

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**



Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté des sciences appliquées

Département d'Hydraulique et Génie Civil

Filière : Hydraulique

Spécialité : Traitement, épuration et Gestion des eaux.

Mémoire présenté par :

NEZLI Amel

En vue de l'obtention du titre de MASTER

Thème

**Etude de stations de déminéralisation de la ville de
Ouargla: cas des stations Gharbouz , Ziaina et
Bamandil**

Soutenu Publiquement le : 05/06/ 2017

Devant le jury :

BOUZIANE.L	MAA	UKMO	Président
GHERAIRI.Y	MAA	UKMO	Examineur
SAGGAI. S	MCA	UKMO	Encadreur
BELMABDIA	MAA	UKMO	Co-Encadreur

2016/2017

وجعلنا من الماء
كل شيء حي



REMERCIEMENTS

*Avant tout, nous remercions ALLAH. Tout puissent de nous avoir
Accorder la force, courage et moyens pour accomplir ce modeste travail.
Au terme de cette recherche, nous tenons à remercier vivement notre
promoteur Monsieur **SAGGAI Sofiane** et notre Co -promoteur Madame
BELMABEDI Amel pour l'encadrement qu'ils nous ont assuré, leurs
encouragements et leurs conseils judicieux et avisés.*

Mes remerciements vont également à l'ensemble des personnels des :

- ❖ Laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE)*
- ❖ Personnel de l'A.N.R.H de Ouargla.*
- ❖ Personnel de l'algérienne des eaux de Ouargla.*
- ❖ Personnel de l'O.N.M de Ouargla.*

*Pour ses aides documentaires utiles, pour leurs accueils, et pour la mise à
disposition de la bibliothèque et leurs archives des travaux réalisés dans
la région.*

*Nous remercions toute l'équipe de laboratoire de recherche Génie de l'eau
et de l'environnement en milieu Saharien pour leur collaboration dans la
réalisation de ce travail.*

*Tous mes enseignants m'ont constamment été d'un immense soutien tout
au long de mes études.*

*Enfin, je tiens à remercier vivement monsieur le président et les
membres de jury d'avoir accepté de juger ce modeste travail.*

NEZZI Amel

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail en sens de reconnaissance et de respect :

- A ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont Consenté à mon égard.

- A mon frère : Abde El Azize

- A ma sœur : fatma Zohra

- A toute les membres des familles ; NEZZI et REKABI

Je n'oublierai jamais mes chers camarades :

Zahra , ASMA ,IMANE , Manel , nadia.

A tous mes professeurs du département hydraulique.

Amel

LISTE DES TABLEAUX

N° De tableaux	Titres des tableaux	page
Tableau I.1	Classification des techniques utilisant des membranes (condition sothermes)	5
Tableau I.2	Résines cationiques fortes	7
Tableau I.3	Echangeurs anioniques	7
Tableau I.4	Différents composés rencontrés dans les eaux naturelles et les techniques permettant leur élimination	8
<i>Tableau II.1</i>	Données climatiques de la région d'Ouargla, période 2004-2016.	16
<i>Tableau II.2</i>	les noms et les caractéristiques des trois stations	23
<i>Tableau II.3</i>	Capacité de traitement et taux de conversion	23
<i>Tableau II.4</i>	les caractéristiques techniques du forage	24
<i>Tableau II.5</i>	La qualité requise de l'eau traitée.	25

LISTE DES FIGURES

N° De tableaux	Titres des tableaux	Page
Figure I.1	Lors du transfert de l'espèce i entre les deux phases 1 et 2, la membrane joue le rôle d'interface.	4
Figure I.2	Principe de l'osmose inverse	9
Figure I.3	Principe de l'ultrafiltration	11
Figure I.4	Principe de l'électrodialyse	13
Figure II.1	Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972)	18
Figure II.2	Schéma de la fluctuation de la nappe phréatique	20
Figure IV.1	Variation des valeurs et le rendement de la température	36
Figure IV.2	Variation des valeurs et le rendement de la conductivité	37
Figure IV.3	Variation des valeurs et le rendement de la pH	38
Figure IV.4	Variation des valeurs et le rendement de la salinite	39
Figure IV.5	Présentation des résultats des analyses physico-chimique de l'eau brute sur le diagramme de Piper	40
Figure IV.6	Présentation des résultats des analyses physicochimique de l'eau osmosée sur le diagramme de Piper	41
Figure IV.7	Présentation des résultats des analyses physico-chimique de l'eau sortie sur le diagramme de Piper	42

LISTE DES PHOTOS

N° De tableaux	Titre des photos	page
Photo. I.1	Système d'échangeur d'ions.	8
Photo. I.2	Installation de dessalement d'eau	10
Photo II.1	débitmètre électromagnétique	25
Photo II.2	refroidisseur de la station de ziaina (S6)	27
Photo III.1	Multi paramètre	33

SOMMAIRE

Introduction générale

Chapitre I : déminéralisation et dessalement de l'eau

1. Historique des techniques et présentation du principe général.....	3
2. Les techniques séparatives à membranes utilisées dans le traitement des eaux.....	6
2.1.Adsorption.....	6
2.2.Echange d'ions	6
2.3.Les différentes filières	8
a. L'osmose inverse.....	9
b. Nano-filtration.....	10
c. Ultrafiltration.....	10
d. Microfiltration	11
e. Electrodialyse.....	12
2.4.Dessalement par congélation.....	13
2.5.Distillation.....	14

Chapitre II : Présentation de la région et présentation des stations

1. Présentation de la région d'étude.....	16
2. Caractéristique climatique.....	16
2.1. La température	17
2.2. Les vents	17
2.3. L'humidité	17
2.4. La pluviométrie	17
2.5. L'évaporation	17
2.6. L'ensoleillement	17
3. Hydrogéologie.....	17
3.1. Nappe continentale Intercalaire (C.I).....	18
3.2. Nappe du complexe terminal (C.T).....	19
a. La nappe du Turonien.....	19
b. La nappe du Sénono-Eocène.....	19
c. La nappe du Mio-Pliocène.....	19
3.3. Nappe phréatique.....	20
3.4. Sebkhass et Chotts.....	21
4) Description des différents étapes de processus.....	23
4.1) Partie commune.....	23
a) Arrivée eau Brute.....	23
b)Implantaion	23

c)les forages.....	24
d) Qualité requise de l'eau traitée	25
e)Description du traitement	26
F) Tour de refroidissement et pompage des eaux refroidies (ziaina –S6)	27

Chapitre III: Analyse des données

1. Analyse de l'eau.....	30
1.1. Le prélèvement	30
a. Caractéristique de l'échantillon	30
b. Matériels de l'échantillonnage	31
c. Mode de prélèvement	31
1.2. Paramètres à analyser.....	31
a. Paramètres physiques	31
pH.....	31
température.....	31
conductivité électrique.....	31
salinité.....	32
L'oxygène dissous.....	32
b. Paramètres chimiques.....	32
1.3. Le mode opératoire.....	32
2. Mesure des cations et des anions.....	33
3. Traitement des données.....	33
4. Calcul du rendement.....	34

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. RESULTATS.....	36
a/ .La température.....	36
b/ Conductivité électrique.....	37
c/ Le Potentiel d'hydrogène (pH).....	38
d/ La salinité	39
2. Faciès chimique.....	40
a/ L'eau brute.....	40
b/ L'eau osmosée.....	41
c/ Eau sortie.....	42
3/Discussion général.....	43

Conclusion

Conclusion général

Introduction

Introduction générale

L'eau est la vie pour tous les êtres vivants, elle couvre les trois quart (3/4) de la surface terrestre, et environ les deux tiers (2/3) du corps humain. [ARAOUA, 1997].

« L'homme peut vivre plusieurs semaines sans manger, il meure après quatre jours sans eau »

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

Les origines des eaux de consommation sont multiples (eaux de surface, eaux souterrains), mais ceux qui répondent aux normes de potabilités sont très peu nombreuses (eaux souterraines).

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

Cette salinité présente un problème majeure, face à des conditions climatique défavorable, à une croissance démographique très importante, au développement industriel, les volumes d'eau mobilisées et mobilisable sont insuffisante et le recours à des ressources en eau non conventionnelles telle que: le dessalement des eaux saumâtres semblent être la solution incontournable.

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

La wilaya d'Ouargla a bénéficié d'un programme d'envergure portant sur la réalisation de neuf (9) stations de déminéralisation de l'eau potable, au niveau des complexes hydrauliques répartis sur différents quartiers du chef lieu de wilaya, Les 9 stations concernées par le projet de la ville de OUARGLA sont actuellement alimentées en eau brutes à partir de 27 forages exploités, dont 2 forages Albiens. Le présent projet consiste à réaliser 9 stations de déminéralisation pour améliorer la qualité de l'eau potable actuellement distribuée à Ouargla et d'en réduire la salinité qui est actuellement de 3 à 6 g/l pour la ramenée après désalinisation à 0,8 g/l.

Les différentes stations permettront de traiter 70 500M³/J pour fournir 75% d'eau déminéralisée, soit environ 53 000 M³/j.

Les principaux objectifs fixés dans le cadre de ce travail de recherche est : L'évaluation des résultats d'analyses physico-chimique des ces échantillons de l'eau brut et l'eau osmose et l'eau sortie pour voir le rendement de fonctionnement des membranes d'osmose inverse.

-Démontrer L'efficacité des trois (03) stations de dessalement des eaux par le procédé d'osmose inverse à partir de la discussion des résultats d'analyse physico-chimique des eaux traitée.

C'est pour cette raison notre travail est partagé en deux parties:

Partie bibliographique: qui comporte deux chapitres, la premier chapitre nous avons parlés de la différentes procédent de dessalement et le deuxième chapitre nous avons parlés de la présentation de la région et la différentes parties de la station de traitement et leur fonctionnement.

Partie Expérimentale: qui comporte deux chapitres, un sur la matériel et méthodologie de travail et un autre sur les résultats et leur discussion.

Chapitre I
déminéralisation et
dessalement de l'eau

L'Algérie à l'instar d'autres pays est confrontée à la problématique de l'eau, beaucoup d'efforts ont été consentis pour juguler cet épineux problème qui freine le développement socio-économique du pays. Néanmoins le manque et la rareté des pluies pénalisent la politique hydraulique entreprise par état qui est surtout axé sur la mobilisation de ces ressources naturelles par voir de captage. L'eau est obtenu à partirces ressources, est caractérisée par fortes donc, L'Algérie dispose de ressources en eau très limitées, ce déficit fait que l'Algérie est classée 14eme pays manquant le plus d'eau et qu'en 2025, elle sera démographie oblige, classée à la 6eme place, déjà que l'Algérie on somme uniquement 55 m3 par an.

Comme l'Algérie dispose d'un littoral de 1200 Km, aussi l'une des solutions, consiste à dessaler de l'eau [KEHAL,2000].

1. Historique des techniques et présentation du principe général

La perm sélectivité des membranes a été découverte dès le XVIIIe siècle (Abbé Jean-Antoine Nollet, 1735). Cependant le développement industriel des techniques à membrane ne date que des années 1960 pour les dialyses et 1970 pour les techniques de solvo-transferts. On désigne par dialyse, l'opération consistant à faire traverser des membranes par un liquide, par diffusion afin d'en séparer les constituants. L'opération de solvo-transfert consiste, en revanche à faire traverser des membranes semi-perméables par un liquide, par convection forcée, afin d'épurer le solvant (PONTIE Maxime, 2002). Ce sont les techniques de dialyses qui ont permis les premières d'effectuer des séparations de composés dissous. Il était alors plus judicieux de laisser passer à travers la membrane une faible quantité de solutés plutôt que la grosse masse du solvant.

Cette approche a donné lieu au développement de :

- l'hémodialyse qui désigne l'élimination des substances toxiques du sang à l'aide d'une membrane ;
- l'électrodialyse qui consiste, elle, en une séparation par membrane à l'aide d'une succession de membranes alternativement échangeuse d'anions et de cations, souvent utilisée pour le dessalement des eaux saumâtres.

Après l'apparition et le développement des membranes asymétriques, les techniques de solvo-transfert (osmose inverse, microfiltration / ultrafiltration, nanofiltration) ont pu se développer de manière plus rapide que les techniques de dialyse. Une membrane

asymétrique est une succession de couches de matériaux (de même nature ou différents) associés, possédant une structure asymétrique : une couche fine (d'épaisseur environ 50 μ m) supportée par une couche plus épaisse (>100 μ m) (PONTIE Maxime, 2002).

La principale caractéristique des techniques de séparation membranaires est de mettre en œuvre des systèmes polyphasés constitués par :

- le fluide à traiter ;
- le fluide traité (une solution à dépolluer, une eau à dessaler...)
- la membrane.

Ces systèmes en fonctionnement sont hors d'état d'équilibre et vont tendre de manière spontanée vers un nouvel état d'équilibre. Cette évolution implique obligatoirement un transfert de matière et d'énergie au niveau de la surface de contact entre les deux phases, c'est à dire au niveau de l'interface (Figure. I. 1), sous l'effet des contraintes imposées au système.

