

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de : Génie Civil et Hydraulique

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master, Filière: Hydraulique

Spécialité : Traitement, épuration gestion des eaux

Thème

**Conception d'une station de déminéralisation de la
nouvelle ville de Hassi Messaoud
wilaya de Ouargla**

Présenté par :

❖ **Guessoum Farouk**

❖ **Benmir Djillali**

Soumis au jury composé de :

Dr. Baouia Kais	(M.C.A)	Université Kasdi Merbah Ouargla	Président
Dr. Mekhloufi Nabil	(M.C.B)	Université Kasdi Merbah Ouargla	Examineur
Pr. Kateb Samir	(Professeur)	Université Kasdi Merbah Ouargla	Encadreur
Seddiki Amor	(Doctorant)	Université Kasdi Merbah Ouargla	Co encadreur

Année Universitaire: 2020 / 2021

Dédicace

*Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en
signe de respect et de reconnaissance envers :*

Ma mère.

Mon père

Ma femme.

*Pour tous les sacrifices et le soutien moral et matériel dont ils ont
fait preuve pour que je réussisse.*

Je le dédie également à

Mes frères et mes sœurs

Mes enfants

Mes amis : De 2^{ème} année master

*En un mot, à toute ma famille Benmir, mes amis et tous ceux qui
ont contribué de près ou de loin à ma formation*

Dédicace

*Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en
signe de respect et de reconnaissance envers :*

Ma mère.

Mon père

Ma femme.

*Pour tous les sacrifices et le soutien moral et matériel dont ils ont
fait preuve pour que je réussisse.*

Je le dédie également à

Mes frères et mes sœurs

Mes enfants

Mes amis : De 2^{eme} année master

*En un mot, à toute ma famille Guessoum, mes amis et tous ceux
qui ont contribué de près ou de loin à ma formation*

Résumé

La nouvelle ville de Hassi Messaoud s'alimente par les eaux souterraines de deux nappes le Complexe Terminal (CT) et Le Continental Intercalaire (CI), qui sont caractérisées par une forte minéralisation et une température élevée. Durant cette étude, nous allons tenter de concevoir une station de déminéralisation à osmose inverse car ce type de traitement est le plus utilisé en Algérie vue sa simplicité et son coût. L'implantation d'une station de déminéralisation en tête de réseau de distribution au niveau de la nouvelle ville de Hassi Messaoud s'avère d'une grande importance afin de minimiser les charges économiques des habitants et obtenir des eaux de consommation appréciables.

Mots-clés: Nappe, Eaux souterraines, Station de déminéralisation, Réseau de distribution

Abstract

The new town of Hassi Messaoud is fed by groundwater from two aquifers, Complexe Terminal (CT) and Le Continental Intercalaire (CI), which are characterized by high mineralization and high temperature. During this study, we will try to design a reverse osmosis demineralization station because this type of treatment is the most used in Algeria for its simplicity and cost. The establishment of a demineralization station at the head of the distribution network in the new town of Hassi Messaoud is of great importance in order to minimize the economic burden of the inhabitants and obtain appreciable drinking water.

Keywords: Groundwater, Groundwater, Demineralization station, Distribution network

Liste des tableaux

N° de figure	Titre	Page
Tableau I-1	Influence des composés chimiques sur la nature d'une eau	06
Tableau I-2	Résultats d'analyses des eaux	08
Tableau I-3	Normes de potabilité de l'eau suivant l'OMS et CEE	10
Tableau I-4	Normes Algériennes de potabilité (NA)	11
Tableau III-1	Synthèse des forages à travers la zone d'étude	24
Tableau IV-1	Caractéristiques de cartouche	30
Tableau IV-2	Caractéristiques initiales de membrane PERMAZEP type B9	33
Tableau IV-3	Caractéristiques des eaux brutes	38
Tableau IV-4	Calcul de molalités	39
Tableau IV-5	Le calcul de étage 2	43
Tableau IV-6	Le calcul de étage 3	44
Tableau IV-7	Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions	46
Tableau IV-8	Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions	47
Tableau IV-9	La détermination de la concentration moyenne des deux forages pour chaque ion	50
Tableau IV-10	Calcul de la concentration de l'eau osmose	52
Tableau IV-11	Tableau récapitulatif de tous les résultats	53
Tableau V-1	Prix de la construction de l'unité	56
Tableau V-2	Prix de l'équipement principal et auxiliaire (E)	56
Tableau V-3	Prix de l'équipement de l'osmoseur	57
Tableau V-4	charge de main-d'œuvre	58
Tableau V-5	Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station	59

Liste des figures

N° de figure	Titre	Page
Figure III-1	Situation géographique de la zone d'étude	22
Figure IV-1	Filtre à sable	28
Figure IV-2	Les cartouches consommables	31
Figure IV-3	Membrane module spirale	32
Figure IV-4	Appareil monobloc de dosage de chlore	55

Sommaire

Introduction générale	01
Chapitre I : Qualité des eaux potable	
I-1 – Introduction.....	02
I-2 - Qualité des eaux potables	02
I-2-1- Caractéristiques physico-chimiques de l'eau potable.....	02
I-2-2- Caractéristiques biologiques.....	07
I -3- Qualité des eaux de la zone d'étude	08
I -4- Normes des eaux potables	09
I -4-1- Notion générale	09
I -4-2- Normes internationales de l'eau potable	09
I -4-3- Interprétation des résultats	13
I -5-Conclusion	13
Chapitre II : Procédés de traitement des eaux potables	
II-1- Introduction.....	14
II-2- Objectifs du traitement	14
II-3- Paramètres nécessitant un traitement.....	15
II-4- Procédés de traitement.....	15
II-4- 1- Prétraitement	16
II-4- 1-1- Dégrillage	16
II-4- 1-2- Microtamisage	16
II-4- 1-3- Aération	17
II -4-2- Traitement de clarification	17
II -4-3- Décantation	19
II -4-3- Filtration	19
II -4-3- Désinfection	19
II -4-3- Traitements spécifiques	19
II-5-Conclusion.....	21
Chapitre III : Présentation de la zone d'étude	
III-1- Introduction.....	22
III-2- Généralités sur la zone d'étude	22
III-2-1- Situation géographique.....	22
III-2-2- Superficie.....	23
III-2-3- Population.....	23
III -2-4- Caractéristiques climatiques.....	23
III-2-5- Caractéristiques géologiques	23
III-2-6- Caractéristiques hydrogéologiques	24
III-3- Ressources en eau	25
III-4- Réseau de distribution	25
III-5- Evaluation des débits d'eau potable	25
III-6-Conclusion.....	26

Chapitre IV : Dimensionnement d'une station de déminéralisation

IV -1- Introduction.....	27
IV-2- Lieu d'implantation de la station.....	27
IV-3- Refroidisseur.....	27
IV-4- Dimensionnement de la chaîne de prétraitement.....	27
IV-4-1- Prétraitement	27
IV-4-2- Osmose inverse	31
IV-4-3- Chloration par l'hypochlorite sodium.....	54
IV-5- Conclusion.....	55

Chapitre V : Calculs coût de la station

V-1- Introduction.....	56
V-2- Investissement	56
V-2-1 Prix de la construction de l'unité(C)	56
V-2-2- Prix de l'équipement principal et auxiliaire (E).....	56
V-2-3- Prix de l'équipement de l'osmoseur	57
V-3- Charges annuelles d'exploitation (A)	57
V-3- 1 Coût d'investissement indirect.....	57
V-3- 2- charge de main-d'œuvre.....	58
V-3-3- Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station	58
V-3- 4- Coût de l'énergie électrique.....	60
V-4- Calcul du prix du m ³ d'eau produit par osmose inverse.....	60
V-4-1- Calcul du coût de production Coût _{TP}	60
V-4-2 Prix de vente P _v	61
V-5- Conclusion.....	61
Conclusion général.....	62
Bibliographie	63

Introduction générale

Introduction générale

Devant les besoins croissants en eau potable et la rareté des ressources naturelles, l'humanité est conduite de plus en plus de rechercher, d'étudier et d'appliquer de nouvelles techniques permettant d'obtenir de l'eau de bonne qualité à partir des eaux considérées comme non potables telles que les eaux de mer et les eaux saumâtres. On entend par eaux saumâtres, les eaux dont la teneur en sels minéraux est comprise entre 1500 et 10000 mg/l.

Les stations de dessalement et de déminéralisation des eaux de mer ou des eaux saumâtres ont commencé à se développer à partir des années 50, depuis ces installations sont de plus en plus nombreuses à travers le monde.

La nouvelle ville de Hassi Messaoud s'alimente par les eaux souterraines de deux nappes le Complexe Terminal (CT) et Le Continental Intercalaire (CI), qui sont caractérisées par une forte minéralisation et une température élevée. Durant cette étude, nous allons tenter de concevoir une station de déminéralisation à osmose inverse car ce type de traitement est le plus utilisé en Algérie vue sa simplicité et son coût.

Chapitre I

Qualité des eaux potable

I-1 Introduction

L'appréciation de la qualité des eaux potables se base sur la mesure de paramètres physico chimiques et chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro- organismes aquatiques. En ce sens, les normes fixent les concentrations maximales admissibles (CMA), c'est-à-dire la quantité de telle ou telle substance qu'un individu peut absorber sans danger quotidiennement tout au long de sa vie.

Dans ce chapitre, nous discuterons les caractéristiques de l'eau potable, ainsi que des normes de l'OMS et des normes Algériennes.

I-2 Qualité des eaux potables

Une eau potable doit être :

- Claire, inodore, de saveur agréable ;
- Pauvre en germes microbiens que possible et en matières en suspension ;
- Ne pas renfermer de substances chimiques pouvant provoquer des maladies ;
- Ne pas contenir des substances la rendant inutilisable pour la cuisine et le blanchissage ;
- Ne pas avoir des propriétés vis-à-vis des canalisations (métaux, ciment).[1]

I-2-1 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau potable:

- **Odeur et saveur:**

Une eau potable de bonne qualité n'a pas un goût et ne présente pas d'odeur. La saveur dépend essentiellement de la qualité et la nature des corps dissous. Toute odeur est signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décompositions. [2]

Les mauvais goûts ne sont pas considérés comme importants du point de vue de l'hygiène, ils sont extrêmement désagréables pour l'emploi de l'eau comme boisson. Il existe plusieurs méthodes pour mesurer l'odeur et le goût dont le principe est basé sur la dilution de l'eau à examiner jusqu'à ce qu'elle ne présente plus d'odeur ni de goût. [3]

- **Couleur:**

La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdal .Elle est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux substances en solution, et apparente quand les substances en suspension y ajoutent leurs propres colorations.

Une eau colorée n'est pas agréable pour les usages domestiques et en particulier pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur la potabilité .Toutefois, la limpidité de l'eau ne garantie pas l'absence de germes pathogènes.

- **Température:**

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux naturelles soit souterraine ou superficielles; les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur consciente, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres. L'eau de boisson a une bonne fraîcheur si sa température varie entre 9 et 12°C .Une température élevée des eaux dans le réseau de distribution peut être à la base d'un développement planctonique important dans les conduites ou d'une sursaturation en gaz dissous, susceptible de rendre les eaux blanchâtres.

- **PH:**

Le PH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène [H^+], il est inférieur ou supérieur à sept suivant que l'eau est acide ou basique .Le PH n'a pas de signification hygiénique mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau .Pour les eaux naturelles, le PH est compris entre 6 et 8 .Le PH est mesuré avec un PH-mètre.

- **Turbidité:**

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence .Elle donne une idée de la teneur en matières en suspension .Les eaux troubles chargées de substances finement divisées (grains de silice, matières organiques, limons ...) forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs. Pour la sécurité de l'eau de boisson, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU .

- **Conductivité**

La mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration de l'eau en sels dissous. Une conductivité élevée traduit soit des PH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée, comme elle peut conduire à un entartrage des conduites si l'excès est du aux ions de calcium. Les normes le fixe entre 200 – 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. [2]

- **Dureté**

La dureté d'une eau est le résultat de sa concentration en ions Ca^{+2} et Mg^{+2} provenant essentiellement du lessivage des terrains traversés. Selon les besoins, la dureté totale d'une eau, exprimée en TH (titre hydrotimétrique) est fixée à des valeurs bien précises. Pour les besoins domestiques le TH d'une eau doit être compris entre 100 – 500 mg/l de CaCO_3 .

- **Calcium:**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature sous forme de molécules composées (carbonates, sulfates, chlorures...etc) et en particulier dans les roches calcaires. Composant majeur de la dureté de l'eau, est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il est indispensable dans le développement du corps humain. D'ailleurs certains procédés de traitement imposant l'ajout de calcium.

- **Magnésium:**

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2,1 % dans l'écorce terrestre. Le magnésium est par ordre d'importance le deuxième cation contenu dans les cellules après le potassium. Sa présence en grande quantité confère à l'eau une saveur désagréable.

- **Potassium:**

Bien que dans les roches ignées, la teneur en potassium soit près que aussi importante que celle de sodium, sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l.

- **Sodium:**

Le sodium est un élément constant dans l'eau, sa présence dans l'eau provient du lessivage de formations géologiques contenant du chlore de sodium NaCl . Son ingestion en importantes

quantités entraînant des complications sur des sujets hypertendus .Toutefois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de mg à 500 mg/l et même au-delà.

