surfaces et de grandes quantités de médias filtrants. •Les eaux très chargées peuvent colmat rapidement ces filtres. •Les eaux peu chargées en matière organique peuvent limiter l'enlèvement biologique •Limitation dans les pays froids

Filtration rapide	<ul style="list-style-type: none"> • Ce type de filtration est utilisé lorsque l'usine doit fournir de grande quantité d'eau (> 0.5 m³/s), lorsque les terrains sont limités et/ou que le prix des médias filtrant est élevé. • Absence des processus biologiques. • Technologie de choix en Amérique du Nord. • Taux de filtration plus élevés : 120 – 240 m³ 2 j⁻¹. • Possibilité de l'utiliser pour éliminer les floccs produits directement. • Utilisé dans la majorité des usines. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le coût de construction de ces bassins limite l'utilisation de ces technologies • Ce type de procédé nécessite préalablement une étape de coagulation/floculation • Pertes de charge considérable.
--------------------------	---	--

A partir de ces paramètres, on constate que la technique la plus adaptée pour notre cas est la filtration sur sable rapide.

Le filtre à sable rapide c'est le type le plus utilisé dans le traitement des eaux de consommation et ces filtres peuvent être gravitaires ou sous pression, et les bassins en béton ou en acier.

- **Filtre sous pression :**

- Bassins sous pression en acier.
- Typiquement petites installations.
- Utilisé dans la majorité des usines.

- **Filtres gravitaires :**

- Doit typiquement surmonter une perte de charge de 2-3 mètres.
- Bassins ouverts.
- Cout de construction de ces bassins élevé.

C.2 .Filtre à sable rapide sous pression :

Pour des raisons économiques, nous adopterons la filtration sous pression qui est un procédé destiné à traiter l'eau peroxydée par ajout de produits chimiques en la faisant traverser un milieu filtrant composé de couches successives d'anthracite et de sable vert. Ce procédé permet un enlèvement du fer et du manganèse, de la couleur, de la turbidité, des particules en suspension, des bactéries et de certains goûts et odeurs. L'efficacité d'un filtre est fortement influencée par le mode de régulation de son débit et du taux (vitesse) de filtration. On doit éviter dans la mesure du possible les brusques variations de débit.

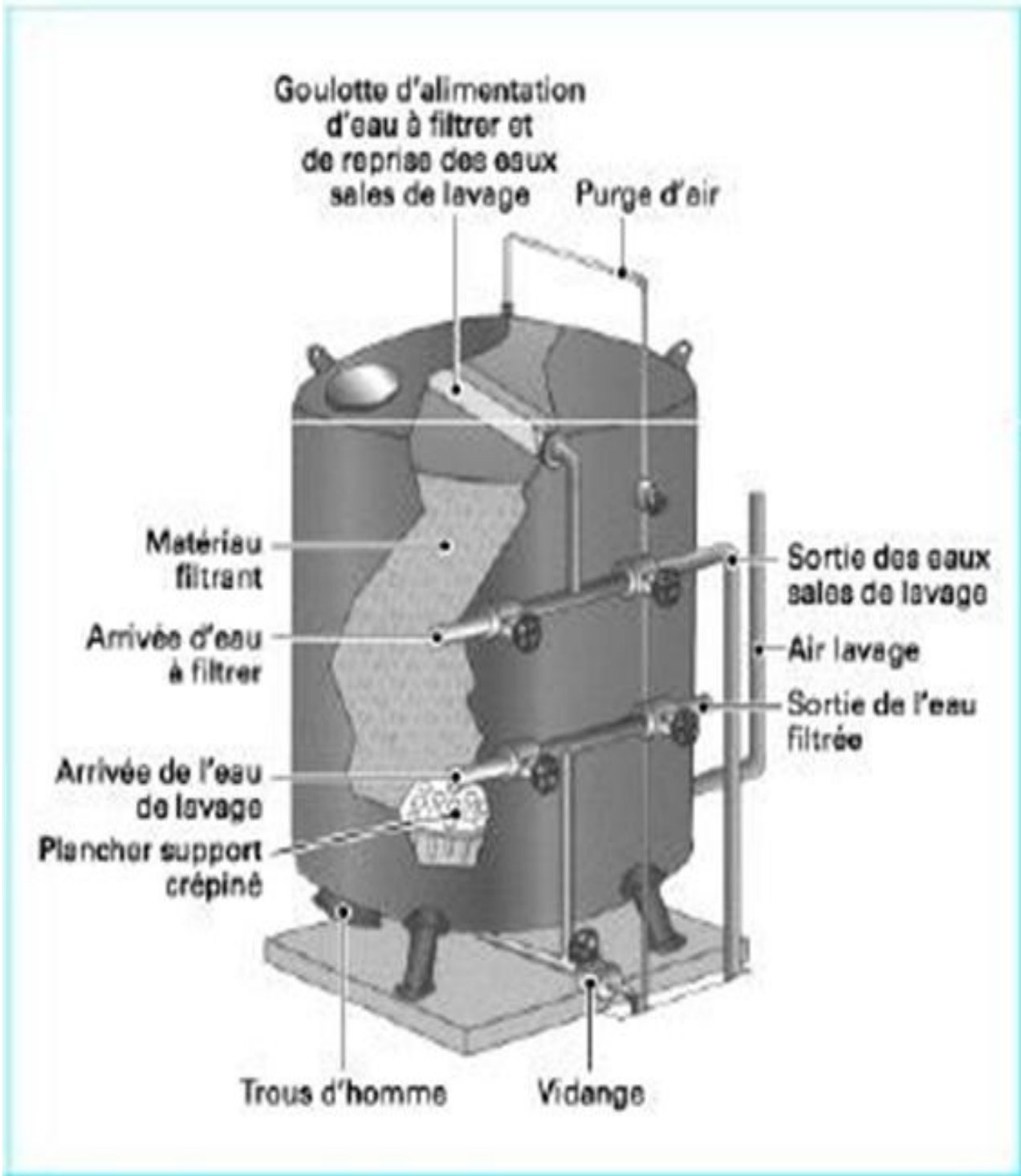


Figure V.2 : Filtration sous pression (techniques de l'ingénieur, 2000)

C.3 : Les principaux éléments de filtration à sable rapide sont : (Desjardins ,1990)

✓ Fond de filtre :

Le fond de filtre est une structure qui sépare le milieu filtrant de l'eau filtrée. Il doit donc être suffisamment solide pour supporter le milieu filtrant, il permet en outre :

De collecter et d'évacuer les eaux filtrées.

De distribuer uniformément l'eau de lavage.

✓ Gravier de support : Le gravier de support, se situe immédiatement au-dessus du fond de filtre, permet :

- De retenir le sable de milieu filtrant.
- D'améliorer la réparation de l'eau de lavage dans le filtre.

L'épaisseur et la caractéristique granulométrique de la couche de gravier de support dépendent des caractéristiques du fond de filtre et de celles du milieu filtrant.

✓ Milieu filtrant :

Les matériaux filtrants les plus utilisées sont les sables et l'antracite.

✓ Média filtrant

Le média filtrant représente le lit ou le milieu filtrant, il existe différentes configurations possibles :

- Couche de granulométrie uniforme (sable)
- Bicouche (anthracite + sable)
- Multicouche (Sable + Anthracite + Grenat)

Dans le (Tableau V.2) exprime quelque caractéristique du média filtrant

Tableau V.2 : Caractéristique des composantes du média filtrant :

Matériaux	Taille effective (mm)	Coefficient d'uniformité	Profondeur (cm)
Sable	0.45 – 1.00	1.2 – 1.7	50 – 150
Anthracite	0.5 – 1.5	1.2 – 1.7	50 – 150

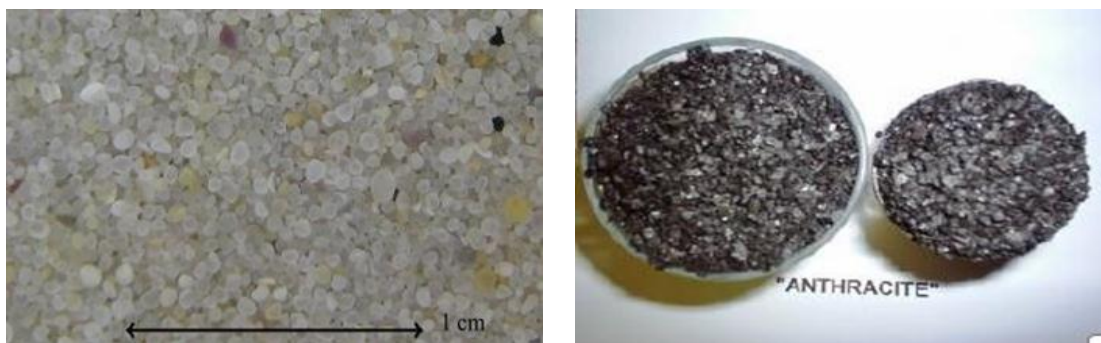


Figure V.3 : sable et anthracite (Hubert Cabana, 2009)

III. Mode de calcul :

D'après les analyses qui on le fait dans laboratoires on trouve les résultats sont présentés dans (tableau V.3) :

Tableau V.3 : Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau à traiter

Paramètres	Forages	Ain Sahara 1	Ain Sahara 2	Sidi Mahdi 2	Sidi Mahdi 3
	M(g)	C (mg/l)	C (mg/l)	C (mg/l)	C (mg/l)
Ca ⁺²	40.02	216	223	170	220
Mg	24.31	87	99	110	110
Na	22.99	239.4	226	245	227
K	39.1	83	83	79	79
HCO ₃	61.02	150	150	150	150
Cl	35.45	668	715	646	623
SO ₄	96.06	561	566	559	562
SiO ₂	60.02	12	12	12	12
pH	/	7.46	7.45	7.04	7.57
Conductivité µs/cm	/	2820	2778	2790	2670
T(°C)	/	55	55	55	55
Al	18.04	0.07	0.07	0.08	0.08
Mn	79.9	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Zn	19.9	0.52	0.71	0.08	0.09
NO ₂	46.01	<2	<2	<2	<2
NO ₃	62	0.02	0.02	0.02	0.02
P	94.97	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09

Source : laboratoire, ADE d'Ouargla 2018

III. 1 . Les caractéristiques des tours de refroidissement :

Les tours de sont de type préfabriqués. Dans la station de **NEZLA**, il existe **4 tours de refroidissement** travaillent **en parallèle**.

- ✓ le débit entrants à chaque tour : **Q=400m³/h**.
- ✓ la température de l'eau arrivée au tour : **T=55°C**.
- ✓ L'eau sortants de tour de refroidissements : **T=30°C**.

- **Le nombre de filtres :**

Pour de petites installation (<90 l/s) le nombre **de filtres minimal est de 2**, pour les autres on applique la formule suivante :

$$N = 1.2 \times Q^{0.5}$$

- **N = nombre de filtres**
- **Q= débit journalier max (MGD).**

On a : **1 MGD** → **3785 (m³/j)**

Donc on a : **Q = 10.47 MGD**

Application numérique :

$$N = 1.2 \times 10.47^{0.5}$$

N=4 filtres au minimum

- **La surface filtrante Ω :**
On peut calculer par la formule suivante :

$$\Omega = Q \text{ Filtres} / \text{VF}$$

Application numérique :

VF (vitesse de filtration) =8,45m/h

$$\Omega = 12168 / (8,45 \times 24)$$

$$\Omega = 60 \text{ m}^2$$

D'où la surface d'une filtration sera calculée par la formule :

$$S = \Omega / N$$

$$S = 15 \text{ m}^2$$

• **Le diamètre :**

Le diamètre d'un filtre sera égale à :

$$D = \sqrt{S.4/\Pi}$$

D = 2.5m

i. La quantité d'eau de lavage nécessaire :

La quantité d'eau nécessaire dépend du débit et du temps de rétrolavage nécessaire ; typiquement 4-5% de l'eau traitée quotidiennement est utilisée pour le lavage et le rinçage des filtres.

• **Durée du cycle de lavage :**

La durée du lavage dépend de la qualité de l'eau à traiter, de la nature des floccs, de la présence de lavage à l'air, etc. Typiquement, un cycle complet de lavage dure entre 8 et 15 minutes, chaque filtre est nettoyé à toutes les 12-24 heures.

Le tableau suivant met en évidence les détails du nettoyage des filtres :

Tableau V.4 : Caractéristiques des eaux de lavage

Origine des eaux de lavage	Nombre des pompes de lavage	Débit des pompes de lavage (m3/h)	Pression des eaux de lavage (bars)	Débit du lavage des filtres (m3/h)
Bâche d'eau filtrée	2	450	2	750

• **Caractéristiques de Filtre à sable : (Guennoun. S et Homci .S, 2003)**

- ✓ Porosité su sable : $\epsilon_s = 0,45$
- ✓ Diamètre des particules du sable : $d_{ps} = 0,6 \text{ mm}$
- ✓ La vitesse de passage de l'eau à travers le filtre est de : $V_f = 2 \text{ à } 15 \text{ m/h}$
- ✓ La hauteur totale du lit filtrant (hauteur standard : $L = 1,5 \text{ m}$)

Pour avoir un bon rendement de filtration, on prévoit généralement de point de vue hauteur 1/3 de sable et 2/3 de gravier. La vitesse de passage doit être choisie à condition que les pertes de charge dans le filtre soit faible ($< 1\text{m}$)

- **Pertes de charge :** Le modèle suivant permet de calculer la perte de charge à travers un lit de particule de porosité donnée par la formule suivante (loi d'Ergun) :

$$\frac{\Delta p}{L} = 151.2 \frac{\mu}{d^2} \frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3} V_f + 1.8 \frac{p}{d} \frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3} V_f^2 \dots \dots \dots$$

La perte de charge à travers la couche de sable :

$\Delta p / L = 5.99.10^{-2} \text{ bars}$

Et on a : 1 bars \longrightarrow 10 m

On trouve :

$\Delta p / L = 0,599 \text{ m} < 1 \text{ m}$ donc c'est une valeur acceptable

Donc pour ainsi résumer, on a quatre filtres à sable sous pression qui sont alimentés par pompage, via la bêche d'eau brute. Des variateurs de vitesse seront prévus sur les pompes d'eau brutes pour réguler le débit d'alimentation des filtres à sable.

Ces filtres sont lavés à contre-courant avec un pompage d'eau filtrée et de l'air provenant d'un suppresseur. L'eau filtrée est recueillie dans un réservoir d'eau filtrée, ou bêche d'eau prétraitée. Une fraction de cette eau est pompée et utilisée pour le nettoyage des filtres.

III. 2.Filtration à cartouche

Le traitement chimique par ajout de séquestrant aura eu lieu à l'entrée de la station de traitement pour limiter l'entartrage du refroidisseur puis on en ajoutera encore une fois simultanément avec du Méta Bisulfite de sodium avant l'entrée des filtres à cartouches.

Dans tous les cas, une installation d'osmose inverse doit être protégée par une filtration de sécurité sur cartouches aux environs de **5 à 10 µm**. Son rôle est la protection des pompes à haute pression contrairement aux filtres à sable et anthracite .Ils permettent de stopper les fines particules qui sont passés par les filtres à sable et en plus éviter le colmatage de membrane d'osmose. Ils sont équipés d'indicateur de colmatage, pour lire la différence de pression en amont et en aval du filtre, cette valeur ne doit pas dépasser **1 bar ($\Delta P < 1 \text{ bar}$)**, les cartouches sont changeables et non lavables si $\Delta P > 1$.

A l'heure actuelle, la plupart des usines d'osmose inverse utilise un procédé de prétraitement conventionnel qui généralement consiste en un prétraitement physique et chimique sans procédé membranaire.

Avec la baisse constante du prix des éléments membranaires et la dégradation de la qualité des ressources en eau, le prétraitement par procédé membranaire trouve de plus en plus sa place dans les étapes de prétraitement avant osmose inverse.

Il existe deux types de filtre à cartouche :

- ✓ Les cartouches consommables
- ✓ Les cartouches régénérables (par nettoyage).

. Le tableau suivant résume les principaux résultats de déminéralisation de la chaîne de prétraitement physique.

Tableau V.4 : Récapitulation de la chaîne de prétraitement.

Ouvrage	Caractéristique	Valeurs
Filtre à sable	Nombre de filtres Surface filtrante Surface d'un filtre Diamètre de filtre La hauteur totale du lit filtrant	04 filtres 15 m² 2 .5 m² 6 m
Filtre à cartouche	Nombre de filtres Nombre de cartouches placées par filtre Longueur Surface effective de filtration	04 filtres 128 cartouches 0.79 m 0,37 m³/j.m²

III. 3. Unité d'osmose inverse :

- **Durée de vie des membranes :**

Il est très difficile de déterminer exactement la durée de vie des membranes d'osmose inverse. En effet, la durée de vie dépend de la nature de la membrane mais aussi **des conditions d'utilisation :**

- ✓ Pression de fonctionnement,
- ✓ Température de l'eau,
- ✓ PH
- ✓ Qualité du prétraitement.

Enfin, la notion même de la durée de vie d'une membrane n'est pas très nette. Les performances d'une membrane d'osmose inverse évoluent lentement au cours du temps et en générale on change les membranes lorsque la qualité du perméat dépasse un certain seuil. Mais pour différentes raisons, l'exploitant peut très bien augmenter la durée de vie des membranes en faisant fonctionner l'installation au-delà de ce seuil.

- **Les principales causes de baisse des performances des membranes :**

- ✓ Dégradation d'origine mécanique
- ✓ Dégradation d'origine chimique (oxydation et / ou hydrolyse)
- ✓ Colmatage / fouling

- **Les différents types de dépôts sont les suivants :**

- ✓ Bio- fouling
- ✓ Colloïdes inorganique
- ✓ Composés / silicates
- ✓ Dépôts minéraux (hors silice)

La durée de vie des membranes, qui était, il y a quelques années, de **2 à 3 ans**, est **actuellement supérieure à 5 ans** ce qui se traduit par un taux de renouvellement compris entre 10 et 20% par an.

III. 4. Les différents types de montage de l'installation d'OI :

- **Montage en parallèle :**

Dans ce type de montage, tous les modules travaillent dans les mêmes conditions. Ce système est utilisé pour la plupart des unités de faible capacité. Un filtre à cartouche protège à la fois la pompe à haute pression, et les membranes contre l'introduction de matières en suspension, deux manomètres, respectivement situés en amont et en aval des modules, permettent de contrôler en permanence la perte de charge à l'intérieur du système, deux débitmètre (M) sur l'eau traitée et sur le rejet, visualisent la conversion qui est réglée par deux vannes de régulation. (Guennoun .S et Homci .S, 2003).

- **Montage série- rejet :**

Pour augmenter le taux globale de conversion tout en assurant un balayage efficace de la surface des membranes, on adopte une disposition des modules en séries de telle façon que le rejet de du premier étage alimente les modules du second étage. Une pompe intermédiaire n'est pas nécessaire puisque la pression disponible au rejet du premier étage est très peu différente de la pression d'alimentation du second (2 à 3 bar de la perte de charge). (Guennoun .S et Homci .S, 2003).

Un tel système habituellement appelé **montage en « série- rejet »** a une conversion de **70% à 90% (série de deux ou trois étages)**.

- **Montage en série- production :**

Pour une raison de production d'eau de très haute qualité, on peut utiliser un traitement à deux étages « **série- production** ». La production du premier étage est reprise par un groupe de pompes et traitée une nouvelle fois. (Guennoun .S et Homci .S, 2003).