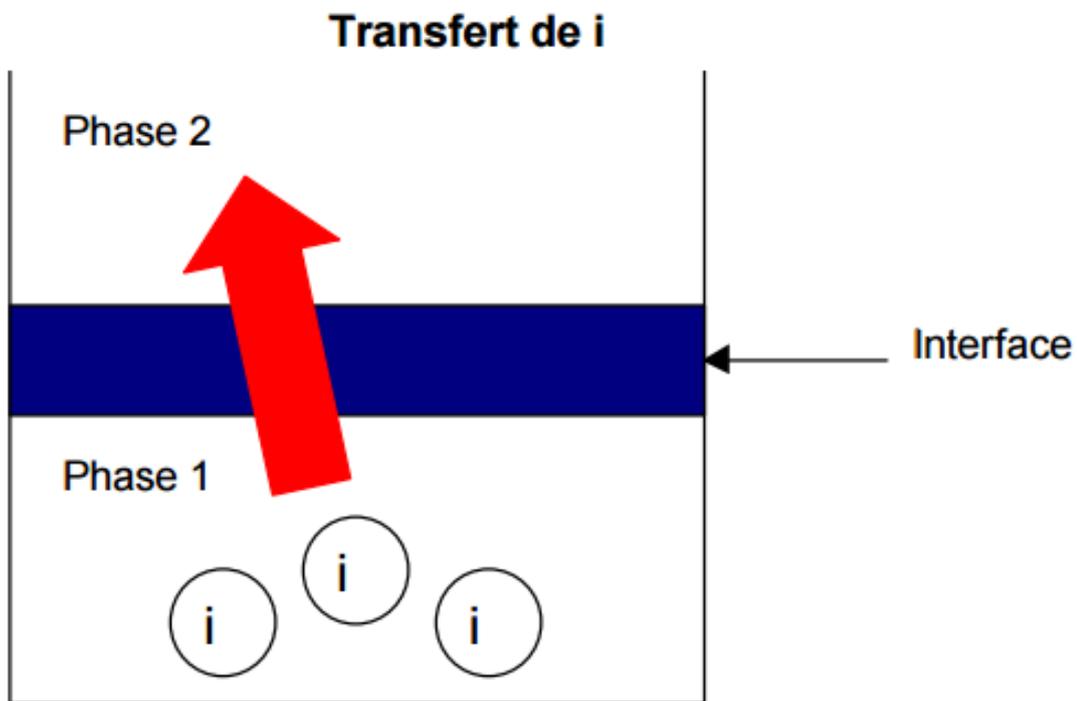


Figure. I. 1 : Lors du transfert de l'espèce i entre les deux phases 1 et 2, la membrane joue le rôle d'interface.(FNDA ,2002)

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

- un gradient de pression (DP) ;
- un gradient de potentiel électrique (Df) ;
- un gradient de potentiel chimique (D μ) ;

Tableau.I. 1 : Classification des techniques utilisant des membranes (condition isothermes). (FNDA ,2002)

	Ionophores*	Poreuses	Denses
gradient de potentiel chimique ($\Delta\mu$)	Dialyse Ionique	Dialyse Moléculaire (Hémodialyse)	Osmose
un gradient de potentiel électrique ($\Delta\phi$)	Electrodialyse	Electro-Ultrafiltration	Electro-osmose
un gradient de pression (ΔP)	Piézodialyse	Micro-, Ultra-, Nano-filtration**	Osmose inverse

- Ionophores : molécules des membranes responsables des transferts ioniques
- nanofiltration : membranes intermédiaires entre poreuses et denses

Pour synthétiser, on peut affirmer que les techniques séparatives à membranes sont des procédés physiques de séparation qui utilisent les propriétés de tamisage moléculaire d'une membrane poreuse balayée par le liquide contenant les constituants à séparer. Lors d'une filtration classique, la suspension à traiter est amenée perpendiculairement au média filtrant. Une accumulation de matières se produit formant une couche qui diminue la porosité et, par la même, le débit de filtration (MAUREL Alain – 1993). Dans le cas des techniques à membrane, l'écoulement du fluide à filtrer est continu et frontal lorsque la qualité de l'eau le permet, sinon, tangentiel. L'objectif de l'écoulement tangentiel est d'éviter l'accumulation continue sur la membrane des espèces (particules, molécules, ions) retenues par cette dernière. Le rapport entre le débit de circulation de la solution à filtrer et le débit de perméat peut être d'un à plusieurs facteurs 100 dans le cas d'un tube d'ultrafiltration standard.

2. Les techniques séparatives à membranes utilisées dans le traitement des eaux

2.1 Adsorption

- a. **Définition :** L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules de gaz ou de liquides (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant). Le phénomène inverse, par lequel les molécules adsorbées sur une surface s'en détachent (à haute température ou d basse pression) se nomme la désorption. (BELMABEDIA 2016)
- b. **Théorie :** Un corps très finement divisé peut, dans certaines conditions, fixer a sa surface des corps dissous, notamment les grosses molécules organiques. Cette fixation résulte de deux liaisons : liaisons de Van der Waals pour l'adsorption physique, liaison de valence et de covalence pour l'adsorption chimique.
- c. **Utilisation :** On utilise l'adsorption pour éliminer les substances humiques (couleur), les goûts, les odeurs, les phénols et plusieurs substances toxiques non-biodégradables.
- d. **Traitement au charbon actif**

Les charbons actifs sont préparés à partir de corps possédant une structure de cellulose qui peut, par pyrolyse et/ou action chimique, être transformée en structure de carbone de très grande surface massique (600 à 1500 m²/g).Le charbon actif se présente soit sous forme d'une poudre (particules de 10 à 50 µm), soit sous celle d'un matériau granuleux.

- Dans le premier cas, il est appliqué en tête de la décantation ou plus rarement, en tête du filtre ; dans le second, il constitue le lit granuleux d'ouvrage parfois appelé deuxième étage de filtres. On vise alors en principe uniquement son effet adsorbant, et il est placé après des filtres de sable. (BELMABEDIA 2016)

2.2. Echange d'ions :

- a. **Définition :**l'échange d'ions est une opération par laquelle, dans certaines conditions, une substance insoluble (résine) attire un ion positif ou négatif d'une solution et rejette un autre ion de même signe.

Les résines échangeuses d'ions sont de zéolithe souvent synthétique ou un polymère modifié de telle façon que des groupes ioniques soient présents sur ses chaînes.

- b. Utilisation :** on recourt surtout à l'échange d'ions pour adoucir l'eau et pour réduire les concentrations d'azote et de phosphore dans l'eau.
- c. échangeurs d'ions :** le traiteur d'eau fait appel aux échangeurs suivants :

- **Echangeurs cationiques :**

Tableau. I.2 : Résines cationiques fortes. (FNDA ,2002)

Résine	Cations fixes	Cations remplacés	Utilisation	Régénération
Sous forme sodium (R- Na ⁺)	Alcanso-terreux Mg ²⁺ ,Ca ²⁺	Sodium Na ⁺	Adoucissement par permutation sodique	Sel de sodium : chlorure de sodium
Sous forme hydrogène (R-H ⁺)	Tous les cations	Hydrogène H ⁺	Déméralisation totale	Acide chlorhydrique, acide sulfurique (parfois)

Résines cationiques faibles : elles ont une grande affinité tant que le pH est supérieur à 4,5 pour le cation hydrogène H⁺; pour les cations autres que H⁺. Ces résines sont souvent utilisées pour effectuer simultanément un adoucissement et une décarbonatation.

Tableau. I. 3 : Echangeurs anioniques. (FNDA ,2002)

Resine	Cations fixes	Utilisation	Regeneration
Sous forme R-H-	Anions	Traitement de demineralisation totale en aval d'un echangeur cationique fortement acide	Soude caustique NaOH
Sous forme Cl-	Nitrates (No ₃ -)	Denitratation	NaCl

a. L'osmose inverse

L'osmose inverse utilise des membranes denses qui laissent passer l'eau et arrêtent tous les sels. Cette technique est utilisée pour :

- Le dessalement des eaux de mer ;
- Le dessalement des eaux saumâtres ;
- La production d'eau ultra pure ;
- La production d'eau de process...

Le phénomène d'osmose est un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en solutés de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. Le phénomène d'osmose est un phénomène naturel courant, notamment à travers les membranes cellulaires. La membrane semi-perméable laissera passer le solvant (le soluté ne passe pas) pour équilibrer la concentration. La différence de concentration crée une pression, appelée Pression osmotique. Pour inverser le passage du solvant et augmenter la différence de concentration, il faut appliquer une pression supérieure à la pression osmotique.

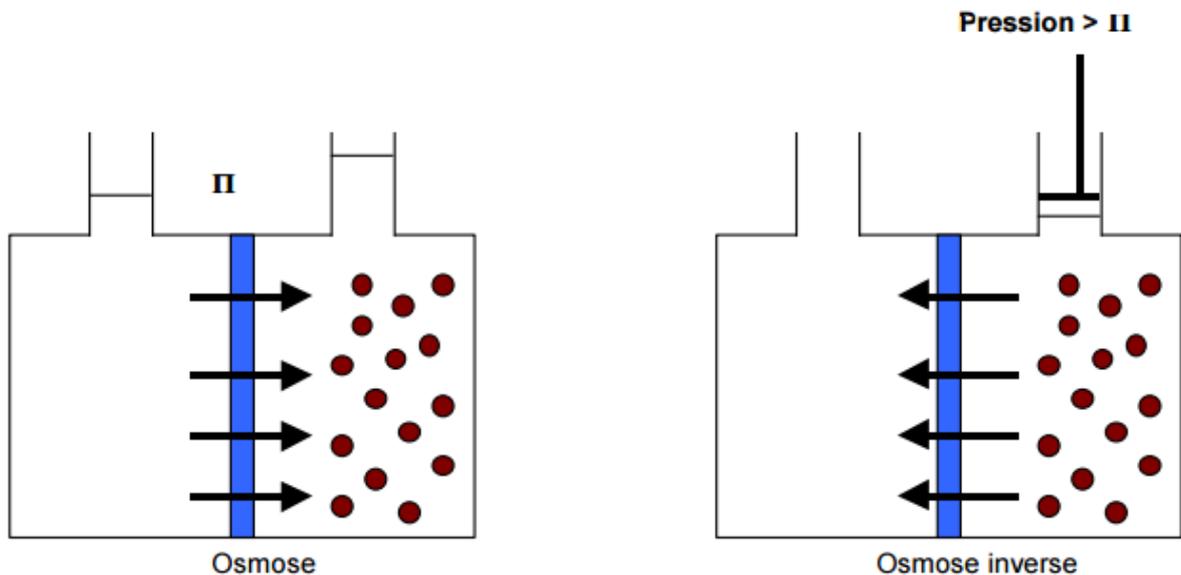


Figure. I. 2 : Principe de l'osmose inverse (FNDA ,2002)

La pression osmotique P est d'autant plus importante que la concentration est élevée et que la masse molaire est faible. Nota bene : la pression osmotique de l'eau de mer est de l'ordre de 25 bars



Photo. I.2 : Installation de dessalement d'eau

b. Nano-filtration

Cette technique se situe entre l'osmose inverse et l'ultrafiltration. Elle permet la séparation de composants ayant une taille en solution voisine de celle du nanomètre (soit 10 Å) d'où son nom. Les sels ionisés monovalents et les composés organiques non ionisés de masse molaire inférieure à environ 200 - 250 g/mol ne sont pas retenus par ce type de membrane. Les sels ionisés multivalents (calcium, magnésium, aluminium, sulfates...) et les composés organiques non ionisés de masse molaire supérieure à environ 250 g/mol sont, par contre, fortement retenus (MAUREL Alain – 1993). Nota Bene : Dans le cas des macromolécules, l'unité de masse molaire que l'on utilise est le dalton : 1 Da = 1 g/mol.

Les mécanismes de transfert sont intermédiaires entre ceux de l'osmose inverse et ceux de l'ultrafiltration. Cette technique est souvent utilisée pour l'adoucissement des eaux.

c. Ultrafiltration

L'ultrafiltration utilise des membranes microporeuses dont les diamètres de pores sont compris entre 1 et 100 nm. De telles membranes laissent passer les petites molécules (eau, sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymères, protéines, colloïdes) (MAUREL Alain – 1993). Pour cette raison, cette technique est utilisée pour l'élimination

de macro solutés présents dans les effluents ou dans l'eau à usage domestique, industriel (électronique) ou médical.

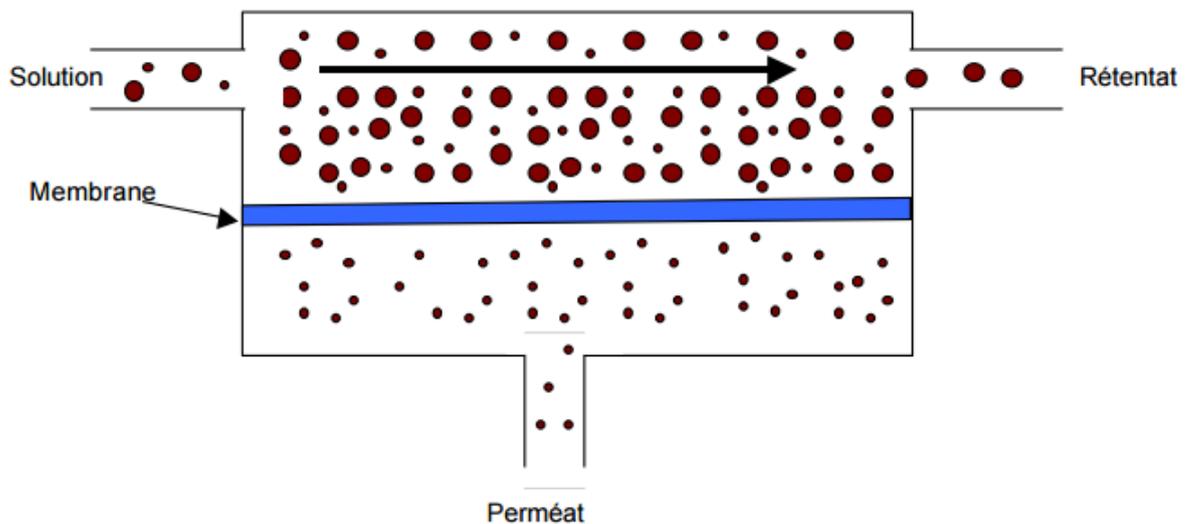


Figure. I. 3 : Principe de l'ultrafiltration(FNDA ,2002)

d. Microfiltration

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

Théoriquement, la différence entre ultrafiltration et microfiltration est très nette.

