



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued
Faculté de Technologie

Mémoire de Fin d'Etude
En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Sciences et Technologies
Filière: Génie des Procédés
Spécialité: Génie Chimique

Présenté par:

Aiba Salima

Attia Hania

Thème

***Etude comparative de la qualité de quelques
eaux potables***

Devant le Jury:

Mr: Zegoud Laid

Président

Université d'El Oued.

Mr: Belfar Mohammed Lakhdar

Examineur

Université d'El Oued et Ouargla.

Mr: Oucif Khaled Mohammed Tayeb

Rapporteur

Université d'El Oued.

2015/2016

REMERCEMENTS

C'est à dieu le tous puissant que mes remerciements grandes sincérités gratitude.

Nous adressons tout d'abord nos remerciements les plus sincères Mr Oucif Khaled Mohammed Tayeb président et chargé de cours à l'université El Oued d'avoir bien voulu nous encadrer pour avoir suivi avec intérêt la réalisation de ce travail et pour l'aide considérable qui nous a réservé.

Nos remerciements vont également au membre du jury, Mr Belfar Mohammed Lakhdar chargé de cours à l'université Ouargla et EL Oued d'avoir accepté d'être le président de juger de ce travail, Mr Zegoud laide l'université El Oued.

Mes sincères remerciements à l'équipe de laboratoire de l'A.D.E. A l'ensemble du personnel du département pour leur contribution de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

En fin nos remerciements vont aussi à ceux qui, de loin ou de près, nous ont aidés à la réalisation de ce travail, surtout Mohamed Soualeh, Kamal Hanna, Ahmed Allali, Somaia Aiba, Raha Selma, Faiza Mageni, Somaia Homssa.

Dédicace

Ce travail, je le dédie particulièrement à:

Ma mère et mon père

A mon frère

A mes très chères sœurs

Et mes amies

Hania et Salima

Sommaire

Introduction générale	01
------------------------------------	-----------

CHAPITRE I

présentation la région d'étude

I.1- Situation géographique.....	02
I. 2- Climatologie de la région	03
I .2.1- Le climat.....	03
I .3- Hydrogéologique de la région	04
I .3.1- Nappes phréatique.....	04
I .3.2- Nappes du complexe terminal	04
I .3.2.1- Nappe de sable	04
I .3.2.2 - Nappes de calcaire	05
I .3.3- Nappe du continentale intercalaire.....	05

CHAPITRE II

Qualité des eaux potable (normes de potabilité)

II.L'eau	06
II.1.Définition	06
II.2.Importance de l'eau	06
II.3.Cycle de l'eau dans la nature	07
II.4.Différentes états de l'eau	08
II.4.1.L'état solide	08
II.4.2.L'état liquide.....	08
II.4.3.L'état de vapeur (état gazeux).....	09
II.5.Les sources d'eau.....	09
II.5.1.Généralités	09
II.5.2.Sources d'eau de surface.....	10
II.5.2.1.Généralités	10
II.5.2.2.Cours d'eau	10
II.5.2.3.Lacs	10
II.5.2.4.Prises d'eau de surface	11
II.5.3.Sources d'eau souterraine.....	11

II.5.3.1.Généralités.....	11
II.5.3.2.Puits	12
II.5.3.3.Sources.....	12
II.5.4.Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines.....	13
II.6.Les propriétés de l'eau.....	14
II.6.1.Propriétés chimiques.....	14
II.6.2.Propriétés physiques	15
II.6.2.1.Masse volumique	15
II.6.2.2.Propriétés thermiques	16
II.6.2.3.Viscosité	16
II.6.2. 4.Tension superficielle	17
II.6.2.5.Propriétés électriques	17
II.6.2.6.Propriétés optiques	18
II.6.2.7.Les milieux physiques des eaux de surface.....	18
II.6.2.8.Les milieux physiques des eaux souterraines	18
II.6.3.Propriétés bactériologiques	19
II.7. La qualité de l'eau	19
II.7.1.Généralités	19
II.7.2.Normes de potabilités	19
II.7.2.1. Caractéristiques biologiques.....	20
II.7.2.2. Caractéristiques physiques et chimiques.....	21
II.7.2.2.1.Couleur	21
II.7.2.2.2.Température.....	21
II.7.2.2.3.Turbidité.....	21
II.7.2.2.4.Goût et odeur	21
II.7.2.2.5.pH.....	21
II.7.2.2.6.Dureté	21
II.7.2.2.7.Solides dissous.....	22
II.8.Définition d'eau potable.....	22

CHAPITRE III

Les techniques de la déminéralisation

III.1.principe des techniques.....	23
------------------------------------	----

III.1.1.Le procédé chimique.....	24
III.1.2.Les procédés membranaires.....	25
III.1.2.1.L'osmose inverse.....	25
III.1.2.2.L'électrodialyse.....	26
III.1.3.Les procédés par la distillation	27
III.2.Eléments à prendre en compte dans le choix d'un procédé de dessalement.....	28
III.2.1.Facteur technique.....	28
III.2.2.Facteur économique.....	28

CHAPITRE IV

Techniques et Méthodes

IV.1.Appareillage.....	29
IV.1.1.Balance électronique.....	29
IV.1.2.Agitateur électronique	29
IV.1.3.pH mètre.....	30
IV.1.4.conductivimètre.....	30
IV.1.5. Spectrophotomètre	31
IV.1.6.Turbidimètre.....	31
IV.2.Mode opératoire.....	32
IV.2.1.Pour le calcium.....	32
IV.2.2.Pour le titre alcalimétrique complet.....	33
IV.2.3.Pour le bicarbonate.....	33
IV.2.4.Pour le chlorure.....	33
IV.2.5.Pour le titre hydrométrique.....	34
IV.2.6.Pour le magnésium.....	35
IV.2.7.Pour le nitrate.....	35
IV.2.8.Pour le ammonium.....	36
IV.2.9.Pour le nitrite.....	37
IV.2.10.Pour le phosphate.....	37
IV.2.11.Pour le sulfates.....	38
IV.2.12.Pour les résidus secs.....	38
IV.2.13.Pour le turbidité.....	39
IV.2.14.Pour le pH.....	39

IV.2.15.Pour la conductivité électrique.....	40
IV.3.Résultats et discussion.....	40
IV.3.1.Résultats d'analyse physique et chimique.....	40
IV.3.2.Discussions.....	42
Conclusion générale.....	43
Référence bibliographique.....	44

Liste des figures

N°	Titer	Page
Figure 0 1	Carte de limite géographique d'El-Oued modifié à Partir de Google Erthe	02
Figure 0 2	Cycle de l'eau (source: site Agence de l'Eau Artois-Picardie)	07
Figure 0 3	Géométrie de la molécule d'eau	14
Figure 0 4	Polarité de la molécule H ₂ O et des liaisons O-H	15
Figure 05	Système de dessalement osmose inversé	26
Figure 06	Système de dessalement par l'électrodialyse	27
Figure 07	Balance électronique	29
Figure 08	Agitateur électronique	30
Figure 09	Ph mètre et conductimètre	30
Figure 10	Spectrophotomètre	31
Figure 11	Turbidimètre	31

Liste des Tableaux

N°	Titer	Page
Tableau 01	Les différences entre eaux de surface et eaux souterraines	13
Tableau 02	Masse volumique de l'eau en fonction de la température	16
Tableau 03	Viscosité de l'eau en fonction de la température	17
Tableau 04	Tension superficielle de l'eau en fonction de la température	17
Tableau 05	Quelques normes des eaux potables	20
Tableau 06	Les analyses physico- chimiques des eaux souterraines	41
Tableau 07	Les analyses physico-chimiques des eaux traitées	42

Liste d'abréviation

Cond:	Conductivité.
A D E:	Algérienne des eaux.
UCV:	Unités de couleur vraie.
EDTA:	Ethyl diamine tetra acétique.
HSN:	Hydroxy-2-sulfo-4-naphtylazo.
NET:	Noir érichrome T.
MES:	Matières en suspension.
μs:	Microsimens.
RS:	Residue sec.
Turb:	Turbidité.
TH:	Titre hydrométrique.
TDS:	Totale des Solides Dissous.
pH:	Potential d'hydrogène.
TAC:	Titre alcalimétrique complet.
OMS:	Organisation mondiale de la santé.
OA:	Organisation algérienne.
OI:	Osmose inverse.
ED:	Electrodialyse.
hab:	Habitant.
km:	kilometer.
NTU:	Unité de turbidité néphélométrique.
°F:	Degré français.
mg:	Milligram.
°C:	Degree Celsius.
T:	Temperature.
H:	Heure.
l:	Liter.
UV:	Ultra violet.
UF:	Ultra filtration.