- **Pompe haute-pression :**

Les pompes haute-pression d'alimentation des modules d'osmose inverse **destinées à la déminéralisation de l'eau de mer** ainsi que les dispositifs de récupération de l'énergie hydraulique du concentrât qui y sont associés, représentent des postes très importants dans la conception des usines de dessalement, tant du point de vue de l'investissement, que de celui de l'énergie électrique nécessaire à leur fonctionnement. Les pompes haute-pression des membranes d'osmose doivent **permettre d'assurer un débit d'eau à une pression donnée**, tout en absorbant le minimum d'énergie. (Corsin & Cedric, 2003).

Dans notre cas d'étude nous allons utiliser quatre pompes haute-pression ayant les caractéristiques suivantes :

Tableau V.5 : Caractéristiques des pompes haute-pression

Type de pompe	Nombre des pompes	Débit des pompes	Pression des pompes
Haute-pression	4 (3 + 1)	507 m ³ /h	11 bars

III. 5. Dimensionnement et méthode de calculs :

III. 5. 1. Calcul de la molalité (m=mol/1000 gr d'eau) :

La molalité est déterminée par la relation suivante :

$$m_i = \frac{C_i * 1000}{[M_i(10^6 - TDS)]}$$

C_i : Concentration de l'élément i (mg/l).

M_i : Masse molaire de l'élément (g).

TDS : Total des solides dissous (mg/l).

$$\text{TDS} = \sum C_i$$

Avec cette relation on peut calculer la molalité de chaque constituant, et déduire la molalité totale, en faisant la somme des molalités de tous les constituants.

En suit, on va calculer la concentration en sel dans l'eau d'alimentation de l'étage 1 (Cf) par la formule suivant :

$$C_f(\text{ppm NaCl}) = \frac{1.12 \sum m_i \cdot 10^6}{38.5 + 1.12 \sum m_i}$$

Après en calcule la concentration en sel dans l'eau de rejet l'étage 1 par la formule suivant :

$$C_R(\text{ppm NaCl}) = \frac{C_f}{1 - Y}$$

En plus la concentratio moyenne en sel entre l'alimentation et le rejet de l'étage 1 par la formule suivant :

$$C_{f1} = \frac{C_f + C_R}{2}$$

Tableau V.6. Les calculs sont faits dans le tableau suivant :

	Ain sahra1	Ain sahra2	Sidi mahdi 2	Sidi mahdi 3	la somme	Ci	Ci*1000	M(g)	10 ⁶ -TDS	Mi*(10 ⁶ -TDS)	mi
Ca	216	223	170	220	829	203.660714	203660.714	40.08	999796.339	40071837.3	0.00508239
mg	87	99	110	220	516	116.607143	116607.143	24.31	999883.393	24307165.3	0.00479723
Na	239	226	245	227	937	235.732143	235732.143	22.99	999764.268	22984580.5	0.0102561
K	83	83	79	79	324	81.1428571	81142.8571	39.1	999918.857	39096827.3	0.00207543
Hco3	150	150	150	150	600	150	150000	61.02	999850	61010847	0.00245858
cl	668	715	646	623	2652	667.089286	667089.286	35.45	999332.911	35426351.7	0.01883031
so4	561	566	559	562	2248	561.839286	561839.286	96.06	999438.161	96006029.7	0.00585212
SIO2	12	12	12	12	48	12	12000	60.02	999988	60019279.8	0.00019994
Al	0.07	0.07	0.08	0.08	0.3	0.07464286	74.6428571	18.04	999999.925	18039998.7	4.1376E-06
Mn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.2	0.05	50	79.9	999999.95	79899996	6.2578E-07
Zn	0.52	0.71	0.08	0.09	1.4	0.36803571	368.035714	19.02	999999.632	19019993	1.935E-05
No2	2	2	2	2	8	2	2000	46.01	999998	46009908	4.3469E-05
No3	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	0.02	20	62	999999.98	61999998.8	3.2258E-07
P	0.09	0.09	0.09	0.09	0.36	0.09	90	94.97	999999.91	94969991.5	9.4767E-07
					TDS	2030.67411	2030674.11		997969.326		
										∑mi	0.04962096

Pour concevoir le système d’osmose inverse qui permet de produire **32 693 m3/j** contenant des solides totaux dissous (TDS) < **1000 ppm** à partir d’eau de **4 forages**, Contenant **2030.67411ppm** de TDS, nous avons choisi le perméateur (**Dupont Permazep type B9**), qui est **le mieux adapté aux eaux saumâtres** de la zone et à ce taux de salinité d’eau brute.

Nous proposons **un montage en série rejet** avec **trois lignes à deux étages** avec **un arrangement 2/1** pour **réduire** au maximum **le débit de production** et **minimiser débit de rejet**.

Ces perméateurs ont un débit de production **Qw0** établi sous les conditions standards de fonctionnement préconisés par les constructeurs :

- **Débit spécifique initiale Qw0=52.99 m3/j**

$$\begin{aligned} \text{GPD : gallon par jour} \\ 1\text{m}^3/\text{j}=264\text{GPD} \end{aligned}$$

- **Diamètre: 8 inchs=20.32 cm (1 inch=2.54 cm)**
- **Conversion=75%**
- **Température=25°C dans les conditions standards de perméateur**
- **Pression de fonctionnement :**

$$\begin{aligned} \text{Pf}=400 \text{ pisis}= 27.2 \text{ atmo} \\ 1\text{psi}=0.068 \text{ atmo et } 1 \text{ atmo } =105 \text{ pas} \end{aligned}$$

- **Concentration de l’eau d’alimentation (en NaCl) :**

Par l’égalité entre les deux équations A et B représentés ci- dessous on peut déterminer la concentration de l’eau d’alimentation en ppm NaCl.

$$\begin{aligned} \Pi &= 1,12(T+273)mT \dots\dots\dots(A) \\ \Pi &= 0,0385CF(T+275)/(1000-(CF/1000))\dots\dots\dots(B) \\ (A) &= (B) \quad \longrightarrow \quad CF = 1.12mT * 10^6 / (38.5 + 1.12mT) \end{aligned}$$

Application :

$$\begin{aligned} CF &= 1.12 * 0.05003755 * 10^6 / (38.5 + 1.12 * 0.05003) \\ CF &= 56042.056 / 38.556 \\ CF &= 1453,52192 \text{ ppm NaCl.} \end{aligned}$$

III. 5. 2 .Les facteurs influençant le dimensionnement :

Dans le but de concevoir une installation en utilisant le perméateur B9, il est nécessaire de corriger la capacité ou débit de production du perméateur en tenant compte des conditions de travail.

Le débit initial de production sous les conditions de fonctionnement est donné par :

$$Q_{wo} = k_{wo} (\Delta P_o - \Delta \Pi_o)$$

Avec :

Q_{w0} : débit initial à travers la membrane **K_{wi}** : perméabilité initiale de la membrane

ΔP₀ : différence de pression à travers la membrane

ΔΠ₀ : différence de pression osmotique

$$\Delta P = PFR - P_p$$

$$PFR = PF + PR / 2 = PF_{abs} - \Delta PFR / 2$$

$$\Delta PFR = PF - PR$$

Où :

PF_{abs} : pression absolue de l'alimentation en (psi)

P_p : pression de l'eau produite en (psi)

PFR : pression moyenne de l'eau dans le module en (psi)

ΔPFR : perte de charge à travers le module

Si on connaît le débit initial $Q_{w_{i0}}$ aux conditions standards précitées, il est possible de calculer la perméabilité de la membrane qui à son tour peut être utilisée dans des conditions autre que standard.

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

On pose:

$$K'_{wi} = 1 / \Delta P - \Delta \Pi$$

Avec :

K_{wi} : perméabilité initiale de la membrane

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

La pression osmotique Π peut être calculée à partir de la loi de **Van 't Hoff** :

$$\Pi = 1,12 (T+273) \Sigma m_i$$

La pression osmotique moyenne entre alimentation et rejet dans l'étage est donnée par

$$\Pi = 0,0385.C. (T+273) / 1000 - (C/1000)$$

Où :

T : température en (°C)

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

C : concentration en (ppm NaCl)

La différence de pression osmotique entre les solutions concentrées par la membrane est prise égale la pression osmotique moyenne entre les deux solutions :

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

Avec :

$$CFR = CF + CR / 2$$

$$CR = CF - CP / 1 - y$$

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

$$CR = CF / 1 - y$$

Avec :

- **CF** : Concentration en sels dans l'eau d'alimentation en (**ppm NaCl**)
- **CR** : Concentration en sels dans l'eau de rejet en (**ppm NaCl**)
- **Y** : Taux de conversion = **0.75**
- Taux de passage de sel : **SP0=10%**
- La perte de charge moyenne : **$\Delta P_{FR0}/2=3$ psis**

C'est sous ces conditions que le constructeur a établi les caractéristiques **du module B9**.

Donc :

$$\Delta p_0 = PF_0 - (\Delta P_{FR0} / 2) = 400 - 3$$

$$\Delta p_0 = 397 \text{ psi}$$

- **Concentration en sels du rejet :**

$$CR_0 = CF_0 / (1 - y_0) = 1453.5219 / (1 - 0,75)$$

$$CR_0 = 5814 .0876 \text{ ppm NaCl}$$

- **Concentration moyenne entre l'alimentation et rejet :**

$$CFR_0 = (CF_0 + CR_0) / 2 = (1453.5219 + 5814 .0876) / 2$$

$$CFR_0 = 3633.80 \text{ ppm NaCl.}$$

Donc on obtient :

$$\Delta\Pi = \Pi_{FR} = (0,0385 * CFR_0 (T+273)) / (1000 - (CFR_0 / 1000))$$

Application :

$$\Delta\Pi = \Pi_{FR} = (0,0385 * 3633.80 (30+273)) / (1000 - (3633.80 / 1000))$$

$$\Delta\Pi = \Pi_{FR} = 41.84269 \text{ Psi}$$

$$K'_{wi0} = 1 / (\Delta P - \Delta\Pi_0) = 1 / (397 - 43,19)$$

$$\Delta\Pi_0 = 43,19 \text{ psi}$$

$$K'_{wio} = 0,00286 \text{ psi}^{-1}$$

En utilisant $k'wio = 0,00286 \text{ ps}^{-1}$, il nous sera possible de calculer le facteur de correction de la production des modules :

$$PCF = k'wio (\Delta P - \Delta \Pi) = k'wio (\Delta P - \Delta \Pi FR)$$

Avec :

$$\Delta P = PF - \Delta PFR / 2$$

Donc la relation de PCF devient :

$$PCF = k'wio (PF - \Delta PFR / 2 - \Pi FR)$$

Un autre facteur peut entrer en compte, il s'agit du coefficient de rétention de l'eau au niveau de la membrane (MFRC), il varie linéairement avec la pression pour une durée de vie donnée

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

Tableau V .7 : Facture de correction du flux de rétention de la membrane en fonction de la pression, de la température et du temps

Pression de fonctionnement en (psi)	Température (C°)	Capacité	Durée de vie de la membrane (1ans)	Durée de vie de la membrane (3ans)
400	5	0.55	0.914	0.900
	10	0.64	0.907	0.890
	15	0.74	0.891	0.872
	20	0.86	0.868	0.845
	25	1.00	0.828	0.800
	30	1.16	0.767	0.730
	35	1.34	0.675	0.629
300	5	0.40	0.936	0.925
	10	0.46	0.929	0.917
	15	0.54	0.919	0.905
	20	0.62	0.901	0.883
	25	0.72	0.868	0.845
	30	0.83	0.817	0.787
	35	0.97	0.736	0.695

200	5	0.24	0.956	0.952
	10	0.28	0.953	0.947
	15	0.32	0.946	0.937
	20	0.37	0.934	0.923
	25	0.43	0.910	0.894
	30	0.50	0.871	0.848
	35	0.58	0.807	0.776

Un dernier facteur correctif du débit de production est dû à l'effet de la température sur la productivité du perméateur (TCF), il est défini par :

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

$$\text{TCF} = 4.3839$$

Avec :

TCF : facteur de correction du débit de production

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

Qw (30°C) : débit de l'eau à 30°C

D'où le débit corrigé :

$$\text{QF} = \text{Qwio} \cdot \text{PCF} \cdot \text{TCF} \cdot \text{MFRC}$$

III. 5. 2. 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.

La pression d'alimentation au deuxième étage est plus faible que celle du premier étage du fait de la perte de charge à travers les perméateurs et différents raccords.

$$\text{PF2} = \text{PF1} - \Delta\text{PFR1} / 2 - \Delta\text{PBAL}$$

Pour les perméateurs en utilisant les raccords en nylon ($\Delta\text{PBAL} = 35 \text{ psi}$)

a) Calcul de nombre de perméateurs :

Nous admettons Trois étages avec une conversion totale de 75% pour élever le débit de production. La perte de charge moyenne :

$$\Delta\text{PFR} = 6 \text{ psi} ; \Delta\text{PFR}/2 = 3 \text{ psi, par module ou perméateur.}$$

Étage 1 :

Concentration de l'eau d'alimentation : $CF_1=CF_0 = 1453.52 \text{ ppm NaCl}$ $y_1 = 50\%$

✓ Concentration en sel du rejet :

$$CR_1 = CF_1 / (1 - y_1)$$

Application :

$$CR_1 = 1453.52 / (1 - 0,5).$$

$$CR_1 = 2907.04 \text{ ppm NaCl}$$

✓ Concentration moyenne en sel entre l'alimentation et le rejet :

$$CFR_1 = (CF_1 + CR_1) / 2$$

Application :

$$CFR_1 = (1453.52 + 2907.04) / 2$$

$$CFR_1 = 2180.28 \text{ ppm NaCl}$$

✓ Pression osmotique de l'alimentation :

$$PPF_1 = 8,308.0,9 \cdot (T+273) \cdot m$$

$$PPF_1 = 8,308 \cdot 0,9 \cdot (30 + 273) \cdot 0.04962096$$

$$PPF_1 = 112,42 \text{ kpa}$$

✓ Pression osmotique de production :

$$PPP_1 = 0,01 \cdot PPF_1 = 0,01 \cdot 112,42$$

$$PPP_1 = 1.124 \text{ kpa}$$

✓ Pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet :

$$PPFR_1 = (0,0385 \cdot CFR_1 \cdot (T+273)) / (1000 - (CFR_1 / 1000))$$

$$PPFR_1 = (0,03854 \cdot 2180.28 \cdot (30+273)) / (1000 - (2180.28 / 1000))$$

$$PPFR_1 = 25,516 \text{ psi}$$

✓ Facteur de correction de la production :

$$PCF_1 = k \cdot w_{io} \cdot (PF_0 - (\Delta PFR_0 / 2) - PPFR_1)$$

$$PCF_1 = 0,00283 \cdot (400 - 3 - 25.516)$$

$$PCF_1 = 1.051$$

✓ Facture de correction du flux de rétention de la membrane :

MFRC1 = 0.730 à 400 psi, 30 C° et 3 ans la durée de vie de la membrane. (Voir le Tableau V.7)

✓ **Facture de correction de température :**

$$TCF = (1,03)^{(T-25)}$$

$$TCF = (1,03)^{(30-25)}$$

$$TCF = 1.15927$$

✓ **Débit de production :**

$$QP1 = PCF1.TCF.MFRC1.Qwio$$

$$QP1 = 1.051 * 1.15927 * 0.730 * 11.81$$

$$QP1 = 10.50 \text{ GPM}$$

✓ **Débit d'alimentation :**

$$QF1 = QP1 / y1$$

$$QF1 = 10.50 / 0,5$$

$$QF1 = 21 \text{ GPM}$$

✓ **Débit de rejet :**

$$QR1 = QF1 - QP1$$

$$QR1 = 21 - 10.50$$

$$QR1 = 10.50 \text{ GPM}$$

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

$$QFR1 = \frac{QF1 + QR1}{2}$$

$$QFR1 = (21 + 10.50) / 2$$

$$QFR1 = 15.75 \text{ GPM}$$

✓ **Facteurs de correction du passage de sels :**

$$SPCF1 = CF0.CFR1 / PCF1.CF1.CFR0$$

$$SPCF1 = 1500 * 2180.28 / 1.051 * 1453.52 * 3633.80$$

$$SPCF1 = 0.588$$

✓ **Taux de passage de sels :**

$$SP1 = SP0.SPCF1 = 0.1 * 0.588$$

$$SP1 = 0,05881$$

$$SP1 = 5,881\%$$

✓ **Les solides totaux dissous :**

$$TDSP1 = TDS.SP1$$

$$TDSP1 = 2030.674 * 0,05881$$

$$\text{TDSP1} = 119.59 \text{ mg/l}$$

✓ **Les solides totaux dissous de rejet :**

$$\text{TDSR1} = (\text{TDS}-\text{Y}*\text{TDSP1}) / (1-\text{Y})$$

$$\text{TDSR1} = 3941.756 \text{ mg/l}$$

✓ **Perte de charge à travers perméateur :**

On a **QFR1 = 15.762 GPM**, en projetant cette valeur sur **La figure -1- (voir l'annexe)**, on trouve la valeur de la perte de charge à travers **le perméateur ΔPFR1**.

$$\Delta\text{PFR1} = 11.15 \text{ psi}$$

Étage 2 :

✓ **Concentration de l'eau d'alimentation :**

$$\text{CF2} = \text{CR1} = 2906.66 \text{ ppm NaCl} \quad y_2 = 50 \%$$

✓ **Pression d'alimentation :**

$$\text{PF2} = \text{PF1} - \Delta\text{PFR1} - \text{PBAL}$$

$$\Delta\text{PBAL} = 35 \text{ psi}$$

$$\text{PF2} = 400 - 10 - 35$$

$$\text{PF2} = 353.85 \text{ psi}$$

✓ **Concentration en sels du rejet :**

$$\text{CR2} = \text{CF2} / (1 - y_2) = 2906.66 / (1 - 0.5)$$

$$\text{CR2} = 5814.08 \text{ ppm NaCl}$$

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

$$\text{CFR2} = (\text{CF2} + \text{CR2}) / 2 = (2907.04 + 5814.08) / 2$$

$$\text{CFR2} = 4360.56 \text{ ppm NaCl}$$

✓ **Pression osmotique a l'alimentation :**

$$\text{PPF2} = 8,308 * 0,9 * (\text{T} + 273) * m_2$$

Avec :

$$m_2 = \text{SP1} * m_1 = 0,0712 * 0,04962096$$

$$m_2 = 0,00356 \text{ mol/1000gr d'eau}$$

$$\text{PPF2} = 8,308 * 0,9 * (30 + 273) * 0,00356$$

$$\text{PPF2} = 8.0776 \text{ kpa}$$

✓ **Pression osmotique de production :**

$$\text{PPP2} = 0,01 * \text{PPF2} = 0,08077 \text{ Kpa}$$

✓ **Pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet :**

$$\text{PPFR2} = (0,0385 * \text{CFR2} * (\text{T} + 273)) / (1000 - (\text{CFR2} / 1000))$$

$$\text{PPFR2} = 66.0161 \text{ psi}$$

✓ **Facture de correction de la production :**

$$PCF2 = k'wio (PF1 - (\Delta PFR1 / 2) - PFR2)$$

$$PCF2 = 0,00283(353.85 - (10 / 2) - 66.0161)$$

$$PCF2 = 0,798$$

✓ **Facture de correction du flux de rétention de la membrane :**

MFRC2 = 0,755 à 355 psi, 30 C° et 3 ans la durée de vie de la membrane (**Tableau V .7**)

✓ **Débit de production :**

$$QP2 = PCF2.TCF.MFRC2.Qwio$$

$$QP2 = 0,798 * 1.159 * 0,755 * 11.81$$

$$QP2 = 8.256 \text{ GPM}$$

✓ **Débit de d'alimentation :**

$$QF2 = QP2 / y2$$

$$QF2 = 8.256 / 0,5$$

$$QF2 = 16.2885 \text{ GPM}$$

✓ **Débit de rejet :**

$$QR2 = QF2 - QP2$$

$$QR2 = 16.2885 - 8.256$$

$$QR2 = 8.25 \text{ GPM}$$

✓ **Débit moyen entre l'alimentation et le rejet :**

$$QFR2 = (QF2 + QR2) / 2$$

$$QFR2 = (16.2885 + 8.25) / 2$$

$$QFR2 = 12.385 \text{ GPM}$$

✓ **Facteur de correction du passage de sels :**

$$SPCF2 = CF0.CFR2 / PCF2.CF2.CFR0$$

$$SPCF2 = 1500 * 5627.24 / 0,798 * 3751.49 * 3633 .805$$

$$SPCF2 = 1.877$$

✓ **Taux de passage de sels :**

$$SP2 = SP0.SPCF2$$

$$SP2 = 0,1 * 1.877$$

$$SP2 = 0,1877$$

$$SP2 = 18.77 \%$$

✓ **Les solides totaux dissous :**

$$\text{TDSP2} = \text{TDSP1} \cdot \text{SP2}$$

$$\text{TDSP2} = 119.63 \cdot 0,1877$$

$$\text{TDSP2} = 227.45 \text{ mg/l}$$

✓ **Les solides totaux dissous de rejet :**

$$\text{TDSR2} = (\text{TDS} - Y \cdot \text{TDSP1}) / (1 - Y)$$

$$\text{TDSR2} = 4061.348 \text{ mg/l}$$

✓ **Perte de charge à travers perméateur :**

On a $\text{QFR2} = 12.385 \text{ GPM}$, on tire ΔPFR2 à partir de la figure (Voir l'annex)

Donc on tire la valeur :

$\Delta\text{PFR2} = 6 \text{ psi}$

Les résultats des valeurs calculées sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau V .8 : les résultats des valeurs calculées

	Etage 1	Etage2
CF	1453.33	2906.66
CR	2906.66	5813.32
CFR	2179.99	4359.99
PPF	113.36	6.6763
ppp	1.133	0.0667
PPFR	25.48	51.084
PCF	1.051	0.841
MFRC	0.73	0.755
QP	10.508	8.693
QF	21.016	17.387
QR	10.508	8.69
QFR	15.762	13.040
SPCF	0.588	1.783
SP	0.058	0.178
TDSP	119.591	221.328
TDSR	3941.756	4061.348
ΔPFR	11.15	6

- **Calcul des conversions :**

Nous nous sommes intéressées dans cette section à étudier l'arrangement 2/1, pour la détermination du taux de conversion globale et du débit de la production totale.