- l'ultrafiltration fonctionne en phase liquide homogène alors que la microfiltration a pour objectif une séparation solide-liquide ;
- la pression de travail est généralement plus faible dans le cas de la microfiltration (Pression transmembranaire < 3 bars) ;
- les flux de filtration sont souvent plus importants dans le cas de la microfiltration.

Cependant, du point de vue technologique, les deux techniques peuvent se recouper. Ainsi, pour minimiser les phénomènes de colmatage et éviter que des particules solides pénètrent dans les pores des membranes, on a souvent intérêt à utiliser des membranes d'ultrafiltration pour effectuer une opération de microfiltration. Inversement, une membrane de microfiltration peut devenir une membrane d'ultrafiltration (1 à 100 nm) ou

même d'osmose inverse (< 1 nm) par suite de la formation en cours de fonctionnement d'une couche de gel à porosité très fine (membrane dynamique).

e. Electrolyse

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

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

Ce qui explique que le premier compartiment a sa concentration en sel dissous qui diminue. C'est donc un compartiment de dilution. Le deuxième compartiment se voit augmenter en sels dissous. C'est alors un compartiment de concentration. Un compartiment est en dilution, l'autre en concentration, l'autre en dilution, l'autre en concentration et ainsi de suite. Une électrode à chaque extrémité de l'appareil assure le passage du courant. Les membranes alternativement anioniques et cationiques séparent les compartiments. Les substances non ionisées qui sont dissoutes dans la solution a sa teneur qui reste la même, car le courant électrique n'a aucune influence.

L'électrolyse a des applications en déminéralisation (dessalement) ou en minéralisation (augmentation de la teneur en ions de solutions). Elle est aussi utilisée en galvanoplastie, ce qui permet de traiter les effluents afin de concentrer les bains de dépôts.

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

L'élimination des sels a un rendement d'environ 45 % par passe, il faut donc plusieurs passes.

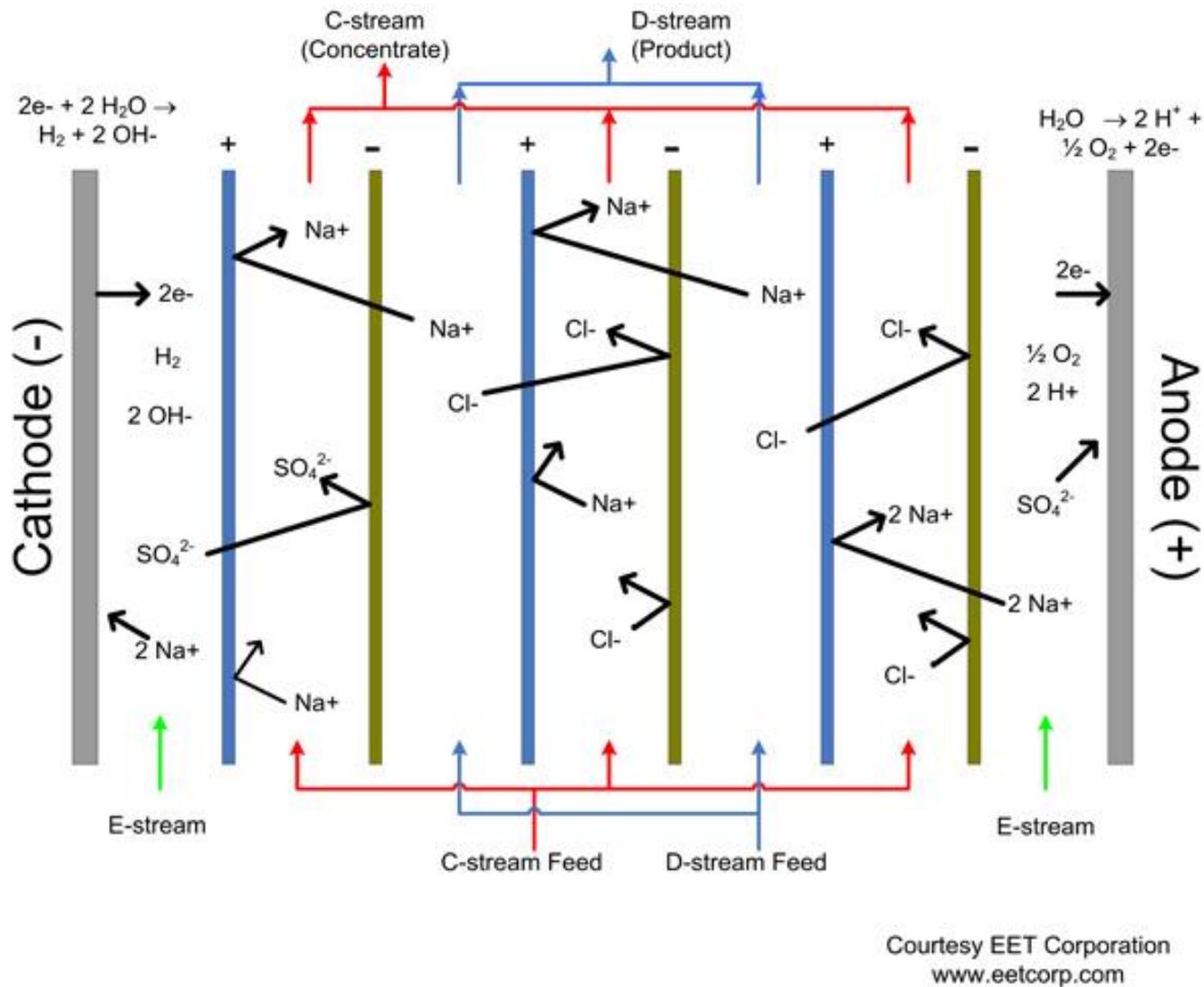


Figure. I. 4 :Principe de l'électrodialyse

2.4. Dessalement par congélation

Lorsqu'on refroidit une eau de mer jusqu'à environ $-2^\circ C$, il y a formation de cristaux de glace constitués d'eau douce. L'eau de mer étant alors plus concentrée, elle résiste mieux à la congélation.

Le dessalement des eaux de mer par congélation est particulièrement intéressant dans les régions où la température de l'eau est souvent inférieure à $0^\circ C$ car, dans ces conditions, on peut aménager des bassins à ciel ouvert. Lorsque la température est suffisamment basse, on remplit ces bassins sur une hauteur de 10 à 15 cm ; lorsque la couche de glace atteint une épaisseur de 1 à 1.5 cm, on enlève la saumure et on recueille la glace.

La production d'eau douce de ces bassins est de 40 à 50 l/m² lorsque la température de l'aire est de $-5^\circ C$ et de 120 à 160 l/m² lorsque cette dernière est de $-20^\circ C$.

Le procédé de la congélation plus économique que la distillation pour produire de l'eau douce. [RAYMONDDES, 1990]

2.5. Distillation

La distillation est un procédé qui comporte une vaporisation, une condensation et une récupération de la chaleur libère par la condensation.

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

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

On utilise surtout la distillation solaire pour obtenir des petites quantités d'eau douce mais une bonne qualité et aussi très économique car on a besoin que soleil.

[RAYMONDDES, 1990]

Chapitre II
Présentation de la
région et présentation
des stations

Au cours de ce chapitre, nous allons présenter les principales données que nous avons recueillies et qui concernent le cadre général de notre région d'étude.

1. Présentation de la région d'étude

La ville de Ouargla est située dans une dépression appelée « cuvette de Ouargla ». La superficie étudiée est de 140'000 hectares. Elle inclut les agglomérations de Ouargla, N'Goussa, Rouissat, Ain El Beida et Sidi Khoulied. Elle s'étend entre les coordonnées X = 710'000 ; Y = 3'530'000 et X = 730'000 ; Y = 3'600'000 (UTM, Clarke 1880). Sa distance du Sud au Nord est de 70 km, et celle de l'Est à l'Ouest de 20 km et elle est limitée par :

- Au Nord : la Sebkhet Safioune ;
- A l'Est : les ergs Touil et Arifdji ;
- Au Sud : les dunes de Sedrata ; et
- A l'Ouest : le versant est de la dorsale du M'Zab.

2. Caractéristique climatique :

La Wilaya de Ouargla est caractérisée par un climat Saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées et une forte évaporation.

Dans le tableau suivant (Tableau. I.02) donne Les données climatiques de la wilaya d'Ouargla issues de l'ONM étalées sur une période de treize années (2004 - 2016).

Tableau. II.01 : Données climatiques de la région d'Ouargla, période 2004-2016.

Paramètre Mois	Tmax (°C)	Tmin (°C)	T moy (°C)	P (mm)	V(Km/s)	E(mm)	H (%)	I (H/mois)
Janvier	19.6	4.5	12.02	7.8	52	94.3	60	246.0
Février	21.3	6.4	13.82	2.4	50	130.7	52	239.9
Mars	26.4	10.4	18.39	4.2	58	205.2	46	262.5
Avril	31.3	14.6	22.92	1.9	68	257.3	39	280.2
Mai	35.8	19.5	27.64	1.2	63	332.8	34	304.9
Juin	40.8	24.4	32.56	0.6	54	403.2	30	252.0
Juillet	44.0	27.7	35.85	0.3	60	457.0	26	328.2
Aout	43.2	27.4	35.34	1.4	56	420.5	30	329.0
Septembre	38.3	23.0	30.67	3.5	53	294.7	38	265.5
Octobre	32.8	17.0	24.91	5.3	48	228.8	44	264.8
Novembre	24.7	10.0	17.36	5.6	45	125.4	55	251.4
Décembre	19.6	5.7	12.68	3.9	42	87.5	61	225.8

O.N.M Ouargla, 2016.

2.1. La température :

La température un facteur principal qui conditionne le climat de la région, la température moyenne annuelle est de 32,68°C; et pour le mois le plus chaud (Juillet) la température max 35,85°C ; et pour le mois le plus froid (Janvier) la température minimale 12.02 °C.

2.2. Les vents :

Les vents dominants sont ceux de N/NE et S/SE avec une vitesse pouvant atteindre de 4.6 m/s et parfois dépasser 20 m/s. le sirocco (vent chaud et sec) peut être observé cours de l'année.

2.3. L'humidité :

L'humidité relative enregistrée varie de 26 à 61 %

2.4 La pluviométrie :

En plus de leurs raretés les précipitations au niveau de la région de Ouargla sont irrégulières, alors que la sécheresse presque absolue de Mai à Aout, Janvier (7.8mm) mois le plus pluvieux, Juillet (0.3mm) mois le plus sec, le cumul annuel (3.2mm).

2.5. L'évaporation :

L'évaporation atteint des valeurs très importantes, cela s'explique par les fortes températures et le fort pouvoir évaporant de l'air notamment les vents desséchants au mois d'Aout ou elle atteint 420.5 mm, ce qui correspond à 14 mm par jour.

2.6. L'ensoleillement :

La durée annuelle moyenne d'insolation est de " 3251.19 heures" , étal durée moyenne d'ensoleillement journalière est supérieur à 8 h/j, elle peut dépasser légèrement 12 h/j en été tandis qu'elle ne dépasse pas 8 h en Hiver, alors que l'insolation mensuelle, la plus grande, correspondant au mois les plus chauds "Juin-Août". Le minimum en Novembre à Février correspondant à une durée d'ensoleillement plus basse de 214 h.

3. Hydrogéologie

Les terrains du Bas-Sahara assurant l'infiltration et la circulation souterraine des eaux qui sont essentiellement représentés par les formations sablo-gréseuses du continental intercalaire des accumulations sableuses fluvio-lacustres du tertiaire continental. Sur les périphéries du bassin, se situe une nappe dans les bancs Cénomano-Turonien. Dans les régions où affleure la formation des eaux circulent dans les calcaires, en direction des parties basses de la cuvette, sous le toit imperméable des argiles du Sénonien inférieur qui peut atteindre une épaisseur de 300 mètres.

Dans les oasis d'Ouargla, il y a des nappes souterraines captives et phréatiques, Donc en peu dire que le grand bassin sédimentaire du Sahara septentrional contient trois principaux aquifères :A la

base, se situe la nappe du continental intercalaire qui classe l'un des plus grands réservoirs captifs du monde (CI) ; au milieu, se localise la nappe du complexe terminal (CT) et au sommet, s'installent les nappes phréatiques (non exploitées).