Numéro	Reference
[1]	2016/05/28 (2013 مديرية البرمجة و متابعة الميزانية احصائية)
[2]	RAYMONDDES J, (1990), Le traitement des eaux, l'école polytechnique de Montréal.
[3]	ANONYME,(1982), Etude de ressources en eau de Sahara septentrional.
[4]	GUERBOUZ E F, (2006), Contribution à l'étude cinétique de la qualité de l'eau au niveau de la ville de Metlili (GHARDAIA).
[5]	GUENNONE S et HOMCI S, (2003), Mémoire de fin d'étude, Dimensionnement d'une station de déminéralisation des eaux d'albien de la ville de Touggourt par méthode d'OI, Ouargla.
[6]	GUERBOUZ E F, (2006), Contribution à l'étude cinétique de la qualité de l'eau au niveau de la ville de Metlili (Ghardaïa).
[7]	ANONYME ,(1982),Etude de Ressources en eau de Sahara septentrional.
[8]	MERCIER J, (2000), Le grande livre de l'eau. Edition : renaissance du livre (la).ISBN :2-8046-0341-5. P 183.
[9]	Ramade F, (2002), dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed DUNOD. France.
[10]	ZINE B et Selatna A E, (2008), comparaison entre le pouvoir de quelque désinfectants dans le traitement d'eau potable (université d'El OUED).
[11]	Document d'information technique ,(octobre 2000), réseaux communautaires d'eau potable DIT-SM-01.
[12]	Dégrément. Mémento technique de l'eau Paris 1989
[13]	KETAB. A, (janvier 1992), traitement des eaux.
[14]	L'appui aux services chargés de la police de l'eau, l'évaluation et la gestion des ressources et les études du fonctionnement des nappes.
[15]	Degremont, (1989), mémento technique de l'eau, Dixième édition, Tome1.
[16]	Le conseil supérieur de la pêche (CSP), dont les missions comprend l'information et l'appui technique aux administrations concernant les milieux, les espèces et les activités halieutiques.
[17]	BELHADDAD.B,(2014), suivi et diagmostic d'une station d'osmose inverse. Université d'Oran.
[18]	Degrement 1989.J. Redier, 1984.H.M.Raghunath et ail, 1982.
[19]	ALPHA S.M, (2005), qualité organoleptique de l'eau de consommation produit et distribuer par l'EDMSA dans la ville de Bamako. Doctorat en pharmacie. Université de Bamako.
[20]	ABDERRAZAK . A, (2014), procede de dessalement et qualité physico-chimique de l'eau dessalée par la station dessalement de l'eau de mer de Honaine. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.
[21]	SAVARY P, (2010), guide des analyses de la qualité de l'eau .Territorial éditions. p75-115.
[22]	MONIQUE. H, (1991), les eaux naturelles et les eaux de consommation saint laurent.
[23]	HIMMI. N, FEKHAOUI. M, FOUTLANE. A, BOURCHIC .H, EL MMAROUFY. M, BENAZZOUT. T, HASNAOUI. M, (2003), Relazione plankton-parametri fisici chimici in un bacino dimaturazione

- laguna mista Beni Slimane – Morocco. Rivista Di Idrobiologia. Universit degli studi di perugia, p110–111.
- [24] DEVILLERS. J, SQUILBIN. M, YOURASSOWSKY. C, (2005), qualité physico- chimique et chimique des eaux de surface. Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, observation des données de l'environnement L'IBGE : "l'eau à bruxelles. Fiche 2.
- [25] Code de l'environnement.
- [26] BERNE. F, CORDONNIER. J, (1991), traitement des eaux. Ecole nationale supérieure du pétrole et de moteurs Paris.
- [27] Article, (14-19Nov1981), séminaire sur la technologie appropriées a la déminéralisation de l'eau potable, El djair.
- [28] مجلة العلوم والتقنية:تقنيات تنقية مياه الشرب, ج1، 1997.
- [29] www.controverses-minesparistech-15.fr/openAnnexes8c39.html?nom=A-Techniques 02/03/2016
- [30] RAYMOND DES JARDINS le traitement des eaux 2^{ème} édition de l'école polytechnique de Montréal .Janvier 1997.
- [31] Lemtati. EL M, (1998), étude d'optimisation des systèmes d'osmose inverse de dessalement des eaux de mer sur modèle de simulation numérique Blida.
- [32] AIBA. S, ATTIA. H, (2011), L'effet de sel sur l'extraction liquide – liquide de l'aniline, Université mohamed khider Biskra.
- [33] ANONYME, (1998), Données de l'Agence National des Ressource Hydraulique.
- [34] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Conductim%C3%A8tre> 02 /04/2016.
- [35] 02/04/2016.<https://fr.wikipedia.org/wiki/Spectrophotom%C3%A9trie>
- [36] <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/turbidim%C3%A8tre/80235> 02/04/2016.
- [37] Mme Ladel,(1999), Contrôles des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.
- [38] Fiche technique d'algérienne des eaux, (2009), unité d'El-Oued.
- [38] Méthodes des analyses physicochimiques d'algérienne des eaux, unité d'El Oued, (2009).
- [40] Jean Radier et coll, P.Chambon, L.Rodi, J.P. Broutin , (2005), l'analyse de l'eau, édition 8, dunod, Paris, p.45-299.
- [41] RODIER J, (1996), L'analyse de l'eau : l'eau naturelle, eau résiduaire, eaux de mer, 8^{ème} Ed, dunod, Paris, p1365.

Introduction

L'eau est la vie pour tous les êtres humains, elle comprend trois quarts (3/4) du globe terrestre et deux tiers (2/3) du corps humain.

«L'homme peut vivre plusieurs semaines sans manger, il meurt après quatre Jours sans eau ».

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

Les ressources des eaux consommables sont multiples, y compris: l'eau de surface et les eaux souterraines qui sont considérés comme utilisables et elles se caractérisent d'une forte salinité, où on trouve plus d'un cinquième de la population mondiale souffre d'une crise de la disponibilité de l'eau douce, et à cet effet, nous avons étudié l'analyse physique et chimique des eaux souterraines de la région du Oued Souf et les eaux locales présentées dans le marché (eau de Bir El Ater (Tébessa), l' eau de Oueled Djelal (Biskra) et eau filtrée d'origine souterraine). Cette étude considère comme étude comparative entre la qualité des eaux connaissable dans la région de souf (eau de Bir El Ater, eau de Oueled Djelal et eau filtrée) et les eaux souterraine de même région.

Cette étude comprenait quatre chapitres:

Le présent manuscrit présentant ce travail est entamé par une introduction générale donnant une idée sur l'intérêt du thème, quatre chapitres et une conclusion générale.

- Le chapitre I, sera consacré à une présentation de la région d'étude d'El Oued.
- Le 2^{ème} chapitre sera consacré à une qualité des eaux potable (normes de potabilité).
- Le 3^{ème} chapitre sera consacré à une présentation les techniques de la déminéralisation.
- Dans le 4^{ème} chapitre, nous serons présentés technique et Méthode (les résultats obtenus et leur discussion).

Le manuscrit se termine par une conclusion générale qui synthétise les résultats obtenus durant ce travail.

CHAPITRE I: Présentation de la région d'étude

CHAPITRE I: Présentation de la région d'étude

I.1.Situation géographique:

La wilaya d'EL OUED est située au Nord-est du Sahara algérienne septentrional, elle s'étend sur une superficie de 445 868.8 Km² avec une population de plus 750840 habitants donnant ainsi une densité 1.68hab /Km² .

EL OUED, l'une des Oasis du Sud-est algérien à 700 Km du capital, elle est Limitée par les Wilaya suivantes :

- Au Nord par les Wilayet de Biskra, Khenchela et Tébessa.
- Au Nord-Ouest par la Wilayat de Djelfa.
- Au Sud par la Wilayat d'Ouargla.
- Au l'Est par la frontière tunisienne [1].

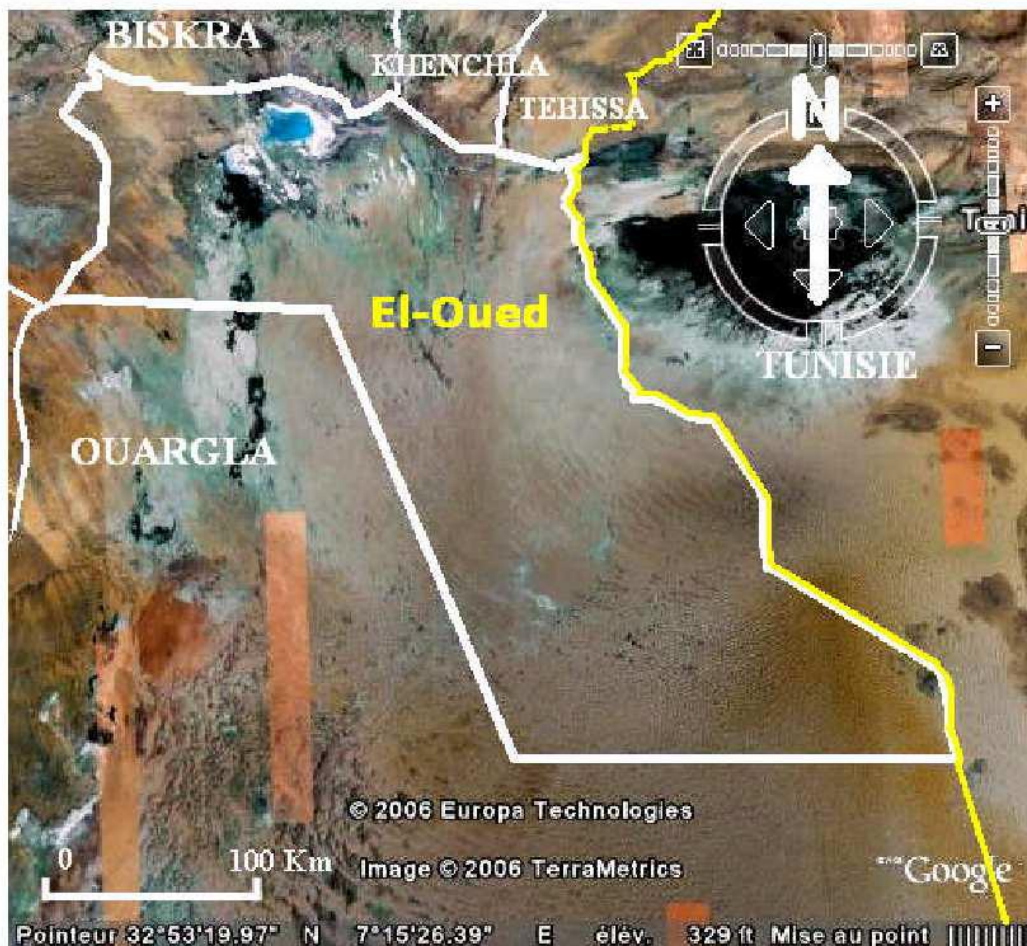


Figure 01: Carte de limite géographique d'El-Oued a Partir de Google Erthe

I.2.Climatologie de la région:

I.2.1.Le climat:

Le climat de région est de type saharien, caractérisé par un été chaud et un hiver doux et ainsi par irrégularité et la faiblesse des ses précipitation. Les principales contraintes climatique restent la fréquence régulière des vents et leur violence connus sous le nom de chhili (sirocco) ainsi que des ventes de sables durant le printemps.

La région d'EL Oued est caractérisée par une période sèche qui s'étale sur toute l'année [2].

-La température:

La température est l'un des facteurs climatique le plus important, c'est elle qu'il faut examiner tant premier lieu pour voir l'action climatique sur les êtres vivants.

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 22.9 °C, la température la plus élevée est notée au mois le plus chaud, juillet, avec une température de 34.99-50 °C et la température la plus basse du mois le plus froid, janvier, est 11.27 °C [3].

-La pluviométrie:

Les origines de la précipitation dans les régions sahariennes son inhérentes aux Saisons. L'analyse pluviométrique de la région révéler qu'il y a une irrégularité des précipitations moyenne mensuelle. Néanmoins, on distingue deux périodes :

- ❖ La chute de certaines pluies, s'étale du moins de septembre au moins d'Avril.
- ❖ L'autre sèche durant le reste de l'année [2].

-L'évaporation:

Le facteur évaporation a été enregistré pendant ces dernières années de la valeur importantes, ceux-ci ne peuvent être expliqué par l'effet de température et de la pluviométrie, ces deux paramètre contribuent le plus souvent à la variation de cette dernières sans oublier l'ouvert végétale pour l'humidité.

-Les vents:

Les vents dans la région sont fréquentes, mais aux printemps sont les plus fortes et peuvent durer jusqu'à trois jours consécutif avec une vitesse allant de 40 à 60 Km/h et parfois même plus. La direction est des secteurs qui sont: Est et Nord –Est, Ouest et Sud-ouest, mais la direction Est et Nord-est prédominant, puis à un degré moindre ceux de Ouest et Sud-ouest qui caractérise par une température élève du au sirocco [4].

I.3.Hydrogéologie de la région:

D'après les études effectuées et les coupes de sondages de forages réalisées dans la région du Souf, on peut distinguer deux complexes (le complexe terminal et le complexe intercalaire), et la nappe phréatique [2].

I.3.1.Nappes phréatique:

La nappe phréatique présente dans toute l'étendue du Souf correspond essentiellement à la partie supérieure des formations quaternaire, d'une profondeur moyenne 50 m et constituée essentiellement par des formations sableuses, à grains fin intercalées par des tufs ou lentilles d'argiles sableuses ou gypseuses. Ce type facilite le phénomène d'infiltration et le processus de rencontre capillaire.

Vu son caractère dunaire très perméable, sa faible profondeur ainsi que ses propriétés physico-chimique, cette nappe captée par plus de 15000 puits atésiens reste une source d'eau d'irrigation très sollicitée pour le fellah soufi [2].

La nappe phréatique dans la région est principalement alimentée par les eaux utilisées par la population: l'excès des eaux d'irrigation et les rejets des eaux usée (industrielles et domestique), et la source absolue de ces dernières sont des nappes profondes du complexe terminale continentale intercalaire et exceptionnellement par les pluies [5].

I.3.2.Nappes du complexe terminal:

Dans l'aquifère complexe terminal, il existe deux nappes:

I.3.2.1.Nappe de sable:

Au sein de ce niveau sableux, viennent s'engendrer deux nappes captives dont la première correspond à la formation supérieure du complexe terminal, elle constituée par des sables à grains peu grossier et faisant partie du moi pliocène dont la profondeur peut atteindre à 280 m. La deuxième nappe des sables d'Age Pontien (Eocène supérieure), Constituée par des formations sableuse fortement perméable et captée à une profondeur variant entre 400 et 480 m.

Vu son intérêt hydraulique important, la nappe de Pontien est la plus sollicitée soit pour l'alimentation en eau potable ou pour l'irrigation.

L'écoulement des eaux dans ces dernières nappes se fait Sud-ouest vers le Nord est (autrement dit vers la zone des Chotts).

Les principales caractéristiques de cette nappe sont:

-Débit : 89231295 m³/an.

-Température: 20 à 26 °C [2].

I.3.2.2.Nappes de calcaire:

Les forages profonds passant par cette nappe montrent qu'elle se situe dans les formations calcaires de l'Eocène inférieur d'une profondeur variant entre 500 et 800m, mais vu sa faible perméabilité et un taux élevé de salinités de ses eaux, cette nappe ne présente aucun intérêt hydrogéologique [2].

I.3.3.Nappe du continentale intercalaire:

Le continentale intercalaire appelle aussi Albien, occupe l'intervalle stratigraphique entre la base de trias et le sommet de l'Albien. Cet horizon aquifère est constitué essentiellement par des sables gréseux avec des intercalations argileuses, sa profondeur varie entre 1600 et 1800 m.

Les eaux du continentale intercalaire sont caractérisées par:

- Une température qui dépasse les 60°C sauf certains endroits.
- Une charge en H₂S et CO₂ qui lui donne un caractère corrosif.
- La minéralisation de l'eau oscille entre 1 à 2 g/l de résidu sec et peut atteindre 5g/l [6].

Les eaux souterraines considérées comme une eau potable dans notre région mais celles-ci peuvent être contenue des éléments toxique ou indésirable, et présent une dureté plus élevée responsable du goût désagréable, ces derniers considérer comme une problème majeur pour les eaux de la région d'El-Oued et les régions saharienne, qui sont utilisées les eaux souterraines comme une sources principale pour l'alimentation de la population, pour cela: il est indispensable de connaître la qualité de ces eaux.

Le traitement des eaux par l'ozone et l'eau de javel est **injection** un technique ancien et moins efficace, à partir l'évolution technologique, on découverte des technique permet d'obtenir une eau potable, même si cette eau a une mauvaise qualité, il s'agit de notre région par la technique membranaire d'osmose inverse.

Le chois de cette technique revient des plusieurs causes sont:

- ❖ Tout les stations des **dessalements** des eaux dans notre région est base sur cette procède.
- ❖ Est une procède techno-économique pour éviter les problèmes qui résulte des fortes salinités des eaux et leur manque qui revient de l'explosion démographique et l'activité industrielle [7].

A partir là: notre étude est base sur la description de l'un des stations du Dessalement dans notre région.

CHAPITRE II: Qualité des eaux potable (normes de potabilité)

CHAPITRE II: Qualité des eaux potable (normes de potabilité)

II.L'eau:

II.1.Définition:

L'eau est banal, incolore, inodore et sans saveur, mais en même temps singulière, fantasque, exceptionnelle. De valeur nutritive à peu près nulle, elle est cependant le constituant principal de tout être vivant. Lorsqu'elle gèle, elle augmente de volume, se gonfle au lieu de diminuer comme la plupart des autres substances, elle se solidifie et flotte en milieu liquide [8].

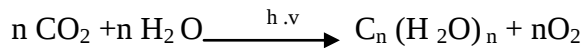
II.2.Importance de l'eau:

La terre est l'unique planète du système solaire, dont la surface est recouvert de grandes parties d'eau à l'état liquide (environ 70%). Sur la terre, l'eau existe dans les trois états (liquide-solide-gaz), ce qui est dû aux conditions particulières de température et de pression qui règnent à sa surface, par exemple à la surface de la planète Jupiter, à cause des valeurs de la température et de la pression qui sont en moyenne respectivement de (-130 °C) et de 0.1 bar, l'eau ne peut exister qu'à l'état de glace. Sous sa forme liquide, l'eau constitue avant tout les océans, les cours d'eau, les eaux côtières et les nappes phréatiques. Sous sa forme solide, elle constitue par exemple la glace des couches polaires. L'eau à l'état gazeux est, en proportions variables, un des constituants de l'atmosphère (sa teneur volumique dans la troposphère varie de 0,1 à 4%) [9].