- **Chlorure:**

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement à la nature des terrains traversés. Il faut savoir également que l'utilisation de chlore comme produit de traitement peut augmenter de façon considérable leur concentration. N'étant d'aucune incidence prouvée sur la santé d'organisme humain sain, il confère cependant une saveur désagréable à l'eau au-delà de 250mg/l.

- **Fer:**

Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à 0,5mg/l de fer qui peut avoir pour origine la lixiviation des terrains traversés, ou les pollutions; dans les eaux de distribution, il provient le plus souvent de la corrosion des conduites d'amenées .Cet élément ne représente aucun inconvénient pour l'organisme humain, il peut cependant, à certaines concentrations, présenter des désagréments à la consommation (saveur) et au ménage (tache de rouille sur le linge).

- **Manganèse:**

Le manganèse présent dans l'eau peut s'y trouver à des valences différentes (2,3 et 4), à l'état soluble ou en suspension ou sous forme de complexe .Le manganèse est nécessaire à l'homme pour la croissance .IL confère à l'eau un goût désagréable et entraîne des dépôts noirâtres dans les conduites pouvant provoquer la coloration de l'eau.

- **Nitrates:**

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites...) sont susceptibles d'être l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Leur toxicité pour l'homme réside dans le fait qu'ils se transforment facilement en nitrites par dénitrification.

- **Nitrites:**

Les nitrites peuvent être rencontrés dans les eaux, mais généralement à des doses faibles, les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniacque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant .Ils sont très dangereux pour la santé humaine car au-delà d'une concentration de 0,1mg/l, ils provoquent la méthoglobinémie essentiellement chez les nourrissons.

- **Sulfates:**

Les sulfates sont un composé naturel de l'eau et proviennent du lessivage des terrains traversés . Leur concentration peut augmenter lors du traitement d'eau de sulfate par l'utilisation du sulfate d'alumine .Leur présence en excès donne à l'eau un goût amer et provoque un effet laxatif à la consommation. Les diverses combinaisons des éléments chimiques déterminent les propriétés principales de l'eau, son alcalinité, sa salinité et sa dureté. [4]

Tableau I-1 : Influence des composés chimiques sur la nature d'une eau

Alcalinité	Salinité	Dureté
Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	Ca(HCO ₃) ₂
Mg(HCO ₃) ₂	Mg SO ₄	Mg(HCO ₃) ₂
NaHCO ₃	CaCl ₂	CaSO ₄
	MgCl ₂	Mg SO ₄
	Na ₂ SO ₄	CaCl ₂
	Na ₂ Cl ₂	MgCl ₂

- **Éléments potentiellement toxiques:**

Parmi ces éléments, on peut citer:

- ✓ **métaux lourds** :ils ont des effets toxiques à long terme .L'accumulation des éléments toxiques entraîne des effets cancérigènes .Ils proviennent de rejets industriels .Ces métaux sont le cadmium, plomb, chrome, cyanure, mercure ect.
- ✓ **d'autres éléments** :qui sont le fluor, les nitrates NO₃⁻ et les nitrites NO₂⁻.

Le fluor, s'il dépasse la norme provoque la fluorose .Jusqu'à 1mg/l, il a un effet bénéfique (empêche les caries dentaires) . Les nitrates et les nitrites s'ils dépassent 50mg/l, ils proviennent d'une pollution par les engrais azotés .Ils sont dangereux surtout pour les nourrissons. [4]

- **Matières organiques (MO):**

L'eau naturelle renferme des matières organiques qui peuvent être:

- Soit d'origine naturelle dont la majorité provient de la décomposition des végétaux tels que les acides aminés, les chlorophylles, les substances humiques, les bactéries et les algues.

- Soit d'origine artificielle qui provient de l'activité humaine (industrie, agriculture, rejets des eaux usées urbaines).

La teneur en matières organiques peut être exacerbée par une conjugaison de plusieurs facteurs tels que : lumière, pH, O₂, température, nutriments. Cette teneur peut provoquer de grands problèmes soit dans le réseau de distribution tel que : la corrosion, les dépôts dans les conduites, soit sur la santé de l'être humain tels que la toxicité chronique, alors on cherche toujours à les éliminer.

Les matières organiques se composent de deux types un biodégradable qui peut être éliminée par voie biologique par les micro-organismes, parmi ces matières, on cite les acides aminés, sucres et graisses, l'autre non biodégradable qui ne peut être éliminée par le procédé cité auparavant, elle cumule les substances humiques, les pesticides, hydrocarbures et les détergents.

✓ **Le carbone organique total (COT):**

Le COT est définie comme la concentration en mg/l d'échantillon. C'est une méthode directe pour mesurer la teneur en matières organiques d'une eau.

Il consiste à brûler l'échantillon d'eau à 950°C sous l'action de l'oxygène gazeux et de mesurer le CO₂ dégagé, et par suite de mesurer le carbone total (organique et minéral).

Le COT est une méthode rapide et présente plusieurs avantages tels que : on peut analyser l'eau quelle que soit sa qualité (de forte salinité, acide, basique, ou contient des composés toxiques). Mais malgré ses avantages, il exige un appareillage coûteux.

I-2-2 Caractéristiques biologiques

Dans l'analyse globale des eaux naturelles, il faut tenir en compte des constituants biologiques car leur présence caractérise leur qualité et le degré de pollution.

On distingue deux types de micro-organismes:

_ Ceux qui sont saprophytes, c'est-à-dire qui n'ont pas un effet néfaste sur la santé de l'être humain mais qui peuvent provoquer des problèmes dans le réseau d'AEP.

_ Ceux qui sont pathogènes qui provoquent des maladies.

Les microorganismes pouvant provoquer des nuisances à la santé publique sont : les bactéries telles que les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques, les virus, les parasites, les champignons. [3]

I-3- Qualité des eaux de la zone d'étude

Afin de déterminer la qualité physicochimique des eaux de la nouvelle ville de Hassi Messaoud, on a effectué des analyses sur des échantillons prélevés au niveau des forages qui alimentent la ville (tableau I- 2).

Tableau I-2: Résultats d'analyses des eaux

L'élément	Unité	Albien F04	Sénonien RIG T124
pH	-	7.94	8.28
HCO ₃ ⁻	mg/l	231.80	179.95
CO ₃ ²⁻	mg/l	00	0
NO ₃ ⁻	mg/l	1.7	1.00
Cl ⁻	mg/l	769	1100
SO ₄ ²⁻	mg/l	750	1238
K ⁺	mg/l	42.5	20
Ca ²⁺	mg/l	214	267.50
Na ⁺	mg/l	425	475
Mg ²⁺	mg/l	133.1	273.90
Conductivité	ms /cm	4.47	5.43
Résidu Sec à 105 °C	mg/l	2948	4280

I-4 Normes des eaux potables

I-4-1 Notion générale

Les fonctions vitales, alimentaires et sanitaires de l'eau sont primordiales . Sur les 3600 milliards de mètres cube utilisés chaque année dans le monde, l'eau potable représente moins de 10.%.

L'eau potable nécessaire à l'alimentation doit présenter certaines qualités physicochimiques et biologiques complexes, définies à l'échelle mondiale par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Si de telles normes sont appliquées dans les pays industrialisés, il n'en pas de même dans la plupart des pays en développement, où le manque d'eau potable constitue aujourd'hui le problème environnemental le plus grave.

Les normes fixent le but à atteindre pour la transformation de l'eau brute en eau potable. Elles définissent les concentrations maximales admissibles (CMD) pour une substance donnée correspondant à la quantité qu'un individu peut absorber sans danger pour sa santé tout au long de sa vie .Elles présentent les valeurs à ne pas dépasser.

I-4-2 Normes internationales de l'eau potable

Les normes de qualité des eaux destinées à la consommation humaine suivant l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et les Communautés Européennes des Eaux (CEE) et les normes Algériennes sont représentées respectivement dans les tableaux I-3 et I-4.

Tableau I-3 : Normes de potabilité de l'eau suivant l'OMS et CEE

Paramètres	Unité	OMS	CEE
Paramètres physico-chimiques			
Turbidité	NTU	5	4
Temperature	°C	-	25
PH	-	6.5-8.5	-
Conductivité	µs/cm	-	-
Résidu sec	mg/l (cl)	2000	1500
Chlorures	mg/l	250	200
Sulfates	mg/l	400	250
Calcium	mg/l	-	100
Magnésium	mg/l	-	50
Sodium	mg/l	200	150
Potassium	mg/l	-	12
Nitrates	mg/l	44	50
Nitrites	mg/l	3	0.1
Ammoniaque	mg/l	-	0.5
Hydrocarbures	µg/l	-	10
Fer	µg/l	300	200
Manganèse	µg/l	100	50
Cuivre	µg/l	1000	-
Zinc	µg/l	5000	5000
Fluorure	µg/l (8-12°C)	1500	1500
MES	µg/l	-	-
Cadmium	µg/l	5	5
Chrome	µg/l	50	50
Nickel	µg/l	50	50
Plomb	µg/l	50	50
Chlore	mg/l	50	50
Dureté totale	°F	<50	-
Minéralisation	mg/l	50	10-35
Alcalinité	°F	-	-
Paramètres microbiologiques			
Coliforme totaux	N /100 ml	0	0
Streptocoques	N /100 ml	0	0

Tableau I-4: Normes Algériennes de potabilité (NA)

Paramètres	Unités	Valeurs
Paramètres -physico-chimiques		
PH	-	6.5-8.5
Potentiel redox Eh	Mv	-
Conductivité à 25°	µs/cm	2800
Température	°C	-
Turbidité	NTU	5
T.D.S	mg/l	-
Salinité	‰	-
Oxygène dissous	mg/l	8
CO ₂ libre	mg/l	-
Résidu sec	mg/l	2000
MES à 105 °C	mg/l	-
Paramètres de pollution		
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0.5
Nitrite NO ₂ ⁻	mg/l	0.1
Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	50
Orthophosphate PO ₄ ³⁻	mg/l	0.5
Mat .Oxyd .M .Acide	mg/l	-
Minéralisation globale		
Calcium Ca ²⁺	mg/l	200
Magnésium Mg ²⁺	mg/l	150
Potassium K ⁺	mg/l	20
Sodium Na ⁺	mg/l	200
Chlorure Cl ⁻	mg/l	200
Sulfate SO ₄ ²⁻	mg/l	500
Bicarbonate HCO ₃	mg/l	400
Carbonate CO ₃	mg/l	-
Silicate SiO ₂	mg/l	-
Dureté totale (TH)	mg/lCaCO ₃	500
-Dureté permanente	mg/l CaCO ₃	-
Titre alcalin	mg/l	-
Titre alcalin complet	mg/l	-

Suite tableau I-4: Normes Algériennes de potabilité (NA)

Paramètres	Unités	Valeurs
Paramètres indésirables		
Fer total	mg/l	0.3
Fer Fe ²⁺	mg/l	0.3
Fer Fe ³⁺	mg/l	0.3
Manganèse Mn ³⁺	mg/l	0.3
Aluminium Al ³⁺	mg/l	0.5
Fluorure F ⁻	mg/l	-
Paramètres bactériologiques		
Germes totaux A 37°C	UFC/ml	00
Germes totaux A 22°C	UFC/ml	00
Coliformes totaux	ge/100ml	00
Escherichia -coli	ge/100ml	00
Streptocoques fécaux	ge/100ml	00
Clostridium sulf-red	ge/100ml	00
Chlore résiduel libre	mg/l	00
Analyses fines		
DBO ₅	mg/l	-
DCO	mg/l	-
Plomb Pb	mg/l	0.050
Nickel Ni	mg/l	0.01
Cadmium Cd	mg/l	0.05
Cobalt Co	mg/l	0.005
Chrome Cr	mg/l	-
Cuivre Cu	mg/l	-

I-4-3 Interprétation des résultats

D'après les données du tableau (I-2), on remarque que :

- certains éléments ont des concentrations très élevés surtout SO_4^{2-} , Na^+ et Cl^- ce qui donne à l'eau le goût salé et la rend de moindre potabilité.

- la salinité des eaux des forages est comprise entre 1000 à 5000 mg/l ce qui implique que cette eau est classifiée saumâtre

- pour la minéralisation vue la conductivité des eaux analysées et le résidu sec déterminé, on peut dire que ces eaux ont une forte minéralisation.

-La température de l'eau est très élevée ce qui implique que ces eaux ne peuvent pas être consommées qu'après être refroidies. Elle peut également être un facteur qui contribue à l'accroissement de l'entartrage des conduites.

I-5- Conclusion

D'après les analyses effectuées sur les échantillons d'eau de consommation, on a remarqué que ces eaux sont saumâtres et très dures, elles ont un goût salé, une température très élevée et une forte minéralisation. L'utilisation directe de ces eaux peut provoquer des problèmes au réseau de distribution et induire l'emploi excessif des détergents.

Afin de remédier ces défauts, l'installation d'une station de déminéralisation en tête du réseau s'avère d'une grande importance.

Chapitre II

Procédés de traitement des eaux potables

II-1 Introduction

Traiter une eau est la rendre potable, veut dire être en accord avec la réglementation du pays . Une eau potable doit être de bonne saveur, sans odeur, sans goût et d'une apparence agréable. Elle doit être aussi exempte de toute substance toxique ou nuisible, de substances radioactives et micro-organismes pathogènes. Elle ne doit pas être corrosive ni incrustante et ne doit pas provoquer une consommation excessive de savon .