Etage1 : $2Q_{P1} = 2 \cdot 10 \cdot 50 = 21 \text{ GPM}$

Etage2 : $1Q_{P2} = 1 \cdot 8.256 = 8.256 \text{ GPM}$

Donc : $Q_{PT} = 21 + 8.256$

$Q_{pt} = 29.256 \text{ GPM}$

Soit une alimentation : $Q_{FT} = Q_{PT} / y_T = 29.256 / 75 \% \quad Y_T = 75\%$

$Q_{FT} = 39.008 \text{ GPM}$

$Y_1 = (21 / 39.008) \cdot 100 = 0,5383 \longrightarrow y_1 = 53,83 \% ; \Delta Y = 3,83\% > 1\%$

$Y_2 = (8.256 / (39.008 - 21)) \cdot 100 = 0,4584 \longrightarrow y_2 = 45,84 \% ; \Delta Y = 4,16\% > 1\%$

On fait la 1^{ère} itération $y_1 = 53,83\% ; y_2 = 45,84\%$

- **Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions :**

Tableau V .9. les résultats des valeurs calculées sont résumés dans le tableau :

	Etage 1	Etage2
CF	1453.33	3147.77
CR	3147.77	6295.55
CFR	2300.55	4721.66
PPF	113.36	7.072
ppp	1.13	0.070
PPFR	26.89	55.341
PCF	1.047	0.829
MFRC	0.73	0.755
QP	10.46	8.56
QF	20.93	17.13
QR	10.46	8.56
QFR	15.70	12.85
SPCF	0.623	1.809
SP	0.0623	0.180
TDSP	126.68	222.92
TDSR	3250.549	5749.398
ΔPFR	11.15	6

- **Calcul des nouvelles conversions :**

Etage 1 : $2 \cdot Q_{p1} = 2 \cdot 10.46 = 20.92 \text{ GPM}$

Etage 2 : $1 \cdot Q_{p2} = 1 \cdot 8.569 = 8.569 \text{ GPM}$

Donc :

$$Q_{pt} = Q_{p1} + Q_{p2}$$

$$Q_{pt} = 20.92 + 8.569$$

$$Q_{pt} = 29.489 \text{ GPM}$$

Soit une alimentation :

$$Q_{FT} = Q_{PT} / Y_t$$

$$Y_t = 75\%$$

$$Q_{FT} = 28.942 / 0.75$$

$$Q_{FT} = 38.59 \text{ GPM}$$

$$Y_1 = (20.92 / 38.59) * 100 = 54.21\% \longrightarrow Y_1 = 54.21\% ; y_1 = 53.83\% ; \Delta Y = 0.38 < 1\%$$

$$Y_2 = (8.56 / (38.59 - 20.92)) * 100 = 48.44\% \longrightarrow Y_2 = 48.44\% ; y_2 = 45.84\% ; \Delta Y = 2.6\% > 1\%$$

Donc en faire la 2^{ème} itération avec $y_1 = 53.83\%$, $y_2 = 48.44\%$

- **Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions :**

Tableau V .10. les résultats des valeurs calculées sont résumés dans le tableau :

	Etage 1	Etage2
CF	1453.33	3147.77994
CR	3147.77994	6295.55989
CFR	2300.55497	4721.66992
PPF	113.364653	7.07243587
ppp	1.13364653	0.07072436
PPFR	26.8990067	55.3419468
PCF	1.04738581	0.82900054
MFRC	0.73	0.755
QP	10.468044	9.44915027
QF	20.936088	17.1383005
QR	10.468044	9.56915027
QFR	15.702066	12.8537254
SPCF	0.62386605	1.80940775
SP	0.06238661	0.18094077
TDSP	126.686864	230.9228194
TDSR	3938.4680	4250.54921
ΔPFR	11.15	6

- **Calcul des nouvelles conversions :**

$$\text{Etage 1 : } 2 * Q_{p1} = 2 * 10.46 = 20.48 \text{ GPM}$$

$$\text{Etage 2 : } 1 * Q_{p2} = 1 * 9.44 = 9.44 \text{ GPM}$$

Donc :

$$Q_{pt} = Q_{p1} + Q_{p2}$$

$$Q_{pt} = 29,48 \text{ GPM}$$

$$Q_{pt} = 29,48 \text{ GPM}$$

Soit une alimentation :

$$Q_{FT} = Q_{PT} / Y_t$$

$$Y_t = 75\%$$

$$Q_{FT} = 29.48 / 0.75$$

$$Q_{FT} = 39.29 \text{ GPM}$$

$$Y_1 = 20.48 / (39.29) * 100 \longrightarrow Y_1 = 54,43 ; y_1 = 53,83\% ; \Delta Y = 0.6\% < 1\%$$

$$Y_2 = (9.44 / (39.29 - 20.48)) * 100 = 48.32\% \longrightarrow Y_2 = 48.32\% ; y_2 = 48.44\% ; \Delta Y = 0,12\% < 1\%$$

Ces résultats sont en bon accord.

- **Calcul de débit spécifique**

$$Q_{sp} = Q_{pt} / (2+1) = 29,48 / 3$$

$$Q_{sp} = 9.82 \text{ GPM /perméateur.}$$

$$Q_{sp} = 53.58 \text{ m}^3/\text{j}$$

D'où : **N_t = 396 perméateurs**

- **Calcul du nombre de perméatures dans chaque ligne :**

$$N = N_T / 3$$

$$N = 132 \text{ perméateurs}$$

- **Calcul de la disposition par étage :**

$$\text{Etage 1} = 264 \text{ m/ligne}$$

$$\text{Etage 2} = 132 \text{ m/ligne}$$

- **Calcul du débit de production :**

Donc le débit de production d'une ligne devient :

$$Q_{PT} = 53.58 (132) * 3$$

$$Q_{PT} = 21217.68 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Calcul de débit de rejet :**

$$Q_{RT} = Q_F - Q_{PT}$$

$$Q_{RT} = 39.29 - 29,47 = 9,82 \text{ GPM}$$

$$Q_{RT} = 6134.503 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Calcul de conversion total :**

$$Y_t = Q_{PT} / (Q_{pt} + Q_{RT})$$

$$Y_t = 21217.68 / (21217.68 + 6134.503) * 100$$

$$YT=77.57\%$$

Remarque :

Après la comparaison entre le débit de production de la station **NEZLA** et le débit de consommation **Voir le chapitre 3 (tableau III)** en conclue que le débit de production est inférieur que le débit de consommation donc la solution pour ce problème on propose une réalisation de notre station de déminéralisation pour avoir un débit de production suffisant à le raisons de futur (30 ans).

(La réalisation d'une notre stations pour que la station existant y a pas d'espace suffisant pour ajouter un autre étage).

La nouvelle station à 4 bacs de refroidissement installé en parallèle on ajoute un autre forage (senonien) d'Ain sahra3 d'un débit de $Q=150$ l/s et on calcule le débit de consommation jusqu'à 2051

Donc le débit total des forages sont :

$$Q \text{ total } : (150*3) +120+80$$

$$Qt=650 \text{ l/s}$$

$$Q \text{ consommations } 2051 =40592,75 \text{ m}^3/\text{j}$$

Tableau V .11 : les résultats des valeurs calculées sont résumés dans le tableau :

	Ain sahra1	Ain sahra2	Sidi mahdi 2	Sidi mahdi 3	Ain sahra 3	Ci	Ci*1000	M(g)	10 ⁶ -TDS	Mi*(10 ⁶ - TDS)	mi
Ca	216	223	170	220	308.69	231.005385	231005.385	40.08	997925.664	39996860.63	0.005775588
mg	87	99	110	220	150.65	125.073077	125073.077	24.31	997925.664	24259572.9	0.005155617
Na	239	226	245	227	500	295.861538	295861.538	22.99	997925.664	22942311.03	0.012895891
K	83	83	79	79	42	72.3076923	72307.6923	39.1	997925.664	39018893.48	0.001853146
Hco3	150	150	150	150	133	146.076923	146076.923	61.02	997925.664	60893424.05	0.002398895
cl	668	715	646	623	98.31	537.779231	537779.231	35.45	997925.664	35376464.81	0.01520161
so4	561	566	559	562	950	651.676923	651676.923	96.06	997925.664	95860739.33	0.006798163
SIO2	12	12	12	12	12	12	12000	60.02	997925.664	59895498.38	0.000200349
Al	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07307692	73.0769231	18.04	997925.664	18002578.99	4.05925E-06
Mn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	50	79.9	997925.664	79734260.59	6.27E-07
Zn	0.52	0.71	0.08	0.09	0.052	0.32169231	321.692308	19.02	997925.664	18980546.14	1.69485E-05
No2	2	2	2	2	2	2	2000	46.01	997925.664	45914559.82	4.35592E-05
No3	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	20	62	997925.664	61871391.2	3.23251E-07
P	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	90	94.97	997925.664	94773000.35	9.49638E-07
					TDS	2074.33554				Somme mi	0.056121314

Donc on va calculer tous les paramètres de dimensionnements de la station avec des différentes dispositions et en voir la meilleure disposition par la comparaison de débit de production

On utilise la même méthode de calcul précédant :

- **Concentration de l'eau d'alimentation (en NaCl) :**

$$CF = 1.12mT \cdot 10^6 / (38.5 + 1.12mT)$$

$$CF = 1629.96 \text{ ppm NaCl.}$$

III. 5. 3. Calcul des conversions :

Nous nous sommes intéressés dans cette partie d'utiliser plusieurs arrangements, pour la détermination des taux de conversion globale et des débits de production totales :

- a. 2/1
- b. 3 /2/1
- c. 5 /3/1
- d. 7/5/3

III. 5. 3. 1. Arrangement 2/1 :

On fait la même méthode de calcul que les autres tableaux

Tableau V .12 : les résultats des valeurs calculées sont résumés dans le tableau

	Etage 1	Etage2
CF	1629.96	3259.92
CR	3259.92	6519.84
CFR	2444.94	4889.88
PPF	127.14	7.55
ppp	1.271	0.075
PPFR	28.591	57.323
PCF	1.0425	0.823
MFRC	0.73	0.755
QP	10.420	8.511
QF	20.840	17.022
QR	10.420	8.511
QFR	15.630	12.766
SPCF	0.593	1.821
SP	0.0593	0.182
TDSP	123.192	222.442
TDSR	4025.478	4148.671
ΔPFR	11.15	6

- **Calcul des nouvelles conversions :**

Etage1 : $2QP1 = 2 \cdot 10.42 = 20.84 \text{ GPM}$

Etage2 : $1QP2 = 1 \cdot 8.51 = 8.51 \text{ GPM}$

Donc : $Q_{PT} = 20.84 + 8.51$

$Q_{pt} = 28.35 \text{ GPM}$

Soit une alimentation : $Q_{FT} = Q_{PT} / Y_T = 28.35 / 75\%$ $Y_T = 75\%$

$Q_{FT} = 37.8 \text{ GPM}$

$Y_1 = (20.84 / 37.8) \cdot 100 = 0,5513 \rightarrow Y_1 = 55,13\%$; $\Delta Y = 5.13\% > 1\%$

$Y_2 = (8.51 / (37.8 - 20.84)) \cdot 100 = 0,5017 \rightarrow Y_2 = 50,17\%$; $\Delta Y = 0.17\% < 1\%$

On fait **1^{ère} itération** pour le premier étage $y_1 = 55,13\%$; $y_2 = 50,17\%$

Tableau V .13: les résultats des recalculs sont résumés dans le tableau suivants :

	Etage 1	Etage 2
CF	1629.96	3259.92
CR	3259.92	6519.84
CFR	2444.94	4889.88
PPF	127.147978	7.55116793
ppp	1.27147978	0.07551168
PPFR	28.5913517	57.3231987
PCF	1.04259647	0.8233936
MFRC	0.73	0.755
QP	10.4201772	8.51119284
QF	20.8403545	17.0223857
QR	10.4201772	8.51119284
QFR	15.6302658	12.7667893
SPCF	0.59388817	1.82172901
SP	0.05938882	0.1821729
TDSP	123.192333	263.4423046
TDSR	4025.47875	4622.98984
ΔPFR	11.15	6

- **Calcul des nouvelles conversions :**

Etage 1 : $2 \cdot Q_{p1} = 2 \cdot 10.42 = 20.84 \text{ GPM}$

Etage 2 : $1 \cdot Q_{p2} = 1 \cdot 8.51 = 8.51 \text{ GPM}$

Donc :

$$Q_{pt} = Q_{p1} + Q_{p2}$$

$Q_{pt} = 29.35 \text{ GPM}$

Soit une alimentation :

$$Q_{FT} = Q_{PT} / Y_t$$

$$Y_t = 75\%$$

$$QFT=29.35 / 0.75$$

$$QFT=39.13 \text{ GPM}$$

$$Y1 = (20.48 / 39.13) * 100 = 56.12\% \longrightarrow Y1 = 56.12\% ; y1 = 55,13\% ; \Delta Y = 0,99 < 1\%$$

$$Y2 = 8.51 / (39.13 - 20.48) * 100 = 49.63\% \longrightarrow Y2 = 49.63\% ; y2 = 50,17\% ; \Delta Y = 0.54\% < 1\%$$

Ces résultats sont en bon accord.

- **Calcul du débit spécifique**

$$Qsp = Qpt / (2+1) = 29.35/3$$

$$Qsp = 9.67 \text{ GPM /perméateur.}$$

$$Qsp = 52.28 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Calcul du nombre des perméateurs total de l'installation :**

$$Nt = QWT / QSP$$

$$QWT = 22896 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{D'où : } Nt = 22896 / 52.28$$

$$Nt = 438 \text{ perméateurs}$$

- **Calcul du nombre de perméatures dans chaque ligne :**

$$N = NT / 3$$

$$N = 146 \text{ perméateurs}$$

- **Calcul de la disposition par étage :**

$$\text{Etage 1} = 292 \text{ m/ligne}$$

$$\text{Etage 2} = 146 \text{ m/ligne}$$

- **Calcul du débit de production :**

Donc le débit de production d'une ligne devient :

$$QPT = 22898.64 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Calcul de débit de rejet :**

$$QRT = QF - QPT$$

$$QRT = 6617.78 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Calcul de conversion total :**

$$Yt = QPT / (Qpt + QRT)$$

$$Yt = 22898.64 / (22898.64 + 6617.78) * 100$$

YT=97.37%

III. 5. 4. 1. Arrangement 3/2/1 :

Tableau V.14 .les résultats des calculs sont présentes dans le tableau suivant :

	Etage 1	Etage2	Etage3
CF	1629.96	3108.24	5657.26
CR	3108.24	5657.26	11069.1
CFR	2369.1	4382.75	8363.18
PPF	127.148	8.363	0.478
PPP	1.271	0.083	0.00478
PPFR	27.702	51.352	98.38
PCF	0.912	0.844	0.587
MFRC	0.73	0.755	0.78
QP	10 .26	8.251	6.278
QF	17.85	18.345	13.201
QR	9.36	9.620	6.922
QFR	13.60	13.983	10.062
SPCF	0.65	0.57173	0.450
SP	0.065	0.05717	0.057
TDSP	86.449	127.801	235.446
TDSR	3718.99	3799.24	4076.79
ΔPFR	8.15	9.2	8.4

Etage 1 : $3QP1=3*10.26=30.78$ GPM

Etage 2 : $2QP2=2*8.25=16.5$ GPM

Etage 3 : $1QP3=1*6.27=6.27$ GPM

Donc :

$$QPT=30.78 +16.5 +6.27$$

$$QPT= 53.55GPM$$

Soit une alimentation :

$$QFT=QPT /YT \quad YT=85\%$$

$$QFT=53.55 /0.85$$

$$QFT=67.047 \text{ GPM}$$

$$Y1=3QP1/QFT$$

$$Y1 = 30.78/67.047 \longrightarrow Y1=50,22\% ; y1= 50 \% ; \Delta Y=0,22 <1\%$$

$$Y2 = 16.5/(67.047-30.78) \longrightarrow Y2=45.49 \% ; y1= 50 \% ; \Delta Y=4.51\% >1\%$$

$$Y3 = 6.27 / (67.047-30.78-16.2885) \longrightarrow Y3=38.60\% ; y1=50\% ; \Delta Y=5,4 >1\%$$

On fait la 1^{ère} itération

Tableau V .15 : les résultats des valeurs calculées sont résumés dans le tableau

	Etage 1	Etage2	Etage3
CF	1629.96	3274.33	6006.84
CR	3274.33	6006.84	11686.5
CFR	2452.14	4640.58	8846.65
PPF	127.14	8.683	0.476
ppp	1.271	0.0868	0.0047
PPFR	28.675	54.387	104.122
PCF	0.9093	0.835	0.571
MFRC	0.73	0.755	0.78
QP	10.465	8.636	6.105
QF	16.856	17.1973	12.1572
QR	8.390	8.560	6.051
QFR	12.6235	12.879	9.104
SPCF	0.682	0.548	0.436
SP	0.068	0.0548	0.054
TDSP	141.66	377.767	456.21
TDSR	3714.56	3799.27	4076.81
ΔPFR	8.15	9.2	8.4

Etage 1 : $3QP1=3*10.46=31.38$ GPM

Etage 2 : $2QP2=2*8.63=17.26$ GPM

Etage 3 : $1QP3=1*6.10=6.10$ GPM

Donc :

$$QPT=31.38 +17.26+6.10$$

QPT=54.74 GPM

Soit une alimentation :

$$QFT=QPT /YT \quad YT=85\%$$

$$QFT=64.4$$
 GPM

$$Y1=3QP1/QFT*100 ; Y1=31.38/64.4 ; Y1=51.13\% ; \Delta Y1=0.91\% <1\%$$

$$Y2=2QP2/(QFT-3QP1)*100 ; Y2=44.69\% ; \Delta Y2=0.8\% <1\%$$

$$Y_3 = 1QP / (QFT - 3QP1 - 2QP2) * 100 ; Y_3 = 37.71 ; \Delta Y_3 = 0.89\% < 1\%$$

Ces résultats sont en bon accord avec les premiers.