L'eau revêt de nombreux aspects importants dans la vie des hommes, elle est nécessaire à la vie et constitue un moyen de nettoyage. Dans l'industrie l'eau a de multiples fonctions, par exemple celle de fluide de refroidissement et de substance primaire (dans le domaine de la production) ou de solvant et de milieu réactionnel (par exemple dans l'industrie chimique). L'eau est utilisée comme moyen d'alimentation et d'évacuation (par exemple des substances polluantes sont transportées jusqu'à la mer par les cours d'eau, ainsi que pour la circulation et le transport. Les nappes phréatiques constituent le réservoir le plus important d'eau potable. L'eau exerce une influence fondamentale sur le climat: c'est un régulateur de chaleur important pour l'atmosphère, parce qu'elle absorbe le rayonnement provenant de la terre.

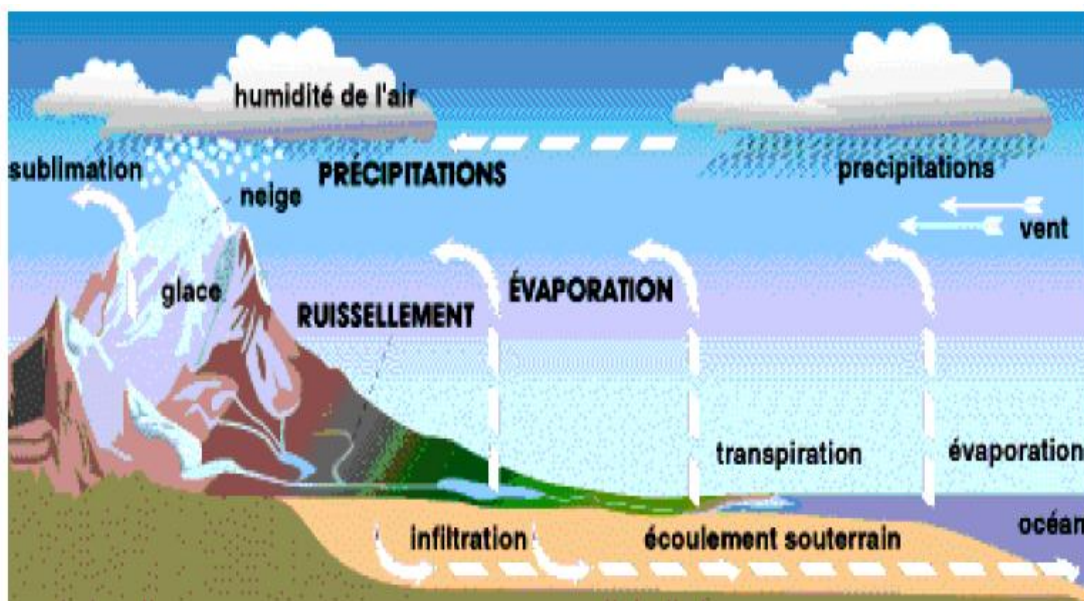
L'eau joue un rôle très important dans la photosynthèse (appelée aussi assimilation). Qui est, sur terre, la réaction chimique de transformation de l'énergie. La plus importante; c'est aussi la réaction qui, transforme le plus grand nombre de substances. Dans cette

réaction qui est essentiellement à la base de la vie, l'eau réagit avec le gaz carbonique dans les plantes vertes (chlorophylle) en présence de lumière selon (de manière simplifiée):[10].



II.3.Cycle de l'eau dans la nature:

L'eau recouvre 72 % des 509 millions de km² de la surface du globe. On estime son volume à environ 1400 000 000 km³. L'eau de la planète bleue est à 97,2 % salée. Cette eau salée se retrouve dans les océans, les mers intérieures, mais aussi dans certaines nappes souterraines. L'eau douce, elle représente donc 2.8 % de l'eau totale du globe. Dans ce



faible pourcentage, les glaces polaires représentent 2.15 %, les eaux souterraines 0.63 %, les eaux de Surface (lacs, fleuves et rivières) seulement 0.019 %. Reste 0.001 % pour l'atmosphère.

Figure 02: Cycle de l'eau (source: site Agence de l'Eau Artois-Picardie).

La vapeur d'eau constitue la forme à partir de laquelle s'effectue le cycle de ce composé (Figure 2). Pourtant la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère est dérisoire, si elle était condensée, elle occuperait une hauteur moyenne à peine 3cm à la surface de la terre.

Le déplacement des masses d'air chargées de vapeur d'eau assure la distribution des précipitations. Leur refroidissement ramène l'eau à la surface sous la forme de plus neige ou grêle. Cependant la majorité des précipitations retombent sur l'océan. Seulement 22.8% atteignent la surface des continents qui occupent pourtant 29% de la surface totale de la

planète. A la surface des continents, l'eau subit trois phénomènes différents.

L'évaporation et l'évapotranspiration par les plantes, ce dernier phénomène est très important; un forêt pouvant dégager dans l'air de 20 à 50 t d'eau par hectare et par jour selon les conditions météorologiques locales et la nature du sol. L'infiltration est un autre phénomène très important car c'est d'elle que dépend la réhydratation des sols et l'approvisionnement des nappes phréatiques, des rivières souterraines et des résurgences.

Enfin, le ruissellement assure l'alimentation des cours d'eau et donc boucle le cycle par retour des fleuves à l'océan [9].

II.4. Différentes états de l'eau:

Comme pour la plupart des corps, l'eau peut se présenter sous trois états ou phases: solide (glace), liquide (eau proprement dite), et gazeux (vapeur d'eau).

II.4.1. L'état solide:

Une partie des 2.8 % d'eau douce, soit un volume de 30 100 000 km³, est stockée sous forme de glaciers ou sous forme de neige, soit 2.15 % de l'eau sur terre.

En fonction de l'altitude et de la température, les précipitations se font sous forme de neige ou de pluie. La neige est seulement un stockage temporaire appelé à disparaître lors du redoux. Lorsque la température remonte, soit la neige retourne directement vers l'atmosphère par évaporation, c'est de la sublimation, soit la fonte lente du manteau neigeux va permettre à l'eau de s'infiltrer dans le sol ou de ruisseler vers les rivières.

Les glaciers représentent actuellement 10 % des terres émergées, ils sont surtout présents aux pôles. Les calottes glaciaires des pôles Nord et Sud sont les plus grands réservoirs d'eau douce de la planète. Les glaciers sont alimentés en surface par la neige. Ils ne sont pas immobiles mais s'écoulent lentement, emportés par leur propre poids, vers l'aval. Suivant le type de glaciers, leur vitesse de déplacement peut atteindre un mètre par jour ou par an. La masse des glaciers est très importantes et, s'ils devaient fondre, le niveau des mers remonterait de près de deux cent mètres.

II.4.2. L'état liquide:

C'est la forme de l'eau la plus répandue sur terre. Il y a d'une part l'eau douce qui représente seulement 2.8 % de l'eau totale du globe. Dans ce faible pourcentage, les glaces polaires représentent 2.15 %, les eaux souterraines 0.63 %, les eaux de surface (lacs, fleuves et rivières) seulement 0.019 %. Reste 0.001% pour l'atmosphère. L'eau douce contenue dans les glaciers est cependant très difficilement accessible à l'homme.

Le reste, c'est à dire l'eau salée, est contenu dans les mers et des océans. Ces

derniers représentent 90 % de l'hydrosphère et couvrent plus de 71 % de la surface terrestre.

II.4.3.L'état de vapeur (état gazeuse):

Le phénomène d'évaporation de l'eau, c'est à dire le passage de l'eau de l'état liquide à l'état de vapeur est très important. L'eau, en se transformant en vapeur, passe à l'état gazeux qui est celui du désordre maximal des molécules, ces dernières sont tellement agitées que les forces d'attraction terrestre s'exercent de façon beaucoup moins forte. Ce phénomène se produit à partir des plans d'eau, des sols humides, mais aussi dans ce qu'on appelle l'évapotranspiration, par l'intermédiaire de l'extraction racinaire de l'eau du sol et ensuite par la transpiration de cette eau par les feuilles des plantes. L'eau évaporée va transiter dans l'atmosphère sous forme de vapeur invisible où elle reste pendant huit jours en moyenne. Puis l'eau va former des nuages qui vont retomber en pluie sur les continents et les océans. Le cycle de l'eau dans l'atmosphère sous forme de vapeur est assez court mais cependant vital car c'est la vapeur d'eau qui est à l'origine des 520 km³ de précipitations que ce soit sous la forme de pluie, de neige ou de grêle, qui alimentent les réserves d'eau douce. Par rapport à la masse totale de l'hydrosphère, la vapeur d'eau ne représente qu'une toute petite quantité puisqu'elle est égale à 0,001 % de la totalité de l'eau [10].

II.5.Les sources d'eau:

II.5.1.Généralités:

Lors de l'évaluation d'une source possible d'eau potable, on doit tenir compte des facteurs suivants :

✓ Santé – L'eau est-elle salubre?

Certaines maladies telles que la fièvre typhoïde et l'hépatite sont transmissibles par l'eau. Il importe donc de choisir un approvisionnement en eau adéquat, qui donnera une eau potable exempte de bactéries, de microorganismes ou d'autres composés, sources de risques pour l'homme.

✓ Qualités esthétiques – L'eau est-elle agréable au goût, incolore, inodore et limpide?

Les tests d'ordre esthétique ne mesurent pas la qualité de l'approvisionnement en eau, mais démontrent dans quelle mesure l'eau sera acceptable pour l'utilisateur. L'eau doit être sapide, c'est-à-dire agréable au goût. Une eau salubre dont l'aspect, le goût ou l'odeur laissent à désirer ne répondra pas aux besoins de l'utilisateur. Il en boira en quantité insuffisante ou favorisera une eau qui, bien que plaisante au goût, est peut-être insalubre.