II-2 Objectifs du traitement

Pour définir les objectifs d'un traitement, deux paramètres s'imposent :

a - Connaissance de l'eau à traiter

Pour ce faire, on doit tenir en compte des facteurs suivants :

- Analyse complète sur échantillons représentatifs;
- Méthodes d'analyses;
- Méthodes de prélèvements;
- Variations annuelles des caractéristiques de l'eau à traiter ;

b - Définition des objectifs du traitement:

Elle peut être répartir en trois groupes :

- La santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques(organiques ou minérales), ni organismes pathogènes, elle doit donc répondre aux normes physico-chimique et bactériologique.
- L'agrément du consommateur, qui est différent du premier point car une eau peut être agréable à boire tout en étant dangereuse(source polluée...) il s'agit des qualités organoleptique, c'est-à-dire ce qui est perçu par les sens olfactifs de l'homme à savoir, couleur, odeur, goût .
- La protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usagers(robinet, chauffe-eau, conduites,...) contre l'entartrage et\ou la corrosion.[1]

II-3 Paramètres nécessitant un traitement

Les paramètres à analyser sont nombreux et ils sont liés à la qualité de l'eau brute. L'eau peut être superficielle (eau de rivière, lac, barrage, étang) ou souterraine (source, nappe). [1]

Les eaux de surface sont riches en gaz dissous, en matières en suspensions et organiques ainsi qu'en plancton. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique du type nitrate et pesticide d'origine agricole. [8]

Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physio-chimique et bactériologique. Mais elles contiennent souvent un excès du fer, manganèse, ammoniacale, teneur excessive en fluor, nitrate, teneur en CO₂ agressif, dureté élevée, manque d'O₂ dissous et présence de goûts et/ou d'odeurs.

Les principaux paramètres pour le choix de la filière de traitement sont surtout la turbidité, la nature et les poids de MES et les paramètres biologiques tels que le nombre de coliformes totaux de streptocoques fécaux, d'Escherichia coli et la présence ou l'absence de salmonella.

Il faut ajouter à ces paramètres les variations saisonnières de phytoplancton (algues), des indices de pollution chimique, la détection et le dosage de micropolluants minéraux (métaux lourds) et organique (pesticides, phénols, détergents, hydrocarbures...). [1]

II-4 Procédés de traitement

Généralement, le schéma global de traitement des eaux naturelles pour l'obtention d'eaux potables comprend trois phases principales :

✓ **Prétraitement** : où la séparation mécanique comporte les opérations suivantes :

- dégrillage;
- micro tamisage;
- aération.

✓ **Clarification** : comprend-elle même trois étapes:

- coagulation-floculation;
- décantation;
- filtration. [3]

✓ **Désinfection** : elle s'effectue par deux voies:

- la voie physique;
- la voie chimique.

✓ Traitement spécifique (la déminéralisation):

- Echange d'ions;
- Electrodilyse;
- Osmose inverse;
- Distillaion.

II-4-1 Prétraitement

Les eaux brutes doivent subir un prétraitement qui a pour objectif d`extraire la plus grande quantité possibles des matières grossières pouvant gêner les traitements ultérieurs. [3]

II-4-1-1 Dégrillage

Une grille est un ensemble de barreaux droits en acier, généralement de section rectangulaire pour éviter les coincements entre les barreaux et donc faciliter le nettoyage (raclage) ; elle doit être inclinée pour retenir les flottants.

Le dégrillage est une opération qui permet:

-de protéger les ouvrages avals contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les tuyauteries dans liaisons voire dans les différentes unités de l'installation.

-de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements d'eau . [6]

L'efficacité du dégrillage est en fonction de l'écartement entre les barreaux de grille .C'est ainsi qu'on peut distinguer trois types de grilles selon l'espacement entre les barreaux :

-grille fine pour écartement de 3 à 10 mm;

-grille moyenne pour écartement de 10 à 25 mm;

-grille grossière pour écartement de 50 à 100 mm . [3]

Une grille mécanique est souvent protégée par une prégrille à barreaux plus espacés (espacement de 50 à 100 mm).

II-4-1-2 Microtamisage

Le microtamisage est une opération destinée à faire passer un liquide contenant des impuretés à travers une toile de fils de fibres ou à travers une membrane Poreuse .Durant le passage du liquide, certains solides sont arrêtés soit directement (par les mailles du microtamis) soit

indirectement (par les matières solides accumulées sur le microtamis). Le grossier des mailles d'un microtamis est inférieur à 100 µm. Le microtamisage est destiné pour les eaux chargées en planctons et en matières organiques. Il n'améliore donc pas la turbidité causée par de fines particules et ne modifie pas la couleur de l'eau. [5]

II-4-1-3 Aération

Les eaux brutes souterraines ou superficielles peuvent être de mauvaise qualité à savoir :

- pauvres en oxygène O_2 .
- Chargées en CO_2 , H_2S ou d'autre matière volatiles.

Alors, on a recours à l'aération pour améliorer la qualité de l'eau qui peut s'effectuer selon différents moyens tels que :

- Pulvérisation de l'eau dans l'air au dessus d'un bassin ouvert.
- Ruissellement de l'eau en cascade dans une colonne ou tours d'aération.
- Barbotage d'air comprimé dans l'eau ou dans un bassin d'aération.
- Agitation mécanique de l'eau. [3]

II-4-2 Traitement de clarification

Le traitement de clarification vise principalement à éliminer la turbidité de l'eau provoquée par la présence des matières en suspension (MES) notamment les matières colloïdales. Il consiste à agréger sous forme de floes, les particules colloïdales, une fois agglomérées, ces dernières se décantent au fond du bassin de décantation où elles sont régulièrement extraites.

Les colloïdes sont des particules très fines minérales ou organiques, ils sont en suspension dans l'eau pour deux raisons leur petite dimension ainsi que leur charge négative.

La coagulation- **Coagulation-floculation** floculation est un procédé physico-chimique de clarification des eaux ; Il réside dans la formation des floes, par addition de coagulant. Cette prise en masse suivie d'une décantation rapide, vise les particules colloïdales et les dispersions fines, mais également des substances dissoutes ou de grosses molécules hydrophiles en dispersion stables.

Le mécanisme de la coagulation est un processus de déstabilisation de particules par l'ajout des sels d'aluminium ou les sels de fer.

Par contre, la floculation n'est qu'un processus de transport et mise en contact des particules déstabilisées. [1]

✓ Coagulation

Le but principal de la coagulation est de déstabiliser les colloïdes qui se fait par addition des réactifs minéraux contenant des cations multivalents qui seront adsorbés au niveau de la surface du colloïde, on a alors une neutralisation de la charge électrique. La coagulation est caractérisée par une agitation rapide afin de homogénéiser le milieu après l'ajout du coagulant.

Les coagulants les plus utilisés sont les sels d'aluminium ou de fer.

Les sels d'aluminium tels que :

- Sulfate d'aluminium: $[Al_2(SO_4)_3]$
- Chlorure d'aluminium $[AlCl_3]$.
- Sulfate d'aluminium + la chaux : $Al_2(SO_4)_3 + Ca(OH)_2$.
- Sulfate d'aluminium + soude caustique : $Al_2(SO_4)_3 + NaOH$.

2. les sels de fer

- Chlorure ferrique : $(FeCl_3)$
- Chlorure ferrique + la chaux: $(FeCl_3) + Ca(OH)_2$
- Sulfate ferrique : $[Fe_2(SO_4)_3]$
- Sulfate ferrique + la chaux : $Fe_2(SO_4)_3 + Ca(OH)_2$. [3]

Les doses de coagulation sont déterminées par des tests au laboratoire sur l'eau à traiter. Ces tests sont appelés les Jar-tests. [7]

✓ Flocculation

Après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles sont en contact les unes avec les autres. La flocculation a pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules[1]. Ce contact est favorisé par une agitation lente ou l'ajout de certains composés minéraux ou organiques naturels ou synthétisés appelés flocculants.

• Flocculants:

1-Flocculants minéraux :

- Silice activée
- Certaines argiles (Bentonites)
- Certaines hydroxydes métalliques à structure polymère (alumine, hydroxyde ferrique).

2-Flocculants naturels :

- dérivés amylicés ; les amidons;
- les polysaccharides;
- les alginates .

3-Flocculants synthétiques :

- les polyacrylamides. [1]

II-4-3 Décantation

La décantation a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en générale des floccs après la coagulation floculation ou des particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination de fer ou de manganèse. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement, l'eau clarifiée est dirigée vers l'unité de filtration. [5]

II-4-4 Filtration

La filtration est un procédé de séparation solide/liquide de finition. Elle consiste à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux qui peut être le sable, anthracite moulu, du gravier, de la terre de diatomées, du sable de grenat.[1] Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent; il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente .

La filtration est habituellement précédée de traitements de coagulation-floculation et de décantation. Elle permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et de certains éléments spécifiques tels que le fluor, nitrates ou métaux lourds. [8]

II-4-5 Désinfection

La désinfection est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les microorganismes susceptibles de transmettre des maladies ; ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation qui est la destruction de tous les organismes vivants dans un milieu donné.

On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont : le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone, le brome, et le permanganate de potassium. On peut également désinfecter l'eau par des moyens physiques tels que : l'ébullition et les radiations ultraviolettes.[5]

II-4-6 Traitements spécifiques

- **La déminéralisation**

Les eaux très chargées en sels minéraux dissous peuvent présenter des inconvénients dans certains usages. Ainsi, on est souvent appelé à éliminer totalement ou partiellement certains ions gênant tels que les ions de Ca^{2+} et Mg^{2+} qui représentent la dureté ; CO_3^{2-} et HCO_3^- l'alcalinité, SO_4^{2-} l'agressivité ou d'autres éléments spécifiques tels que le fluor, les nitrates, les pesticides ou les métaux lourds (Pb, Cd, Hg, As, Cr,).

Pour l'élimination de ces sels, plusieurs méthodes sont développées dont les plus utilisées sont :

- a) **Échange d'ions**
- b) **Électrodialyse**
- c) **Osmose inverse**
- d) **Distillation**

Ces techniques ne sont utilisées en général que si les ressources conventionnelles sont insuffisantes ; et servent surtout d'appoint (compléter les insuffisances) et ce en raison de coût du m³ d'eau et de la technique non encore bien maîtrisée.

a) L'échange d'ions

Les échangeurs d'ions sont des substances granulaires insolubles comportant dans leur structure moléculaire des radicaux acides ou basiques susceptibles de permuter sans modification apparente de leur aspect physique et sans altération ou solubilisation, les ions positifs ou négatifs, fixés sur les radicaux contre des ions de même signe se trouvant dans le liquide à leur contact. Cette permutation est appelée échange d'ions .

b) L'osmose inverse

C'est un procédé mettant en œuvre des membranes semi perméables qui laissent passer facilement l'eau pure et retiennent les différents éléments spécifiques gênants.

c) L'électrodialyse

Si un liquide riche en ions est soumis à un champ électrique grâce à deux électrodes entre lesquelles on applique une différence de potentiel, les cations vont se déplacer vers l'électrode négative (ou cathode) tandis que les anions vont se diriger vers l'électrode positive (ou anode) .

Si rien ne s'oppose à leur mouvement, ils viennent se décharger sur les électrodes de signe contraire, il y a électrolyse. [1]

d) Distillation

La distillation est un procédé qui comporte une évaporation, une condensation et une récupération. La température de travail est entre 95°C et 125°C, la salinité de l'eau douce obtenue par ce procédé est toujours nettement inférieure à 100mg/l, on doit donc minéraliser cette eau, lorsqu'elle est destinée à la consommation. [4]

II-5 Conclusion

Afin d'obtenir une eau potable, les eaux de surface passent par plusieurs étapes de traitement. Ces dernières débutent par un prétraitement qui comporte un dégrillage, un microtamisage et une aération dont le but est d'alléger la charge de l'eau et protéger les ouvrages ultérieurs. La seconde étape vise à éliminer de la turbidité et éventuellement quelques éléments qui peuvent se considérer comme des MES. L'étape de clarification est suivie d'une décontation ainsi qu'une filtration. La dernière phase est la désinfection pour détruire tous germes pathogènes.

Concernant les eaux souterraines, le seul traitement à appliquer est la désinfection afin de garantir la qualité bactériologique de ces eaux.

Chapitre III

Presentation de la zone d'etude

III-1 Introduction

Avant toute étude, une présentation plus ou moins détaillée de la zone d'étude, est d'une grande importance afin de mettre en point les différentes caractéristiques géologiques, hydrologiques, démographiques et hydrauliques.

III-2 Généralités sur la zone d'étude

III-2-1 Situation géographique

La commune de Hassi Messaoud fait partie de la Wilaya de Ouargla qui a les plus grandes superficies en Algérie, soit 163 230 km². Elle est située à environ 86 km au sud-est de Ouargla, chef lieu de la wilaya. La commune est située à environ 900 km au sud-est d'Alger. Située dans le Grand Erg Oriental formant un immense massif de dunes dans le Sahara, la commune de Hassi Messaoud est limitée au nord par les wilayas d'El-Oued, à l'est par la Tunisie, à l'ouest

par la wilaya de Ghardaïa et au sud par les wilayas de Tamenrasset et d'Illizi.