- **Calcul du débit spécifique :**

$$Q_{sp} = Q_{pt} / (3+2+1) = 54.74 / 6$$

$$Q_{sp} = 9.5 \text{ GPM / perméateur.}$$

$$Q_{sp} = 51.79 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Calcul du nombre des perméateurs total de l'installation :**

$$N_t = Q_{WT} / Q_{SP}$$

$$Q_{WT} = 22896 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{D'où : } N_t = 22896 / 51.79$$

$$N_t = 450 \text{ perméateurs}$$

- **Calcul du nombre de perméatures dans chaque ligne :**

$$N = N_t / 6$$

$$N = 75 \text{ perméateurs}$$

- **Calcul de la disposition par étage :**

$$\text{Etage 1} = 225 \text{ m/ligne}$$

$$\text{Etage 2} = 150 \text{ m/ligne}$$

$$\text{Etage 3} = 75 \text{ m/ligne}$$

- **Calcul du débit de production :**

Donc le débit de production d'une ligne devient :

$$Q_{PT} = 51.79 * (450) * 6$$

$$Q_{PT} = 139\ 8833 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Calcul de débit de rejet :**

$$Q_{RT} = Q_F - Q_{PT}$$

$$Q_{RT} = 3972.27 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Calcul de conversion total :**

$$Y_t = Q_{PT} / (Q_{pt} + Q_{RT})$$

$$Y_t = 139\ 8833 / (139\ 8833 + 3972.27) * 100$$

$$Y_t = 99.71\%$$

III. 5. 5.1. Arrangement 5/3/1 :

Tableau V.16 .les résultats des calculs sont présentes dans le tableau suivant :

	Etage 1	Etage2	Etage3
CF	1629.96	3108.24	5657.26
CR	3108.24	5657.26	11069.1
CFR	2369.1	4382.75	8363.18
PPF	127.148	8.363	0.478
ppp	1.271	0.083	0.0047
PPFR	27.702	51.352	98.383
PCF	0.9121	0.8440	0.587
MFRC	0.73	0.755	0.78
QP	10.53969	8. 1433	6.278
QF	17.8527	18.345	13.201
QR	9.36194	9.620	6.922
QFR	13.6073	13.983	10.062
SPCF	0.6578	0.571	0.450
SP	0.06578	0.057	0.057
TDSP	236.449	353.801	403.446
TDSR	3718.99	3799.24	4076.79
ΔPFR	8.15	9.2	8.4

Etage 1 : $5QP1=5*10.53 = 52.54$ GPM

Etage 2 : $3QP2=3*8. 143= 24.43$ GPM

Etage 3 : $1QP3=1*6.27= 6.27$ GPM

Donc :

$$QPT=52.54+24.43+6.27$$

$$QPT = 86.68 \text{ GPM}$$

Soit une alimentation : $QFT=QPT/YT$; $YT=0.85$

$$QFT=86.68 /0.85$$

$$QFT=101.98 \text{ GPM}$$

$$Y1=52.54/86.68 ; Y1=0.5151 \longrightarrow Y1=51.51\% ; \Delta Y=1,51\%>1\%$$

$$Y2=24.43 /(101.98-52.54)= 0.49418 \longrightarrow Y2=49 .41\% ; \Delta Y=9,41>1\%$$

$$Y3=6.27/ (101.98-52.54-24.43)= 0.48830 \longrightarrow Y3=48.83\% ; \Delta Y=18,83>1\%$$

On fait la 1^{ère} itération et on le corrige le taux de conversion

- Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions :

Tableau. V .17: Valeurs des capacités recalculées avec les nouvelles conversions

	Etage 1	Etage2	Etage3
CF	1629.96	3108.24	5657.26
CR	3108.24	5657.26	11069.1
CFR	2369.1	4382.75	8363.18
PPF	127.148	8.36376	0.47818
ppp	1.27148	0.08364	0.00478
PPFR	27.7023	51.352	98.3835
PCF	0.9121	0.84409	0.58793
MFRC	0.73	0.755	0.78
QP	10.9971	8.0161	6.328088
QF	17.8527	18.3455	13.2013
QR	9.36194	8.6204	6.92276
QFR	13.6073	13.983	10.062
SPCF	0.6578	0.57173	0.45098
SP	0.06578	0.05717	0.05717
TDSP	136.449	227.80116	403.44601
TDSR	3718.99	3799.24	4076.79
ΔPFR	8.15	9.2	8.4

III. 5. 5. 3.Calcul des nouvelles conversions :

Etage 1 : $5Q_{p1}=5*10.9971=54.99$ GPM

Etage2 : $3Q_{p2}=3*8.0161=24.03$ GPM

Etage3 : $1Q_{p3}=1*6.328088=6.33$ GPM

Donc

$$Q_{pt}= 54.99+27.80+6.33$$

$Q_{pt} =89.11$ GPM

Soit une alimentation :

$$Q_{FT}= Q_{pt}/Y_T$$

$$Q_{FT}=89.11/0.85$$

$Q_{FT}=104.84$ GPM

$$Y1=54.99/ (104.84) \longrightarrow Y1=52.45\% \neq 51.51\% ; \Delta Y1=0.94\% < 1\%$$

$$Y2=24.03/ (104.84-54.99) \longrightarrow Y2=48.43\% \neq 49.41\% ; \Delta Y2=0.98\% < 1\%$$

$$Y3=6.33/ (104.84-54.99-24.03) \longrightarrow Y3=47.88\% \neq 48.83\% ; \Delta Y3=0.95\% < 1\%$$

Les résultats sont corrects

III. 5. 5. 4 Calcul du débit spécifique du perméateur à la production :

$$Q_{spc}=Q_{pt}/9$$

$$Q_{SPC}=89.11/9$$

$$Q_{spc} = 9.90 \text{ GPM}$$

$$Q_{spc}=14256 \text{ GPD/perméateur}$$

III. 5. 5. 5. Calcul du nombre des perméateurs total de l'installation :

$$N_t=Q_{WT}/Q_{SPC}$$

$$N_t=22896/14256$$

$$N_t=515.014$$

$$N_t = 515.014 \approx 516 \text{ perméateurs}$$

III. 5. 5. 6. Calcul du nombre de perméateurs dans chaque ligne :

$$N=N_t/9$$

$$N= 57 \text{ perméateurs}$$

III. 5. 5. 7. Calcul de la disposition par étage :

$$\text{Etage 1}=285 \text{ m/ligne}$$

$$\text{Etage 2}=171 \text{ m/ligne}$$

$$\text{Etage 3}=57 \text{ m/ligne}$$

III. 5. 5. 8 .Calcul du débit de production :

Donc le débit de production d'une ligne devient :

$$Q_{PT}=54.027* (516)*9$$

$$Q_{PT}=250 \text{ 868.88 m}^3/\text{j}$$

III. 5. 5. 9 .Calcul de débit de rejet :

$$Q_{RT}=Q_F-Q_{PT}$$

QRT=2070.654 m3/j

III. 5. 5. 10 .Calcul de conversion total :

$$Y_t = Q_{PT} / (Q_{pt} + Q_{RT})$$

$$Y_t = 250\,868.88 / (250\,868.88 + 2070.654) * 100$$

YT=99.18 %

YT=99.18 %

III. 5. 6 .1. Arrangement 7/5/3 :

Tableau V.18 .les résultats des calculs sont présentes dans le tableau suivant :

	Etage 1	Etage2	Etage3
CF	1629.96	3108.24	5657.26
CR	3108.24	5657.26	11069.1
CFR	2369.1	4382.75	8363.18
PPF	127.148	8.36376	0.47818
ppp	1.27148	0.08364	0.00478
PPFR	27.7023	51.352	98.3835
PCF	0.9121	0.84409	0.58793
MFRC	0.73	0.755	0.78
QP	10.553969	9.714568	8.1487
QF	17.8527	18.3455	13.2013
QR	9.36194	9.6204	6.92276
QFR	13.6073	13.983	10.062
SPCF	0.6578	0.57173	0.45098
SP	0.06578	0.05717	0.05717
TDSP	120.449	237.80116	336.44601
TDSR	3518.99	3799.24	4076.79
ΔPFR	8.15	9.2	8.4

Etage 1 :7Qp1=7*10.55= 73.55 GPM

Etage 2 :5Qp2=5*8 .14= 40.72 GPM

Etage 3 :3Qp3=3*9.71= 29.13 GPM

Donc :

$$Q_{pt} = 73.55 + 40.72 + 29.13$$

Qpt= 143.41 GPM

Soit une alimentation :

$QFT=Q_{pt}/YT$

$YT=85\%$

$QFT= 143.41/0.85$

QFT =168.72 GPM

Soit $YT=85\%$ d'où :

$Y1= (73.55)/ (168.72)= 0.515971076 \longrightarrow Y1=51.59 \% ; \Delta Y=1.59\%>1\%$

$Y2= (40.72)/ (168.72-73.55)= 0.487919397 \longrightarrow Y2=48.79 \% ; \Delta Y=1.21\%>1\%$

$Y3=29.13/ (168.72-73.55-40.72)= 0.47512877 \longrightarrow Y3= 47.51\% ; \Delta Y=2.49\%>1\%$

On fait 1^{ère} itération

- Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions :

Tableau. V .19 : Valeurs des capacités recalculées avec les nouvelles conversions :

	Etage 1	Etage2	Etage3
CF	1629.96	3108.24	5657.26
CR	3108.24	5657.26	9688.866
CFR	2015.012	4462.176	7096.470
PPF	113.364	3540.384	0.5220
ppp	1.1336	35.403	0.0052
PPFR	21.491	52.286	83.1584
PCF	1.062	0.8359	0.6293
MFRC	0.73	0.753	0.78
QP	10.621	8.618	6.7210
QF	24.361	20.139	12.559
QR	13.740	11.521	5.838
QFR	19.051	15.8304	9.199
SPCF	0.5385	0.85513	1.033
SP	0.0538	0.08551	0.1033
TDSP	129.925	269.400	322.971
TDSR	3708.99	3899.24	4076.79
ΔPFR	11.55	8.6	8.65

III. 5. 6 .3.Calcul des nouvelles conversions :

Etage1 :7Qp1=7*10.621=74.35 GPM

Etage2 :5Qp2=5*8.62=43.09 GPM

Etage3 :3Qp3=3*6.72=20.16 GPM

Donc : Qpt=74.35+43.09+20.16

Qpt= 137.60 GPM

Soit une alimentation :

$$QFT = Q_{pt} / Y_T$$

$$. \quad Y_T = 85\%$$

$$QFT = 137.60 / 0.85$$

QFT = 161.88 GPM

$$Y1 = 74.35 / 161.88 = 0.529264123 \quad \longrightarrow \quad Y1 = 52.93 \% \neq 51.59 \% ; \Delta Y1 = 1.34\% > 1\%$$

$$Y2 = 43.09 / (161.88 - 74.35) = 0.472359703 \quad \longrightarrow \quad Y2 = 47.23\% \neq 48.79 \% ; \Delta Y2 = 1.56\% > 1\%$$

$$Y3 = 20.16 / (161.88 - 74.35 - 43.09) = 0.463658185 \quad \longrightarrow \quad Y3 = 46.36 \% \neq 47.51\% ; \Delta Y3 = 1.15\% > 1\%$$

On fait la 2^{ème} itération

Tableau. V .20. Valeurs des capacités recalculées avec les nouvelles conversions :

	Etage 1	Etage2	Etage3
CF	1629.96	3462.84	6562.14
CR	3462.84	6562.14	12233.7
CFR	2546.4	5012.49	9397.91
PPF	127.148	9.04806	0.4761
ppp	1.271	0.09048	0.0047
PPFR	29.780	58.7678	110.671
PCF	0.906	0.82313	0.553
MFRC	0.73	0.755	0.78
QP	8.435	7.50848	5.907
QF	15.938	16.075	11.161
QR	7.502	7.566	5.253
QFR	11.72	11.820	8.20743
SPCF	0.711	0.526	0.4132
SP	0.0711	0.0526	0.05262
TDSP	147.613	307.768	470.408
TDSR	4127.62	3923.95	3951.5
ΔPFR	8.15	9.2	8.4

$$\text{Etage1 : } 7Q_{p1} = 7 * 8.435 = 59.04 \text{ GPM}$$

$$\text{Etage2 : } 5Q_{p2} = 5 * 7.50848 = 37.54 \text{ GPM}$$

$$\text{Etage3 : } 3Q_{p3} = 3 * 5.907 = 17.721 \text{ GPM}$$

Donc :

$$Q_{pt} = 59.04 + 37.54 + 17.721$$

$$Q_{pt}=114.301 \text{ GPM}$$

Soit une alimentation :

$$Q_{FT}=Q_{pt}/Y_T \quad . \quad Y_T=85\%$$

$$Q_{FT}= 114.301 /0.85$$

$$Q_{FT}=134.47 \text{ GPM}$$

$$Y_1=59.04 /134.47 *100=0.534364123 \longrightarrow Y_1=53.43 \% \neq 52.93 \% ; \Delta Y_1=0.5\% <1\%$$

$$Y_2=37.54 / (134.47 -59.04)*100= 0.4676259703 \longrightarrow Y_2=46.76\% \neq 47.23\% ;$$

$$\Delta Y_2=0.47\% <1\%$$

$$Y_3=17.721/ (134.47 -59.04-37.54)*100= 0.4621 58185 \longrightarrow Y_3=46.21 \% \neq 46.36$$

$$\% \Delta Y_3=0.15 <1\%$$

Ces résultats sont en bon accord.

III. 5. 6.4. Calcul du débit spécifique du perméateur à la production :

$$Q_{spc}= Q_{pt}/15=114.301 /15$$

$$Q_{spc}= 9.173 \text{ GPM}$$

III. 5. 6.5. Calcul du nombre des perméateurs total de l'installation :

$$N_t=Q_W/Q_{sp}$$

$$N_t=22896/13209.12$$

$$N_t=555.830$$

$$N_t=555.830 \approx 556 \text{ perméateur}$$

III. 5. 6. 6. Calcul du nombre de perméateurs dans chaque ligne :

$$N=N_T/15$$

$$N= 37 \text{ perméateurs}$$

III. 5. 6. 7. Calcul de la disposition par étage :

$$\text{Etage 1}=259\text{m/ligne}$$

$$\text{Etage 2}=185 \text{ m/ligne}$$

$$\text{Etage 3} =112\text{m/ligne}$$

III. 5. 6. 8 . Calcul du débit de production :

Donc le débit de production d'une ligne devient :

$$QPT=54.09* (556)*15$$

$$QPT=451\ 110.7m^3/j$$

III. 5. 6. 9 .Calcul de débit de rejet :

$$QRT=QF-QPT$$

$$QRT=1231.59m^3/j$$

III. 5. 6. 10 .Calcul de conversion total :

$$Yt=QPT/ (Qpt+QRT)$$

$$Yt=451\ 110.7/ (451\ 110.7+1231.59)*100$$

$$YT=99.002 \%$$

$$YT=99.002 \%$$

Remarque :

Après d'avoir les différentes dispositions (2/1 ; 3/2/1 ; 5/3/1 et 7/5/3), on conclure que la meilleurs disposition c'est 3/2/1 parce que :

- Le meilleur débit de production total :

$$Qpt=139\ 8833m^3 /j$$

-Avec un taux de conversion total :

$$YT=99.71\%$$

Aussi cette disposition, donne le nombre minimum de perméateurs par rapport aux autres dispositions (5/3/1 ; 7/5/3) ce qui permet d'éviter le problème d'encombrement et un cout d'investissement et d'exploitation plus faible.

III. 5. 7. Prévision de quantité d'eau osmose :

✓ **Calcul de la concentration moyenne des trois forages :**

Pour le calcul de la qualité des eaux produites, on va déterminer la concentration moyenne des 4 forages pour chaque constituant, en utilisant la loi des sels transportés.

Les résultats obtenus sont dans le tableau ci-dessous (**Tableau. V .11**) :

Exemple de calcul :

$$[Ca+2]_1 \text{ (Ain Sahra 1)}= 216mg/l \quad \longrightarrow \quad Q_1 =150 \text{ l/s}$$

$$[Ca+2]_2 \text{ (Ain Sahra2)}=223 \text{ mg/L} \quad \longrightarrow \quad Q_2= 150l/s$$

$$[Ca+2]_3 \text{ (Sidi Mahdi 2)}=170mg /L \quad \longrightarrow \quad Q_3=80l/s$$

$$[Ca+2]_4 \text{ (Sidi M ahdi 3)} = 220 \text{ mg/L} \quad \longrightarrow \quad Q_4=180l/s$$

$[Ca+2]_5 \text{ (Ain Sahra2)} = 308.69\text{mg/l} \longrightarrow Q_5=150\text{l/s}$

$$[Ca+2]_{\text{moy}} = \frac{Q_1*[Ca+2]_1+Q_2*[Ca+2]_2+Q_3*[Ca+2]_3+Q_4*[Ca+2]_4+Q_5*[Ca+2]_5}{\sum Q}$$

Application :

$[Ca+2]_{\text{moy}} = 212.59 \text{ mg/l}$

Tableau .V.21.La détermination de la concentration moyenne des cinq forages pour chaque ion :

	Ain sahra1	Ain sahra2	Sidi mahdi 2	Sidi mahdi 3	Ain sahra3	Concentration moy
Ca+2	216	223	170	220	308.69	212.589286
mg +2	87	99	110	220	150.65	136.25
Na+	239	226	245	227	500	232.517857
K+	83	83	79	79	42	81.1428571
Hco-3	150	150	150	150	133	150
cl-	668	715	646	623	98.31	662.982143
so-4	561	566	559	562	950	562.375
SIO2	12	12	12	12	12	12
Total	2255	2074	1971	2093	2505.622	2049.85714

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

Nous raisonnons sur le perméateur B9 N° 840-170, dont le taux de passage des sels à travers la membrane SP, est inférieur à 10%, sous la condition standard de fonctionnement.

Le taux de passage en sel(SP), dans les conditions de fonctionnement est différent.

On calcule le taux de passage en sels(SP), pour les trois étages ainsi que le total par la méthode suivant :

a) **Pour la disposition 5/3/1 :**

$[Ca+2]_F = 212.59 \text{ mg/l}$ à l'état initial.