Les deux nappes, CI et CT sont actuellement, les deux principales ressources hydriques disponibles dans la région d'Ouargla, mais la nappes phréatique (nappe superficielle) peut être considérée actuellement comme ressource hydrique à forte salinité non exploitées.

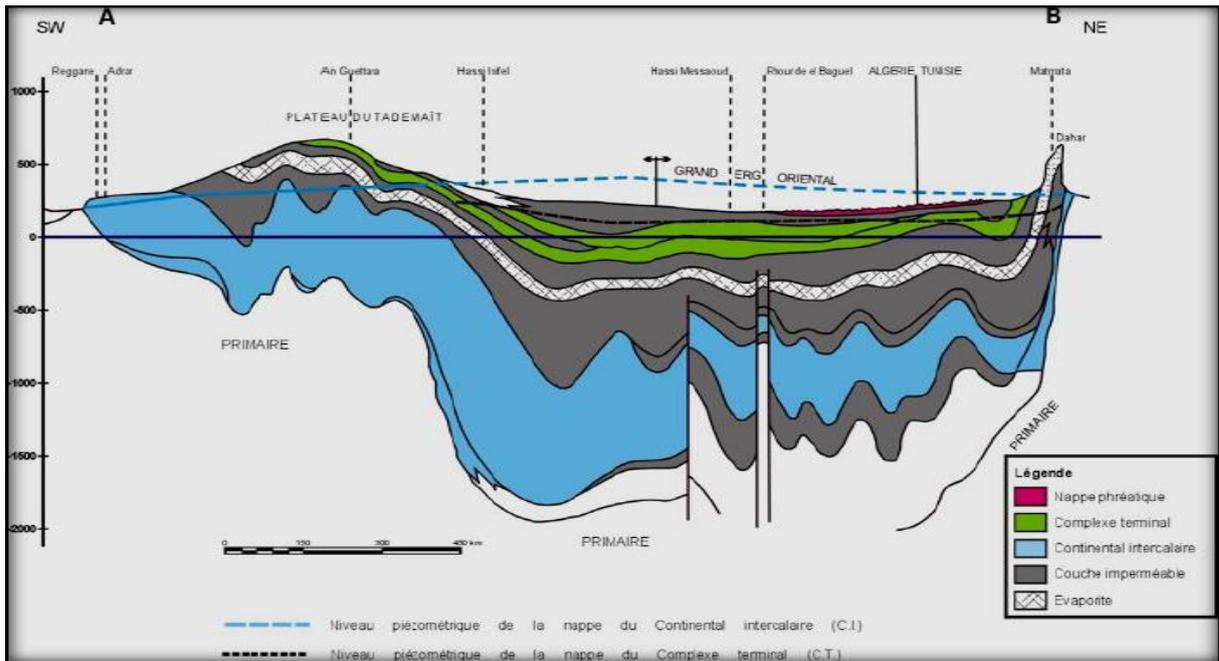


Figure. II. 1 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d’après UNESCO 1972)

3.1.Nappe continentale Intercalaire (C.I):

La nappe est de nature gréseux, sables et argiles. C'est le plus réservoir dans tout le Sahara, d'âge Crétacé inférieur (Barrémien et albien), le réservoir s'étend sur une superficie environ 600 000Km², il s'étend sur tout le bassin sédimentaire du Sahara septentrional, de la vallée d'oued Saoura à l'ouest, en territoire Tunisien et Libyen à l'Est. Au Nord -est de la dorsal du M'Zab, le toit de l'aquifère est constitué d'argiles et d'évaporites du Cénomaniens, à une continuité sur tout le bassin du Ouargla et d'une épaisseur de 600m environ, d'une profondeur allons de 1200 à 1500m.

Généralement, les eaux de l'Albien sont beaucoup plus chaudes à forte pression et la température est environ 55°C, ce qui pose de nombreux problèmes. Cette nappe est caractérisée par une faible teneur en sel (1,7 à 2g/l au maximum).

La profondeur augmente du Sud au Nord, de 1000 m au bas Sahara, à 2000 m sous les chotts, provoquant ainsi une forte charge de la nappe sur tout le bassin oriental. Le substratum est constitué de formations argilo-sableuses et argileuses ou carbonatées d'âge de plus en plus récent du Sud vers le Nord. La carte piézométrique établie lors de l'étude "ERESS" en 1972, montre que cette partie orientale de l'aquifère est alimentée par :

Le piedmont Sud atlasique (au Nord-Ouest de Laghouat);

Le plateau du Tinrhert au sud ;

Le plateau du Dahr (Tunisie).

3.2. Nappe du complexe terminal (C.T)

Le système aquifère du C.T, couvre la majeure partie du bassin du Sahara septentrional sur environ 350 000 Km, sa profondeur varie entre 100 à 400 m.

Cette nappe du C.T est composée de trois nappes aquifères, de bas en haut nous avons la nappe du Turonien, la nappe du Sénonien et la nappe du Mio-Pliocène.

a.La nappe du Turonien:

Elle est formée de calcaire fissuré, et constitue lui aussi un aquifère captif, reconnu sur une épaisseur de 60 m reposant sur un substratum imperméable du cénomanien anhydritique et argileux.

b. La nappe du Sénono-Eocène

Cette nappe est séparée de la nappe Mio-pliocène par une couche semi-perméable gypseuse-argileuse. C'est la seconde nappe artésienne du sous-sol de la vallée des oueds, se situe à une profondeur comprise entre 450 à 500 m en moyenne et d'une épaisseur varie entre 120 à 280 m. elle est formée de calcaire poreux à silex très coquilliers, gris jaunâtre à intercalation de marnes blanches et dolomitiques. La température de ses eaux est de 30°C à la surface. Elle est peu exploitée vu son faible débit.

c. La nappe du Mio-Pliocène

L'exploitation de la nappe de Mio-pliocène est extrêmement ancienne d'une profondeur allant de 70 à 140m, constituée de sables fins à grossiers à graveleux. Intercalation de calcaires blancs tendres et marnes sableuses d'argiles sableuses rosées et passées de gris et de gypse, la température de ses eaux est de l'ordre 23 à 25°C.

Elle s'écoule du sud-ouest vers le nord-est en direction de chott Melghir. La salinité de cette dernière varie de 1,8 à 4,6g/l.

3.3.Nappe phréatique

La nappe phréatique repose sur une épaisse couche imperméable, qui s'étend tout au long de vallée de l'Oued m'ya (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

Sa profondeur varie de 1 à 3 m dans les zones urbaines et de 0.5 à 0.9 m dans les zones agricoles. Elle affleure dans les zones hotteuses et peut atteindre 15 m de profondeur dans certaines zones, les parties les plus basses hautes sont situées au sud et sous la ville de Ouargla et les parties les plus basses sont situées au niveau de sebkhat Safioune pour les plus basse. Léau s'écoule librement des points hauts vers les points bas. C'est-à-dire, du Sud vers le Nord suivant la pente générale de la vallée (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

La qualité des eaux de la nappe phréatique est très dégradée, la conductivité est très forte. Elle augmente en allant du Sud vers le Nord. Les températures des eaux de cette nappe varient généralement entre 15 et 20°C. Leur salinité est relativement faible dans les zones non irriguées et naturellement drainées vers des sebkhas. La salinité de cette de nappe augmente par contre vers les points bas des zones non irriguées et surtout dans les palmeraies irriguées où elle varie en fonction de la salinité de l'eau d'irrigation et de la salure du sol irrigué et donc principalement en fonction du rapport irrigation drainage (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

D'après (BG, 2004), La qualité des eaux de la nappe phréatique est très dégradée. La conductivité est très forte elle augmente en allant du Sud vers le Nord. A Safioune, la conductivité varie de 199000 à 214000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°, ce qui correspond à environ 250-300 g/l de sel. Au niveau de N'Goussa, la teneur en sel est d'environ 30 g/l.

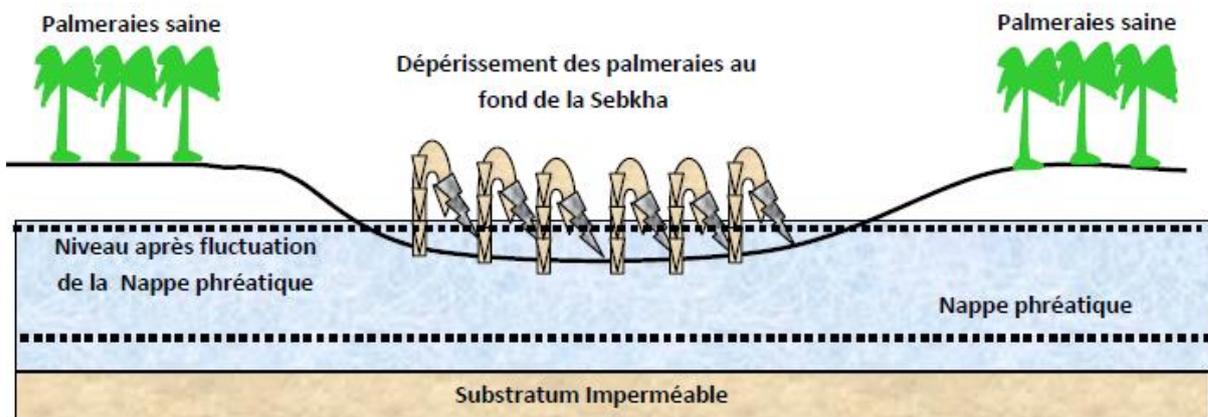
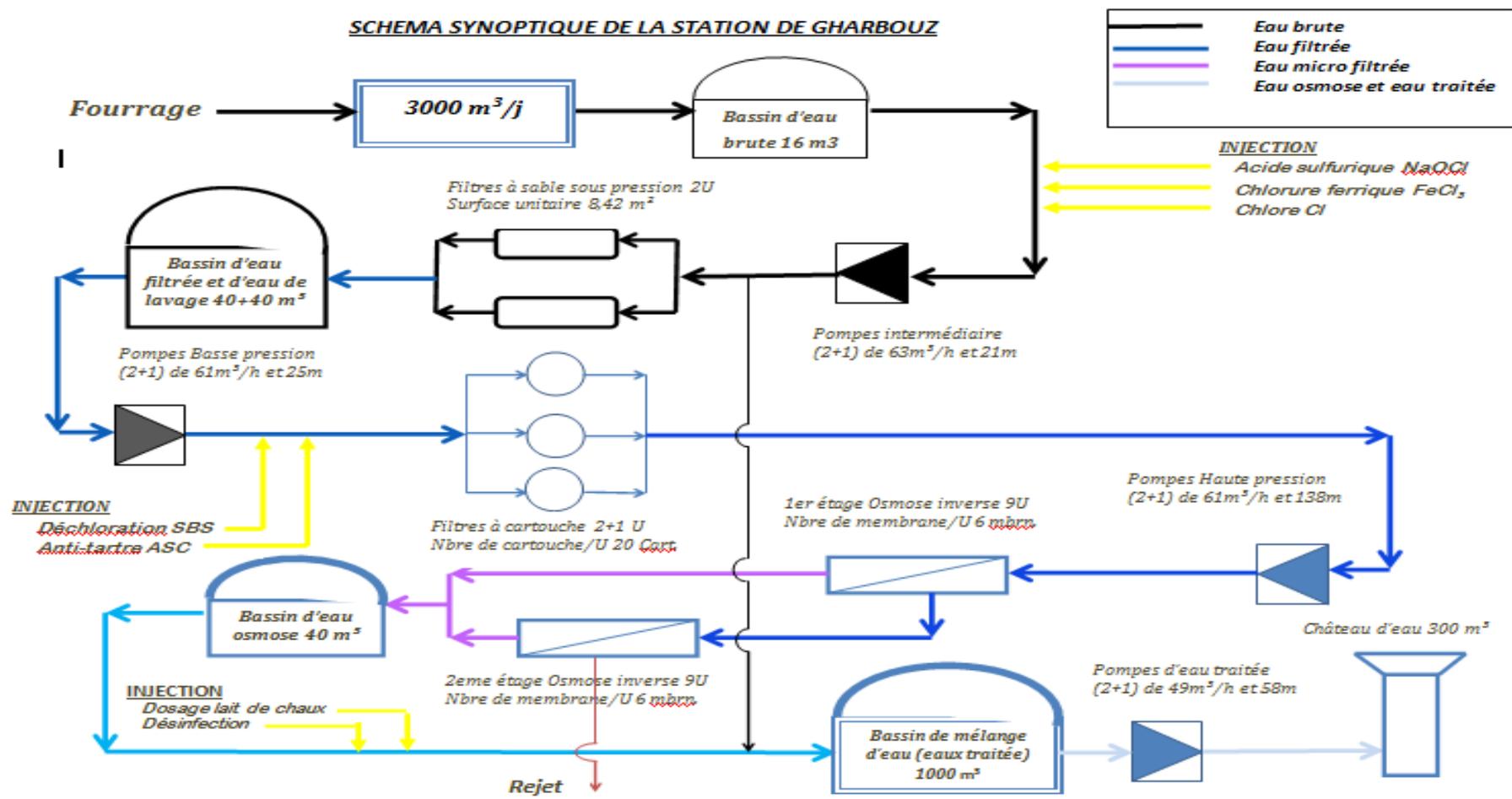


Figure. II.2 :Schéma de la fluctuation de la nappe phréatique

3.4. Sebkhass et Chotts

Le milieu naturel est constitué des chotts et des Sebkhass qui sont sur le niveau le plus bas de la cuvette de Ouargla, jouent le rôle de dépression et de décantation. Le chott est constitué de sable siliceux et/ou gypseux et de sols gypseux de surface et sub-surface, tandis que la présence d'une nappe phréatique permanente.