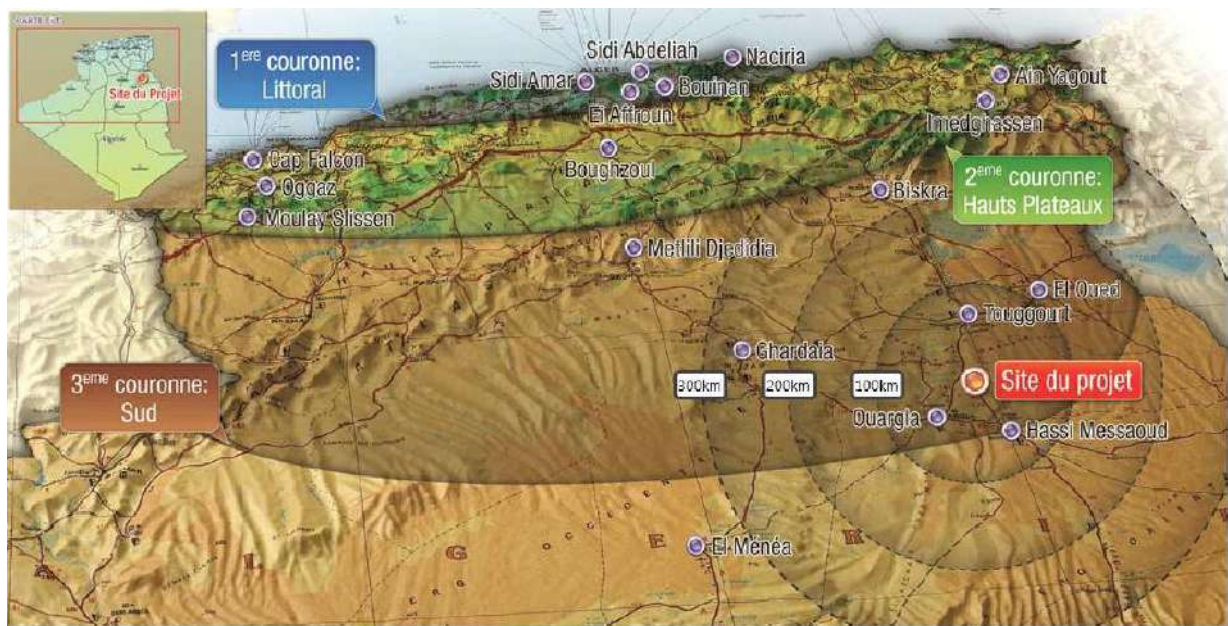


Figure I-1 : Situation géographique de la zone d'étude

III-2-2 Superficie

Le périmètre de la Ville Nouvelle couvre une superficie de 4 483 hectares dont 2 044 hectares inclus dans le périmètre d'urbanisation et d'aménagement de la Ville Nouvelle, 1 161 hectares inclus dans le périmètre d'extension future. 313 hectares constituent le périmètre de protection de la ville nouvelle et 965 hectares sont inclus dans la zone d'activités logistiques. [9]

III-2-3- Population

La population de la ville nouvelle de Hassi Messaoud prévue par les instruments d'aménagement et de développement durable du territoire, notamment par le SNAT 2030 est de 80 000 habitants. [9]

III-2-4 Caractéristiques climatiques

D'après l'analyse des données climatologiques issues de trois stations météorologiques (Touggourt, Ouargla et Hassi Messaoud), la région d'étude est caractérisée par le climat aride où les précipitations sont très faibles (moins de 60mm en moyenne par an) et la température est très élevée pendant l'été. La température varie de 10,7 °C à 16,5 °C pendant la période froide qui s'étale du mois de novembre à mars alors qu'elle varie de 25,6 °C à 34,5 °C pendant la période chaude qui s'étale du mois de mai à septembre. Elle est également caractérisée par la faible humidité relative, le fort ensoleillement et l'évaporation (l'évaporation moyenne annuelle est de 2 500mm. L'évaporation journalière est de 2mm en hiver et environ 15mm en été). De plus, le vent souffle très fort sur la région.

III-2-5 Caractéristiques géologiques

Du point de vue géologique, la région d'Oued EL Meraa est située dans la partie sud du bassin triasique. Les récentes formations auxquelles nous nous intéressons sont constituées par les séries sableuses et grésos-sableuses du Quaternaire associées à des inclusions gypseuses et carbonatées issues de la proximité du complexe triasique.

La couche rocheuse remonte principalement aux périodes du Quaternaire et de l'Eocène:

1. Les éléments du Quaternaire présentent généralement une épaisseur située entre 0 et 20 m composée de sable gypseux ou argileux.
2. Les éléments du Moustérien présentent une couche sédimentaire de 200 m d'épaisseur en moyenne et se composent de sable, de roche calcaire et de glaise.

3. Les éléments de l'Eocène présentent une épaisseur moyenne proche de 120 m et se composent de dolomite et de silex.

4. L'Atlas saharien est né d'un long sillon subsident pincé entre les hauts plateaux et la Plate-forme Saharienne. Au Mésozoïque, ce sillon fut comblé par une puissante série sédimentaire. Durant le Tertiaire, une tectonique compressive réactive les structures extensives antérieures en failles et structures inverses aboutissant à la formation de cette chaîne montagneuse.

III-2-6 Caractéristiques hydrogéologiques

La richesse de la région d'étude en eau est incontestable. En effet, les nappes exploitées pour l'approvisionnement en eau potable sont :

- **Nappe mio-pliocène (nappe de sable):**

Formée principalement de sables qui se sont déposés et consolidés sous climat semi-aride et chaud. Cette formation comprend de bas en haut :

-Un banc d'argile jaune et d'argile rouge sableux de 1 à 20 m d'épaisseur.

-un ensemble détritique de (12 à 35 m) de sable grossier blanc ou jaune, contenant la nappe caractéristique de mi-pliocène.

-Un niveau imperméable de (15 à 20 m) de calcaire et marnes lacustres, généralement très dures, dont la base est formée par un banc d'argile plus ou moins sableux.

L'exploitation de cette nappe est extrêmement ancienne. De ce fait, elle est la mieux connue, sa charge est en moyenne de (2,8g/l) de résidus secs, sa salinité varie de (1,8 à 4,6g/l) et la température de ses eaux est de l'ordre de 23 à 25° C.

- **Nappe sénonien (Nappe des calcaires):**

Elle est séparée de la nappe mi-pliocène par une couche semi-perméable gypseuse-argileuse ; on distingue : (Sénonien inférieure, Sénonien supérieure), les eaux de cette nappe ont une température de 30°C. Son exploitation a débuté en 1939.

- **Nappe albienne (Nappe des argiles sableuses) :**

La nappe albienne de dernier niveau aquifère est celle des argiles sableuses et de degré de continental intercalaire. Son exploitation a débuté en 1956.

Les eaux de cette nappe sont beaucoup plus chaudes de degré 60° C, sont soumises à forte pression c'est-à-dire l'eau remonte rapidement dans le tubage et arrive en surface.

III-3 Ressources en eau

Deux (02) forages existants sont destinés à alimenter les citoyens de la zone d'étude en eau potable selon les services de l'Algérienne des Eaux (ADE, à savoir :

1. Albien F04
2. Sénonien RIG T124

Les caractéristiques des forages sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau III-1 : Synthèse des forages à travers la zone d'étude

Forage	Horizon Capte	Profondeur	Débit d'exploitation
Albien F04	Albien	1412 m	180 l/s
Sénonien RIG T124	Sénonien	488 m	50 l/s
		TOTAL	230 l/s

III -4 Réseau de distribution

Le réseau de distribution d'eau potable est constitué en forme de grillage pour assurer une distribution stable en cas de panne des conduites, compte tenu des caractéristiques de la ville désertique .La ville est alimentée par quatre (04) chateaux d'eau,chaque chateau d'eau alimenté une zone.

Le réseau d'AEP de la ville est réalisé totalement en PEHD de différents diamètres : 63, 90, 110, 160, 200 et 250, 315, 400, sur une linéaire totale de 88560 ml.

III -5- Evaluation des débits d'eau potable

III -5-1 Calcul des débits de consommation

* Calcul de débit moyen journalier

Le débit moyen est déterminé par la formule suivante:

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

Avec :

N : nombre d'habitant

D : dotation

Q_{moy} : débit moyen journalier

Le nombre d'habitant prévue est égale à 80 000 hab et la dotation est égale à 180 l/j

$$Q_{\text{moy}} = 80000 * 180 = 14400 \text{ m}^3/\text{j}$$

* Détermination du débit maximal journalier

Il est déterminé par la formule suivante:

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

Avec :

K_j : coefficient de variation journalière $1.1 < K_j < 1.3$

Dans ces cas on prendre $K_j = 1.2$

$$Q_{\text{max j}} = 14400 * 1.2 = 17280 \text{ m}^3/\text{j}$$

* Détermination de débit de pointe

Il est déterminé par la formule suivante:

$$Q_{\text{point}} = Q_{\text{moy j}} * K_P$$

Avec :

$$K_P = 1.5 + 2.5 / \sqrt{Q_{\text{moy j}}} = 1.7$$

Donc :

$$Q_{\text{pointe}} = 17280 * 1.7 = 29376 \text{ m}^3/\text{j}$$

III-6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé de représenter la ville, connaître la géologie, hydrogéologique la démographie, le climat et l'état actuel du système d'alimentation en potable.

La zone d'étude est caractérisée par un climat de type saharien, la nappe capte est le Dévonien, le système d'alimentation en potable se compose de : (02) forage – (04) chateaux d'eau– réseau de distribution en PEHD.

Chapitre IV

conception d'une station de déminéralisation

IV -1- Introduction

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

IV-2- Lieu d'implantation de la station

D'après la visite de terrain et l'ordonnancement du plan de masse de la nouvelle ville de Hassi-Messaoud, on a choisi un terrain situé au nord de la ville proche de la route nationale RN03 à 2.5 KM de distance à l'est de la route. Ce terrain est un terrain publique, situé à coté des forages. La surface totale de la station est estimée 1hectare.

IV-3- Refroidisseur

Durant le troisième chapitre, nous avons remarqué que les eaux de consommation de la nouvelle ville de Hassi Messaoud sont caractérisées par une température très élevée d'où la nécessité de la réalisation d'un refroidisseur. L'objectif de cet ouvrage est de refroidir l'eau grâce à une ventilation forcée.

L'eau est refroidie à une température de 25°C sur un tour de refroidissement à ventilation forcée, mettant en jeu le transfert de chaleur par évaporation. L'échange s'effectue par l'intermédiaire de surface assurant un éclatement de l'eau en fines gouttelettes. L'air proche de la saturation en évaporant une partie de l'eau à refroidir.

Donc, on conclut que la détente et le refroidissement des eaux, sont nécessaires pour avoir un rendement plus élevé de l'unité.

IV-4- Dimensionnement de la station de déminéralisation

IV-4-1-Prétraitement

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

Le chaîne de prétraitement se compose de :

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

1- Filtre à sable

Le filtre à sable se compose de trois parties:

- * le fond de filtre qui sert à collecter et évacuer les eaux filtrées et à distribuer uniformément l'eau de lavage.
- * couche de charbon actif consistée existée au dessous de sable.
- * couche de sable de granulométrie 0.4 à 0.8mm
- * couche de gravie de granulométrie 3 à 5mm il existe d'haut de la filtre.



Figure IV-1 : filtre à sable

1\Calcul de filtre à sable

Les données :

- * Débit d'eau traitée = **17280 m³/j**
- * Porosité de sable $\xi = 0.45$
- * Diamètre des particules de sable $d_{ps} = 0.8\text{mm}$
- * La vitesse de passage de l'eau à travers le filtre est de 5 à 10mh
- * viscosité dynamique du fluide $\eta = 1.026 \cdot 10^{-3} \text{Kg/m.s}$
- * 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. [10]

La vitesse de passage doit être choisie à condition que la perte de charge dans le filtre soit faible (<1m)

Calcul des pertes de charge :

Le module poreux de Koseny-Carmen permet de calculer la perte de charge à travers un lit de particules de porosité ξ donnée et de diamètre d_p par la formule suivante :

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

Avec

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

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

η : viscosité dynamique.

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

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

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

Application :

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

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

$$\frac{\Delta P_s}{L_s} = 2155.31 \text{ pas} = 2155,31 * 10^{-5} \text{ bars} = 0.22 \text{ m} < 1\text{m (acceptable)}$$

2\ Calcul de la surface filtrante

$$\Omega = Q_F / V_F$$

$$Q_F = 17280 \text{ m}^3/j = 720 \text{ m}^3/h$$

$$\Omega = 720 / 8$$

$$\Omega = 90 \text{ m}^2$$

On prend $M=10$ filtres d'où la surface d'un filtre S sera égale à:

$$S = \Omega / 10$$

$$S = 9.00 \text{ m}^2$$

Le diamètre d'un filtre sera égal à :

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

$$D = [(4 * S) / \pi]^{1/2} = [(4 * 9) / \pi]^{1/2}$$

$$D = 3.39 \text{ m}$$

2- Microfiltration

1\Calcul de filtre à cartouches

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

Il existe deux types de filtres à cartouches :

- 1-Les cartouches consommables
- 2-Les cartouches régénérables (par nettoyage)

Le filtre à cartouches choisi pour notre cas est de type consommable avec les caractéristiques suivant :

Tableau IV-1 : Caractéristiques de cartouche [11]

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

- Calcul de débit par cartouche Q_c

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

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

On prend 10 filtres d'où la surface d'un filtre à cartouche donc chaque filtre traitée

$$Q_{al} = Q_a / 10 = 17280 / 10 = 1728 \text{ m}^3/\text{j}$$

\ Nombre des cartouches dans chaque filtre

$$N = Q_{al} / Q_c \quad N = 1728 / 87.58$$

$$N = 19.73$$

Donc N=20 cartouches par filtre.