$SP_1 = 0.097912 = 9.79\%$

$SP_2 = 0.058332 = 5.83\%$

$SP_3 = 0.043204 = 4.32\%$

Etage1 :

✓ **Concentration de l'eau produite :**

$$[Ca+2]_{P1} = SP1 * [Ca+2]_F$$

$$[Ca+2]_{P1} = 0.097912 * 212.59$$

$$[Ca+2]_{P1} = 20.81 \text{ ppm}$$

✓ Concentration de l'eau produite :

$$[Ca+2]_{R1} = \frac{[Ca+2]_F - Y1 * [Ca+2]_{P1}}{1 - Y1}$$

$$[Ca+2]_{R1} = \frac{212.59 - 20.81 * 0.5245}{1 - 0.5245}$$

$$[Ca+2]_{R1} = 424.1257542 \text{ ppm}$$

✓ Calcul de la concentration moyenne :

$$[Ca+2]_{\text{moy}} = (QP1 * [Ca+2]_{P1} + QP2 * [Ca+2]_{P2} + QP3 * [Ca+2]_{P3} + QP4 * [Ca+2]_{P4} + QP5 * [Ca+2]_{P5}) / (Q_{pt})$$

Suivant la, même méthode on fait les calculs pour le reste des concentrations ainsi que les autres étages (2ème et la 3ème étage)

Tableau .V.22.Calcul de la concentration de l'eau osmosé pour la disposition 5/3/1

Elts .	Etage1				Etage2			Etage 3		Moyenne Conce moy en ppm
	aliment en ppm	SP1%	Prod en ppm	Rejet en ppm	SP2%	Prod en ppm	Rejet en ppm	Sp3%	Prod en ppm	
Ca+2	212.589286	0.097912	20.8150421	424.125754	0.058332	24.7401035	927.510562	0.043204	40.0721663	23.4072134
mg +2	136.25	0.097912	13.34051	271.825242	0.058332	15.85611	594.44818	0.043204	25.6825392	15.0018512
Na+	232.517857	0.097912	22.7662884	463.884204	0.058332	27.0592934	1014.45737	0.043204	43.8286163	25.6014553
K+	81.1428571	0.097912	7.94485943	161.883866	0.058332	9.44300968	354.019991	0.043204	15.2950797	8.93426104
Hco-3	150	0.097912	14.6868	299.257147	0.058332	17.4562679	654.438364	0.043204	28.2743551	16.5157995
cl-	662.982143	0.097912	64.9139076	1322.68096	0.058332	77.154626	2892.53966	0.043204	124.969283	72.9978674
so-4	562.375	0.097912	55.063261	1121.96492	0.058332	65.4464577	2453.5985	0.043204	106.00527	61.9204848
SIO2	12	0.097912	1.174944	23.9405718	0.058332	1.39650143	52.3550691	0.043204	2.2619484	1.32126396
Total	2049.857143								Total	225.700197

Remarque :

On remarque que l'eau osmosée à une salinité de **225.70 ppm** alors que l'eau été à une salinité de **2049.86 ppm** avant la déminéralisation.

b) Pour la disposition 3/2/1 :

Suivant la même méthode on fait les calculs pour cette disposition, on utilisant les mêmes taux de passage des sels et les mêmes concentrations, on change les conversions Y1, Y2 et Y3 ainsi que les débits de production Qp1, Qp2, Qp3 et Qpt.

Avec :**Y1=51.13%****Qp1=31.38 GPM****Sp1= 0.06517****Y2=44.69%****Qp2=17.26 GPM****Sp2=0.06294****Y 3=37.71%****Qp3=6.10 GPM****Sp3=0.062**

Tableau .V.23.Calcul de la concentration de l'eau osmosé pour la disposition 3/2/1

Eléments	Etage1				Etage2			Etage 3		Moyenne Conce moy en ppm
	aliment en ppm	SP1%	Prod en ppm	Rejet en ppm	SP2%	Prod en ppm	Rejet en ppm	Sp3%	Prod en ppm	
Ca+2	212.589286	0.06517	13.8544438	366.408714	0.06294	23.0617644	698.54268	0.0629	43.9383346	21.0875218
mg +2	136.25	0.06517	8.8794125	229.978116	0.06294	14.4748226	438.443528	0.0629	27.5780979	13.3299232
Na+	232.517857	0.06517	15.1531888	400.756645	0.06294	25.2236232	764.025555	0.0629	48.0572074	23.0643109
K+	81.1428571	0.06517	5.28808	139.853943	0.06294	8.80240719	266.625614	0.0629	16.7707511	8.04886174
Hco-3	150	0.06517	9.7755	258.532818	0.06294	16.2720555	492.881857	0.0629	31.0022688	14.8790578
cl-	662.982143	0.06517	43.2065463	1142.68428	0.06294	71.9205484	2178.47913	0.0629	137.026337	65.7636641
so-4	562.375	0.06517	36.6499788	969.282622	0.06294	61.0066483	1847.89623	0.0629	116.232673	55.7840675
SIO2	12	0.06517	0.78204	20.6826254	0.06294	1.30176444	39.4305486	0.0629	2.48018151	1.19032462
Total	2049.85714								Total	203.147732

Remarque :

On remarque que l'osmosée à une salinité de **203.14ppm**, alors que l'eau été à une salinité de **2049.85ppm** avant la déminéralisation.

c) Pour la disposition 7 /5/3 :

Suivant la même méthode on fait les calculs pour cette disposition, on utilisant les mêmes taux de passage des sels et les mêmes concentrations, on change les conversions Y1, Y2 et Y3 ainsi que les débits de production Qp1, Qp2, Qp3 et Qpt.

Avec :**Y1=53.43%****Qp1=59.04 GPM****Sp1= 0.05385****Y2=46.76%****Qp2=37.54 GPM****Sp2=0.08551****Y3=46.21%****Qp3=17.72 GPM****Sp3=0.10333**

Tableau .V.24.Calcul de la concentration de l'eau osmosé pour la disposition 7/5/3

Eléments	Etage1				Etage2			Etage 3		Moyenne Conce moy en ppm
	aliment en ppm	SP1%	Prod en ppm	Rejet en ppm	SP2%	Prod en ppm	Rejet en ppm	Sp3%	Prod en ppm	
Ca+2	212.589286	0.05385	11.447933	383.449695	0.06294	24.1343238	731.865998	0.0629	46.0343713	20.4880433
mg +2	136.25	0.05385	7.3370625	245.755663	0.06294	15.4678615	469.058175	0.0629	29.5037592	13.1309341
Na+	232.517857	0.05385	12.5210866	419.395084	0.06294	26.3967266	800.472672	0.0629	50.3497311	22.408636
K+	81.1428571	0.06517	5.28808	145.578032	0.06294	9.16268135	277.855513	0.0629	17.4771118	8.28726207
Hco-3	150	0.05385	8.0775	270.556694	0.06294	17.0288383	516.394321	0.0629	32.4812028	14.4560742
cl-	662.982143	0.05385	35.7015884	1195.82838	0.06294	75.265438	2282.40142	0.0629	143.563049	63.8941272
so-4	562.375	0.05385	30.2838938	1014.36214	0.06294	63.8439529	1936.04837	0.0629	121.777443	54.1982317
SIO2	12	0.05385	0.6462	21.6445355	0.06294	1.36230706	41.3115456	0.0629	2.59849622	1.15648594
Total	2049.85714								Total	198.019795

Remarque :

On remarque que l'eau osmosée à une salinité de **198.019 ppm** alors que l'eau été à une salinité de **2049.85ppm** avant la déminéralisation.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau .V.25. Tableau récapitulatif de tous les résultats :

Les arrange	Les étages	Taux de conversion Par étage Yi(%)	Nombre de perm/étage	Débit de production Global par étage (m3/j)	Nombre de perméateur total	Taux de conversion globale	Qpt en m3/j	Salinite résiduelle TDSPT en mg/l
3/2/1	1ère	51.13	225	31.38	450	99.71%	1398833.1	222.695
	2ème	44.69	150	17.26				
	3ème	37.71	75	6.10				
5 /3/1	1ère	52.45	285	54.99	516	99.18 %	250868.88	377.003
	2ème	48.43	171	24.63				
	3ème	47.88	57	6.33				
7/5/3	1ère	53.43	259	59.04	556	99.002%	451110.7	109.92
	2ème	46.76	185	37.54				
	3ème	46.21	112	17.72				

III. 5. 7. Interprétation des résultats :

Pour la déminéralisation des conversions totales et des débits de production, on a étudié plusieurs arrangements << 2/1 , 3/2/1 , 5/3/1 ,7/5/3>>, les résultats obtenus ont prouvé que l'arrangement <<3/2/1>> est plus efficace que les deux autres et à donne :

- Le meilleur débit de production total :
Qpt=1398833.1 m3 /j
- Avec un taux de conversion total :
YT=99.71%
- Minimum nombre de membrane :
N= 450 perméateur

IV .Technologies de la reminéralisation

La reminéralisation de l'eau déminéralisée est typiquement accomplie par trois groupes principaux de technologies, qui sont : **reminéralisation chimique, mélange de l'eau dessalée à une eau de source riche en minerais**, et par **dissolution des minerais naturels**.

- **La reminéralisation chimique** : Processus qui sont basés sur l'addition directe des produits chimiques contenant du calcium ou du magnésium.
- **Reminéralisation par mélange aux minerais d'une eau de source** : Cette technique de reminéralisation est réalisée par le mélange de l'eau dessalée à une partie de l'eau de source utilisée pour le dessalement, ou avec d'autres sources d'eau douce. Cette pratique est fréquemment employée dans les usines de dessalement des eaux saumâtres par l'osmose inverse et les usines thermiques de dessalement.

- **Reminéralisation par dissolution des minerais naturels dans l'eau dessalée** : Soit par addition de calcium qui est une pierre à chaux (calcite) c'est-à-dire un minerai naturel composée essentiellement de carbonate de calcium. Soit par addition de dolomite [$\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2$], qui est un minerai naturel qui contient le carbonate de calcium et de magnésium.

V. Stockage et impulsion de l'eau produite et de rejet :

- **L'eau traitée** : Ce système a pour objet de pomper l'eau produite vers le réseau de distribution à travers le réseau de transport d'eau externe géré par l'algérienne des eaux.

Le système d'impulsion et de stockage d'eau produite est composé de :

- ✓ Réservoir d'eau reminéralisée.
- ✓ Système de pompage d'eau reminéralisée.
- ✓ Regard de livraison.

Après l'étape de la reminéralisation l'eau est stockée dans deux réservoirs de stockage, avec une capacité de stockage de **10 000m³(2*5000m³)**. Une quantité de **11520 m³/j** d'eau traitée est pompée à l'aide de plusieurs pompes en deux lignes, afin d'être distribuée par l'ADE, alimentant les châteaux d'eau existants.

Tableau V.26 : caractéristiques du système de pompage à la sortie de la station

Couloir	Nombre des pompes	Débit	Pression
01	4 (3 + 1)	77 l/s	4 bars
02	3 (2 + 1)	67 l/s	4 bars
03	3(2+1)	70l/s	4 bars

- **L'eau de rejet**

Les chaînes de traitement utilisant des membranes produisent différents types de rejets :

- ❖ Concentrât ;
- ❖ Eaux de rinçage ;
- ❖ Eaux de lavage.

Le concentrât est rejeté en continu pendant la production. Le débit et la composition du concentrât sont liés aux taux globaux de récupération et de séparation. Le taux de récupération étant, en général, supérieur ou égal à 75%, le débit de concentrât correspond au maximum à 25% du débit d'alimentation. Les eaux de rinçage et de lavage sont rejetées de manière discontinue

Lorsque la chaîne de traitement comprend un ou des ajouts de produits chimiques dans l'eau brute (coagulant, oxydant, acide, agent antitartre, etc.), les rejets des membranes contiennent en plus des substances présentes dans l'eau brute, les produits injectés pour traiter l'eau.

Les eaux de rejet ou saumure résultants de l'unité d'osmose inverse seront d'abord collectées dans une bache de rejet de 250 m³, puis pompées et évacuées par un émissaire d'adduction en PEHD de 315mm de diamètre.

VI. Limitations de l'osmose inverse

Le principal problème rencontré en osmose inverse est le colmatage et ses caractéristiques sont définies comme suit :

VI.1. Définition du colmatage :

Le colmatage appelé aussi "fouling" est l'ensemble des phénomènes qui interviennent dans la modification des propriétés filtrantes d'une membrane, excepté la compaction et la modification chimique. Il s'agit de phénomènes physiques, chimiques, biologiques, se produisant à l'interface membrane-solution ou dans le volume poreux, dont la conséquence est une obstruction des pores entraînant à la fois des variations de perméabilité et de sélectivité.

En d'autres mots, le colmatage est défini comme le dépôt de particules, de colloïdes, de macromolécules, de sels retenus à la surface ou dans la membrane, qui provoque la décroissance continue et progressive du flux en quelques secondes ou en quelques mois.

Le type de séparation et le type de membrane déterminent l'étendue du colmatage. En l'absence de colmatage, le débit volumique de perméat s'écrit :

$$J1 = \frac{\Delta P - \Delta \pi}{\mu \cdot Rm}$$

Avec :

J1 : en (m³.s⁻¹.m⁻²).

μ (Pa.s) : viscosité dynamique du perméat.

Rm (m⁻¹) : résistance hydraulique de la membrane.

Lorsque la membrane se colmate, une résistance supplémentaire Rs s'ajoute à la résistance de la membrane Rm, et on écrit :

$$J1 = \frac{\Delta P - \Delta \pi}{\mu \cdot (Rm + Rs)}$$

Rs : inclut les résistances dues à l'adsorption Ra, au dépôt réversible et irréversible Rd et à la couche limite de polarisation Rlim.

$$Rs = Ra + Rd + Rlim$$

VI.2. Origine du colmatage :

La cause peut être un précipité organique ou minéral, ou encore le dépôt de bactéries appelé aussi "Biofouling". L'origine de colmatage peut être variée :

- **Paramètres chimiques** : concentration trop élevée (soit la concentration moyenne, soit les surconcentrations locales dues aux phénomènes de polarisation), la température, le pH, la force ionique des solvants et des composés.
- **présence de matières en suspension** qui se déposent sur les membranes par suite de conditions hydrodynamiques favorables (vitesses faibles).
- **réaction d'adsorption** entre certaines molécules et le matériau membranaire.

Ce serait un non-sens de vouloir supprimer complètement le colmatage puisqu'il est inhérent à la conception des procédés à membranes, mais il est possible de le prévoir et de le réduire.

VI.3. Les conséquences du colmatage :

La conséquence la plus problématique du colmatage est une diminution, parfois extrêmement accentuée, du flux de perméation dans le temps. D'autres conséquences directes ou indirectes du colmatage sont une diminution de la vie active des membranes, des lavages plus fréquents, et des dépenses supplémentaires d'énergie pour compenser la baisse de perméabilité de la membrane causée par le colmatage. (Ciobanu. G et al, 2006)

VI.4. Les types de colmatage :

Dans le cas de l'OI, le phénomène de colmatage peut être classifié en 4 catégories suivantes :

- **Colmatage par entartrage** : L'entartrage sur une membrane est principalement causé par le dépassement de la limite de solubilité des composants inorganiques, c'est-à-dire qu'il y a une sursaturation et l'augmentation rapide de la vitesse de déposition. Des sels sursaturés vont précipiter sur la surface de la membrane et former une couche fine qui bloque le transfert de matières à travers la membrane. Les dépôts de tartre rencontrés le plus fréquemment dans la déminéralisation comportent du carbonate de calcium, du sulfate de calcium, de l'hydroxyde de magnésium et des dépôts de silice membrane causée par le colmatage. (Ciobanu. G et al, 2006)
- **Colmatage par dépôt** : Le colmatage d'une membrane peut résulter soit de l'obstruction des pores à l'intérieur même de la membrane (blocage des pores), soit d'un dépôt de matières en surface de la membrane par convection.
- **Le blocage des pores** : Il s'agit de la pénétration et du blocage, partiel ou total, des pores de la membrane par des particules sur lesquelles des composés peuvent être adsorbés.
- **Colmatage par dépôt de matières par convection** : La présence de particules dans les fluides peut conduire au simple dépôt de ces particules à la surface de la membrane, pour peu que leur taille soit supérieure ou égale à la taille des pores de la membrane.
- **Colmatage par adsorption** : L'adsorption est un phénomène irréversible dû aux interactions physico-chimiques entre le soluté et la membrane. Elle se traduit par la formation d'une ou de plusieurs couches moléculaires à la surface de la membrane et/

ou à l'intérieur des pores. Il s'agit d'un type de colmatage irréversible c'est-à-dire que son élimination nécessite un lavage chimique adapté.

- **Le bio-colmatage :** Toutes les eaux de mer contiennent des microorganismes tels que des bactéries, des algues, des virus, etc. Ces microorganismes excrètent des substances polymériques extracellulaires qui adhèrent à la surface de la membrane et provoquent la formation d'un biofilm.

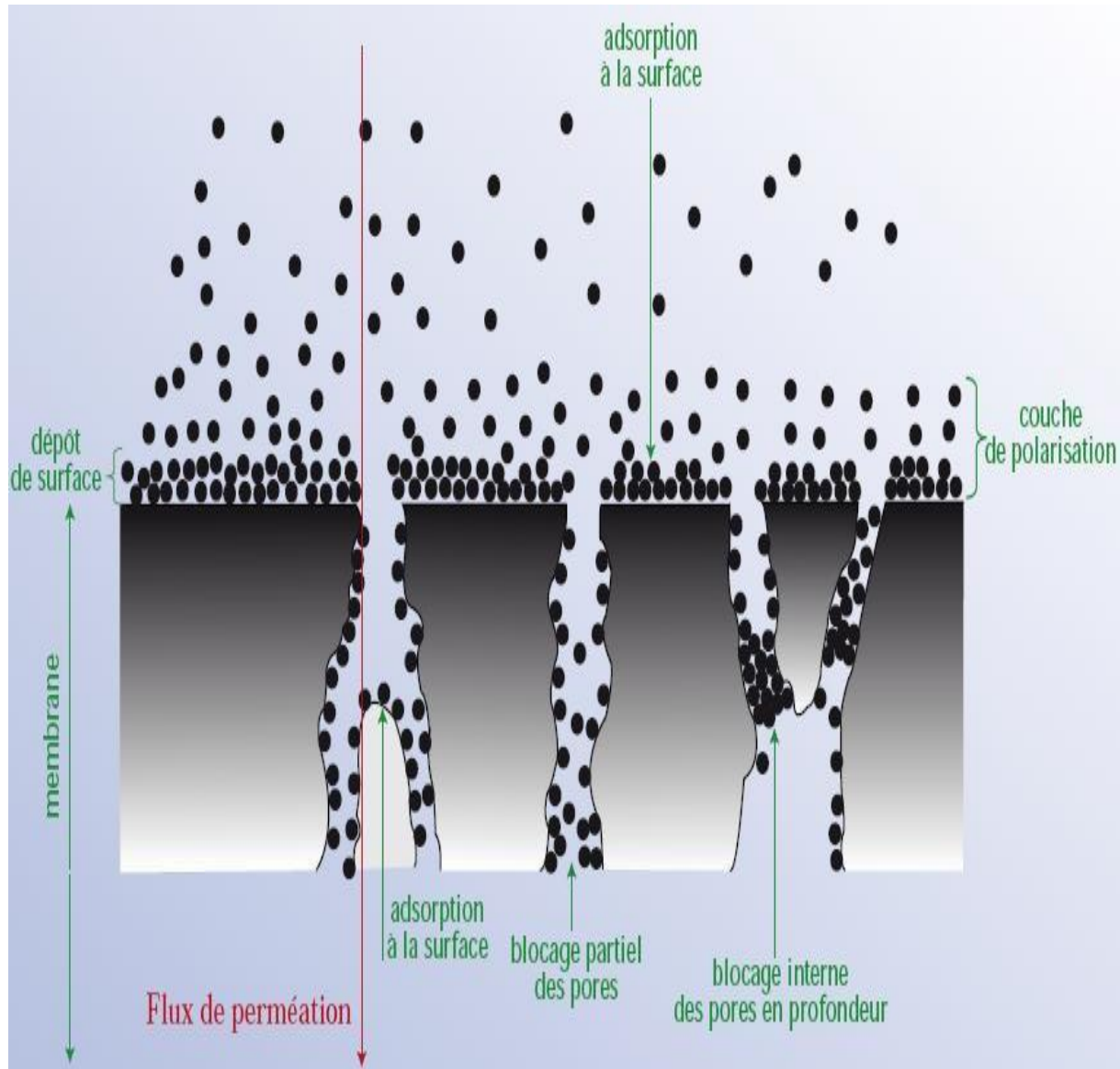


Figure V.4 : Mécanismes de colmatage

VII. Le nettoyage des membranes

Le nettoyage des membranes a pour but de limiter le colmatage irréversible, et par le fait même, à prolonger la durée de vie des membranes. Les trois différentes techniques de nettoyage sont de façon générale pratiquées :

- a) **Les rétrolavages** : Les rétrolavages consistent à inverser le sens d'écoulement au travers de la membrane et le gradient de pression de façon à envoyer le perméat au travers de la membrane et ainsi permettre l'évacuation du dépôt et des particules participant au blocage de pores.