Sur les 99000 hectares que compte la cuvette de Ouargla, la superficie occupée par les zones de sebkhass est évalué à 21000 ha dont 3500 ha représentés par les chotts (lieux d'apparition des eaux stagnantes), parmi les plus importants on distingue le chott Ain Beida, Oum-Er-Raneb et Sebkhett Safioune, les autres sites sont de moins importance comme les Chotts de Saïd Otba et Bour El-Haicha, les sebkhass de N'Goussa et Bamendil. (BOUTELLI, 2011).



4) Description des différents étapes de processus.

4.1) Partie commune

a) Arrivée eau Brute

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

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

Tableau II.2 : les noms et les caractéristiques des trois stations

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

b)Implantaion :

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

-Capacité de traitement

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

Tableau II.3 : Capacité de traitement et taux de conversion

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

c) les forages

Les stations est alimentée en eau brute à partir de six forages (1 albine).

Tableau II.4: les caractéristiques techniques du forage

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

dont le débit de chacun est contrôlé par un débitmètre électromagnétique installé en amont de la bache des eaux brutes

Le débit provenant de chaque forage sera ajusté manuellement En manipulant les vannes y corresponde.



Photo II.1 : débitmètre électromagnétique

d) Qualité requise de l'eau traitée :

La qualité requise de l'eau traitée est la suivante :

Tableau II.5: La qualité requise de l'eau traitée.

paramètre	Unité	qualité
PH	-	7,5 -8,5
LSI*	-	>0
Alcalinité	Ppm	>30
TDS	Ppm	150<MTD<500
Dureté totale	ppm	>150
Turbidité	NTU	<0,4
Couleur Pt-Co	Mg/l	15

***indice de l'ange lié**

D'une manière générale, les paramètres de l'eau traitée seront dans les normes imposées par l'OMS (Organisation Mondiale de la santé).

e)Description du traitement :**- Composition de la chaine de traitement :**

Les principales composantes de la chaine de traitement des eaux saumâtres sont les suivante :

- ✓ Bassin d'eau brute
- ✓ Préparation et dosage de l'hypochlorite de calcium
- ✓ Préparation de l'eau pour la filtration sur sable (réduction du PH, floculation)
- ✓ Pompes d'alimentation des filtres à sable
- ✓ Filtres à sable
- ✓ Bassin d'eau filtrée
- ✓ Pompes d'alimentation basse pression
- ✓ dé chloration de l'eau filtrée
- ✓ filtres a cartouches
- ✓ pompes d'alimentation haute pression
- ✓ unité d'osmose inverse à deux passes
- ✓ bassin d'eau osmosée
- ✓ potabilisation de l'eau osmosée par désinfection et dosage de lait de chaux.

- Postes auxiliaires :

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

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

F) Tour de refroidissement et pompage des eaux refroidies (ziaina –S6) :

Etant donné que la station est alimentée en eaux brutes depuis le forage de ziaina et forage Elhdeb 3 dont la température est environ 60°C, il est prévu le refroidissement des eaux provenant de ce dernier .

De ce fait, il est prévu une tour de refroidissement afin de refroidir les eaux jusqu'au 40°C qui seront par la suite refoulées vers la bêche des eaux brutes de la station .



Photo II.2 : refroidisseur de la station de ziaina (S6)

- Tour de refroidissement :

Il est prévu un tour de refroidissement à deux cellules afin de refroidir à 40°C les eaux provenant de forage .

Les caractéristiques de cette tour sont :

- Débit à traiter 60 l/s.
- Température des eaux chaudes : 55°C.
- Température des eaux refroidies :40°C.
- Puissance moteur : 2x11 KW.

Il est prévu aussi :

- Un ouvrage de mesure ou il est installé un débitmètre électromagnétique DN 300 et une vanne à commande manuelle afin d'ajuster le débit à l'entrée de la tour.
- Une station de pompage pour refouler les eaux refroidies vers la bache des eaux brutes de la station dont le débit est contrôlée par un débitmètre électromagnétique DN 150.

Chapitre III
Analyse des données

1. Analyse de l'eau

Le début de notre campagne a été pendant les mois de mars/avril 2017 durant deux semaines du 12/03/2017 au 27/03/2017. Les échantillons à analyser sont relevés de quatre (04) points différents dans les stations de déminéralisation :

Echantillon (E1) : est l'eau d'entrée de la station de déminéralisation (eau de forage ou bien eau brute) ;

Echantillon (E2) : est l'eau épurée par les membranes d'osmose inverse (eau osmosée) ;

Echantillon (E3) : est l'eau traitée destinée aux consommateurs ; et

Echantillon (E4) : est celui l'eau rejetée des membranes (la saumure)

Les analyses physiques à savoir le pH, la température, la conductivité, la salinité et l'oxygène dissous ont été faites au niveau du laboratoire de recherche Génie de l'eau et de l'environnement en milieu Saharien de l'université Kasdi Merbah Ouargla, mais pour les analyses chimiques des anions et des cations ont été prélevés comme des données de des fiches d'analyse de l'Algérienne Des Eaux (ADE) de Ouargla et interpréter et comparés avec les exigences de la norme de l'Organisation Mondiale de Santé (OMS) pour l'eau destinée à l'alimentation en eau potable.

1.1. Le prélèvement :

Prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate et importante. A savoir le matériel, mode de prélèvement, les volumes adaptés pour chaque type d'analyse.

a. Caractéristique de l'échantillon :

Pour faire les analyses et ses résultats seront valables, il faut respecter les conditions suivantes :

- L'échantillon est représentatif
- L'échantillon est homogène
- La technique de prélèvement
- Récipient convenable (matériau, propreté.....)
- Marquage de récipient

b. Matériels de l'échantillonnage :

Doit faire l'objet d'une attention particulier, l'emploi des bouteilles en polyéthylène rincée suffisamment avec de l'eau du point de prélèvement, le bouchon sera placé de tel façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air.

c. Mode de prélèvement :

Il est indispensable de laisser couler l'eau assez longtemps pendant quelque minute avant de prélever l'échantillon pour bien rincer les conduites ; Les flacons seront de nouveau rincer trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord et en place les bouchons. [RODIER, 1996]

1.2. Paramètres d'analysés**a. Paramètres physiques :****Le pH :**

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau, il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau (aptitude à dissoudre le calcaire).

La température :

C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels, etc. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques. Et d'une façon générale, la température des eaux est influencée par l'origine dont elles proviennent (superficielles ou profondes). (Rodier, 1984).

La conductivité électrique :

La conductivité représente l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau, en effet des contrastes de conductivité mesurés sur un milieu permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélange ou d'infiltration....

La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Pescod, 1985 ; Rodier, 1984).

La salinité :

La salinité désigne la quantité de sels dissous dans un liquide, notamment l'eau qui est un puissant solvant pour de nombreux minéraux. Il ne faut pas confondre la salinité avec la dureté de l'eau qui est relative à son dosage en calcium et magnésium.

L'oxygène dissous :

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau (Rodier, 1984) il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique.

b. Paramètres chimiques :

L'analyse chimique de l'eau doit être conditionnelle et soumise à des tests qui confirment que les résultats sont justes et fiables à savoir le calcul de la balance ionique (la différence entre la somme des ions positifs et négatifs).

Ce test permet de contrôler l'exactitude et la validité des résultats obtenus au laboratoire, le pourcentage des erreurs tolérés théoriquement devrait être inférieur ou égal à 5% :

- Moins de 5%, les essais sont considérés comme valides.
- Entre 5% et 10%, l'analyse est acceptable avec peu de réserve.
- Supérieure à 10%, résultat non acceptable et il faut refaire l'analyse.

1.3. Le mode opératoire :

Les concentrations des ions dans les eaux naturelles varient selon la nature géologique des eaux souterraines stockées ou selon la nature des roches des bassins traversés, afin de déterminer la concentration de chacun de ces éléments il y a un ensemble de méthodes pour l'analyse de l'eau potable à partir de laquelle nous pouvons déterminer leur concentration.

Dans le laboratoire, on a réalisé les analyses suivantes :

Nous avons effectué un total d'analyse dans le laboratoire de recherche scientifique en utilisant Multi paramètre cet appareil utilisateurs pratiquant fréquemment des mesures de pH et de conductivité sur site en extérieur. Il permet la mesure de 9 paramètres : pH, pH en mV, redox, conductivité, TDS, résistivité, salinité, gravité spécifique eau de mer σ et température.



Photo III.1 : Multi paramètre

2. Mesure des cations et des anions :

Les résultats des analyses d'eau des cations et des anions ont été donnés par laboratoire central de l'algerienne des eaux

3. Traitement des données :

Pour interpréter les résultats d'analyses des cations et des anions, on a utilisé le logiciel d'hydrochimie d'Avignon (version 4, 2008), qui nous permet de classer les eaux en faciès chimique et de savoir la qualité de chaque échantillon d'eau choisis, en utilisant en particulier le diagramme de Piper et celui de Riverside

3.1. Le diagramme de Piper:

Un diagramme de Piper est une représentation graphique de la chimie d'un ou plusieurs échantillons d'eau.

Les anions et les cations sont représentés dans deux diagrammes ternaires distincts. Les apices du diagramme ternaire des anions sont le sulfate, le chlorure et le carbonate plus l'hydrogencarbonate. Les apices du diagramme ternaire des cations sont le magnésium,

le calcium et sodium plus le potassium. Les deux diagrammes ternaires sont projetés dans un losange. Le losange est une matrice de passage du graphique des anions (sulfate + chlorure/total des anions) et des cations (sodium + potassium/total des cations).

The screenshot shows a software application window titled "Diagrammes\ff.dia". The main area contains a data table with the following columns: Libellé, Groupe, Piper, Schoeller, Stif, XY, Korjinski, Phreeq, Stat, TDS, T°C, pH, c25°C, cCALC, Ca, Mg, Na, K. The data rows represent different wells (puits) from 1 to 18. Three callout boxes are overlaid on the table: "Introduction des données" points to the first row (Puit 1), "Diagramme de Schoeller Berkaloft" points to the 'Schoeller' column, and "Diagramme de Riverside" points to the 'Ca' column. A "Diagramme de Piper" callout points to the 'Piper' column. The interface also includes a menu bar, a toolbar, and a data entry section at the bottom.

4. Calcul du rendement :

On calcule le rendement pour Et le comparer aux paramètres analysés et se calcule comme suit :

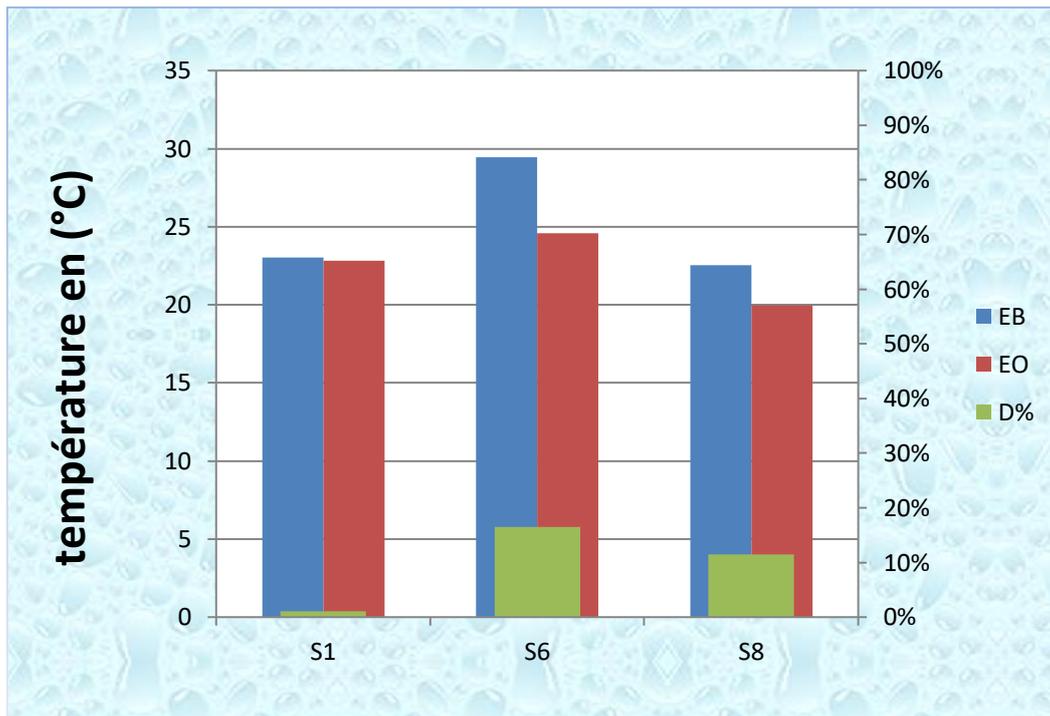
$$R = \frac{Q_{eau\ brut} - Q_{eau\ osmosé}}{Q_{eau\ brut}} \times 100$$

Chapitre IV
Résultats et discussion

1 . RESULTATS

a/ .La température :

La température de l'eau joue un rôle important dans la modification des propriétés chimiques, physiques ainsi que les réactions biologiques.