✓ Quantité - Y a-t-il de l'eau en quantité suffisante?

On doit choisir une source d'eau, en fonction des besoins des utilisateurs. Il en faut une quantité adéquate pour la consommation, la préparation des repas et l'hygiène personnelle.

Tous les approvisionnements en eau se divisent en deux catégories: les eaux de surface et les eaux souterraines.

- ❖ Les eaux de surface comprennent les lacs, les rivières et les cours d'eau.
- ❖ Les eaux souterraines sont situées sous terre; ce sont les puits et les sources.

Au moment de choisir la source d'eau à aménager, il faut vérifier que sa production sera adéquate et que l'eau distribuée aux consommateurs sera conforme à la dernière édition de la publication de Santé Canada Tout point d'approvisionnement doit puiser ses eaux brutes de la meilleure source disponible pour laquelle l'aménagement et le traitement sont techniquement possibles et économiquement rentables [11].

II.5.2.Sources d'eau de surface:

II.5.2.1.Généralités:

Les sources d'eau de surface sont beaucoup moins sûres que les sources d'eau souterraines en termes de qualité de l'eau et demandent en règle générale un traitement afin de rendre l'eau potable. Les caractéristiques de l'eau de surface varient largement en fonction de la saison, des conditions locales et de l'incidence des utilisateurs voisins. Il est donc important de tester toutes les sources potentielles afin d'en déterminer le degré de salubrité.

II.5.2.2.Cours d'eau:

Les cours d'eau sont habituellement de bonnes sources d'eau, tout particulièrement en hiver, lorsqu'il y a peu de ruissellement de surface, élément de détérioration de la qualité de l'eau.

Les inconvénients en termes d'approvisionnement sont la basse température de l'eau et la glace flottante en périodes de gel et de dégel, ce qui pourrait endommager les prises d'eau. En été cependant, la qualité de l'eau des fleuves et des rivières est amoindrie en raison des sédiments ou des silts transportés par le ruissellement de surface.

II.5.2.3.Lacs:

En règle générale, les lacs offrent l'eau de surface dont la qualité est la plus uniforme.

Toutefois, ils peuvent connaître des périodes de grandes modifications au printemps et à

l'automne. Des changements rapides de la température de l'eau font alors remonter vers la surface la couche d'eau la plus profonde, entraîne des sédiments qui abaissent pour un temps la qualité de l'eau.

II.5.2.4. Prises d'eau de surface:

Une prise d'eau de surface est une structure destinée à puiser l'eau d'un cours d'eau ou d'un lac. Elle est généralement constituée d'une canalisation reposant au fond du lac ou du cours d'eau, et munie à son extrémité d'une grille pour empêcher les débris d'entrer et de boucher le collecteur ou les pompes dans le puits de pompage à terre. La prise d'eau de surface est souvent située à une certaine hauteur au-dessus du fond, afin de puiser la meilleure eau disponible (en règle générale moins turbide). Selon la turbidité de l'approvisionnement, les eaux brutes sont pompées soit directement dans l'usine de traitement, soit dans un bassin de stockage intermédiaire hors circuit.

Les concepteurs devraient consulter les autorités qui ont compétence en matière de sources d'eau de surface. Les prises d'eaux installées dans des cours d'eau devraient être construites bien en amont de la collectivité et de tous les points de déversement d'eaux usées afin de prévenir la contamination des eaux potables. L'opérateur du réseau de distribution doit être au courant des divers problèmes d'entretien que peuvent présenter les structures de prise d'eau, comme l'obstruction par la glace ou les débris. Lorsque la conduite est bouchée, on fait habituellement appel à un plongeur pour nettoyer la grille.

II.5.3. Sources d'eau souterraine:

II.5.3.1. Généralités:

Les eaux souterraines constituent souvent une source de meilleure qualité que les eaux de surface. Elles conservent une température à peu près constante toute l'année et contiennent généralement moins de contaminants que les eaux de surface. Ainsi, les eaux souterraines ne nécessitent généralement très peu, voire pas, de traitement pour les rendre potables, ce qui en fait une source économique.

Les eaux souterraines passent à travers diverses couches de sol; elles sont donc filtrées et débarrassées de la plupart des matières en suspension, laissant ainsi une eau de meilleure qualité que la plupart des eaux de surface. Par contre, elles sont souvent plus « dures » que les eaux de surface, ce qui signifie qu'elles contiennent une plus grande quantité de minéraux dissous, comme le calcium et le magnésium. Bien que l'eau dure ne présente pas un risque pour la santé, elle a un goût désagréable, empêche la formation de mousses du savon et entraîne l'entartrage des bouilloires et autres ustensiles de cuisine.

Les eaux souterraines peuvent également contenir d'autres minéraux, comme le soufre et le fer. L'eau à teneur élevée en soufre peut causer des troubles intestinaux et la diarrhée. L'eau à forte teneur en fer tache les vêtements et peut causer des problèmes de goût et d'odeur. Il est donc important de tester toutes les sources potentielles afin de savoir si l'eau est potable.

L'eau contenant des quantités excessives de minéraux dissous devra être traitée avant consommation.

II.5.3.2.Les puits:

Un puits est un trou vertical creusé, foré ou percé dans le sol dans le but d'obtenir de l'eau souterraine.

La tête de puits doit être construite de façon à empêcher les eaux de surface d'y pénétrer. À proximité du puits, le sol doit être en pente afin d'éloigner les eaux de surface de la tête de puits.

Dans le cas des puits forés, on place un coulis de ciment entre le cuvelage et le trou du puits, ce qui empêche les eaux de surface de pénétrer dans le puits et de le contaminer. De plus, un joint ou couvercle étanche est placé à l'extrémité supérieure du cuvelage.

Les puits peu profonds sont généralement plus exposés à la contamination que les puits profonds; en effet, les eaux souterraines de ces derniers ont été filtrées sur une plus grande distance par les couches du sol.

II.5.3.3.Les sources:

Les eaux souterraines apparaissent quelquefois à la surface sous forme de sources. Il en existe deux types :

- les sources artésiennes et de gravité.
- Les sources de gravité se forment au niveau où la surface de l'aquifère coupe celle du sol.

Cela peut se produire lorsqu'il y a une baisse abrupte du terrain, sous le niveau de l'aquifère ou lorsque des obstructions, comme une surface rocheuse, interceptent l'écoulement des eaux souterraines, et forcent ces dernières à s'écouler à la surface.

Les sources artésiennes sont généralement formées lorsque les eaux souterraines entrent dans une couche de matériaux poreux (p. ex. du sable) qui est confiné au-dessus et en dessous par une couche de matériau imperméable, comme de l'argile ou du roc. L'eau de la source artésienne s'écoule sous pression parce que l'eau est emprisonnée ou confinée au-dessus de la sortie de la source.

Il faut être très prudent si l'on choisit des sources comme approvisionnement en eau, car elles sont souvent intermittentes; leur débit est incertain et peut même cesser durant une période prolongée de temps sec.

Les sources exploitées comme approvisionnement en eau sont généralement abritées dans une structure permanente et étanche. On doit détourner le drainage de surface de la sortie de la source afin de prévenir la contamination [10].

II.5.4.Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines:

[12] [13]

Tableau 01: Les différences entre eaux de surface et eaux souterraines.

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	variable suivant saisons	relativement constante
Turbidité, MES (vraies ou colloïdales)	variable, parfois élevée	faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acide humiques)	liée surtout aux matières en solution (acide humique) ou due à une précipitation (Fe- Mn)
Goûte et odeurs	fréquents	rare (sauf H ₂ S)
Minéralisation globale (ou: salinité, TDS...)	variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	sensiblement constante; en général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	généralement présents
CO ₂ agressif	généralement absent	souvent présent en grande quantité
O ₂ dissous	le plus souvent au voisinage de la saturation: absent dans le cas d'eau très polluées	absent la plupart du temps
H ₂ S	généralement absent	souvent présent
NH ₄	présent seulement dans les eaux polluées	présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	peu abondants en général	teneur parfois élevée
Silice	teneur en général modérée	teneur souvent élevée

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Micropolluants minéraux et organiques	Présent dans les eaux de pays industrialisés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Solvants chlorés	rarement présents	peuvent être présents (pollution de la nappe)
Eléments vivants	bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal et végétal)	ferrobactéries et sulfatoréductrices fréquentes

II.6. Les propriétés de l'eau:

II.6.1. Propriétés chimiques:

❖ Composition et structure de la molécule d'eau

L'eau c'est un corps incolore inodore et insipide. Composé de la combinaison de deux d'hydrogène et un d'oxygène.

Bien que la formule H_2O soit relativement simple, il existe de très nombreuses combinaisons possibles des éléments hydrogène et oxygène qui comportent chacun plusieurs isotopes [14].