Le succès d'une opération de filtration passe par une bonne efficacité des rétrolavages de façon à maintenir une productivité élevée. Ainsi, si les rétrolavages sont généralement réalisés à l'aide du perméat, il est aussi proposé d'utiliser de l'air et du perméat ou encore uniquement de l'air.

Les rétro lavages, quel que soit leur mode de mise en œuvre, ne permettent généralement pas d'assurer la restauration intégrale à long terme de la perméabilité des membranes.

- b) **Les nettoyages chimiques** : Le nettoyage chimique est presque toujours nécessaire si l'on veut que l'installation fonctionne suivant ses performances nominales.

La décision d'effectuer un nettoyage chimique d'un module d'osmose inverse peut être liée :

- Soit à une valeur de la perte de charge que l'on s'impose comme maximum à ne pas dépasser.
 - Soit à une valeur du débit de perméat lorsque la diminution atteint 20 à 25% par rapport au débit nominale.
 - Soit à un programme de nettoyage systématique prédéterminé. Ceci est utilisé lorsque l'on a une installation importante qui comporte un nombre élevé de modules. On peut ainsi avoir une partie des modules en nettoyage tandis que le reste assure la production.
- c) **Nettoyage enzymatique** : Ce type de nettoyage constitue une alternative aux traitements chimiques. Il peut être appliqué dans les cas de membranes sensibles aux réactifs chimiques, au pH ou à la température élevée, ainsi que dans les cas de colmatage avancé. Bien que peu énergivores et biodégradables, les enzymes requièrent des temps de traitement plus longs que les traitements chimiques et sont aussi plus coûteux. Pour ces raisons, ils sont peu souvent adoptés.

Bien entendu, ces nettoyages présentent plusieurs inconvénients de taille :

- Arrêt de la production pour réaliser le nettoyage,
- Consommation élevée en eau pour rincer l'installation,
- Utilisation de produits chimiques néfastes pour l'environnement,
- Traitement nécessaire des effluents de nettoyage,
- Dégradation des propriétés mécaniques des membranes.

VIII. Prévention du colmatage

La stratégie générale de prévention du colmatage peut prendre les formes suivantes :

- Préfiltration ;
- Enlèvement plus poussé des particules et des colloïdes par un autre procédé membranaire ou par un traitement conventionnel ;
- Ajustement de pH (acidification) pour déplacer les équilibres de solutés des sels susceptibles de précipiter (sel de fer, de manganèse, de calcium, de baryum...) ;
- Ajout d'un agent antitartre pour empêcher le dépôt de sels à la surface des membranes.

- Coagulation de la Matière Organique Naturelle. En effet, l'effet colmatant des floes est, a priori, moins fort que celui des colloïdes.
- Enlèvement du fer (**Fe²⁺**) qui pourrait précipiter.

L'autre stratégie de prévention du colmatage consiste à limiter l'accumulation des agents colmatants à la surface de la membrane. La réduction de la vitesse de filtration (ou vitesse de perméation) réduit les risques de colmatage et amène à opérer les systèmes membranaires à plus faible pression transmembranaire. Cela implique d'augmenter la surface de la membrane utilisée.

On peut aussi imiter l'accumulation des agents colmatant à la surface de la membrane en d'augmentant le rétro transport des agents colmatants vers le cœur de l'écoulement. Le colmatage biologique peut être limité en faisant des désinfections régulières du système.

Le choix des solutions désinfectantes est alors limité par la nature du matériau membranaire. Les stratégies de prévention du colmatage peuvent être combinées.

Conclusion :

A l'issue de ce chapitre, nous avons pu mettre au point le dimensionnement de la station de déminéralisation de notre étude en suivant des étapes de calculs bien précises. Avec une capacité de production alimentant les réservoirs de voisinage avec une eau destinée à l'utilisation, notre station sera principalement équipée d'une chaîne de traitement composée de :

- Des postes de prétraitement chimique.
- Des postes de prétraitement physique comportant :
 - **6 filtres à sable horizontaux monocouches**
 - **3 filtres à cartouches constitués chacun**
- Une unité d'osmose inverse à deux étages composée en tout de 396 modules.
- Un poste de reminéralisation.

Bien sûr sans oublier de citer l'ensemble des systèmes de pompage utilisés, les réservoirs et les bâches d'eau de différentes capacités ainsi que le refroidisseur qui a un rôle primordial dans cette chaîne de traitement

Mais dans notre étude après une certaine méthode de calcul utilisé on trouve que le débit de production de cette station est inférieur à débit de consommation des habitants donc pour résoudre ce problème on propose de la réalisation d'une nouvelle station proche de la station précédant par l'ajoute de notre forage (**Ain Sahara 3**) et voir le meilleur arrangement

Après avoir les différents arrangements << **2/1, 3/2/1, 5/3/1, 7/5/3**>> on trouve que le meilleur arrangement est **3/2/1** à cause :

- a. Le meilleur débit de production total :

$$\mathbf{Q_{pt} = 1398833.1 \text{ m}^3/\text{j}}$$

- b. Avec un taux de conversion total :

$$\mathbf{Y_T = 94.29\%}$$

- c. Minimum nombre de membrane :

$$\mathbf{N = 450 \text{ perméateur}}$$



Chapitre VI :
Organisation de chantier
Et devis estimative

Introduction :

Un chantier est défini par une installation permanente dans un lieu généralement ouvert et fermé au public, il dure le temps de la construction de l'ouvrage.

L'organisation d'un chantier consiste à prévoir toutes les ressources nécessaires en moyens humain, matériel et matériaux, en imposant un rythme de travail pour une bonne utilisation de ces moyens dans le but de chercher : la rapidité, la qualité et l'économie. Pour cela il faut :

- Comprendre afin de prévoir, d'organiser, de préparer avant d'agir.
- Bien exécuter, ordonner et coordonner le programme d'action des travaux.
- Contrôler pour savoir si nos prévisions étaient valables et que nous pouvons les exécuter pour les prochains chantiers.

L'étude relative à l'organisation d'un chantier, quelle que soit son importance est une technique utile et bien précise tendant à assurer l'exécution des travaux dans les meilleurs délais avec le moindre coût.

Globalement on peut dire que l'osmose inverse est une technique qui donne une bonne qualité de l'eau et le prix de revient est acceptable ; mais cette technique a l'inconvénient de produire de l'eau à la sortie trop déminéralisée, car l'eau brute n'est pas trop salée, ainsi l'eau traitée nécessite une reminéralisation.

D'autres problèmes d'osmose inversement parmi les plus fréquemment rencontrés sont des problèmes d'encrassement des membranes, soit par la précipitation chimique en raison d'une erreur d'exploitation par une mauvaise concentration de réactif, soit par prolifération bactérienne à cause des erreurs de traitement.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter un devis estimatif de notre station d'études, en prenant en compte tous les paramètres possibles, ce qui nous permettra d'avoir une estimation approximative du prix du mètre cube d'eau produite.

Dans de ce contexte, l'évaluation des coûts de production des unités de dessalement et de déminéralisation d'eau doit tenir compte de facteurs influents comme suit :

- Taux de salinité de l'eau.
- Taille de l'installation.
- Qualité requise pour l'eau produite
- Conditions spécifiques du site.
- Choix du procédé.
- Durée de construction.
- Durée de vie de l'unité.
- Coût de l'énergie : Purement mécanique dans le cas de l'osmose inverse
- Destination de l'eau dessalée.

De ces conditions, il en résulte une large gamme de prix de revient du mètre cube de l'eau dessalée.

I .travaux de réparations et installation de chantier

Pour avoir une installation convenable du chantier, on doit se disposer d'un terrain vaste et spacieux pour ménager les différentes aires de stockages de matériaux, des pistes de circulation d'engins, les locaux, les postes fixes de travail. On distingue les installations suivantes dans un chantier.

a. Installations destinées aux personnels

Dans tout chantier de génie civil on trouve généralement les mêmes installations destinées aux personnels : les dortoirs, les réfectoires, les vestiaires, les sanitaires, infirmerie et les bureaux en nombre suffisant.

La base vie doit au minimum être raccordée en : eau potable, assainissement, électricité, et téléphonie.

Les circulations piétonnes doivent être matérialisées, celle-ci doivent permettre durant toute la phase de construction les circulations suivantes :

- ✓ Base de vie – zone de travail ;
- ✓ Base de vie – lieux de stationnement des véhicules de personnels ;
- ✓ Zone de travail – centrale à béton ;
- ✓ Zone de travail – lieux de stockage de matériaux ;

Et l'ensemble de cheminements qui seront réalisées par les ouvriers

b. Installations destinées au stockage des matériaux

Les aires de stockage doivent figurer sur le plan d'installation de chantier en précisant le type de matériel/matériau qui y sera stocké, la surface disponible et les mesures prises pour protéger l'environnement (géotextile, surface bétonnée, ...etc.)

Le matériau de construction doit être stocké et protégé des facteurs climatiques et des intempéries. Pour les ciments nous utilisons soit des silos métalliques, soit des baraquements en bois ou en métal, les agrégats stockés peuvent être en plein air, on doit cependant prévoir un croisement entre les différents types existants pour éviter leur mélange et faciliter le dosage du béton. Les aciers sont stockés des baraquements ou des hangars.

c. Installations destinées à la réparation des engins

En général, les grosses réparations ne se font pas sur le chantier lui-même, mais il importe de disposer d'un atelier suffisamment bien équipé pour assurer l'entretien courant et les réparations d'urgence des différents matériels.

II .Moyens des travaux de chantier

a. Moyens humains

Concernant les moyens humains (en personnels), l'entreprise devra indiquer une personne responsable du chantier et son intérimaire, avec précision des titres et compétences et

spécifier leurs rôles et leurs tâches, cela est applicable aussi pour toute personne intervenant dans le chantier.

On trouve le personnel compétent pour la réalisation des études préalables tel que les géotechniciens, hydrologues, topographe, ingénieur béton armé, dessinateur, ...etc.

b. Moyens matériels

Pour l'ensemble de matériels l'entrepreneur doit mentionner la marque, le type, puissance, rendement et nombre d'engins affectés au chantier ainsi que leur mode d'intervention suivant le phasage des travaux.

• Matériels de terrassement

Le matériel de terrassement comprend les engins de terrassement pour la réalisation des fouilles, l'extraction, et le transport de matériaux de construction, le bétonnage et la finition.

Généralement on fait appel aux engins suivant : bulldozer, chargeur, camion benne, pelle hydraulique, décapeuse, camion-citerne, grue à portique, camion malaxeur et autre si nécessaire.

• Matériel de bétonnage

On utilise le plus souvent des bétonnières pour la fabrication du béton nécessaire pour la construction des ouvrages en béton

Le matériel lié au bétonnage doit également comprendre les dispositifs de coffrage et les engins nécessaires à la vibration du béton ainsi qu'à son nettoyage et à son repiquage, en vue du traitement des reprises de bétonnage.

III .Planification

Le rôle de la planification est de permettre de chercher la meilleure façon d'exploitation des moyens humains et matériels en assurant une succession correcte des travaux dans les délais programmés avec le moindre coût possible. C'est une méthode consiste en :

- ✓ Installation des postes de travail.
- ✓ Observations instantanées.
- ✓ Analyse des tâches.
- ✓ Chronométrage.
- ✓ Définition des objectifs et des attributions.
- ✓ Simplification des méthodes.
- ✓ Stabilisation des postes de travail.

a. Attribution des durées de chaque opération

Pour attribuer le temps à une opération, il faut tenir compte du nombre de ressources humaines et matériels disponibles face à la dimension et la grandeur de projet, en appliquant la formule suivante :

$$T=Q \times Nn$$

T : temps de travail

Q : quantité de travail

N : rendement

n : nombre d'équipes

On distingue deux techniques de planification :

- **Plan de travail au plus tôt**

Pour ce cas les opérations commencent en leur date au plus tôt. L'entreprise opte pour ce planning lorsqu'elle est bien fournie de moyens et travaille sur plusieurs chantiers.

- **Plan de travail au plus tard**

Toutes les opérations commencent au plus tard, les tâches ne sont pas retardées. L'entreprise opte pour ce type de planning lorsqu'elle est limitée de moyens.

b. Méthode basée sur le réseau

Le réseau est la représentation graphique d'un projet qui permet d'indiquer les relations entre les différentes opérations (ordre d'exécution) pour atteindre l'objectif de la planification selon deux réseaux :

- **Réseau à flèches**

L'opération est représentée par une flèche et la liaison entre deux opérations par un noeud.

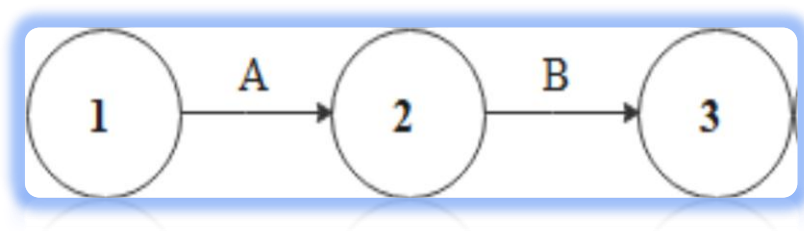


Figure.VI.1 : Réseau à flèches

- **Réseau à noeud**

L'opération est représentée par un noeud est la succession des opérations par des flèches.

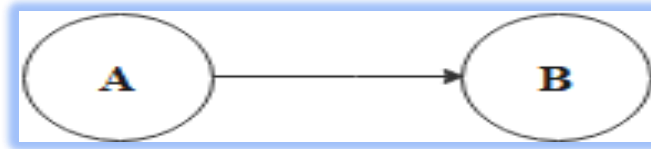


Figure.VI.2 : Réseau à nœud

La méthode basée sur le réseau est aussi appelée méthode de chemin critique (C.P.M), elle consiste à faire un calcul allé et retour en utilisant les paramètres de la grille suivante :

DCP	TR
DFP DFP=DCP+TR	DCPP DCPP=DFPP-TR
DFPP DFPP =DCP_{i+1}	MT

- ✓ **DCP : date de commencement au plus tôt**
- ✓ **Tr : temps de réalisation de l'opération**
- ✓ **DFP : date de finition au plus tôt**
- ✓ **DCPP : date de commencement au plus tard**
- ✓ **DFPP : date de finition au plus tard**
- ✓ **MT : Marge totale**

Le **chemin critique (C.C)** est le chemin qui donne la durée totale du projet (**DTP**) reliant les opérations ayant la marge totale nulle par une double flèche sur le réseau. Pour retrouver le chemin critique, il suffit de vérifier la double condition suivante :

MT=0 ; et $\Sigma Tr_{cc}=DTP$

c. Symboles des différentes opérations

Les principales opérations à exécuter sont :

- A. Décapage de la couche de terre
- B. Bétonnage
- C. Installation de 4 forages
- D. Installation de réservoir de l'eau brute

- E. Installation des pompes de l'eau brute
- F. Installation des filtres à sable
- G. Installation des filtres à cartouche
- H. Installation de l'unité d'osmose inverse
- I. Assemblages des tuyaux
- J. Construction des réservoirs de stockage
- K. Les travaux de finition

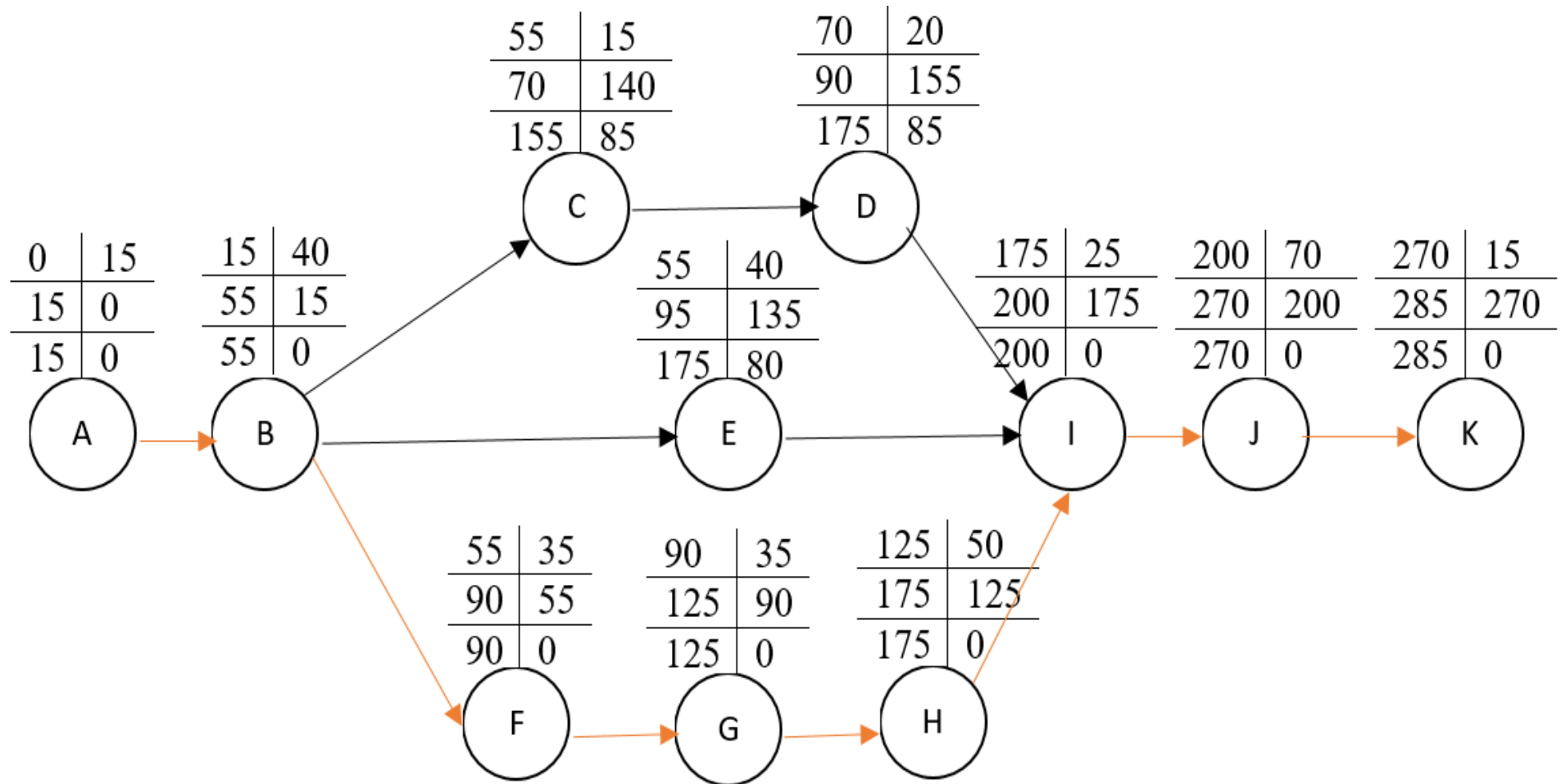


Figure.VI.3 : Réseau à nœud pour la réalisation du projet

Le chemin critique est indiqué en orange : A-B-F-G-H-I-J-K

La durée totale du projet est estimée de : 285 Jours

IV Devis quantitatif et estimatif

Pour aboutir à une valeur de consommation pouvant être considérée comme représentative, l'établissement du cout d'exploitation se basera sur plusieurs paramètres relevant de l'exploitation à savoir énergie électrique, consommables, maintenance ...etc. de ce fait la maîtrise et la connaissance de ces différents postes est primordiale dans le calcul.