EB : Eau Brute ; EO : Eau Osmosée ; D% : différence

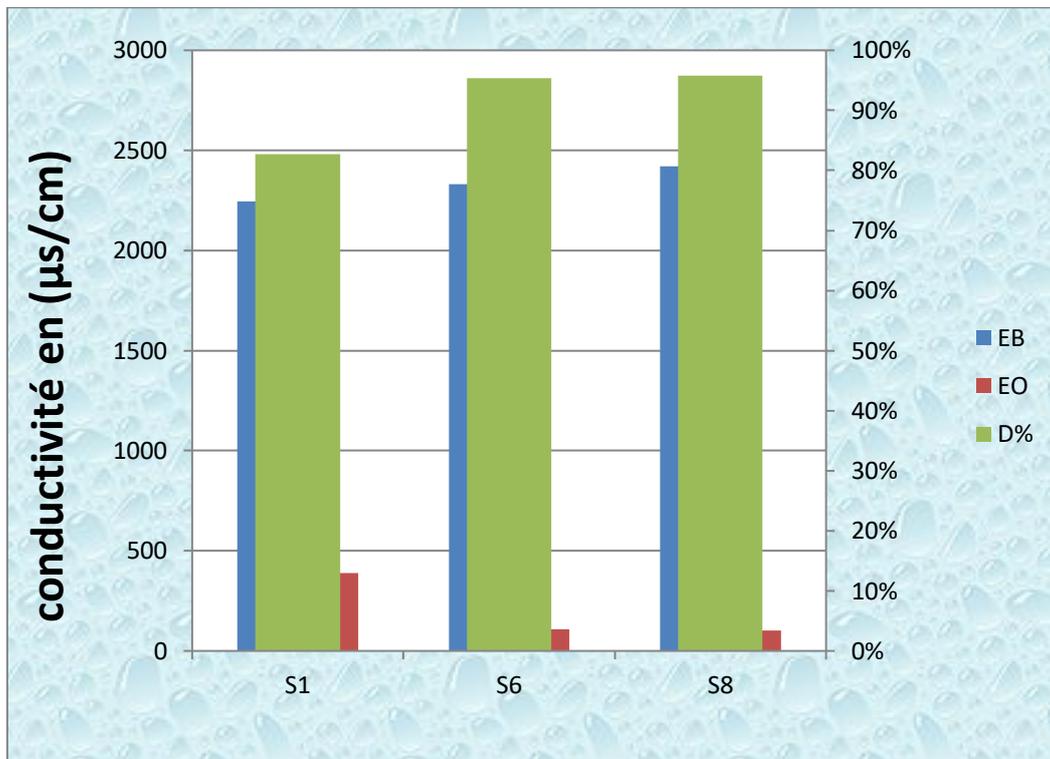
Figure VI .1 : Variation des valeurs et le rendement de la température

D'après la figure, on remarque que dans les trois stations, la température de l'eau brute est supérieure à la température de l'eau osmosée. Dans le cas de la station de Ziana, on remarque que l'eau brute est supérieure aux autres stations parce qu'il est prévu une tour de refroidissement afin de refroidir les eaux jusqu'à 40°C qui seront par la suite refoulées vers la bache des eaux brutes de la station.

comme le montre les taux de différence : 1% dans la station de Gharbous, la station de Ziaina 16%, et la station de Bamandil 11%

Cette diminution est due à la température de la nature physique du pipeline transportant de l'eau comme la température de l'air affecte celle de l'eau.

b/ Conductivité électrique :



EB : Eau Brute ; EO : Eau Osmosée ; D% : différence

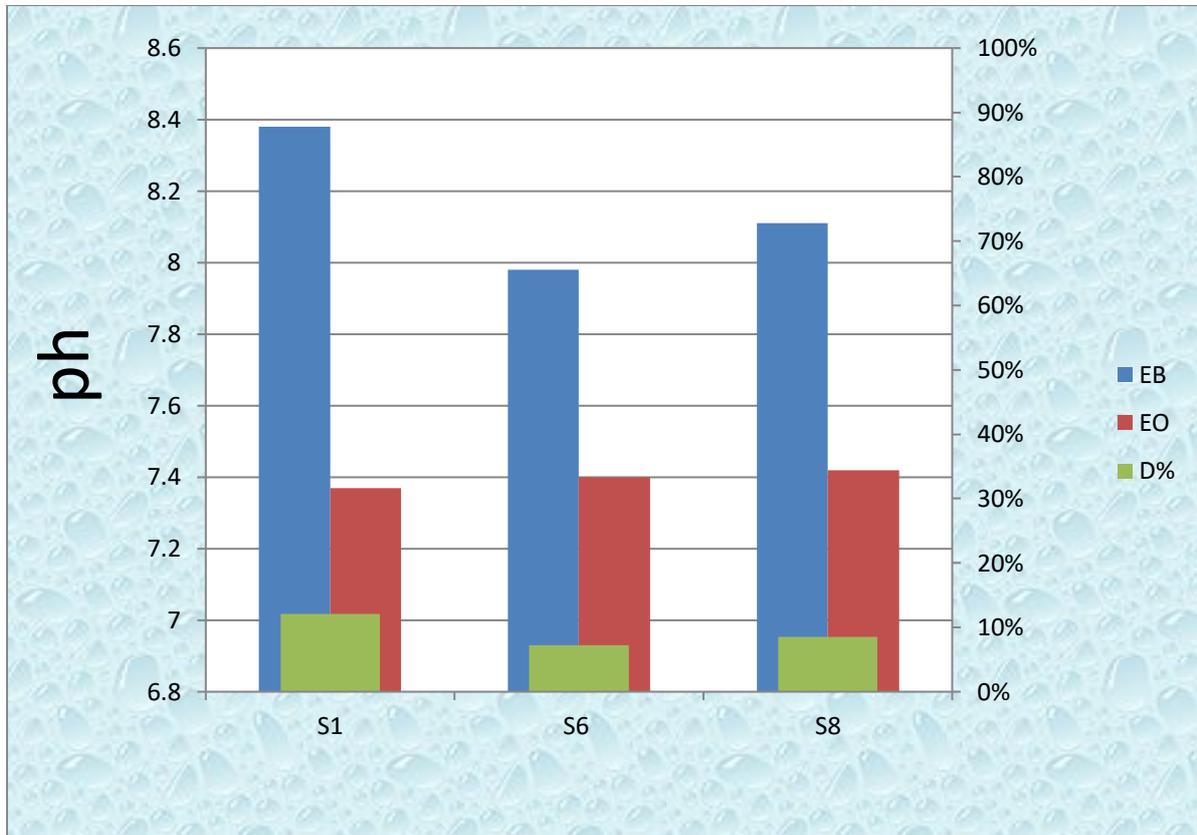
Figure VI .2 :Variation des valeurs et le rendement de la conductivité

D'après la figure, on remarque que l'eau brute de trios station présente une conductivité électrique très élevée, supérieur aux normes de l'OMS ($0.2 \text{ ms/cm} _ 1 \text{ ms/cm}$) et la conductivité électrique de l'eau osmosée de trios station est très faible qui est inférieur à la norme, comme le montre les taux de différence : 83% dans le station de Gharbouz , et le station de Ziaina 95%, et le station de Bamandil 96% .

La diminution de la valeur de la conductivité dans l'eau osmosée est causée par l'abaissement de concentration des ions et des cations dans l'eau lors de son passage à travers les membranes.

c/ Le Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH est l'un des paramètres le plus important de la qualité de l'eau.



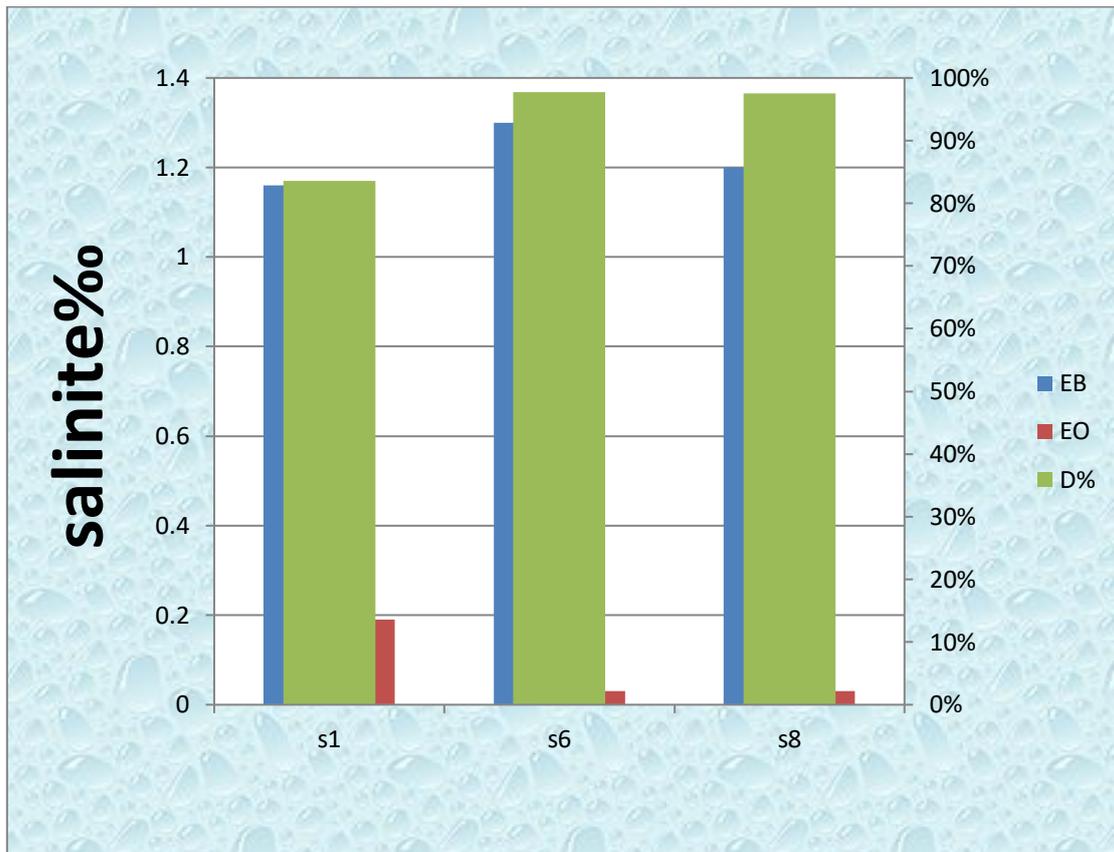
EB : Eau Brute ; EO : Eau Osmosée ; D% : différence

Figure VI .3 :Variation des valeurs et le rendement de pH

D'après la figure, on remarque que dans les trois stations, la valeur du pH de l'eau brute est supérieure à celle de l'eau osmosée. Les deux valeurs répondent aux normes de l'OMS (6,5 _ 8,5). Comme le montre le taux de différence : 12% dans la station de Gharbouz, et la station de Ziaina 7%, et la station de Bamandil 9%.

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau, il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau (aptitude à dissoudre le calcaire).

d/ La salinité :



EB : Eau Brute ; EO : Eau Osmosée ; D% : différence

Figure VI .4 :Variation des valeurs et le rendement de la salinite

D’après la figure, on remarque que pendant les trois station, la salinité de l’eau brute est supérieure de la salinité de l’eau osmosée et on remarque que la salinité dans le station de Gharbouz et inferieur à la salinité de Ziaina et Bamandil Cela est dû à la nature du la nappe captée comme le montre les taux de différence : 84% dans le station de Gharbouz , et le station de ziaina98%, et le station de Bamandil 98%.

La diminution de la salinité pour voir la pression osmotique qui a transféré l'eau du centre de très salée au centre du pouvoir moins salée.