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

Donc: $\Delta p = 20 * 0.204 = 4,08$ bars.

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

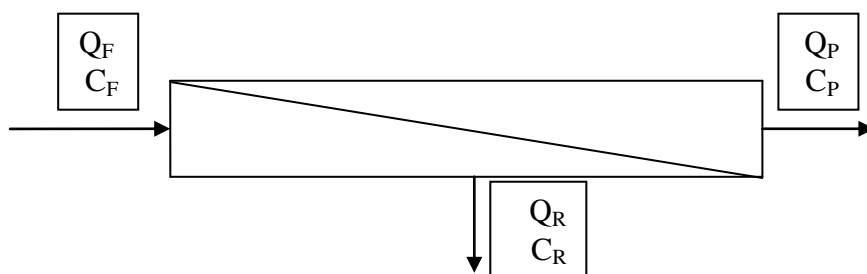


Figure IV-2 : Les cartouches consommables

IV-4-2- Osmose inverse

Quelques définitions

Il est usuel de représenter un osmoseur dans un schéma sous la forme d'un rectangle avec une diagonale qui représente la membrane, comme dans la figure suivante:



Q_F : débit d'eau alimenté l'osmoseur

Q_P : débit d'eau produit, ou débit d'eau passant à travers la membrane

Q_R : débit de rejet

C_F : concentration de solides dissous dans l'eau alimentée l'osmoseur

C_P : concentration de solides dissous de l'eau produit

C_R : concentration de solides dissous de l'eau rejeté

Les modules des membranes

Les modules supportent les membranes, 4 grands types de modules sont commercialisés :

- * Les modules tubulaires
- * Les modules fibres creuses
- * Les modules plans
- * Les modules spirales

Dans l'osmose inverse les modules le plus utilisé est module spirale.

. Les modules spirales

Au sein des modules spirales, une membrane plane est enroulée sur elle-même autour d'un tube poreux qui recueille le filtrat. On obtient ainsi un cylindre multicouches où le perméat

S'écoule selon un chemin spiralé vers le tube poreux tandis que l'alimentation circule axialement dans les canaux.

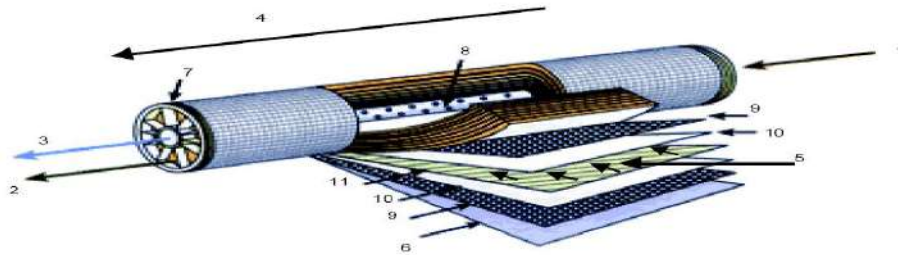


Figure IV-3 : membrane module spirale [12]

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

Pour concevoir le système d'osmose inverse qui permet de produire $17280\text{m}^3/\text{j}$ contenant de solides totaux dissous (TDS) $<1000\text{ mg/l}$ à partir d'eau des forages contenant $2781,94\text{ mg/l}$ de TDS, on choisit une installation de 4 lignes chacune se compose de 3 étages en série rejet.

Nous avons choisit le perméateurs Dupont PERMAZEP type B9, qui est le mieux adapté aux eaux saumâtres.

Ces perméateurs ont un débit de production Q_{w0} établi sous les conditions standard de fonctionnements préconisés par le constructeur

Tableau IV-2 : Caractéristiques initial de membrane PERMAZEP type B9 [13]

Les caractéristiques	Unité	Les valeurs
débit spécifique initial Q_{E0}	GPM	11,81
Diamètre D	inchs	8
Conversion y	%	85
Température T	°C	25
pression de fonctionnement P_f	psi	400
concentration de l'eau d'alimentation (en NaCl) C_F	mg /l	1500
taux de passage de sel SP_0	%	< 10
La perte de charge moyenne $\Delta p_{FRO}/2$	psi	3

- GPD : gallon par jour et $1m^3/j = 264,2$ GPD

- GPM : gallon par minute

- 1 inchs = 2.54 cm

- 1 psi = 0.068 atmo et 1 atmo = 10^5 pas

- La perte de charge moyenne : $\Delta p_{FRO}/2 = 3$ psi

Méthode de calcul

Pour dimensionner le perméateur PERMAZEB type B9 on suite les étapes suivant

- 1- Détermination les paramètres initial qui influençant le dimensionnement, ces paramètres sont :
 - Perméabilité initial de membrane K_{wi}
 - Molalité totale des eaux des forages m_T
 - Concentration de l'eau d'alimentation C_F

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

- 2- Détermination le nombre de perméateur global pour l'installation. Dans cette étape pour les paramètres initiaux calculés précédant nous appliquons une chaîne de calcul pour chaque étage déterminé les paramètres suivant :
 - Débit de production
 - Débit d'alimentation
 - Débit de rejet
 - Les solides totaux de production
 - Les solides totaux de rejet
 - Perte de charge à trévère le perméateur
- 3- Détermination la disposition de les perméateur

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

4- Détermination la qualité d'eau produite.

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

5- Reminéralisations de l'eau produite pour adapter les normes de potabilité.

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

Dans notre cas, les conditions de fonctionnement sont différentes des conditions standard, par conséquent quelques corrections s'imposent, notamment la salinité de l'eau.

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

1- Les facteurs influençant le dimensionnement

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

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

$$Q_{wi0} = K_{wi0} (\Delta p_0 - \Delta \Pi_0)$$

Avec :

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

K_{wi0} : perméabilité initiale de membrane.

Δp_0 : différence de pression à travers la membrane.

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

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

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

Ou :

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

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

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

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

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

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

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

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

La pression osmotique Π peut être calculée à partir des deux expressions suivantes :

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

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

Avec :

T : température en (°C)

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

C : concentration en (ppm NaCl)

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

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

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

Avec :

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

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

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

Y : taux de conversion

C_P : concentration en sels de l'eau produite

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

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

Pour le module B9, aux conditions standard :

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

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

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

Concentration en sels du rejet

$$C_{R0} = \frac{C_{F0}}{1-Y_0} = \frac{1500}{1-0.85}$$

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

Concentration moyenne entre l'alimentation et le rejet

$$C_{FR0} = \frac{C_{F0} + C_{R0}}{2} = \frac{1500 + 10000}{2}$$

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

$$\Delta \Pi = \Pi_{FR} = \frac{0,0385 * C_{FR0} * (T+273)}{1000 - \frac{C_{FR0}}{1000}} = \frac{0,0385 * 5750(25+273)}{1000 - \frac{5750}{1000}}$$

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

$$K'_{wi0} = \frac{1}{\Delta P_0 - \Delta \Pi_0} = \frac{1}{397 - 66.35}$$

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

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

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

Avec :

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

Dans la relation de PCF devient :

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

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

Un autre facteur peut entrer en compte, il s'agit du coefficient de rétention de l'eau au niveau de la membrane, il varie linéairement avec la pression pour une durée de vie donnée. (voir annexe tableau n° :01)

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

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

Avec :

TCF : facteur de correction du débit de production

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

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

D'où le débit corrigé :

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

Avec :

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

2- Emplacement des perméateurs B9 dans l'installation

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

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

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

ΔP_{BAL} : Perte de pression due aux raccords hydrauliques

$\Delta P_{BAL} = 35$ psi pour les perméateurs B9 en utilisant en nylon.

3- Caractéristiques des eaux brutes

Le dimensionnement de notre unité est basé sur la qualité moyenne des deux forages qui alimentent la nouvelle ville de Hassi Messaoud. La qualité de ses eaux saunâtes est récapitulée dans le tableau suivant :

Tableau IV-3 : Caractéristiques des eaux brutes

Constituants	Concentration en mg/l du forage Albien F04	Concentration en mg/l du forage Sénonien RIG T124
Ca ⁺²	214	267,5
Mg ⁺²	133,1	273,90
Na ⁺	425	475
K ⁺	42,5	20
Somme cations	814,60	1036,40
Cl ⁻	769	1100
SO ₄ ⁻²	750	1238
CO ₃ ⁻	0	0
HCO ₃ ⁻	231,8	179,95
NO ₃ ⁻	1,7	1,00
Somme anions	1752,50	2518,95
TDS salinité	2567,1	3555,35
Température	60°C	30°C
Débit exploité (l/s)	180	50

4- Calcul de la molalité (m= mol/1000 gr d'eau)

La molalité est déterminée par la relation suivante :

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

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

Tableau IV-4 : Calcul de molalités :

Eléments	Forage Albién F04		Forage Sénonien RIG T124	
	Concentration en mg/l	Molalité en mol/1000.gr d'eau.10 ⁻³	Concentration en mg/l	Molalité en mol/1000.gr d'eau.10 ⁻³
Ca ⁺²	214	5,364	267,5	6,71
Mg ⁺²	133,1	5,456	273,90	11,27
Na ⁺	425	18,526	475	20,73
K ⁺	42,5	1,092	20	0,51
Cl ⁻	769	21,717	1100	31,10
SO ₄ ⁻	750	7.832	1238	12,94
CO ₃ ⁻	0	0	0	0
HCO ₃ ⁻	231,8	3,810	179,95	2,96
NO ₃ ⁻	1,70	0,00274	1,00	0,0162
La somme	2567,1	55,992	3555,35	86,23

*** Calcul de la molalité totale des deux forages**

D'après les lois des sels transportée du chapitre 2, on calcul la molalité total des deux forage :

$$m_T = \frac{\sum m_1 Q_1 + \sum m_2 Q_2}{Q_1 + Q_2}$$

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

$$m_T = \frac{(63,83 \times 10^{-3} * 180 + 86,23 \times 10^{-3} * 50)}{180 + 50}$$

$m_T = 68,70 * 10^{-3} \text{ mol/1000 gr d'eau}$

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

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

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

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

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

A.N:

$$C_F = \frac{1,12 * 68,7 * 10^{-3} * 10^6}{38,5 + 1,12 * 68,7 * 10^{-3}}$$

C_F = 1994,46 ppm NaCl

5- Calcul du nombre de perméateurs

Nous admettons trois étages avec une conversion totale de 85% pour élever le débit de production. La perte de charge moyenne $\Delta P_{FR} = 6$ psi ; $\Delta P_{FR}/2 = 3$ psi, par module ou perméateur.

Etage 1

- Concentration de l'eau d'alimentation

C_{F1} = 1994,46 ppm NaCl
--

On supposé **Y₁ = 50%**

-Concentration en sels du rejet

$$C_{R1} = \frac{C_{F1}}{1 - Y_1} = \frac{1994.46}{1 - 0.5}$$

C_{R1} = 3988,93 ppm NaCl
--

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

$$C_{FR1} = \frac{C_{F1} + C_{R1}}{2} = \frac{1994,46 + 3988,93}{2}$$

C_{FR1} = 2991,69 ppm NaCl

- Pression osmotique de l'alimentation

$$PPF_1 = 8.308 * 0.9 * (T + 273) * m_T$$

$$= 8.308 * 0.9 * (25 + 273) * 68,70 * 10^{-3}$$

$$PPF_1 = 153,07 \text{ kpa}$$

- Pression osmotique de production

$$PPP_1 = 0.01 * PPF_1 = 0,01 * 153,07$$

$$PPP_1 = 1,53 \text{ kpa}$$

- Pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet

$$PPFR_1 = \frac{0.0385 * C_{FR1} (T+273)}{1000 - \frac{C_{FR1}}{1000}} = \frac{0.0385 * 2991,69 (25+273)}{1000 - \frac{2991,69}{1000}}$$

$$= 34,43 \text{ psi}$$

$$PPFR_1 = 34,43 \text{ pas}$$

- Facteur de correction de la production

$$PCF_1 = K'_{wi0} \left(P_{F1} - \frac{\Delta P_{FR0}}{2} - PPFR_1 \right) = 0.00302 (400 - 3 - 34,43)$$

$$PCF_1 = 1,03$$

- Facteur de correction du flux de rétention de la membrane

MFRC₁ = 0.8 à 400 psi, 25°c et 3 ans durée de vie de la membrane (annexes tableau)