Le coût des projets de dessalement est principalement engendré par :

a. Coût d'investissement

- **Coût de génie civil** : L'usine de dessalement doit supporter et abriter le poids total des différents équipements ;
- **Coût de prise d'eau** : c'est le coût de pompage de l'eau ;
- **Coût des équipements** : ces équipements couvrent :
 - ❖ Equipements électriques
 - Canalisations et vannage

Pompes : pompage d'alimentation, de production, de mise en pression, pompage de recirculation...etc.

- b. **Coût du système de contrôle** : Toute station est équipée par un système de contrôle automatique central, dans le but de réduire les coûts de maintenance et le maintien de niveau de prétraitement ainsi que celui des performances affectées par le colmatage, d'autre part de contrôler la vitesse et la température et d'avoir le maximum de souplesse et le minimum de risque de panne.

c. Cout du transport des équipements et leurs mises en œuvre

- d. **Coût auxiliaire** : On trouve celui du chauffage, du système de décharge des déchets chimiques et du système de refroidissement de l'eau.

1. Calcul économique

Le calcul économique désigne l'estimation du montant final total qui ne peut se faire sans l'estimation quantitative en attribuant des chiffres à tous les aspects pris en compte.

i. L'investissement

Le cout d'investissement donné par la relation suivante ;

$$C_{Inv} = C1 + C2 + C3 + C4 \dots$$

Avec :

C_{inv} : Coût d'investissement

C1 : Coût de prise d'eau

C2 : Coût des membranes

C3 : Coût de système d'énergie

C4 : Coût de génie civil

D'autres mots l'investissement total comprend le cout de la construction de l'unité et le cout de l'équipement principal et auxiliaire

ii. Coût de la construction de l'unité

La construction concerne tous ce qui est bâtie (bâtiment, réservoir, conduites ...) en d'autres mots la partie génie civile y compris les charges relatives (main d'oeuvre transport ...), plus les travaux de la prise d'eau

- **Coût de Prise d'Eau**

Dans notre cas la prise d'eau concerne le système de forage et d'adduction des eaux brutes jusqu'au réservoir.

Le tableau suivant donne le montant de la mise en place de cette partie de la station

Tableau VI.1 : Montant du système de forage et d'adduction d'eau brute

Nature des ouvrages	Quantité	Prix unitaire(DA)	Prix total (DA))
Forage	450	50 000	22500000
conduite400mm	12 000	15474.02	185688240
Réservoir de stockage	1 000	18 000 000	18000000000
Refroidisseur	1 000	210000000	210 000
		total	18418188240

- **Coût de la partie génie civile**

Ce coût comprend la construction de toutes les infrastructures de la station.

Dans notre cas on a les bâtiments suivants :

- ✓ Bâtiment d'osmose inverse
- ✓ Local électrique
- ✓ Atelier
- ✓ Local de stockage des réactifs
- ✓ Salle de contrôle
- ✓ Bâtiment d'exploitation
- ✓ Logement de service

- On a aussi les bâches d'eau
- ✓ Bâche d'eau filtrée de 300 m³
 - ✓ Bâche de rejet 250 m³
 - ✓ 2 réservoirs d'eaux traitées de 5000 m³
 - ✓ Bâche de rinçage et de nettoyage 10 m³

Le montant total de l'intégralité de ces ouvrages est estimé à :

$$C \text{ génie civil} = C \text{ bâtiments} + C \text{ réservoirs}$$

C génie civil = 8 000 000 + 28 080 000

C génie civil = 36 080 000 DA

Le tableau suivant donne le montant de la mise en place de cette partie de la station

Tableau VI.2 : Montant de l'ensemble de la tuyauterie et des accessoires

	Service	Matériel	Quantité	Prix unitaire (da)	Prix total (da)
Tuyauterie enré	Du réservoir d'eau brute aux filtres à sable	PEHDDN 180mm	1 000 ml	5 394,09	5 394 090
	Du réservoir d'eau prétraitée vers les filtres à Cartouches.				
	Des filtres à cartouches vers le système d'osmose				
	De l'osmose inverse aux réservoirs d'eau traitée et à la bâche de rejet				
	Des réservoirs d'eau traitée aux châteaux				

Tuyauterie aéroserie	Haute Pression alimentation osmoseur	Acier inoxydable AISI316L avec soudure	100 ml	14,15	1 415
	Haute Pression rejet	Acier inoxydable AISI304L avec soudure	25 ml	10,77	269.25
	Réactifs	Polypropylène PPH DN 75 mm	8 ml	364,24	2 913.92
	Nettoyage chimique des membranes	Polypropylène PPH DN 75 mm	3 ml	364,24	1 092.72
	Groupe moto-soufflant	Acier inoxydable AISI304L avec soudure	1U	1 936.48	1 936.48
	Groupe moto-soufflant	Acier galvanisé	1U	1364,24	1 346.24
	Vannes à papillon	Basse Pression	/	8U	1 289
Haute Pression		/	2U	650	1 300
Vannes anti-retour double battant	Basse pression	Fonte	4U	29.303,77	117 215,08
Vannes à opercule	Basse Pression	Fonte	3U	20308 ,9	60 926,7
Joint de démontage	Basse Pression	Acier inox.	15U	2 581,97	38 729,55
Manomètre	/	/	20	1 365.58	27 311,6
Débitmètre	/	/	15	765961,9	11 489 428,5
				Total	263 781 887

En additionnant les trois montants calculés on aura le prix total de la construction de notre station

$$C_{\text{construction}} = C_{\text{pise d'eau}} + C_{\text{génie civile}} + C_{\text{tuyauterie}}$$

$$C_{\text{construction}} = 185\,450\,200 + 36\,080\,000 + 263\,781\,887$$

$$C_{\text{construction}} = 485\,312\,087 \text{ DA}$$

Cout de l'équipement principal et auxiliaire

Ce coût regroupe le prix des membranes d'osmose inverse et le prix du système d'énergie et de pompage

- i. **Coût des Membranes** : Il comprend le prix d'achat des membranes, leur transport et leur mise en place.

Le cout des membranes estimé par la relation suivante :

$$C2 = Pu \cdot Nu$$

Avec :

Pu : Prix unitaire de la membrane en (1 289 700 DA/module).

Nt : Nombre total des unités membranaires (396 modules).

$$C2 = 510\,721\,200 \text{ DA}$$

Les frais de transport et d'installation sont estimés à 5% du montant d'achat des membranes, donc on a :

$$C_{\text{membranes}} = 1.05 \cdot C2$$

$$C_{\text{membranes}} = 536\,257\,260 \text{ DA}$$

- ii. **Coût de Système d'Energie** :

le tableau suivant résume le nombre et le type des pompes ainsi que leur cout

Tableau VI.3 : Montant de l'ensemble du système énergétique et de pompage

Nature de l'ouvrage	Nombre	Prix unitaire	Prix total
Groupe électrogène	1	3 200 000	3 200 000
Pompe immergée	1	200 000	200 000
Pompe centrifuge	28	50 000	1 400 000

Pompes HP	4	90 0000	360 000
Pompe doseuse	3	35 000	105 000
			5 265 000

Donc la valeur de l'équipement principal et auxiliaire est de :

Céquipement = C membranes + C sys énergétique

C équipement = 536257260 + 5 265 000

C équipement = 536783760 DA

iii. Coût d'Exploitation

Le cout d'exploitation comprend le cout de consommation d'énergie, le cout du personnel et d'entretien, le cout de la consommation des produits chimiques, ainsi que le cout de changement des membranes.

- **Coût de Consommation d'Energie :**

Le cout de consommation d'énergie calculé par la relation suivante :

$$C_{en} = Q_{pt} \times 365 \times d \times f_u \times \left[\left(\frac{P_{fon}}{P_e \times M_e \times Y_t} \right) \times T_e (1/Y_t - 1) \right] \times P_{en} / 3600$$

Avec :

C_{en}: Coût de consommation d'énergie.

Q_{pt}: Débit de production en **m³/j**.

d: Densité d'alimentation du système.

f_u: Coefficient d'utilisation du centre de dessalement en %.

P_{fon}: Pression de fonctionnement en **Kpas**.

P_e: Rendement de fonctionnement des pompes en %.

M_e: Rendement de fonctionnement des moteurs %.

Y_t: Coefficient d'écoulement en %.

T_e : Rendement de générateur en %.

P_{en}: Coût unitaire d'énergie en **DA/KWh**.

On prend :

$$Pen = 7.74 \text{ DA/KWh}$$

$$Pfon = 6\,500 \text{ Kpas.}$$

$$Pe = 0,8$$

$$Me = 0,8$$

$$Te = 0,8$$

$$Yt = 60\%.$$

$$d = 0.8$$

$$fu = 0.8$$

$$Cen = 30\,249.45 \times 365 \times 0.8 \times 0.8 \times [(6500/0.8 \times 0.8 \times 0.6) \times 0.8 \times (1/0.6 - 1)] \times 7.74 / 3600$$

$$Cen = 136\,297\,152.6 \text{ DA/an}$$

iv. Charge du personnel :

C'est le total des salaires de tout le personnel pendant une année entière.

Tableau V.4 : Montant de l'ensemble des salaires annuels.

Fonction	Nombre	Durée (mois)	Salaire par personne par mois (DA)	Salaire total (DA)
Ingénieur	6	12	65000	4 680 000
Technicien	9	12	45000	4 860 000
Ouvrier	12	12	30000	4 320 000
Agent de sécurité	2	12	25000	600 000
				14 460 000

v. Coût d'Entretien

Le cout d'entretien annuel de l'ensemble de la station revient à 5% du prix d'investissement

$$C_{ent} = 0,05 \times C_{inv}$$

$$C_{ent} = 0.05 \times 1\,183\,919\,807$$

$$C_{ent} = 59\,195\,990.35 \text{ DA}$$

vi. Coût de Consommation des produits chimique

Le prix unitaire de consommation chimique est de : 5.16 DA/m³

$$C_c = Q_{pt} \times P_u$$

$$C_c = 22\,905.45 \times 12 \times 5.16$$

$$C_c = 1\,418\,305.464 \text{ DA}$$

vii. Coût de Changement des Membranes

La durée de vie de la membrane est de trois ans environ pour notre cas, et le prix unitaire est de 1 289 700 DA/unité.

$$C_{cm} = P_u \times N \times \text{Nannées}$$

$$C_{cm} = 1\,289\,700 \times 512$$

$$C_{cm} = 660\,326\,400 \text{ DA}$$

Ce qui revient pour une année à :

$$C'_{cm} = 220\,108\,800 \text{ DA}$$

Donc le coût total d'exploitation donne comme suit :

$$C_{exp} = C_{en} + C_{charge} + C_{entretien} + C_c + C'_{cm}$$

$$C_{exp} = 136\,297\,152.6 + 14\,460\,000 + 59\,195\,990.35 + 1\,418\,305.464 + 220\,108\,800$$

$$C_{exp} = 431\,480\,248.4 \text{ DA}$$

2. Coût Global de la station :

$$CT = Ci \text{ investissement} + C \text{ exploitation}$$

$$CT = 1\,183\,919\,807 + 431\,480\,248.4$$

$$CT = 1\,615\,400\,055 \text{ DA}$$

3. Montant total avec la TVA :

Taux de la TVA = 19%

$$\text{Montant de la TVA} = 0.19 \times CT = 306\,926\,010.5 \text{ DA}$$

$$TTC = 1\,615\,400\,055 + 306\,926\,010.5$$

$$TTC = 1\,922\,326\,066 \text{ DA}$$

4. Prix Unitaire du Mètre Cube d'Eau Traité :

$$Pr = TTC / Q_t \times N \times b$$

Avec :

Pr : Prix unitaire d'un mètre cube d'eau traité.

Q_{pt} : Débit journalier produit en m³/j.

TTC: Coût global de la station de dessalement toutes taxes comprises.

N : Nombre des jours d'année (365 jours).

b : Duré de vie de la station (20 ans).

Donc :

$$Pr = 1\,922\,326\,066 / 30\,249.45 \times 365 \times 20 = 9 \text{ DA/m}^3$$

$$Pr = 9 \text{ DA/m}^3$$

Conclusion

Ce chapitre a résumé les différentes procédures à prendre en charge pour la réalisation de notre projet étudié de l'organisation de chantier pour assurer le bon déroulement de la mise en œuvre.

On peut conclure que cette phase est très importante pour suivre toutes les étapes de Réalisation du projet, en notant toutes les remarques et le taux d'avancement des travaux dans le cahier de charge.

La bonne organisation permet de respecter la qualité des travaux, les prix et les délais pour satisfaire le client, et de suivre les prescriptions techniques du cahier de charge, le plan d'exécution du projet sera régi par le bureau d'étude et le maître de l'ouvrage

D'après cette étude, le prix du mètre cube d'eau déminéralisé produit par notre station est de la valeur de 9 DA/m³, nous remarquons bien que ce prix n'est pas très élevé par rapport au prix du mètre cube d'eau potable normale.

Cela revient à la basse consommation en énergie par le système d'osmose inverse, donc c'est un pari gagné pour nous car ça prouve qu'on a fait le bon choix en sélectionnant cette méthode de déminéralisation.

Dans ce contexte nous pouvons aussi donner un devis estimatif total approximatif de la réalisation et l'exploitation de notre station, ce qui revient à un montant **2 922 326 066 DA** avec taxes comprises.



Chapitre VII :
Protection et sécurité de
travaille

Introduction

Le monde du travail est en constante mutation : les risques professionnels ne peuvent plus être négligés. Ils exigent de nouvelle connaissance et des compétences indispensables à une approche plus globale de la santé ou la prévention tiennent une place de choix

I. Aspect hygiène, sécurité et environnement

Le système de gestion santé et sécurité et environnement pour les activités de la centrale :

C'est un programme qui résume les procédures de santé et sécurité et l'environnement qui sont mises en œuvre pour tous les projets d'exploitation, l'objectif global du programme **SSE** pour les activités d'exploitations et assurer la qualité et l'intégrité à l'égard de tous les aspects de l'exploitation de toutes les autres activités tout en assurant la santé et la sécurité de tout le personnel des clients et protection de la propriété.

Cet objectif peut être atteint en adoptant les politiques de prévention des accidents et incidents qui suivent :

- Minimiser les conditions dangereuses, les accidents sont causés par l'état physique non sécuritaire de l'équipement ou une exposition mécanique dans l'environnement de travail
- Minimiser les gestes dangereux en exerçant une supervision rigoureuse pour s'assurer que les travailleurs utilisent les techniques et méthodes appropriées.
- Profiter de toutes les occasions pour corriger les conditions ou des gestes dangereux avant qu'une blessure survienne.
- Introduire des procédures pour prévenir tout abus causé par de fausses réclamations de blessure ou de maladie

II. Les facteurs de risque professionnel

Les facteurs de risque agissent sur le danger en augmentant la fréquence ou la gravité d'un phénomène aux effets néfaste, les risques professionnels comprennent les dommages corporels des accidents de travail, les maladies professionnelles, les effets pro toxiques, tératogène, les effets psychologiques, on distingue les effets aigus et immédiats et chroniques et tardives, les risques professionnels peuvent être classés selon qu'ils sont :

a. Les risques mécaniques

Heurts par les parties mobiles en mouvement des machines, écrasement par des chutes d'objet ou des véhicules, coupures et perforations par les outils de travail, projections de particules solides (copeaux de métal, de bois, de roche) ou de matière

b. Les risques physiques

Il s'agit de l'électricité, de radiation et des vibrations

- L'électricité est de nos jours la principale source d'énergie utilisée en milieu de travail malgré les efforts consentis pour maîtrise du risque électrique, on enregistre encore de nombreux accidents de travail et des cas de mortels, l'électricité soit statique ou alternative les effets sur le corps humain sont multiples et certaine complication peuvent survenir longtemps après l'accident.

- La fabrication artisanale puis industrielle des radio éléments s'est traduit par une augmentation considérable du nombre et de la nature des usages de produits radioactifs divers dans les domaines de la médecine, de la recherche, de l'industrie et du commerce, les risques peuvent être initiés ou augmentés par les conditions particulières de travail, les principales pathologies associées sont: les radiodermatites, les leuco-neutropénies, l'anémie et l'aplasie
- Si dans le domaine des nuisances physiques rencontrées aux postes de travail, le bruit apparaît comme un élément de premier plan, l'action des vibrations mécaniques reste souvent méconnue les outils vibrants tenus par la main sont les marteaux piqueurs, les outils rotatifs. ces vibrations sont à l'origine des lésions ostéo-articulaires localisées au niveau des os de la main, du poignet et du coude. Les vibrations peuvent également être à l'origine des troubles au niveau des vaisseaux sanguins et des nerfs.

c. Les risques chimiques

Dans le monde du travail, les différents acteurs de la production de biens et services sont exposés à nombreux produits ou substances chimiques, ces produits se présentent sous différentes formes: solide liquide gazeux vapeurs ou sous forme de poussières, ces substances chimiques sont généralement la cause des intoxications, de brûlures ou d'irritation au milieu professionnel, au nombre des intoxications on peut citer le saturnisme ou intoxication aux sels de plomb, le benzolisme ou intoxication au benzène etc.. Les acides et les bases sont à l'origine des brûlures et enfin les hydrocarbures et certains gaz provoquent des irritations au niveau des voies respiratoires et de la peau, en général les différents produits chimiques produisent à la longue des cancers, exposition à des substances chimiques par inhalation, ingestion ou contact cutané, produits gazeux, liquides ou solides, cancérigènes, mutagènes toxiques corrosifs, irritants, allergisants.

d. Les risques biologiques

Représentés par les animaux sauvages, les plantes vénéneuses ou irritantes, les parasites et les microorganismes qui peuvent provoquer des altérations de la santé de l'homme au travail, plusieurs corps professionnels sont quotidiennement exposés aux agents biologiques, il s'agit des vétérinaires, des techniciens de laboratoire d'analyse biomédicales, des forestiers des agriculteurs et des chercheurs; les pathologies sont très variées, les plus redoutables sont les zoonoses, l'hépatite virale et plus récemment le VIH/SIDA, l'exposition à des agents infectieux (bactéries parasites, virus fongiques) et allergisants par piqûre morsure inhalation voie cutanée muqueuse.

e. Les risques radiologiques

Existence de radiation ionisantes et radioéléments, de rayonnements laser, de radiation UV et IR, rayonnements électromagnétiques divers.

f. Les risques psychologiques

Agression physique ou verbale sur le lieu de travail par un client élève partaient, harcèlement moral ou sexuel par un supérieur hiérarchique, stress managérial, charges mentales excessives

III. Les facteurs liés à l'ambiance de travail

Facteurs liés à l'ambiance de travail sont ceux relatif à la luminosité, la ventilation, les ambiances sonore et thermiques.