2. Faciès chimique a/ L'eau brute

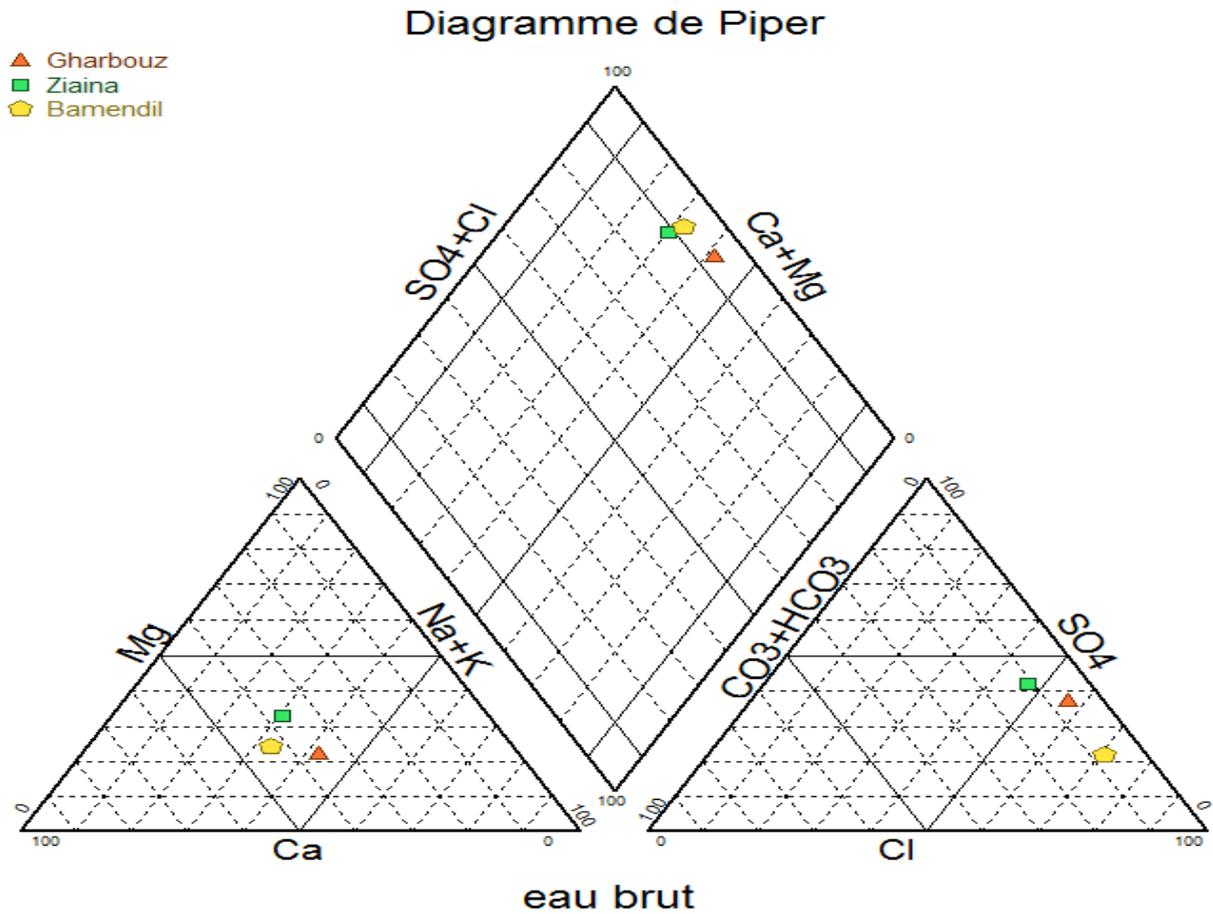


Figure VI.5 : Présentation des résultats des analyses physico-chimique de l'eau brute sur le diagramme de Piper

Après la représentation sur le diagramme de Piper, nous pouvons classer les anions et cations majeurs, comme suit:

- Nappe du Sénonien : L'eau de GHARBOUZ est chlorurée équilibré en cations.
- Nappe du Mio-Pliocène: L'eau de BAMENDIL est chlorurée équilibré en cations.
- Nappe de l'Albien : L'eau de ZIAINA est équilibrée en anions et en cations

b/ L'eau osmosée

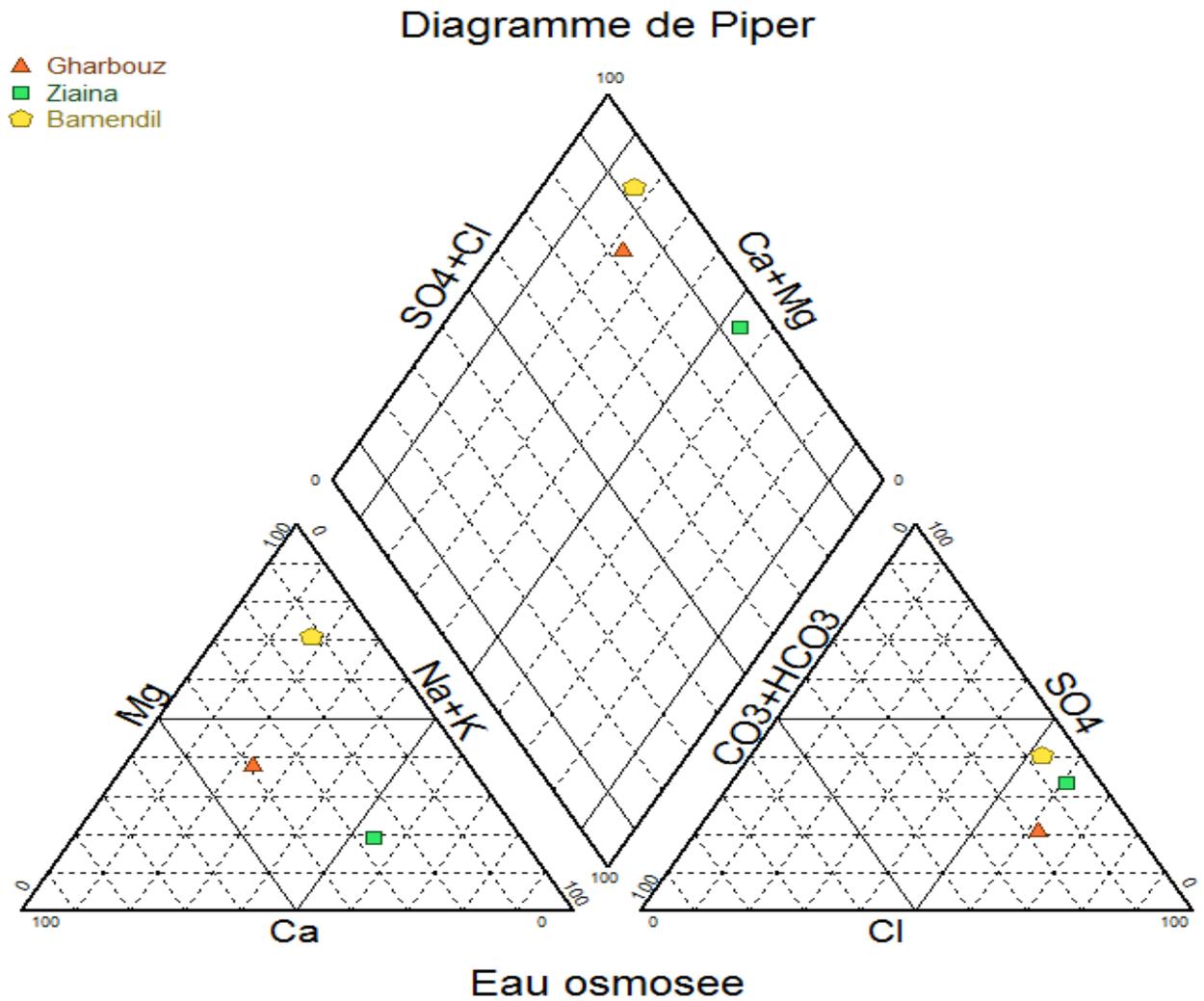


Figure VI.6 : Présentation des résultats des analyses physicochimique de l'eau osmosée sur le diagramme de Piper

- L'eau osmosée de GHARBOUZ est chlorurée équilibré en cations ;
- L'eau osmosée de BAMENDIL est chlorurée - magnésienne.
- L'eau osmosée de ZIAINA est chlorurée sodique ;

c/ Eau sortie :

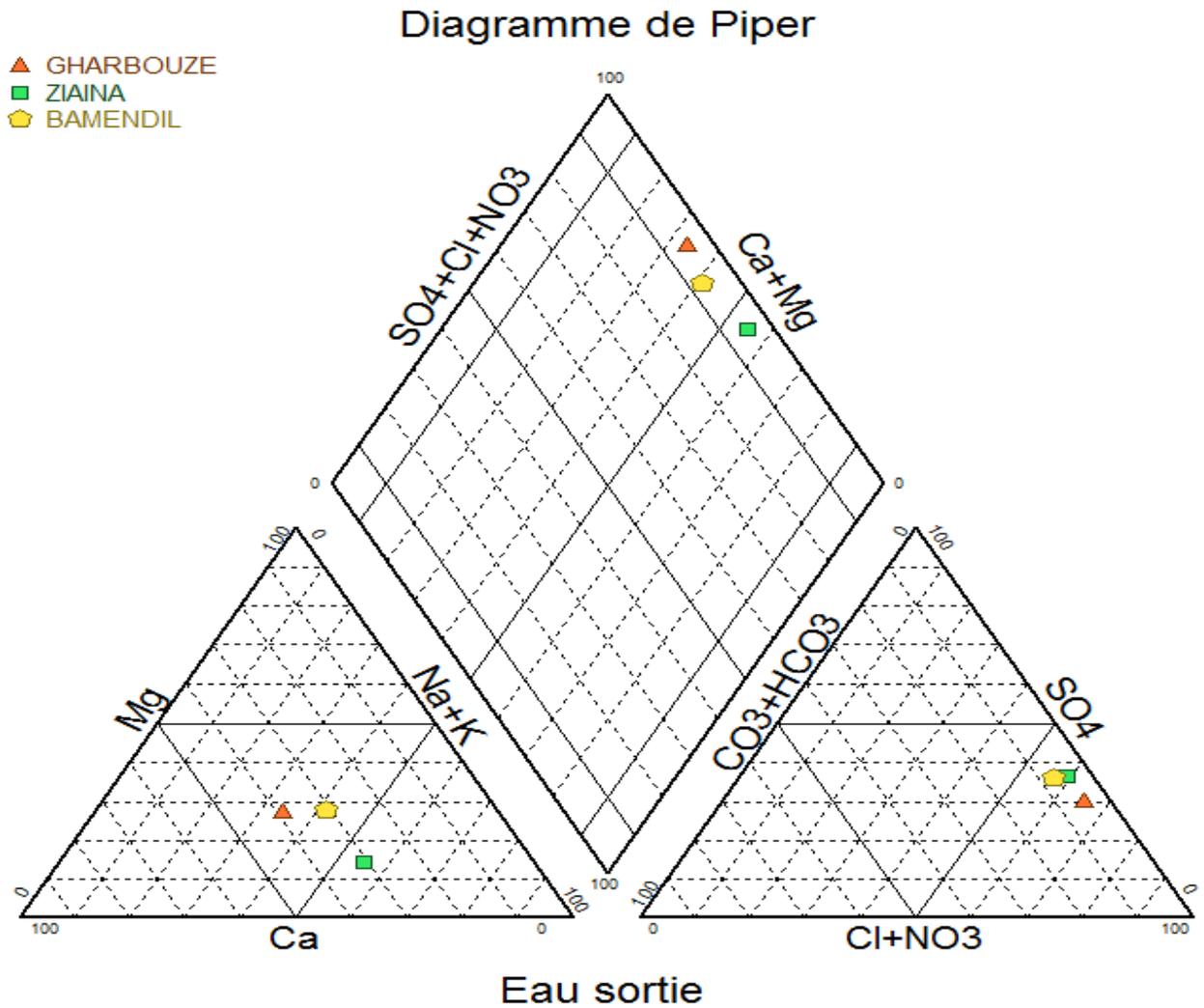


Figure VI.7 : Présentation des résultats des analyses physico-chimique de l'eau sortie sur le diagramme de Piper

- L'eau sortie de GHARBOUZ est chlorurée équilibré en cations ;
- L'eau sortie de BAMENDIL est chlorurée - équilibré en cations.
- L'eau sortie de ZIAINA est chlorurée - sodique.

3/ Discussion général :

D'après l'analyse des différentes figures nous avons constaté que les trois stations ont des bons rendements entre 84% et 98% pour la salinité. Donc une bonne élimination des cations et des anions. Mais ces rendements sont différents d'une station à une autre.

Pour les autres paramètres qui sont la température de l'eau et le pH, les rendements pour le premier sont entre 1% et 16% avec un avantage dans le cas de la station de Ziaina, pour le deuxième paramètre qui est le pH, les rendements étaient entre 7% et 12% avec un avantage dans le cas de la station de Gharbouz.

Les eaux de la nappe de l'Albien ont marqué un bon rendement, ceci est expliqué par la faible teneur en minéraux (cations et anions). Pour les deux nappes du complexe terminal, le Sémonien donne le meilleur rendement.

Pour la valeur de la conductivité électrique de l'eau osmosée, elle est très faible entre 102 $\mu\text{s/cm}$ et 388 $\mu\text{s/cm}$. Ces valeurs sont en totalité inférieures aux normes algériennes 2800 $\mu\text{s/cm}$ et les rendements étaient entre 83% et 96%.

Pour le pH, les valeurs étaient entre 7,3 et 7,4. Ces valeurs sont en totalité suivant les normes de potabilité algériennes (6,5 à 8,5) et mondiale (6,5 à 8,5). [O.M.S (1972)].

Le diagramme de Piper montre que les eaux sont évaluées entre les faciès chloruré et sulfaté magnésienne et sodique. Les faciès de chaque eau: l'eau brute de GHARBOUZ est chlorurée sulfatée équilibrée en cations; l'eau osmosée de GHARBOUZ est chlorurée équilibrée en cations; l'eau brute de ZIAINA est équilibrée en anions et en cations l'eau osmosée de ZIAINA est chlorurée sodique; l'eau brute de BAMENDIL est chlorurée sulfatée équilibrée en cations. L'eau osmosée de BAMENDIL est chlorurée sulfatée-magnésienne.

Conclusion

Conclusion générale

À l'issue de cette étude, nous pouvons conclure beaucoup des choses :

Les eaux de la région de Ouargla sont des eaux légèrement saumâtre, dure et de qualité médiocre à mauvaise, et ceci nous ramène à penser à la nécessité de procéder au dessalement et la réalisation des stations des traitements.

Dans notre région, le procédé utilisé est celui de déminéralisation par l'osmose inverse.

A l'aide de ce procédé, on obtient une eau très déminéralisée et cela revient de la sélectivité de membrane d'osmose inverse qu'il s'agit d'un fort taux de rétention pour tous les sels (95%).