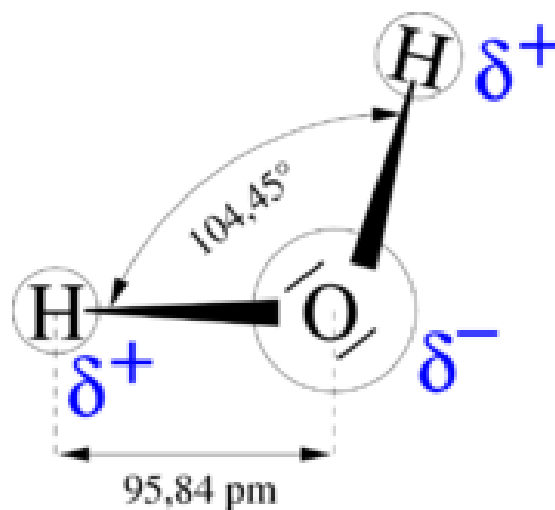


Figure 03: Géométrie de la molécule d'eau.

Le caractère polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'associations possibles entre les molécules d'eau; il donnera lieu à bien des anomalies physiques que nous signalons brièvement.

La molécule d'eau est constituée d'un édifice électronique stable, qualitativement

semblable au néon, qui cependant ne réalise pas un équilibre électrique parfait. En effet, à cause de l'électronégativité marquée de l'oxygène, et de sa tendance à accaparer les deux électrons d'hydrogène, il s'ensuit une déformation de la structure à l'origine des caractéristiques géométriques essentielles de la molécule d'eau, qui est dissymétrique et conforme au schéma angulaire de la (figure 03).

Du point de vue électrique, cela se traduit par un caractère polaire de la molécule d'eau (figure 04), présentant un moment électrique permanent, qui permet d'expliquer les extraordinaires, pour ne pas dire aberrantes, propriétés de l'eau, qui font qu'elle n'a pas les caractéristiques d'un liquide parfait [15].

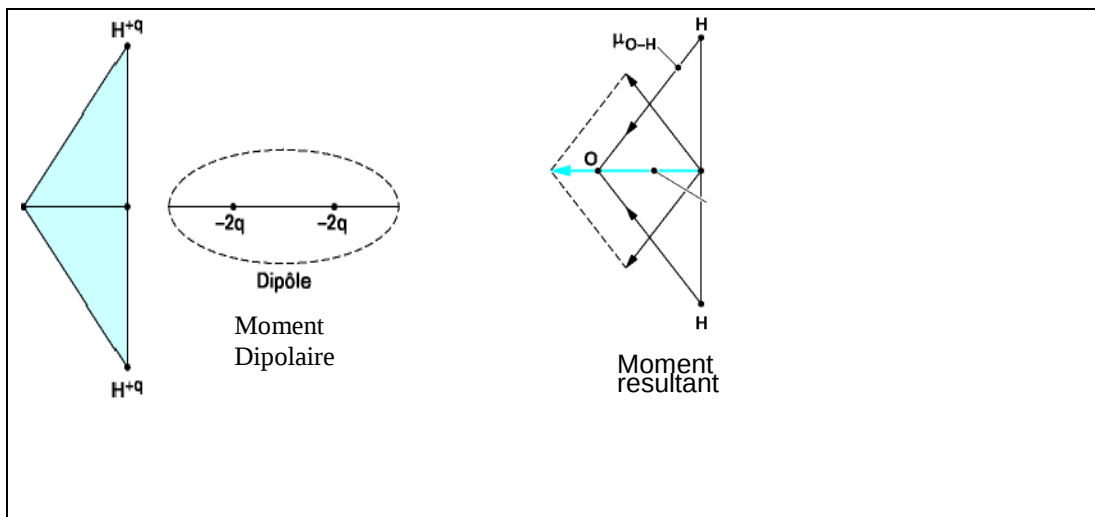


Figure 04: Polarité de la molécule H_2O et des liaisons O-H.

II.6.2. Propriétés physiques:

Les propriétés physiques les plus intéressantes pour le traitement de l'eau sont les suivantes:

II.6.2.1. Masse volumique:

Par tassement progressif de l'édifice moléculaire, la masse volumique varie avec la température et la pression [16].

Sa variation en fonction de la température est la suivante (tableau 02):

Tableau 02: Masse volumique de l'eau en fonction de la température.

Température °C	0	10	20	25	30	100
Masse volumique kg.dm ⁻³	0.9998	0.9996	0.9982	0.9970	0.9956	0.9583

Cette propriété de l'eau entraîne diverses conséquences, aussi bien dans la nature (phénomènes de stratification des lacs) que dans les stations de traitement (ex: remontées de boues dans les décanteurs).

Aux pressions rencontrées en pratique hydraulique, l'eau est considérée comme un fluide incompressible. Mais, en fait, c'est un fluide légèrement élastique: son volume décroît d'environ 0,048 % chaque fois que la pression augmente d'une atmosphère.

L'eau de mer, de salinité 35g.l⁻¹, à une masse volumique moyenne de 1.0281 kg.l⁻¹ à 0°C; une variation de salinité 1g.l⁻¹ fait varier la masse volumique de 8.10⁻⁴kg.l⁻¹ [10].

II.6.2.2. Propriétés thermiques:

❖ Chaleur massique (ou capacité thermique massique)

Très élevée pour un liquide, elle vaut 4,18 kJ. Kg⁻¹. °C⁻¹ ou kJ. Kg⁻¹. K⁻¹ (soit 1kcal. Kg⁻¹. °C⁻¹ dans la anciennes unités) à 20 °C. Elle varia avec la température en présentant un minimum de 4,1784 kJ. Kg⁻¹. k⁻¹ à 30°C, pour remonter à 4,2159kJ .Kg⁻¹ .K⁻¹ à 100°C.

❖ Les enthalpies (ou chaleurs latentes)

Les enthalpies de transformation sont pour la fusion de 334 kJ. kg⁻¹ ou 6,01 kJ. mol⁻¹ et pour la vaporisation de 2 259 kJ. kg⁻¹ (au 40,657 kJ .mol⁻¹) à la pression normale et à 100°C.

L'importance de la chaleur massique et de l'enthalpie de vaporisation fait que les grandes étendues d'eau à la surface de la terre constituent de véritables volants thermiques. C'est également la raison de l'utilisation de l'eau comme fluide caloporteur [10].

II.6.2.3. La viscosité:

C'est la propriété que présente un fluide (Liquide ou gaz) d'opposer une résistance aux divers mouvements soit internes (ex: turbulence), soit globaux (ex: écoulement). Cette résistance est due aux frottements réciproques des molécules en mouvement. Elle est à la base des pertes d'énergie cinétique (pertes de charge) et joue donc un rôle important en

traitement d'eau.

On distingue deux types de viscosité:

- ✓ la viscosité dynamique (ou absolue).
- ✓ la viscosité cinématique .

La viscosité de l'eau diminue lorsque la température croît (tableau 03).

Tableau 03: Viscosité de l'eau en fonction de la température.

Température °C	0	5	10	15	20	25	30	35
Viscosité dynamique μ en m Pa .s	1.797	1.523	1.301	1.183	1.007	0.895	0.800	0.723

II.6.2.4.Tension superficielle:

Elle caractérise une propriété des interfaces (surfaces limitant deux phases). Elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface.

Elle est telle qu'elle provoque une ascension capillaire de 15 cm à 18°C dans un tube de 0.1 mm de diamètre.

La tension superficielle diminue avec l'augmentation de la température (tableau 04).

Tableau 04: Tension superficielle de l'eau en fonction de la température.

Température °C	0	10	20	40	60	80	100
Tension superficielle en $N. m^{-2}$	75.60	74.22	72.75	69.56	66.18	62.60	58.90

II.6.2.5.Propriétés électriques:

❖ Constante diélectrique

Le constant diélectrique de l'eau, de l'ordre de 80 farads stéradian par mètre, est l'une des plus élevées que l'on connaisse, c'est pourquoi l'eau possède un pouvoir ionisant très important.

❖ Conductivité électrique de l'eau

L'eau est légèrement conductrice. La conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est de 0.042 micro siemens par centimètre à 20 °C (correspondent à une résistivité

de 23.8 mégohms-centimètres). Elle augmente lorsque des sels sont dissous dans l'eau, elle varie en fonction de la température.

II.6.2.6. Propriétés optiques:

La transparence de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse, si l'ultraviolet passe bien, l'infrarouge. Si utile au point de vue physique et biologique. Pénètre à peine. L'eau absorbe fortement l'orange et le rouge dans le visible, d'où la couleur bleue de la lumière transmise en couche épaisse, cette transparence est souvent utilisée pour apprécier certaines formes de pollution et en conséquence, l'efficacité des traitements d'épuration de même, elle conditionne l'emploi des ultraviolets en désinfection [10].

II.6.2.7. Les milieux physiques des eaux de surfaces:

Les eaux de surface peuvent être présentées en trois catégories: les eaux superficielles courantes, les eaux superficielles stagnantes et les eaux littorales (ces eaux ne sont pas traitées dans ce fascicule) [15].

✓ Les eaux superficielles courantes, qui comprennent les cours d'eau, ne sont pas de simples ressources en eau mais abritent divers réseaux trophiques. Il est possible de Classer selon plusieurs approches:

❖ En fonction de leur qualité physico-chimique : classement selon les usages (baignade, consommation, irrigation et vie piscicole) et les teneurs en différents paramètres (matières organiques, métaux lourds, nitrates et pH...).

❖ En fonction de leur qualité biologique: Classement selon le cycle de vie des principaux organismes (algues et invertébrés vivant sur les fonds...) et selon le potentiel ichthyologique (sensibilité des poissons à la variation de paramètres comme les débits et la température...).

✓ Les eaux superficielles stagnantes regroupent les lacs, les étangs et les mares, qui sont classés selon leur superficie, leurs modes d'alimentation et la qualité de leur eau.