- Les yeux jouent un rôle très important dans la vie professionnelle de l'homme, pour un confort de vision selon les activités il a été prévu par la législation une luminosité adaptée au poste de travail, en effet une luminosité trop faible ou excessive provoque des troubles de la vision tels que la baisse de l'acuité visuelle, la perte de vision etc... la valeur moyenne de l'éclairage pour une tâche administrative de bureaux est 200 lux.
- En milieu de travail, une bonne ventilation est requise elle permet un renouvellement constant de l'air afin d'assurer le confort thermique et la réduction de concentration des polluants atmosphériques, une atmosphère de travail viciée expose les travailleurs a des affections respiratoires et des intoxications étant donné que la voie respiratoire est principale voie de pénétration des toxiques dans l'organisme.
- En milieu de travail, les ambiances thermique sont de deux sortes, il s'agit des ambiance thermiques chaude et ambiance thermiques froides, les ambiances thermiques chaudes sont générées par des procédés de travail utilisant des machines thermiques qui au cours de leur fonctionnement dégagent d'importantes quantité de chaleur, les ambiances thermiques froides dans un environnement tropical se retrouvent dans les chambres froides et autre procédés de travail requerront une d'ambiance thermiques froides , ces ambiance froide ou chaude sont source d'inconfort au travail avec d' importants troubles préjudiciables à la santé des travailleurs.

IV. .Les conditions liées aux facteurs de risques

Les facteurs de risque professionnels sont souvent relatifs à des conditions des lesquelles une énergie non contrôlée est libérée, **gravitationnelle (chutes) chimique (incendie) cinétique (heurts collisions)** la durée d'exposition à la matière ou à la condition dangereuse, le mode d'exposition influence considérablement l'incidence des facteurs de risque.

C'est ainsi que , pour les risques de toxicité, ils proviennent d'abord des propriétés physicochimique des produits mais aussi des vois pénétration dans l'organisme, la composition chimique de la substance est souvent déterminante, mais les atteintes néfastes sur une ou plusieurs fonction psychologiques ne dépendent pas que de la structure moléculaire de produit la silice par exemple est inerte en soi et ne devient dangereuse que lorsqu'elle est inhalée en fines particules dans ce cas c'est donc la granulométrie et la façon de pénétrer dans le corps qui détermine la toxicité, de même pour les fibres le risque est d'avantage lié à la structure physique de la fibre qu'a sa structure chimique , généralement il y a une relation entre la dose reçue, qui augmente avec l'intensité , la fréquence et la durée d'exposition, et l' intensité des effets toxiques.

V. Politique de santé et sécurité de travail SST en Algérie :

L'élaboration de toute politique de **sécurité et santé au travail (SST)** ainsi que l'établissement et tout programme de prévention des risques professionnels nécessite une connaissance approfondie du système déjà en place et besoins tant au niveau national qu'au niveau de l'entreprise.

Le ministère du travail de l'emploi et de la sécurité sociale, en charge de la sécurité et de la santé au travail en liaison avec les institutions concernées et partenaires sociaux, veille à l'élaboration et a mise en place de la politique et des programmes nationaux de prévention des risques professionnels

La politique nationale de protection de la santé des travailleurs s'appuie en particulier sur une connaissance et actualisation permanente du dispositif de prise en charge de la santé et de la sécurité des travailleurs, l'état des lieux en matière des risques professionnels et les actions menées pour réduire.

Cette politique nationale s'inscrit dans le cadre de la démarche internationale et des orientations et recommandations de la conférence internationale du travail qui dans sa 91^{ème} session 2003 recommandait un plan d'action pour la promotion de la sécurité et la santé au travail les enjeux de prévention des risques professionnels tendent à

- Protéger la santé la sécurité des travailleurs.
- Créer un emploi de qualité
- Adapter au mieux le travail à l'homme
- Répondre aux obligations de prévention
- Contribuer à la performance de l'entreprise par l'existence d'une ressource humaine protégée.

L'Algérie a mis en place tout un dispositif de prévention basé sur un ensemble de moyens :

- Législatifs et réglementaire
- Techniques : services d'hygiène et sécurité service de médecine de travail.
- Des niveaux de concertation : commission d'hygiène et sécurité, conseil nationale d'hygiène de sécurité et de médecine de travail.
- Comité de participation.
- De contrôle : inspection de travail.
- Des instruments (règlements intérieurs des organismes employeurs).

Aussi le gouvernement s'est attelé, en application d'une politique de prévention des risques professionnels clairement affichée et de concert avec les partenaires sociaux, à entreprendre une série d'actions de nature à favoriser la mise en oeuvre de cette politique.

- **Renforcement du cadre juridique** : de nombreux textes réglementaires ont été promulgués durant les cinq dernières années.

- **Mise en place de mécanisme de dialogue** : mesures concertées lors de rencontres gouvernement/ partenaires sociaux ainsi qu'au sein du conseil national d'hygiène, de sécurité et de médecine du travail.

VI. Les mesures de prévention

i. Les règles de base

- Les visiteurs et les sous-traitants doivent en tout temps être accompagnés par une personne ayant droit d'accès au site.
- Les visiteurs et les nouveaux employés et tous les intervenants doivent suivre une séance d'accueil avant de rendre sur le site
- Il est strictement interdit de fumer sur le site, à l'exception des zones prévus à ces effets.
- Respecter les consignes de sécurité pour ce qui a trait à la circulation sur le site et transport.
- Utiliser les installations sanitaires.
- Laver les mains souvent
- Obligation de porte des EPI (casque, lunette de protection, chaussures de sécurité, gilet de sécurité)

ii. Les consignes d'urgence

Sur le site **SNC-LAVALIN** il existe 2 types d'alarme sonore :

a) L'alarme de sureté du site

En cas de nécessité, une alerte sera déclenchée (3modulation) dès le retentissement de la sirène, rejoindre rapidement, les refuges :

1. 1er étage du bâtiment administratif.
2. Au niveau de la salle de contrôle tr2
3. Ou reste à l'intérieur de la tranche dans laquelle ou vous trouvez dans tous les cas éloignez-vous des issues, des baies vitrées et des fenêtres
4. Un essai de la sirène d'alarme de sureté est effectué tous les lers mercredi de chaque mois à 12.00

b) L'alarme concernant la sécurité du personnel et du matériel

1. Demeurer calme
2. Ne prendre que les effets personnels requis
3. Marcher sans courir jusqu'au point de rassemblement
4. Rendre compte de sa présence à son responsable
5. Attendre jusqu'à ce que son nom ait été enregistré
6. Ne pas entrer à nouveau dans le site avant d'avoir obtenu l'autorisation

iii. Permis de travail

- Le permis de travail est le document obligatoire à posséder avant de débiter toute activité sur le site.
- Il est délivré par le chef de quart qui effectue une analyse globale des risques liés à l'intervention.
- Le chef de quart de même que le responsable SSE ont tous le pouvoir de suspendre, voire annuler un permis de travail, en cas de manquement dans l'application de règle de sécurité.
- Des audits sont réalisés quotidiennement sur tous les aspects du permis de travail (analyse de risque, moyens retenus, application sur le terrain etc...)
- Les intervenants doivent impérativement être en possession du document dûment rempli et présenter à la demande.
- Le permis de travail doit être rapporté au chef de quart en fin d'intervention (avant 16.30) il sera rouvert en cas de poursuite de travaux.
- Il ne sera fermé qu'après avoir constaté l'achèvement de l'intervention et la remise de l'état initial des lieux de l'intervention.

VII. Mise hors tension, séparation, verrouillage, étiquette

- Avant toute intervention, l'équipement sur lequel porte le travail doit être mis à disposition (toutes énergies qui sont connectés sur ces équipements sont neutralisées)
- La neutralisation un processus plus connu sous l'appellation qui se déroule en **4 étapes** :
 - 1. Mise hors tension, mise hors pression, etc...**
 - 2. Séparation (isolation).**
 - 3. Verrouillage**
 - 4. Identification, étiquetage + test de mise en service**
- La consignation est décidée lors de l'analyse de risque, effectué durant la préparation du permis de travail pour l'intervention.
- Ce document est obligatoire pour débiter toute activité.
- L'intervenant doit disposer du document en tout temps et le présenter en cas de demande.

VIII. Travaux en hauteur

- L'analyse de risque doit évaluer le danger, en termes de chute (à partir de 1.80m)
- L'accès aux échafaudages, mis à la disposition des intervenants est tributaire d'une inspection préalable.
- Le résultat de l'inspection est affiché sur l'échafaudage au moyen d'une étiquette de couleur :
 - 1) Verte conforme-dispositif antichute non requis.**
 - 2) Jaune en construction -dispositif antichute requis**
 - 3) Rouge- ne pas utiliser**

IX. Procédure en cas de blessure

- Tout incident ou blessure doit être rapporté immédiatement aux responsables SSE.
- Toute blessure, même légère doit être aussitôt traitée dans le cadre des premiers soins, si nécessaire.
- Demeurer calme
- Avertir immédiatement votre superviseur ou accompagnateur
- Ne touchez pas la victime, à moins que vous ayez les compétences acquises lors d'une formation en premiers soins
- Appeler la salle de contrôle.

X. Procédure en cas de personne électrisée

Ne pas perdre un second soustraire la victime aux effets du courant par mise hors tension si la mise hors tension n'est pas possible par le sauveteur prévenir le distributeur, toute intervention imprudente du sauveteur risque de l'accidenter lui-même.

- 1. Alerter**
- 2. Basculez prudemment la tête en arrière et soulevez le menton**
- 3. Observez écoutez et appréciez le souffle**
- 4. insufflez s'il y a arrêt respiratoire**
- 5. Évacuation éventuelle de corps étrangers en position latérale de sécurité**
- 6. Massage cardiaque si nécessaire par sauveteur forme et entraîne.**

Conclusion

Pour la réalisation de l'ensemble des tâches dévolues à l'agent chargé de la prévention et de la sécurité, il faut qu'il soit assisté par les structures d'entretien et d'exploitation de l'unité.

Le chef de l'unité par sa responsabilité et son pouvoir doit personnellement appuyer les actions engagées dans le cadre de la prévention, d'après **la loi N O 88-07 du 26 janvier 1988** et le décret exécutif **N 0 91-05 du janvier 1991** fixe la prescription générale de protection applicable en matière et sécurité en milieu de travail



Conclusion générale

Conclusion générale

A L'issue de cette étude on peut tirer la conclusion suivante :

Le dessalement est une technique très intéressante pour résoudre le problème de manque d'eau est une solution pour approvisionnement en eau potable dans certaines régions qui souffrent une pénurie d'eau douce.

La région d'Ouargla est connue par la salinité de ces eaux qui dépasse les normes de potabilité, aussi convient-il d'en améliorer la qualité par des méthodes de dessalement des eaux par électrodialyse et l'osmose inverse.

Dans de ce contexte nous avons visité quelques stations de dessalement des eaux dans la région de Ouargla et nous avons suivi de chaîne traitements pour les stations d'osmose inverse .Donc, l'objectif principal de cette étude est le calcul de la station de Nezla existante nous montré son insuffisance à satisfaire les besoins en eau de la ville de Touggourt ce qui nous amené à dimensionner une deuxième station à moyen terme . Et cela, après avoir procédé à une étude comparative sur l'échelle technique et économique des différentes techniques existantes, et avoir la technique la plus satisfaisante et la plus adéquate pour remédier à notre problématique.

Globalement on peut dire que l'Osмосe inverse est une technique qui donne une bonne qualité de l'eau et le prix de revient acceptable ; Mais cette technique a les inconvénients suivants la qualité d'eau de sortie trop déminéralisés parce que l'eau brute n'est pas d'une salinité très élevée ce que nécessite une reminéralisation l'eau traités.

Les inconvénients suivants :

- ✓ le prétraitement de l'eau avant l'osmosse inverse est absolument nécessaire et indispensable, car il a pour objectif d'augmenter la durée de vie des membranes, d'améliorer la qualité de l'eau produite, le maintien des performances de l'osmosse inverse et la réduction du colmatage des membranes.
- ✓ La gestion des stations de dessalement nécessite une main d'œuvre qualifiée et une bonne technicité.

La chaîne de prétraitement qu'on a adopté pour notre cas se compose en principe de filtres à sables et de filtres à cartouches, sans oublier de mentionner le prétraitement chimique.

A l'issue de cette étude, nous avons pu constater l'efficacité de la technique de l'osmosse inverse dans la déminéralisation des eaux saumâtres, d'où les valeurs faibles en salinité, et une minéralisation inférieure qui correspondent aux normes de l'OMS à la sortie de station.

Donc on peut confirmer que notre choix est amplement satisfaisant.

Référence bibliographique

1. . BESSER Djamel et BENINE Yahia. Mémoire de master professionnel en Hydraulique, étude comparative de la qualité des eaux des différentes nappes de la région d'Ouargla Université d'El Oued, 2016.
2. . DEGAA Ali et TERCHA Hocine, mémoire de master en ouvrages, étude de la déminéralisation des eaux souterraines par osmose inverse dans le Sud-Est Algérien cas de la station d'El Meghaier. Université d'Ouargla, 2019.
3. . KARABI Narimane, GUENNOUN Kaouther, mémoire en vue de l'obtention du titre de MASTER, Etude comparative entre deux techniques de déminéralisation des eaux « Osmose inverse et électrodialyse » Dans la région de Ouargla, Université Kasdi Merbah Ouargla, Juin 2019.
4. . KHECHANA Salim et DERRADJI El-Fadel, qualité des eaux destinées à la consommation humaine et à l'utilisation agricole (Cas des eaux souterraines d'Ouargla, SE algérien). Laboratoire de Géologie, Université Badji Mokhtar- Annaba, 2014.
5. . MOUDJEB Miloud, MEMOIRE DE MAGISTER en Rhéologie et Transport des Fluides Complexes, Etude de la station de dessalement de Mostaganem, USTO, Décembre 2015.
6. . OUIS Abderraouf, Mémoire pour l'obtention du diplôme Master en hydraulique urbaine, Dimensionnement d'une station de déminéralisation des eaux souterraines de la ville de Souk Naàmane par différentes méthodes « OI et ED », Université Larbi Ben M'hidi, OUM EL BOUAGHI, 2013.
7. 10. Hubert Cabana, La filtration sur sable, Conception d'une usine de traitement des eaux potables, 2009
8. 2009.
9. Jean-Marc BERLAND et Catherine JUERY, DOCUMENT TECHNIQUE sur les procédés membranaires pour le traitement de l'eau. Direction de l'Espace Rural et de la Forêt, 2002.
10. Office Internationale de l'Eau, synthèse technique d'une étude comparative des membranes utilisées en production d'eau potable : microfiltration, ultrafiltration, nano filtration et osmose inverse. Centre de Montpellier, 2005.
11. Akili D. Khawaji and all. Advances in seawater desalination technologies. European desalination society and center for research and technology Hellas (CERTH), sani resort 2008, vol.221. issues 1-3, pp 47-69
12. BERLAND.J. JUERY.C. Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau. Ministère de l'agriculture de l'alimentation et de la pêche et des affaires rurales et Direction de l'Espace Rural et de la Forêt. Document. 2002.technique FNDAE N°4.pp 16-18
13. Desjardins. R. Le traitement des eaux. 2e édition. Montréal, 1997.pp 3-7
14. fondation nationale de la santé. Manuel pratique d'analyse de l'eau.4e édition. Brasilia. 2013.pp 57-59
15. GUERD. H. MESGHOUNI A. Performances de la station de dessalement des eaux dans la région d'el-oued.2007.mém d'études supérieures en biologie : biochimie :université Ouargla
16. ISSAADI .M.et KHEBAT. A. Contrôle du procédé combiné osmose inverse-électrodéionisation CEDI par analyses physicochimiques des eaux de process de

Référence bibliographique

- CEVITAL. 2015. Mém master : génie de l'environnement, génie des procédés : université Bejaia.
17. Journal officiel de la république algérienne, (2011).
 18. marcel.D.Chimie des oxydants et traitement des eaux. , 1993.
 19. Maurel.A. Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2e édition, Paris. 2006.
 20. Ouhssain.M et Arrili.E. Financement des projets de dessalement des eaux. Séminaire International sur : le dessalement eaux : une opportunité pour les régions en pénurie d'eau ? ,8-10 mai 2009 : Tenger : AIGR. 2009.pp 113-118
 21. Rapport sur un séminaire de l'OMS, 1980. « La technologie appropriée de déminéralisation de l'eau potable ». Bureau régionale de l'Europe Copenhague.
 22. Ravomanana.F. Chimie générale.2e édition. Paris. 2007.
 23. Rodier.J. L'analyse de l'eau.9e édition. Paris.2009
 24. Roval.J. Memento technique de l'eau Tome 1,10e édition, France.1995.
 25. Tharreau.V. Techniques du traitement de l'eau dans les bâtiments. 3e édition.paris.

Annexe

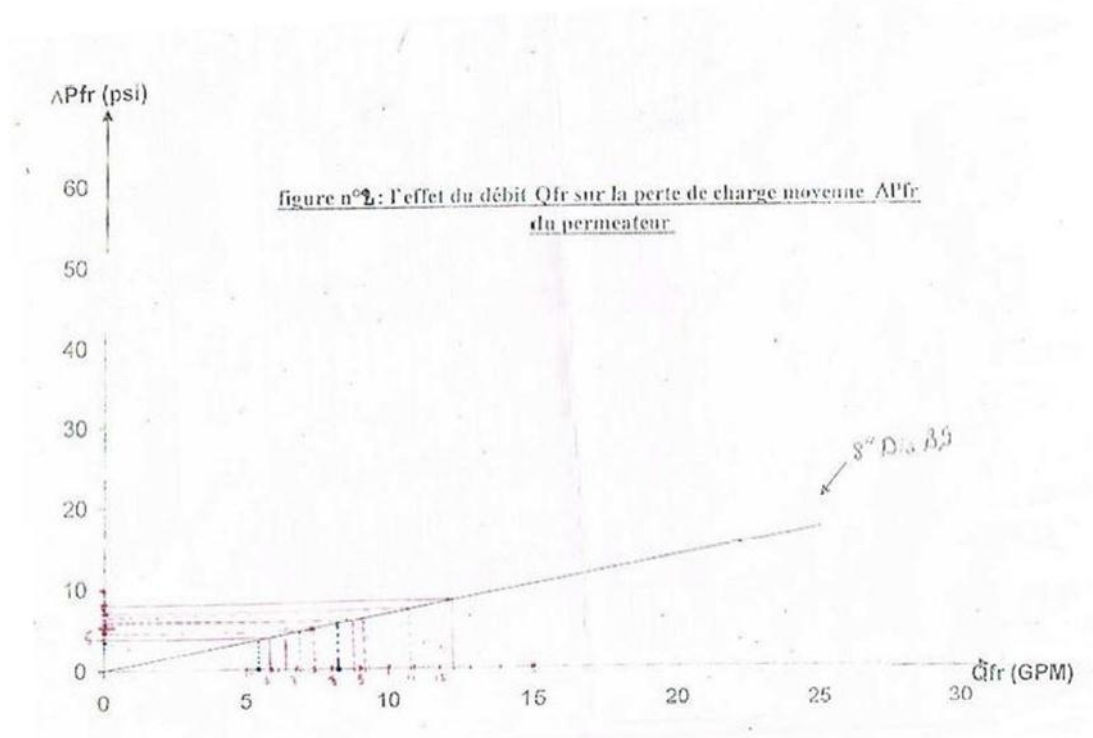


Figure 01 : L'effet du débit Q_{fr} sur la perte de charge moyenne ΔP_{fr}



Figure 02 : Filtre à sédiment



Figure 03 : réservoir de d'eau traité



Figure 04 : filtre à cartouche