- Facteur de correction de température

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

$$TCF = 1$$

- Débit de production

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

$$= 1,03 * 1 * 0,8 * 11,81$$

$$Q_{P1} = 9,69 \text{ GPM}$$

- Débit d'alimentation

$$Q_{F1} = \frac{Q_{P1}}{Y_1} = \frac{9.69}{0.5}$$

$$Q_{F1} = 19,39 \text{ GPM}$$

2

$$Q_{R1} = Q_{F1} - Q_{P1} = 19,39 - 9,69$$

$$Q_{R1} = 9,70 \text{ GPM}$$

- Débit moyenne entre l'alimentation et le rejet

$$Q_{FR1} = \frac{Q_{F1} + Q_{R1}}{2} = \frac{19,39 + 9,70}{2}$$

$$Q_{FR1} = 14,54 \text{ GPM}$$

- Facteurs de correction du passage de sels

$$SPCF_1 = \frac{C_{F0} * C_{FR1}}{PCF_1 * C_{F1} * C_{FR0}} = \frac{1500 * 2991,69}{1,03 * 1994,46 * 5750}$$

s

$$SPCF_1 = 0,38$$

- Taux de passage de sels

$$SP_1 = SP_0 * SPCF_1 = 0,1 * 0,38$$

$$SP_1 = 0,038 = 3,8\%$$

- Les solides totaux dissous de la production

$$TDSP_1 = SP_1 * TDS_0 = 0,038 * 2781,94$$

$$TDSP_1 = 106,09 \text{ mg/l}$$

- Les solides totaux dissous du rejet

$$TDSR_1 = (1 - SP_1) * TDS_0 = (1 - 0,038) * 2781,94$$

$$TDSR_1 = 2675,85 \text{ mg/l}$$

- Perte de charge à travers le perméateur

On à $Q_{FR1} = 14,54 \text{ GPM}$, en projette cette valeur sur la figure -1- (voire annexe), on trouve la valeur de la perte de charge à travers la perméateurs ΔP_{FR1}

$$\Delta P_{FR1} = 10,23 \text{ psi}$$

On applique les même calcul dans les étages 2 et 3 , les calcul résumé dans le tableau IV-5 et IV-6

Tableau VI-5 : Le calcul de l'étage 2

Paramètres	Formules	Unités	Valeurs
Etage 2 Y₂ = 50%			
- Concentration de l'eau d'alimentation	- C _{F2} = C _{R1}	ppm NaCl	3988,93
- pression d'alimentation	- P _{F2} = P _{F1} - ΔP _{FR1} /2 - P _{BAL}	psi	359,89
- concentration en sels du rejet	$C_{R2} = \frac{C_{F2}}{1-Y_2}$	ppm NaCl	7977,85
- concentration moyenne en sels entre l'alimentation et le rejet	$C_{FR2} = \frac{C_{F2} + C_{R2}}{2}$	ppm NaCl	5983,39
- pression osmotique de l'alimentation	m ₂ = SP ₁ * m ₁ PPF ₂ = 8,308*0,9*(T + 273)*m ₂	mol/1000gr 'eau kpa	0,00262 5,84
- Pression osmotique de production	. PPP ₂ = 0.01*PPF ₂	kpa	0,058
- Pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet	$PPFR_2 = \frac{0,0385 * C_{FR2} (T+273)}{1000 - \frac{C_{FR2}}{1000}}$	psi	69,06
- facteur de correction de la production	$PCF_2 = K'_{wi0} (P_{F2} - \frac{\Delta P_{FR1}}{2} - PPFR_2)$	-	0,81
- facteur de correction du flux de rétention de la membrane	. MFRC ₂ = 0.825 à 359,67	psi	0,828
- Débit de production	- Q_{P2} = PCF₂ * TCF * MFRC₂ * Q_{wi0}	GPM	7,91
- Débit d'alimentation	- Q _{F2} = $\frac{Q_{P2}}{Y_2}$	GPM	15,81
- Débit de rejet	- Q _{R2} = Q _{F2} - Q _{P2}	GPM	7,91
-Débit moyenne entre l'alimentation et le rejet	- Q _{FR2} = $\frac{Q_{F2} + Q_{R2}}{2}$	GPM	11,86
-Facteurs de correction du passage de sels	- SPCF ₂ = $\frac{C_{F0} * C_{FR2}}{PCF_2 * C_{F2} * C_{FR0}}$	-	0,48
-Taux de passage de sels	- SP ₂ = SP ₀ * SPCF ₂	-	0,048= 4,8%
- Les solides totaux dissous de la production	- TDSP ₂ = SP ₂ * TDSP ₁	mg/l	5,13
-Les solides totaux dissous du rejet	- TDSR ₂ = (1- SP ₂) * TDSP ₁	mg/l	100,96
- Perte de charge à travers le perméateurs	- ΔP _{FR2} [Q _{FR2} = 11.86 GPM , on tir ΔP _{FR2}	psi	8,34

Tableau IV-6 : Le calcul de étage 3 :

Paramètres	Formules	Unités	Valeurs
Etage 3 Y₃ = 50%			
- Concentration de l'eau d'alimentation	- C _{F3} = C _{R2}	ppm NaCl	7977,85
- pression d'alimentation	- P _{F3} = P _{F2} - ΔP _{FR2} /2 - P _{BAL}	psi	360,83
- concentration en sels du rejet	$C_{R3} = \frac{C_{F3}}{1 - Y_3}$	ppm NaCl	15955,70
- concentration moyenne en sels entre l'alimentation et le rejet	$C_{FR3} = \frac{C_{F3} + C_{R3}}{2}$	ppm NaCl	11966,78
- pression osmotique de l'alimentation	m ₃ = SP ₂ * m ₂	mol/1000gr 'eau	0,00013
- Pression osmotique de production	-PPF ₃ = 8,308 * 0,9 * (T + 273) * m ₃	kpa	0,26
- Pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet	PPP ₃ = 0.01 * PPF ₃	kpa	0,003
- facteur de correction de la production	$PPFR_3 = \frac{0,0385 * C_{FR3} * (T+273)}{1000 - \frac{C_{FR3}}{1000}}$	psi	127,30
- facteur de correction du flux de rétention de la membrane	PCF ₃ = K' _{wi0} (P _{F3} - $\frac{\Delta P_{FR2}}{2}$ - PPP ₃)	-	0,65
- facteur de correction de température	MFRC ₃ = 0.85 à 320,09	psi	0,856
- Débit de production	TCF = (1.03) ^(T-25)	-	1
- Débit d'alimentation	Q_{P3} = PCF₃ * TCF * MFRC₃ * Q_{wi0}	GPM	6,56
- Débit de rejet	$Q_{F3} = \frac{Q_{P3}}{Y_3}$	GPM	13,12
- Débit moyenne entre l'alimentation et le rejet	Q _{R3} = Q _{F3} - Q _{P3}	GPM	6,56
-Facteurs de correction du passage de sels	$Q_{FR3} = \frac{Q_{F3} + Q_{R3}}{2}$	GPM	9,84
-Taux de passage de sels	$SPCF_3 = \frac{C_{F0} * C_{FR3}}{PCF_3 * C_{F3} * C_{FR0}}$	-	0,60
- Les solides totaux dissous de la production	SP ₃ = SP ₀ * SPCF ₃	-	0,06 = 6,0%
- Les solides totaux dissous du rejet	TDSP ₃ = SP ₃ * TDSP ₂	mg/l	0,31
- Perte de charge à travers le perméateurs	TDSR ₃ = (1 - SP ₃) * TDSP ₂	mg/l	4,82
	ΔP _{FR2} [Q _{FR3} = 9.84 GPM , on tir ΔP _{FR3}	psi	6,92

*** Calcul des conversions**

Nous nous sommes intéressés dans cette partie d'utiliser l'arrangement, pour la détermination des taux de conversion globale et des débits de production totales :

Arrangement 6/4/2

Pour calculer Le débit de production total on prend les valeurs du différent débit de chaque étage dans les tableaux 13 et 14

$$\text{Etage 1 : } 6Q_{P1} = 6 * 9,69 = 58,17 \text{ GPM} \quad (\text{voir le page 46})$$

$$\text{Etage 2 : } 4Q_{P2} = 4 * 7,91 = 31,63 \text{ GPM} \quad (\text{voir tableau N°13})$$

$$\text{Etage 3 : } 2Q_{P3} = 2 * 6,56 = 13,12 \text{ GPM} \quad (\text{voir tableau N°14})$$

Le débit de production total est égale la somme de débit production des trois étage

$$\text{Donc : } Q_{PT} = 58,17 + 31,63 + 13,12$$

$$\boxed{Q_{PT} = 102,92 \text{ GPM}}$$

Calcul du debit d'alimentation par la formule suivent:

$$Q_{FT} = \frac{Q_{PT}}{Y_T} = \frac{102,92}{0,85} \quad Y_T = 85\% \text{ Soit une alimentation :}$$

$$\boxed{Q_{FT} = 121,08 \text{ GPM}}$$

On calculer les différent conversion Y_1, Y_2 et Y_3 pour corrige les calculs de chaque étage.

$$Y_1 = \frac{58,17}{121,08} * 100 \Rightarrow Y_1 = 48,04\%$$

$$Y_2 = \frac{31,63}{121,08 - 58,17} * 100 \Rightarrow Y_2 = 50,27\%$$

$$Y_3 = \frac{13,12}{121,08 - 58,17 - 31,63} * 100 \Rightarrow Y_3 = 41,95\%$$

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

	Etage 01		Etage 02		Etage 03
Y ₁	48,04%	Y ₂	50,27%	Y ₃	41,95%
C _F	1994.46	C _{F2}	3838.47	C _{F3}	7718.82
P _F	400	P _{F2}	359.60	P _{F3}	360.83
C _R	3838.47	C _{R2}	7718.82	C _{R3}	13296.42
C _{FR}	2916.47	C _{FR2}	5778.64	C _{FR3}	10507.62
m	0.06870	m ₂	0.00255	m ₃	0.00012
PPF	153.07	PPF ₂	5.68	PPF ₃	0.25
PPP	1.53	PPP ₂	0.057	PPP ₃	0.003
PPFR	33.56	PPFR ₂	66.68	PPFR ₃	111.61
PCF	1.03	PCF ₂	0.81	PCF ₃	0.69
MFRC	0.80	MFRC ₂	0.828	MFRC ₃	0.856
TCF	1.00	TCF ₂	1.00	TCF ₃	1.00
Q_P	9.72	Q_{P2}	7.96	Q_{P3}	7.01
Q _F	20.23	Q _{F2}	15.83	Q _{F3}	16.71
Q _R	10.51	Q _{R2}	7.87	Q _{R3}	9.70
Q _{FR}	15.37	Q _{FR2}	11.85	Q _{FR3}	13.21
SPCF	0.37	SPCF ₂	0.48	SPCF ₃	0.51
SP	0.037	SP ₂	0.048	SP ₃	0.051
TDSP	103.18	TDSP ₂	4.98	TDSP ₃	0.26
TDSR	2678.76	TDSR ₂	98.20	TDSR ₃	4.73
ΔP _{FR}	10.81	ΔP _{FR2}	8.33	ΔP _{FR3}	9.29

*** Calcul des nouvelles conversions**

Pour calculer le débit de production total en calcul de débit total de chaque étage (voir le tableau 15):

Le débit de chaque étage en calculer par la formule suivant :

Etage 1 : $6Q_{P1} = 6 * 9.72 = 58,31$ GPM

Etage 2 : $4Q_{P2} = 4 * 7,96 = 31,83$ GPM

Etage 3 : $2Q_{P3} = 2 * 7,01 = 14,02$ GPM

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

Donc : $Q_{PT} = 58,31 + 31,83 + 14,02$

Q_{PT} = 104,15 GPM

Calcul de débit d'alimentation par la formule suivent

$$Q_{FT} = \frac{Q_{PT}}{Y_T} = \frac{104,15}{0,85} \quad Y_T = 85\% \quad \text{Soit une alimentation :}$$

Q_{FT} = 122,53 GPM

les différents conversion inférieur à 1% les résultat acceptable ou les différents conversion supérieur à 1% en Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions

$$Y_1 = \frac{58,31}{122,53} * 100 \Rightarrow Y_1 = 47,58\% \neq 48,04\% ; \Delta Y_1 = 0,46\% < 1\%$$

$$Y_2 = \frac{31,83}{122,53 - 58,31} * 100 \Rightarrow Y_2 = 49,55\% \neq 50,27\% ; \Delta Y_2 = 0,72\% < 1\%$$

$$Y_3 = \frac{14,02}{122,53 - 29,15 - 15,91} * 100 \Rightarrow Y_3 = 43,27\% \neq 41,95\% ; \Delta Y_3 = 1,33\% > 1\%$$