II.6.2.8. Les milieux physiques des eaux souterraines:

Les nappes souterraines s'alimentent par infiltration directe des précipitations tombées sur le sol, par échange avec un cours d'eau ou drainage d'un autre aquifère.

L'étude de la vulnérabilité des nappes analyse le risque d'extension de la pollution dans la nappe et les risques de voir cette pollution atteindre des zones de captage [15].

II.6.3. Propriétés bactériologiques:

La propriété physicochimique de l'eau ainsi que sa possibilité de dissoudre les gaz, les matières organiques et minérales ont fait de l'eau un milieu favorable pour la multiplication et la croissance de plusieurs micro-organismes, virus champignon et bactéries.

II.7. La qualité de l'eau:**II.7.1. Généralités:**

Le choix de procédés et de dispositifs de traitement devrait reposer sur une évaluation de la nature et de la qualité de l'eau à traiter, de la qualité désirée et du mode d'opération prévu.

Avant d'examiner les diverses méthodes de traitement disponibles, il faut d'abord parler de quelques-unes des caractéristiques communes de l'eau et de la façon dont elles influent sur la potabilité de l'eau. Ces caractéristiques sont réparties en trois catégories: biologiques, physiques et chimiques [11].

II.7.2. Normes de potabilités:

Dans la grande majorité des cas, l'eau est exclusivement destinée à la consommation Humaine et doit donc être conforme à la réglementation des eaux potables. Cependant, une partie de la production peut être directement livrée à une usine à proximité. L'exemple le plus fréquent est celui de la centrale thermique, qui requiert une eau d'appoint complètement déminéralisée.

La distillation, pouvant produire une eau contenant moins de 5 mg/l de sels dissous, aura donc un avantage certain face aux techniques membranaires qui ne peuvent égaler ce résultat en une seule étape.

Il arrive que certains pays n'aient pas de réglementation concernant la qualité des eaux potables. On se conformera alors aux recommandations de l'Organisation Mondiale de Santé (OMS), qui font référence au sein de la communauté internationale.

L'OMS classe les critères de potabilité d'une eau en cinq groupes. Ceux qui intéressent les producteurs d'eau dessalée concernent:

- L'aspect physique: température, limpidité, odeur et teneur en matières en suspension (MES).

- Les caractéristiques chimiques : salinité, chlorures et pHetc [17].

quelques normes: OA (Organisation Algérienne), OMS (Organisation Mondiale de la sante), dans le tableau suivant:

Tableau 0 5: Quelques normes des eaux potables[18].

paramètres	Unité	OA	OMS
pH	-	6.5 - 8.5	6.5 – 9
conductivité	µs/cm	1000	-
Dureté TH	mg/l	350	-
Calcium Ca ⁺²	mg/l	200	200
Magnésium Mg ⁺²	mg/l	150	150
Sulfates SO ₄ ⁻²	mg/l	400	400
Chlorures Cl ⁻	mg/l	500	250
Nitrates NO ₃ ⁻	mg/l	50	45
Nitrites NO ₂ ⁻	mg/l	0.1	-
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0.5	0.2-0.3
Phosphate PO ₄ ⁻³	mg/l	0.5	-
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	68.3	-
Résidus sec RS	mg/l	-	-
TDS	mg/l	500	1594
Turb	NTU	5	<2
T A C	mg/l	-	5.6
T	°C	25	15

II.7.2.1.Caractéristiques biologiques:

Les caractéristiques biologiques concernent les divers types d'organismes aquatiques, de bactéries et de virus trouvés dans l'eau. Il faut cependant noter que la plupart de ces innombrables types de bactéries sont inoffensives. Les bactéries qui causent des maladies chez l'homme sont appelées bactéries pathogènes.

Certaines maladies très graves - le choléra, l'hépatite et la fièvre typhoïde - peuvent être transmises par les excréments humains. C'est pourquoi il faut s'assurer que les cours d'eau et les lacs ne soient pas pollués par le déversement de déchets.

Afin de déterminer si l'eau contient des organismes pathogènes, il faut faire effectuer en laboratoire un test de détection des coliformes fécaux, un type particulier de bactéries trouvées chez les humains et les animaux. La présence de ce type de bactéries indique que l'eau est polluée par des excréments humains ou animaux et que des organismes pathogènes y sont peut-être présents. Si le test confirme la présence de coliformes fécaux, l'eau doit être traitée et désinfectée afin qu'aucune maladie ne soit transmise par son ingestion.

Les parasites présents dans l'eau potable peuvent également compromettre la santé humaine.

Giardia et Cryptosporidium sont des parasites microscopiques dont la présence dans l'eau peut causer des troubles intestinaux. L'eau potable peut contenir de ces parasites lorsqu'elle est polluée par des excréments humains ou animaux [10].

II.7.2.2.Caractéristiques physiques et chimiques:

II.7.2.2.1.Couleur:

Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire [19].

II.7.2.2.2.Température:

La température de l'eau, est un facteur qui agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes [20].

II.7.2.2.3.Turbidité:

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales: argiles, limons, grains de silice, matières organiques, la pluviométrie joue un rôle important vis-à-vis de ce paramètre dans les superficielles et souterraines selon leur origine [21].

II.7.2.2.4.Goût et odeur:

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur agréable. La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère [22].

II.7.2.2.5.pH:

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates [23].

II.7.2.2.6.Dureté:

La dureté d'eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{++} et Mg^{++} . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de $CaCO_3$ par litre [24].

II.7.2.2.7.Solides dissous:

Les eaux de surface et les eaux souterraines contiennent des minéraux dissous qui proviennent du sol et de la roche avec lesquels elles viennent en contact.

Certaines substances telles que l'arsenic, le cyanure, le plomb et le mercure sont toxiques.

D'autres ne présentent aucun problème de santé, mais des quantités excessives peuvent causer des inconvénients, par exemple:

- ✓ le fer et le manganèse tachent les appareils de lavage et de plomberie et donnent un goût Désagréable à l'eau.
- ✓ le chlore donne un goût désagréable.
- ✓ le cuivre donne un goût désagréable et tache. L'absorption de grandes quantités de ce métal peut causer des problèmes de santé.
- ✓ le soufre donne un goût et une odeur désagréables. Il cause aussi des troubles intestinaux.
- ✓ le zinc donne un goût désagréable à l'eau. L'eau se couvre d'une pellicule grasseuse lorsqu'on la fait bouillir [10].

II.8.Définition d'eau potable:

Eau qui ne présente aucun danger pour la santé du consommateur, les eaux à potabilité proviennent soit d'eaux de surface, soit d'eaux souterraines.

L'eau est une ressource naturelle essentielle pour l'homme, aussi bien pour sa consommation propre que pour le bon fonctionnement des activités économiques. Mais il ne peut puiser à l'infini dans les réserves naturelles que sont les eaux superficielles et les eaux souterraines, sous peine d'entamer ce capital hydrologique et hydrogéologique.

L'eau faite partie du patrimoine commun et de la nation ; sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable, dans le respect des équilibres naturels sont d'intérêt général [25].

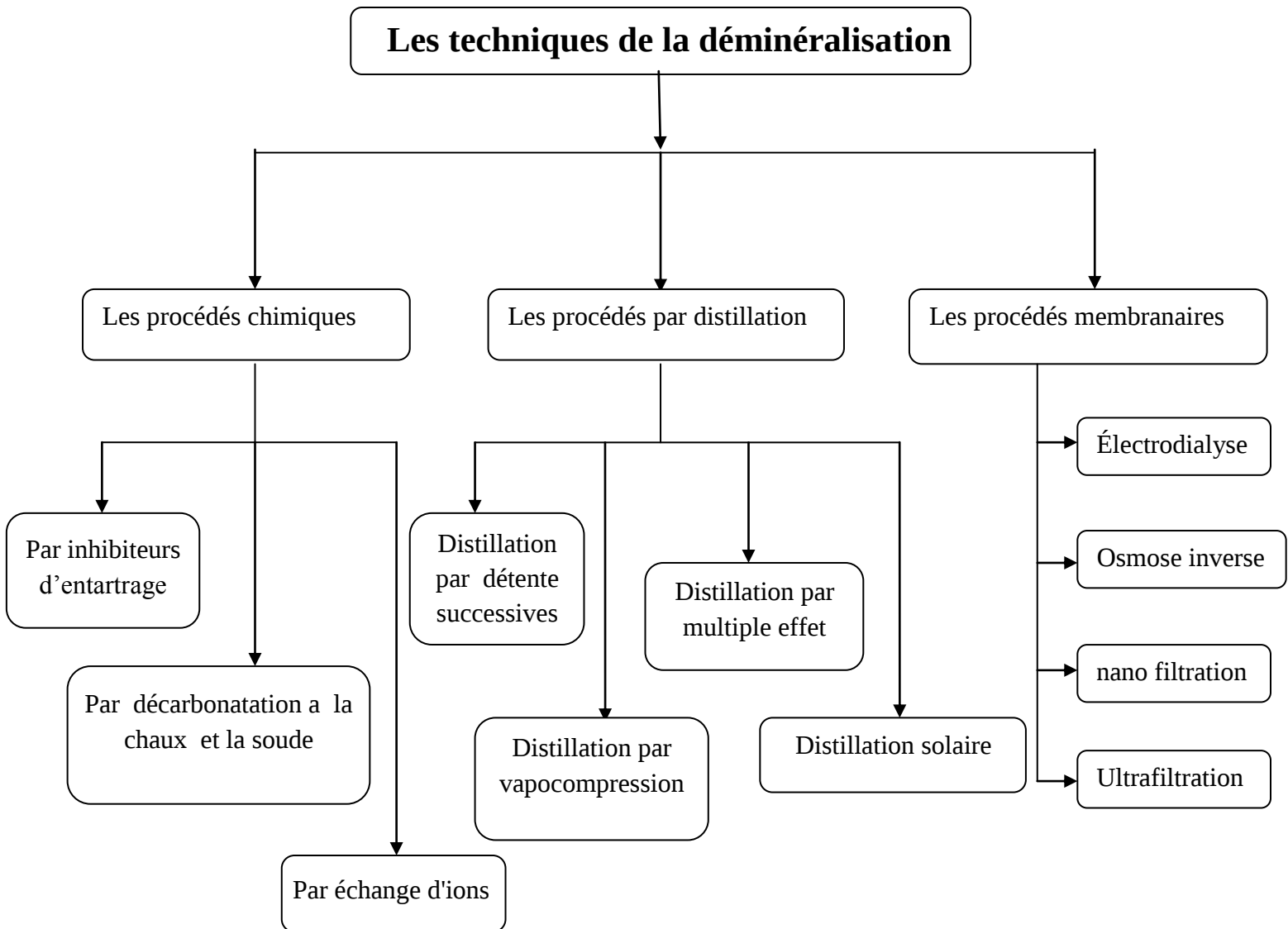
L'impact de tout aménagement doit s'analyser dans son ampleur générale (préservation des ressources,...), mais aussi localement (effets sur le cycle des eaux souterraines et superficielles).