L'eau osmosée est nettement en dessous des critères de potabilité d'une eau de consommation humaine sur le plan physico-chimique, une ré-minéralisation est indispensable pour obtenir une eau qui répond au goût agréable des consommateurs toujours en respectant les normes.

Notre étude nous a permis de conclure aussi que le changement de la nappe captée affecte les rendements dans les différentes stations et les différents paramètres mesurés. Le rendement global était le plus important dans le cas de la station de ZIAINA, et ceci en élimination des ions.

Pour une bonne maîtrise de l'exploitation de ces stations et une maintenance correcte des installations de dessalement, on propose que les institutions, les universités, et les centres de recherches posent un programme de recherche pour apporter des solutions aux problèmes des techniques au dessalement, parce que le rejet des eaux salées après déminéralisation affecte les conduites de réseau d'assainissement et par conséquent l'environnement.

Références bibliographiques

1/ BOUTELLI H, 2011. Salinité des eaux et des sols au niveau de la sebkha de Bamendil, caractérisation et conséquences sur l'environnement

2/ ROUVILOIS – BRIGOL., 1975. Le pays de Ouargla (Sahara Algérien). Variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Ed département géographique Univ, Sorbonne. Paris. Tome 2. 316 p.

3/ KEHAL S. (2000). Rétrospective et perspectives du dessalement en Algérie. Desalination, 136(2001), 35-42

4/ ROBERT D. (1990). Ultrafiltration, une technique économique de raffinage de l'eau déminéralise.

5/ RODIER J. (1984). L'analyse de l'eau : l'eau naturelle, eau résiduaire, eaux de mer. 7^{ème} Ed., Dunod, Paris. 1354p

6/ RAYMONDDES J. (1990). Le traitement les eaux. 3^{ème} Ed., l'école polytechnique de Montréal.

7/ RODIER J. (1984). L'analyse de l'eau : l'eau naturelle, eau résiduaire, eaux de mer. 8^{ème} Ed., Dunod, Paris. 1365p

8/ ADE (2016) Étude, réalisation, exploitation et assistance pour la maintenance de neuf stations de déminéralisation d'eau a OUARGLA <https://www.ade.dz/index.php/projets-2/projets-ade/6-projets>

9/ BERLAND J.M ET JURY. C (2002) Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau

10/ BOUCHARD, C., KOUADIO, P., ELLIS, D., RAHNI, M., LEBRUN, R.E. (2000) Les procédés à membranes et leurs applications en production d'eau potable, Vecteur Environnement; 33:4:28-38.

11/ NOLLET J.A, Leçons de physique expérimentale, Paris, Frères Guérin, 1745-1775.

- 12/ NOLLET J.A, L'art des expériences, ou avis aux amateurs de la physique, sur le choix, la constitution et l'usage des instrumens ; sur la préparation et l'emploi des drogues qui servent aux expériences, Paris, P. E. G. Durand, 1770
- 13/ AROURA A. (1997). L'homme et son milieu. Ed 531/77 .135p
- 14/ BELIEFERT C. et PERRAUD R. (2001). Chimie de l'environnement. 477- 8-8-BOUZIANI M. (2000). L'eau de la pénurie aux maladies. Éd., Ibn Khaldoun. 247p.
- 15/ MAUREL A (1993), Techniques séparatives à membranes : osmose inverse, nanofiltration, ultrafiltration, microfiltration tangentielle – Considérations théoriques, in Techniques de l'Ingénieur, p.p. 1-24.
- 16/ O.M.S (1972). Normes internationales applicables à l'eau de boisson, Genève.
- 17/ PESCOD M.B. (1985). Design, operation and maintenance of wastewater stabilization ponds in treatment and use of sewage effluent for irrigation. Ed Pescodand Arar, 93-114
- 18/FNDAE ,2002 Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau document technique N°14 FONDS NATIONAL POUR LE DEVELOPPEMENT DES ADDUCTIONS D'EAU p71.
- 19/ BELMABDI.A.(2016) Cour de procédés membranaires. Univ. Ouargla
- 20/ A.N.R.H., 2012. Rapports techniques.
- 21/ ONM, 2016. Données National météorologiques de la ville de ouargla Office National Météorologique.

Résumé

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

la conséquence de la qualité des eaux de consommation de la région de Ouargla qui est caractérisée par une forte salinité de l'ordre 3g/l, cette dernière, influe sur la santé du consommateur, qui provoque dans certain cas l'apparition des maladies graves. Pour cela La wilaya de Ouargla a bénéficié d'un programme d'envergure portant sur la réalisation de neuf (9) stations de déminéralisation de l'eau potable, au niveau des complexes hydrauliques répartis sur différents quartiers du chef lieu de la wilaya, La présente étude consiste à vérifier le rendement du fonctionnement des membranes d'osmose inverse en fonction de la qualité de l'eau des différents nappes de la région de OUARGLA .

Mots clés : déminéralisation, rendement, qualité, osmoisé, brut

تتمثل موارد المياه الجوفية في منطقة ورقلة , كما في كل مكان آخر من المناطق الشمالية من الصحراء الجزائرية , من قبل اثنين من شبكات طبقات المياه الجوفية الكبيرة بطابقين : القاري البيني (CI) و المركب النهائي (CT) .

نتيجة لاستهلاك المياه في مدينة ورقلة التي تتميز بالملوحة الجذ العالية حوالي 3 غرام لكل لتر ونتيجة للتأثيرات السلبية في ارتفاع هادا الأخير على صحة المستهلك التي قد تؤدي الى ظهور امراض خطيرة , فان ولاية ورقلة قد خصصت برنامجا مكثفا لصنع تسعة محطات لتحلية مياه الشرب والتي تنتشر على مختلف مناطق ورقلة ولذلك فإننا قمنا بدراسة هذه المحطات وذلك للتحقق من كفاءة التشغيل للأغشية التناضح العكسي وهذه الدراسة تكون على طبقات مختلفة من المياه الجوفية

الكلمات المفتاحية : التحلية , مردود , الجودة , التناضح , الخام

Ground water resources in the region of Ouargla are represented, as elsewhere in the northern Sahara regions, by two superimposed aquifer systems: the Continental Intercalary (CI) and the Terminal Complex (CT).

The consequence of the quality of drinkable water in the region of Ouargla, which is characterized by a high salinity of the order 3g / l, influences the health of the consumer, which in certain cases causes the appearance of serious diseases . For this purpose, the wilaya of Ouargla has benefited from a large-scale program for the construction of nine (9) stations for the demineralization of drinking water, at the level of the hydraulic complexes distributed in different districts of the capital of the wilaya, This study consists of checking the efficiency of the operation of the reverse osmosis membranes as a function of the water quality of the different sheets of the OUARGLA region.

Keywords: demineralization, yield, quality, osmosis, crude

ANNEXE

1)Alimentation depuis les forages :

L'eau brute provient des forages existants et elle est, ensuite, refoulée jusqu'au bassin d'eau brute.

Le débit provenant de chaque forage sera ajusté manuellement en agissant sur les vannes y corresponde afin d'avoir un débit total des eaux brutes de 3000m³/j .

Forage	m ³ /h	Débit	
		m ³ /j	Débitmètre
S1 – Station Gharbouz			
Gharbouz 1	64	1531	DN100
Gharbouz 2	61	1469	DN100
total	125	3000	
S6 – Station Ziaina (Sokra)			
Ziaina	35	840	DN100
Hadeb 03	90	2160	DN150
total	125	3000	
S8 – Station village Bamendil			
Bamendil 1	64	1525	DN125
Bamendil 2	61	1475	DN125
total	125	3000	

1-1)Conditionnement d'eau brute.

Un conditionnement par injection d'acide sulfurique de l'eau brute. L'injection se fait par une pompe doseuse à partir d'une station de dosage d'acide

1-2) Prechloration

Une pré chloration est prévu par injection d'eau de javel qui sera mis en service en cas de besoin pour faire un traitement de choc en cas de nécessité pour désinfecter l'installation. L'injection se fait par une pompe doseuse à partir d'une station de dosage d'eau de javel.



Photo N°1 : une pompe d'acide sulfurique

2) Ligne de Production

Les stations de déminéralisation est composée de trois lignes de production indépendantes.

Chaque ligne est composée de ce qui suit :

2.1) Pompe de Gavage

La pompe de gavage est la première étape d'alimentation de la ligne d'osmose inverse, cette pompe est dimensionnée de façon que la ligne fonctionne avec son débit nominal et une pression adéquate pour vaincre les pertes de charges le long du circuit.

L'aspiration de la pompe se fait directement du réservoir d'eau brute.



Photo N°2 : La pompe de gavage

2.2) Filtration sur sable

Une batterie de filtre à sable sous pression (2 filtres par ligne) est prévue pour améliorer l'indice de colmatage, bien que l'eau soit une eau de forage elle est naturellement filtrée. Elle possède des caractéristiques physiques bonne (pas de matières en suspension, une bonne turbidité).

Ces filtres travaillent d'une manière automatique par un jeu de vannes pneumatiques qui s'ouvrent et se ferment suivant le besoin de process.

Le colmatage de ces filtres est contrôlé par la mesure de pression différentielle qui déclenche automatiquement leur lavage en cas où cette pression atteint le point de consigne.



Photo N°3: ligne de filtre à sable

2.2.1) Lavage des filtres

Le lavage des filtres à sables se fait en plusieurs étapes, les deux étapes importantes sont :

*Brassage avec de l'air

Une soufflante d'air est prévu pour injecter de l'air dans le lit de sable à contre courant pour fluidiser le lit et faciliter le détachement des matières retenues par le filtre.

*Lavage avec de l'eau

Une pompe de lavage est prévue pour injecter à contre courant l'eau qui provient du réservoir 40m³, cette eau entraine les matières retenues sur le lit de sable et l'envoie vers le drainage le lavage s'arrête lorsque l'eau sera limpide.

Ce cycle de lavage sera déterminé en phases et en temps lors de mise en service.

2.3) Acidification

A sa sortie du filtre à sable l'eau sera dirigée vers les étapes de traitement. Une injection d'acide sulfurique pour correction de pH est prévue en cas de nécessité puisque l'eau est déjà acidifié au début.

L'injection se fait par une pompe doseuse à partir d'une station de dosage d'acide sur la conduite principale de la ligne d'osmose inverse

2.4) Dosage du séquestrant

Pour protéger les membranes de précipitation des sels, une injection d'antitartre (séquestrant) est prévue

L'injection se fait par une pompe doseuse à partir d'une station de dosage de Séquestrant sur la conduite principale de la ligne d'osmose inverse.



Photo N°4: pompe injection d'antitartre (anti scalant)

2.5) Filtration sur cartouche

Une filtration sur cartouche est prévue afin de mieux protéger les membranes contre les matières en suspension s'ils existent.

Les cartouches seront soit thermo soudé soit en fils bobiné avec un seuil de 5 μ .

La différence de pression qui sera mesurée sert comme indicatif pour le contrôle du colmatage des filtres.



Photo N°5: les filtre a cartouche

2.7) Pompage Haute pression

Afin de vaincre la pression osmotique et garantir une production d'eau osmosée, une pompe aspire l'eau à partir des filtres à cartouches et le porte à une pression adéquate pour traverser le train des membranes. Cette augmentation de pression sera régulée de façon à produire la quantité d'eau nécessaire.



Photo N°9: pompe haute pression

2.8) Unité d'osmose inverse

2.8.1) Le premier Etage

Les membranes de l'unité d'osmose inverse sont mises en deux étages de type série rejet pour atteindre un taux de conversion totale de 75%.

Le premier étage comprend 9U Nbre de membrane/U 6 mbrn. tubes de pression qui sont mis en parallèle et reçoit la totalité de débit refoulé par la pompe HP.

Le flux entrant sera divisé en deux flux, eau osmosée ou perméat et eau saumâtre(**rejet**)

2.8.2) Deuxième Etage

Le deuxième étage travaille en série avec le premier, il reçoit le rejet du premier étage pour produire encore de l'eau osmosée.

La production du deuxième étage sera regroupée avec la production du premier étage pour donner la production totale de la ligne d'osmose inverse.



Photo N°6: Unité d'osmose inverse

2.9) Station de rinçage

Après chaque arrêt de la ligne et afin de protéger les membranes d'osmose inverse, une station de rinçage des membranes par de l'eau osmosée est prévu.

L'eau est aspirée à partir de la bache de rinçage et refoulé par la pompe de rinçage sur les membranes pendant un temps bien déterminé pour les laisser imbibées dans l'eau propre.

2.10) Station de nettoyage chimique

Une station de nettoyage chimique est prévue pour un éventuel nettoyage chimique des membranes en cas de colmatage.

Ce nettoyage se fait à partir d'une bache de préparation de produits chimiques pour un nettoyage soit acide soit basique et avec des pompes prévues pour cet effet.

Le nettoyage se fera lorsqu'on atteint une différence de pression consigne soit pour le premier étage ou pour le deuxième.

2.11) Eau brute de mélange

L'eau osmosée produite par les trois lignes sera mélangée avec de l'eau brute pour avoir une salinité n'excédant pas les 600ppm, Ces eaux sont stockées dans les réservoirs pour être distribuées vers la ville.

2.12) désinfection

L'eau de production qui sera distribuée vers les citoyens sera désinfectée par injection d'eau de javel afin de le rendre potable.

L'injection de l'eau de javel se fait à travers une pompe doseuse à partir d'une station de dosage de javel.