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

Tableau IV-8: Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions

	Etage 1		Etage 2		Etage 3
Y ₁	47,58%	Y ₂	49,55%	Y ₃	43,27%
C _{F1}	1994.46	C _{F2}	3805.04	C _{F3}	7542.43
P _{F1}	400	P _{F2}	359.52	P _{F3}	360.74
C _{R1}	3805.04	C _{R2}	7542.43	C _{R3}	13296.42
C _{FR1}	2899.75	C _{FR2}	5673.74	C _{FR3}	10419.42
m ₁	0.06870	m ₂	0.00253	m ₃	0.00012
PPF ₁	153.07	PPF ₂	5.64	PPF ₃	0.25
PPP ₁	1.53	PPP ₂	0.056	PPP ₃	0.002
PPFR ₁	33.37	PPFR ₂	65.47	PPFR ₃	110.67
PCF ₁	1.03	PCF ₂	0.82	PCF ₃	0.70
MFRC ₁	0.80	MFRC ₂	0.828	MFRC ₃	0.856
TCF ₁	1.00	TCF ₂	1.00	TCF ₃	1.00
Q _{P1}	9.72	Q _{P2}	7.99	Q _{P3}	7.03
Q _{F1}	20.43	Q _{F2}	16.12	Q _{F3}	16.25
Q _{R1}	10.71	Q _{R2}	8.13	Q _{R3}	9.22
Q _{FR1}	15.57	Q _{FR2}	12.12	Q _{FR3}	12.73
SPCF ₁	0.37	SPCF ₂	0.48	SPCF ₃	0.52
SP ₁	0.037	SP ₂	0.048	SP ₃	0.052
TDSP ₁	102.53	TDSP ₂	4.88	TDSP ₃	0.25
TDSR ₁	2679.41	TDSR ₂	97.65	TDSR ₃	4.63
ΔP _{FR1}	10.95	ΔP _{FR2}	8.53	ΔP _{FR3}	8.96

*** Calcul des nouvelles conversions**

Pour calculer le débit de production total en calcul de débit total de chaque étage (voir le tableau 16):

Le débit de chaque étage en calculer par la formule suivant :

Etage 1 : $6Q_{P1} = 6 * 9,72 = 58,34$ GPM

Etage 2 : $4Q_{P2} = 4 * 7,99 = 31,94$ GPM

Etage 3 : $2Q_{P3} = 2 * 7,03 = 14,06$ GPM

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

Donc : $Q_{PT} = 58,34 + 31,94 + 14,06$

Q_{PT} = 104,35 GPM

Calcul de débit d'alimentation par la formule suivent

$$Q_{FT} = \frac{Q_{PT}}{Y_T} = \frac{104,35}{0,85} \quad Y_T = 85\% \quad \text{Soit une alimentation :}$$

$$Q_{FT} = 122,76 \text{ GPM}$$

$$Y_1 = \frac{58,34}{122,76} * 100 \Rightarrow Y_1 = 47,52\% \neq 47,58\% ; \Delta Y_1 = 0,06\% < 1\%$$

$$Y_2 = \frac{31,94}{122,76 - 58,34} * 100 \Rightarrow Y_2 = 49,59\% \neq 49,55\% ; \Delta Y_2 = 0,04\% < 1\%$$

$$Y_3 = \frac{14,06}{122,76 - 58,34 - 31,94} * 100 \Rightarrow Y_3 = 43,30\% \neq 43,27\% ; \Delta Y_3 = 0,03\% < 1\%$$

Ces résultats sont en bon accord avec les premiers.

*Calcul du débit spécifique du perméateurs à la production

$$Q_{\text{spc}} = \frac{Q_{PT}}{12} = \frac{104,35}{12} = 8,70 \text{ GPM/perméateur}$$

*Calcul du nombre des perméateurs total de l'installation

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

Avec : Q_{WT} = débit total de production

Q_{WT} = débit d'eau brute x conversion total

$$Q_{WT} = 17280 \times 0,85 \times 264,2 / (24 \times 60)$$

$$Q_{WT} = 2694,84 \text{ GPM}$$

$$N_T = \frac{2694,84}{8,70} = 309,91 \approx 310 \text{ perméateur D'où :}$$

* Calcul du nombre de perméateur dans chaque ligne

Le calcul ce fait comme suit :

$$n = \frac{N_T}{4} = \frac{310}{4} = 77,5 \approx 78 \text{ perméateur}$$

*** Calcul de la disposition par étage**

$$\text{Etage 1 : } 78 * \frac{6}{12} = 39 \text{ perm}$$

$$\text{Etage 2 : } 78 * \frac{4}{12} = 26 \text{ perm}$$

$$\text{Etage 3 : } 78 * \frac{2}{12} = 13 \text{ perm}$$

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

$$\text{Etage 1: } Q_{P1} = 9,72 * 39 = 379,19 \text{ GPM}$$

$$\text{Etage 2: } Q_{P2} = 7,99 * 26 = 207,64 \text{ GPM}$$

$$\text{Etage 3: } Q_{P3} = 7,03 * 13 = 91,42 \text{ GPM}$$

Donc le débit de production d'une ligne devient :

$$Q_{Pt} = 379,19 + 207,64 + 91,42$$

$$Q_{Pt} = 678,25 \text{ GPM}$$

Donc le débit de production de notre installation d'osmose inverse pour la disposition 3/2/1 est :

$$Q_{PT} = 4 * Q_{Pt} = 4 * 678,25$$

$$Q_{PT} = 2713 \text{ GPM}$$

$$Q_{PT} = 14787 \text{ m}^3/\text{j}$$

*** Calcul du débit de rejet**

$$Q_{RT} = 9,22 * 13 * 4 = 479,35$$

$$Q_{RT} = 479,35 \text{ GPM}$$

*** Calcul de la conversion totale**

$$Y_T = \frac{Q_{PT}}{Q_{PT} + Q_{RT}} = \frac{2713}{2713 + 479,35} * 100$$

$$Y_T = 84,98\%$$

- Prévision de qualité d'eau osmose** Calcul de la concentration moyenne des deux forages**

Pour le calcul de la qualité des eaux produites, on va déterminer la concentration moyenne des deux forages pour chaque constituant, en utilisant la loi des sels transportés.

Les résultats obtenus sont dans le tableau ci-dessous :

Exemple de calcul :

$[Ca^{+2}]_1=162,5$ mg/l (cas de forage Albien F04) avec $Q_1=180$ l/s

$[Ca^{+2}]_2=165$ mg/l (cas de forage Sénonien RIG T12) avec $Q_1=50$ l/s

$$[Ca^{+2}]_{\text{moy}} = \frac{Q_1 [Ca^{+2}]_1 + Q_2 [Ca^{+2}]_2}{\sum Q}$$

A.N :

$$[Ca^{+2}]_{\text{moy}} = \frac{180 * 214 + 50 * 267,5}{230}$$

$[Ca^{+2}]_{\text{moy}}=162,97$ mg/l

Tableau IV-9: La détermination de la concentration moyenne des deux forages pour chaque ion :

Les ion	Concentration en mg/l Albien F04	Concentration en mg/l Sénonien RIG T12	Concentration moyenne des deux forages en mg/l
Ca^{+2}	214	267,5	225,63
Mg^{+2}	133,1	273,9	163,71
Na^{+}	425	475	435,87
K^{+}	42,5	20	37,61
cl^{-}	769	1100	840,96
SO_4^{-}	750	1238	856,09
CO_3^{-}	231,8	179,95	220,53
HCO_3^{-}	0	0	0,00
NO_3^{-}	1,7	1	1,55
TOTAL	2567,1	3555,35	2781,94

*** 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 les conditions standard de fonctionnement.

Le taux de passage en sel (SP), dans les conditions de fonctionnement est différent.

On calcul le taux de passage en sels (SP), pour les trois étage ainsi que le total par la méthode suivante :

*** Pour la disposition 6/4/2**

Suivant la même méthode on fait les calculs pour la disposition 3/2/1, on utilisant les même taux de passage des sels et les même concentration, on change les conversion Y_1 , Y_2 et Y_3 ainsi que les débit de production Q_{P1} , Q_{P2} , Q_{P3} et Q_{PT} .

Avec :

Les valeurs ci-dessous dans le tableau (16)

$Y_1=47,52\%$	$Q_{P1}=58,34$ GPM	$SP_1=0,037$
$Y_2=49,59\%$	$Q_{P2}=31,94$ GPM	$SP_2=0,048$
$Y_3=43,30\%$	$Q_{P3}=14,06$ GPM	$SP_3=0,052$

Etage 1

*** Concentration du l'eau produite**

$$[Ca^{+2}]_{P1}=SP_1 * [Ca^{+2}]_F=0,037 * 225,63$$

$$[Ca^{+2}]_{P1}=8,32 \text{ ppm}$$

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

$$[Ca^{+2}]_{R1} = \frac{[Ca^{+2}]_F - Y_1 * [Ca^{+2}]_{P1}}{1 - Y_1} = \frac{225,63 - 0,4752 * 8,32}{1 - 0,4752}$$

$$[Ca^{+2}]_{R1}=422,41 \text{ ppm}$$

Etage 2

*** Concentration du l'eau produite**

$$[Ca^{+2}]_{P2}=SP_2 * [Ca^{+2}]_{R1}=0,048 * 422,41$$

$$[Ca^{+2}]_{P2}=20,12 \text{ ppm}$$

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

$$[Ca^{+2}]_{R2} = \frac{[Ca^{+2}]_{R1} - Y_2 * [Ca^{+2}]_{P2}}{1 - Y_2} = \frac{422,41 - 0,4959 * 20,12}{1 - 0,4959}$$

$$[Ca^{+2}]_{R2}=818,09 \text{ ppm}$$

Etage 3

*** Concentration du l'eau produite**

$$[Ca^{+2}]_{P3}=SP_3 * [Ca^{+2}]_{R2}=0,052 * 818,09$$

$$[Ca^{+2}]_{P3}=42,38 \text{ ppm}$$

*Calcul de la concentration moyenne

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

$$= \frac{58,34 * 8,32 + 31,94 * 20,12 + 14,06 * 42,38}{104,35}$$

$$[Ca^{+2}]_{moy}=16,52 \text{ ppm}$$

Suivant la même méthode on fait les calculs pour le reste des concentrations, Ainsi que pour le 2eme et le 3eme étage. Le tableau -ci-après résume les différents calculs :

Tableau IV-10 : Calcul de la concentration de l'eau osmose

Elts.	Etage1				Etage2			Etage3		moyenne
	Aliment en ppm	SP1 %	Prod En ppm	Rejet en ppm	SP2 %	Prod En ppm	Rejet en ppm	SP3 %	Prod En ppm	Conce moy en ppm
Ca ⁺²	225,63	0,037	8,32	422,41	0,048	20,12	818,09	0,052	42,38	16,52
Mg ⁺²	163,71		6,03	306,49		14,60	593,57		30,75	11,99
Na ⁺	435,87		16,06	816,01		38,87	1580,37		81,87	31,92
K ⁺	37,61		1,39	70,41		3,35	136,36		7,06	2,75
cl ⁻	840,96		30,99	1574,39		74,99	3049,13		157,96	61,58
So ₄ ⁻	856,09		31,55	1602,72		76,34	3103,99		160,80	62,68
CO ₃ ⁻	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
HCO ₃ ⁻	220,53		8,13	412,86		19,66	799,59		41,42	16,15
NO ₃ ⁻	1,55		0,06	2,90		0,14	5,61		0,29	0,11
										203,70

Remarque

On remarque que l'eau osmose à une salinité de 203,70 ppm, alors que l'eau été à une salinité de 1602,89 ppm avant la déminéralisation.

Les résultats obtenus présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV-11 : Tableau récapitulatif de tous les résultats

L'arrangement	Les étages	Taux de conversion par étage Y_i (%)	Nombre de perméateurs par étage	Débit de production par étage en (m^3/j)	Nombre de perméateurs total	Taux de conversion globale en %	Q_{PT} en (m^3/j)	Salinité résiduelle TDSPT en (mg/l)
6/4/2	1 ^{ère}	47,52	39	2066,74	310	84,98	14787	203,70
	2 ^{ème}	49,59	26	1131,73				
	3 ^{ème}	43,30	13	498,29				

6- Interprétation des résultats

Pour la détermination des conversion totales et des débits de production , on a étudié L'arrangements «6/4/2»,les résultats obtenus:

- un débit de production total :

$$Q_{PT} = 14787 \text{ m}^3/\text{j}$$

- Une qualité d'eau traitée satisfaisante :

$$TDS_T = 203,70 \text{ mg/l}$$

- Avec un taux de conversion total ;

$$Y_T = 84,98 \%$$

Aussi cette disposition, donne le nombre minimum de perméateurs, ce qui permet d'éviter le problème d'encombrement et un coût d'investissement et d'exploitation plus faible.

7-Reminéralisations

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

* Calcul la quantité d'eau ajoutée du réservoir

On donne :

- Salinité d'eau pure $TDS_{PU} = 2781,94 \text{ mg/l}$
- Salinité d'eau produite $TDS_P = 207,3 \text{ mg/l}$
- Salinité d'eau potable pour les normes algérienne $TDS_N = 500 \text{ mg/l}$
- Débit d'eau produit $Q_P = 14787 \text{ m}^3/\text{j}$.

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

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

Donc :

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

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

$$\begin{aligned} Q_A &= ((500 - 207,3) * 14787) / (2781,94 - 500) \\ &= 1920,04 \text{ m}^3/\text{j} \end{aligned}$$

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

$$Q = 14787 + 1920,04 = 16707,04 \text{ m}^3/\text{j}$$

La concentration des sels minéraux est égale $TDS = 500 \text{ ppm NaCl}$

8- Les pompes nécessaires pour la station

Le choix de la pompe se fait les critères suivants :

- le débit d'exploitation
- l'hauteur manométrique totale H_{MT}
- la consommation d'énergie (puissance)

Donc: dans la station il existe trois type du pompe

- pompe centrifuge : 06 pompes type IR50-200/NA les caractéristiques suivent

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

- pompe immergé : 05 pompes type Sp-181-C/8 les caractéristiques suivent

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

- pompe haut pression : 08 pompes type IR65 les caractéristiques suivent

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

IV-4-3- Chloration par hypochlorite sodium

Principe de fonctionnement

Les eaux, qu'elles aient subies ou non un traitement préalable, et même si elles sont parfaitement limpides, se trouvent contaminées par des microbes qui peuvent être dangereux pour l'homme.

Le chlore, par sa grande efficacité à très faible dose et par sa facilité d'emploi, est le réactif le plus utilisé Pour assurer la stérilisation de l'eau.

Le mélange de chlore avec la masse d'eau à stériliser s'effectue dans le bassin de stockage des eaux traitées. Une pompe doseuse avec son bac de réserve alimente et régularise la quantité d'eau de Javel à injecter (5 à 6 grammes de chlore par m³ d'eau à traiter).

Dosage du chlore

On considère qu'il y a désinfection de l'eau si la concentration fois le temps de contact respecte les valeurs suivantes :

- 0.5 ppm × 30 minutes pour chlore libre
- 0.2 ppm × 15 minutes pour le dioxyde de chlore

Ce matériel est placé dans un local séparé. Une canalisation de refoulement en vinyle le relie au bassin.



Figure IV-4: Appareil monobloc de dosage de chlore

IV-5- Conclusion

La station dimensionnée pour la déminéralisation des eaux de consommation de la nouvelle ville de Hassi Messaoud débute par un prétraitement qui comporte un filtre à sable et une microfiltration de filtre à cartouche. Pour le traitement principal, on a opté pour l'osmose inverse, la membrane contient quatre lignes chaque ligne contient trois étages avec un l'arrangement 6/4/2. Concernant la désinfection, les eaux traitées sont dosées par l'hypochlorite de sodium afin de détruire les micro-organismes pathogènes.

Chapitre V

Calculs coût de la station

V-1- Introduction

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

V-2- Investissement [10]

Les charges d'investissement comportent les différentes dépenses liées à la construction des locaux et à l'achat des équipements principaux et auxiliaires.

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

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

Tableau V-1: Prix de la construction de l'unité

N°	Nature des ouvrages	Unité de mesure	Quantité	Prix Unitaire DA	Prix total DA
1	Bâtiment (hangar)	Unité	01	40 000 000,00	40 000 000,00
2	clôture	m L	400	25 000,00	10 000 000,00
3	Pose des conduites	m L	1000	6 000,00	6 000 000,00
4	Réservoirs 2000 m ³	unité	2	200 000 000,00	400 000 000,00
				Total	456 000 000,00

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

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

- Les pompes :
- 05 pompes immergées installer pour l'alimentation de l'unité
 - 06 pompes centrifuges (03 pompes pour refouler l'eau dans le réservoir de stockage après la station et une seule pompe pour évacuée le rejet, et 02 pompes pour la reminéralisation
 - 09 pompes haute pression installer pour les étages par l'arrangement 6/4/2

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

N°	Nature de l'équipement	Nombre	Prix unitaire	Prix total DA	
1	Tronsformateur	01	11 200 000,00	11 200 000,00	
2	Groupe électrogène	01	12 000 000,00	12 000 000,00	
3	Pompes immergées	05	500 000,00	5 500 000,00	
4	Pompes centrifuges	06	600.000,00	3 600.000,00	
5	Pompes haute pression	09	900 000,00	8 100 000,00	
				Total	30 400 000,00

V-2-3- Prix de l'équipement de l'osmoseur

Tableau V-3 : Prix de l'équipement de l'osmoseur

N°	Nature de l'équipement	Nombre	Prix unitaire	Prix total DA
1	Membranes	310	250 000,00	77 500 000,00
2	Corps des membranes	48	350 000,00	16 800 000,00
3	Filtre à cartouche	200	3 500,00	700 000,00
4	Corps du filtre à cartouches	10	120 000,00	1 200 000,00
5	Filtres à sables	10	1 250 000,00	12 500 000,00
	Appareille de dosage du l'eau de javelle	04	180 000,00	720 000,00
6	Appareille qui injectée Antiscalon	04	185 000,00	740 000,00
7	Ensemble des tuyaux sou pression (PEHD) (Φ90)	450 ml	1 000,00	450 000,00
8	Ensemble des tuyaux haut pression (inox) (Φ63)	300 ml	2 000,00	600 000,00
			Total	111 210 000,00

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

Donc : le prix total d'investissement direct est égale : **597 610 000,00 DA**

V-3- Charges annuelles d'exploitation (A) [10]

Les charge annuelles d'exploitation se composent de:

- * coût d'investissement directe et indirect par an.
- * charges de personnels
- * l'amortissement et les charges de maintenances et de réparation.
- * l'énergie consommée

V-3- 1 Coût d'investissement indirect

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

- intérêts (15 à 20 % de CI)
- Mesures prises (10 % de Ci)

-imprévis (16%)

- Capital (5% de Ci)

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

$$C_{II}/10 = 597\,610\,000,00/10 = 59\,761\,000,00 \text{ DA}$$

V-3- 2- charge de main-d'œuvre

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

Tableau V-4 : charge de main-d'œuvre

N°	Fonction	Nombre	Durée (mois)	Salaire	Total salaire
1	Chef d'exploitation	01	12	60 000,00	720 000,00
2	Ingénieur	03	12	50 000,00	1 800 000,00
3	Technicien	06	12	35 000,00	2 520 000,00
4	Agent de sécurité	06	12	20 000,00	1 440 000,00
5	Ouvrier	04	12	18 000,00	864 000,00
6	Femme de ménage	03	12	12 000,00	432 000,00
7	jardinier	02	12	15 000,00	360 000,00
				Total	8 136 000,00

Pour le tableau V-4, le choix du nombre de personnels de la station est en fonction de la taille de la station, de son importance et son régime en marche (24h).

V-3-3- Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station [10]

1/L'amortissement

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

L'amortissement est considéré comme la prise en compte de la perte de valeur que subit un bien durable.

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

***Amortissement constant**

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

Annuité d'amortissement=Valeur d'achat/Nombre d'année
--

Amortissement dégressif

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

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

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

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

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

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

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

Tableau V-5 : Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station

N°	Natures des ouvrages et équipements	Capital investi K ou PDA	Charges d'amortissement		Charges de réparation et d'entretien	
			%	DA	%	DA
1	Equipements. électrique	23 200 000,00	10	2 320 000,00	3,8	881 600,00
2	Pompes	7 200 000,00	20	1 440 000,00	3,8	273 600,00
3	Pose des conduites	6 000 000,00	5	300 000,00	2,2	132 000,00
4	Deux Réservoirs	400 000 000,00	3,5	14 000 000,00	2,2	8 800 000,00
5	Clôture	10 000 000,00	3,5	350 000,00	2,2	220 000,00
6	Bâtiments	40 000 000,00	3,5	1 400 000,00	2,2	880 000,00
7	Appareille qui injectée antiscalon	740 000,00	5	37 000,00	3,8	28 120,00
8	Appareille de dosage du chlore	720 000,00	5	36 000,00	3,8	27 360,00
9	Filtres à sables	12 500 000,00	3.5	437 500,00	1,2	150 000,00
10	Corps du filtre à cartouches	1 200 000,00	6.5	78 000,00	2,2	26 400,00
11	Filtre à cartouche	700 000,00	65	455 000,00	10	70 000,00
12	Corps des membranes	16 800 000,00	3	504 000,00	2,2	369 600,00
13	Membranes	77 500 000,00	10	7 750 000,00	1,5	1 162 500,00
14	Ensemble de tuyaux (PEHD)	450 000,00	3	13 500,00	2,2	9 900,00
15	Ensemble de tuyaux (inox)	600 000,00	5	30 000,00	2,2	13 200,00
			Total	29 151 000,00	Total	13 044 280,00

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

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

V-3- 4- Coût de l'énergie électrique

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

Le prix de 1Kwh est 4,472 DA

Donc coût de l'énergie est $C_E = 4,472 * p_t$

$$p_t = \sum np_i$$

Avec :

P_i : puissance de chaque pompe

n : nombre des pompes

$$p_t = 6 * 15 + 5 * 20 + 8 * 40 = 510 \text{ kw}$$

$$C_E = 4,472 * 510 = 2280,72 \text{ DA /h}$$

$$\text{Donc : } C_E = 19\,979\,107,20 \text{ DA/ans}$$

V-4- Calcul du prix du m³ d'eau produit par osmose inverse

V-4-1- Calcul du coût de production Coût_{TP}

Connaissant les charges annuelles d'exploitation et la quantité d'eau produite, on peut déterminer le coût d'1m³ d'eau par la formule suivante :

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

$$\text{Coût}_{1p} = C / Q_{P/AN}$$

A cette valeur s'ajoute la T.V.A (Taxe à la Valeur Ajoutée) qui est 19% du Coût 1m³

Donc ;

Le coût_{TP} total est :

$$\text{Le coût}_{TP} = \text{Coût}_1 * (1 + 0.19)$$

Application :

Charges annuelles d'exploitation

$$C = 597\,610\,000,00 + (29\,151\,000,00 + 13\,044\,280,00) + 8\,136\,000,00 + 19\,979\,107,20 = 667.920.387,2 \text{ DA/ans}$$

$$\text{Coût}_{1p} = 667.920.387,2 / (14787,00 * 365) = 123,75 \text{ DA/m}^3 \text{ HT}$$

$$\text{Donc Coût}_{TP} = 123,75 * 1,19 = 147,26 \text{ DA/m}^3 \text{ TTC}$$

Coût_{TP} = 147,26 DA

V-4-2 Prix de vente P_v

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

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

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

$$P_v = \text{Coût}_{1p} * (1,2)$$

Application :

$$P_v = 147,26 * 1,2 = 176,71 \text{ DA}$$

$P_v = 176,71 \text{ DA}$

V-5- Conclusion

L'étude technico-économique d'une station de déminéralisation est d'un grand intérêt afin d'évaluer le coût total de la station. Dans notre cas, le mètre cube de l'eau produit est estimé à 176,71 DA.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de cette étude est de concevoir une station de déminéralisation pour les eaux de consommation de la nouvelle ville de Hassi Messaoud qui se caractérisent par une forte salinité et une température élevée. La station conçue comporte trois étapes principales, la première étape concerne le prétraitement qui se compose d'un filtre à sable et d'une microfiltration à cartouche. La deuxième étape est celle de traitement principal, on a choisi l'emploi de l'osmose inverse. La membrane utilisée comprend quatre lignes, chaque ligne comporte trois étages. L'arrangement utilisé pour la disposition des modules est 6/4/2. L'étude technico-économique a permis d'évaluer le prix de mètre cube d'eau produit qui est égale à 147,26 DA.

Afin d'assurer une durée de vie assez longue pour cette station, une bonne exploitation ainsi qu'une gestion rationnelle s'avère d'une grande importance.

Références bibliographiques

- [1] KETTAB.A. ' ' Traitement des eaux (Les eaux potables) ' ', Edition Office des publications universitaires, ALGER, 1992.
- [2] RODIER.J. " L'analyse de l'eau", 8^e édition, Edition DUNOD, paris, 2005.
- [3] OUANOUGHIS et KEMASSI.A. " Mémoire de Fin d'études (Chloration des Matières Organiques et Effet de la Minéralisation)", mémoire d'ingénieur d'état En Hydraulique, Centre Universitaire Mohamed Khidar, Biskra, 1997.
- [4] DAOULIN. "Mémoire de fin d'études "Etude descriptif et qualitatif de la station de dessalement des aiséés Ben omor frères ", mémoire de DUEA en traitement des eaux et des fluides, UKM, Ouargla, 2006.
- [5] DESJARDINS.R. " Le traitement des eaux", 2^e édition, Edition de l'école polytechnique de Montréal, Québec, 1997.
- [6] DEGREMENT, " Mémento technique de l'eau", Edition Chirat, France, 2005.
- [7] OUALI.M. " Cours de Procèdes Unitaires Biologique et Traitement des eaux", Edition Office des Publications Universitaires, ALGER, 2001.
- [8] CARDOT.C. " Les traitements de l'eau (procédés physico-chimiques et biologiques cours et problèmes résolus)", Edition ellipses, France, 2002.
- [9] - Anonyme : 2013 "Finalisation des études d'aménagement et d'urbanisme de la ville nouvelle de Hassi Messaoud - wilaya de ouargla"
- [10] Whittier: raffinage et génie chimique, ED. Technique N°02
- [11] R.EDINOS : électrodialyse, traité analyse et caractéristique (technique de l'ingénieur) page 1725, Toulouse France 1999
- [12] Enrico Riboni: Purification de l'eau dans l'industrie, nouvelle édition, page 41-60
- [13] Anonyme: technical bulletin N°501, 1977 DUPONT CMO
- [14] Bouziani.M : l'eau de la péruvien aux maladies 1^{er} édition page 25-30
- [15] Anonyme: Chemical engineering, Août 1978
- [16] S.KEHAL : Rétrospective et perspectives du dessalement en Algérie Sep 2000
- [17]QUAPROX; 1992: traitement des eaux .eaux naturelles. Tome I
- [18] Par Jean-Marc BERLAND: Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau, nouvelle édition page 247