CHAPITRE III: Les techniques de la déminéralisation

CHAPITRE III: Les techniques de la déminéralisation

III. Les techniques de la déminéralisation:

Il existe plusieurs méthodes pour la déminéralisation des eaux destinées à la consommation humaine parmi les quelles:



III.1.Principe des techniques:

III.1.1.Le procédé chimique:

a) par inhibiteurs d'entartrage:

Cette méthode consiste à laisser les solutions atteindre des conditions de sur saturation on limite, cependant la déposition des sels en empêchant l'accroissement de centres de nucléation en minimisant le phénomène de coagulation qui se forment et adhérences des ces dernières sur les parois ou sur les surfaces d'échanges thermique [26]. Il existe plusieurs types d'inhibiteurs d'entartrage mais les plus utilisés c'est l'hexaméthaphosphate alimentaire, "substance en poudre de la formule $(\text{NaPO}_3)_x$ ", l'eau de l'albien de EL Oued reçoit un traitement d'hexaméthaphosphate depuis 1960 jusqu'à 1975 n'a jamais n'en d'effet néfaste sur les réseaux, ce traitement a été abandonné à partir de 1976 [26].

b) Par décarbonatation a la chaux et la soude:

C'est le procédé d'adoucissement par précipitation, cet adoucissement peut se faire comme suit:

- 1) Par addition de la chaux seulement qui permet de réduire la concentration de calcium et une faible dureté de carbonate de magnésium et inefficace pour l'eau a une dureté non carbonatée.
- 2) Par addition d'un excès de la chaux qui permet de réduire les fortes concentrations de calcium et de carbonate de magnésium, mais n'est pas efficace pour la dureté non carbonate.
- 3) Par addition de la chaux et de la soude qui permet de réduire la concentration de calcium et aussi pour une faible dureté de carbonate de magnésium, et aussi la dureté non carbonate.
- 4) Par addition d'un excès de la chaux et de la soude qui permet de réduire les concentrations de calcium et pour une forte dureté de carbonate de magnésium et la dureté non carbonate [27].

c) Par échange d'ions:

L'échange d'ions est un procédé par le quelle, dans certaines condition, une substance soluble (résine) attirant un ion positif ou négatif d'une solution et rejette un ion du même signe. La résine (utilisée dite résine cationique fortement acide).

La résine (initialement associée avec le sodium Na) fixe le calcium et le magnésium, en échange libre, avec le Na.

- Après une certaine quantité d'ion retenus, la résine est saturée il est donc nécessaire de la régénérer, on utilise une solution de sel concentré appelé saumure qui va traverser la résine. Le calcium et le magnésium sont libérés et échangés par du sodium, la résine est à nouveau prête pour fixer le Ca^{++} et Mg^{++} [28].

Avantages et inconvénients des trois méthodes précédentes.

a) En ce qui concerne l'inhibiteur: Les avantages sont meilleurs pour freiner la formation des dépôts, mais de point de vue santé, il est nocif du fait, de la toxicité des éléments que le composant, par exemple l'arsenic qui provoque le cancer chez l'être humain, l'OMS recommande une concentration maximale de 0.01 mg/l pour l'eau destinée à la consommation, un autre élément présent dans la composition est le phosphore et qui favorise la formation des algues c'est pour cette raison que le traitement par l'hexametaphosphate a été abandonné.

b) Le procédé par décarbonatation à la chaux et la soude: Qui malgré son aspect très économique, elle produit des boues inutilisables encombrantes.

On peut cependant diminuer de cet effet écologiquement néfaste en traitant ces boues, mais cela augmenterait les coûts et retire les caractères économiques [29].

c) Par échange d'ions: La méthode est efficace mais elle présente plusieurs inconvénients parmi lesquels :

- elle n'est pas économique du fait qu'il faut à chaque fois utiliser les produits chimiques pour la régénération et l'entretien des résines.

III.1.2. Les procédés membranaires:

III.1.2.1. L'osmose inverse:

Ce procédé s'inspire d'un phénomène physique naturel appelé l'osmose: lorsqu'on met en présence deux solutions de concentration différentes, séparées par une membrane, on observe un déplacement des espèces qui se fait de la solution la moins concentrée à la solution la plus concentrée (schéma a). Si on applique une pression sur la solution la plus concentrée, on observe que ce transfert diminue, et s'arrête même une fois atteinte une pression seuil appelée " pression osmotique " (schéma b). Si la pression appliquée dépasse cette pression seuil, le phénomène s'inverse, et les espèces se déplacent alors du milieu le plus concentré vers le milieu le moins concentré: ce phénomène est appelé osmose inverse (schéma c). Dans le cadre du dessalement de l'eau de mer, la solution diluée est de l'eau pure et la solution concentrée de l'eau de mer. Durant l'osmose inverse, l'eau de mer traverse la membrane séparatrice, se purifiant par la même occasion.

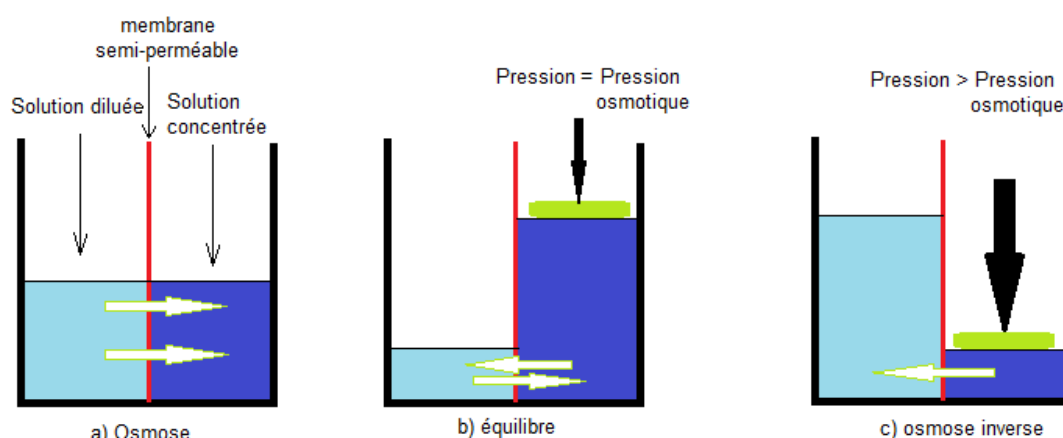


Figure 05: Système de dessalement osmose inversé.

Si la technique présente les avantages d'être facilement modulable (on peut régler la taille des membranes et donc le débit d'eau à dessaler) et celui de n'utiliser que peu de produits chimiques, elle présente néanmoins le gros inconvénient de consommer beaucoup d'énergie afin d'imposer les pressions de travail. De plus il est indispensable de traiter l'eau à dessaler en amont afin d'en extraire particules et micro-organismes qui pourraient se déposer sur les membranes et les endommager [30].

III.1.2.2.L'électrodialyse:

Le montage est constitué de plusieurs compartiments séparés par des membranes ne permettant le passage que des ions positifs (en bleu clair) ou des ions négatifs (en bleu turquoise). A chacune des deux extrémités se trouve une des bornes d'un générateur de courant. Les compartiments sont alimentés en eau de mer (solution saline avec une forte présence en ions Na^+ et Cl^-). Sous l'effet du courant, les ions positifs se dirigent vers la borne (-) du générateur et les ions négatifs vers la borne (+). Ainsi si certains compartiments se vident de leurs ions, permettant ainsi de récupérer de l'eau dessalée, d'autres se remplissent en ions, créant une solution saline très concentrée appelée saumure (schéma) [30].

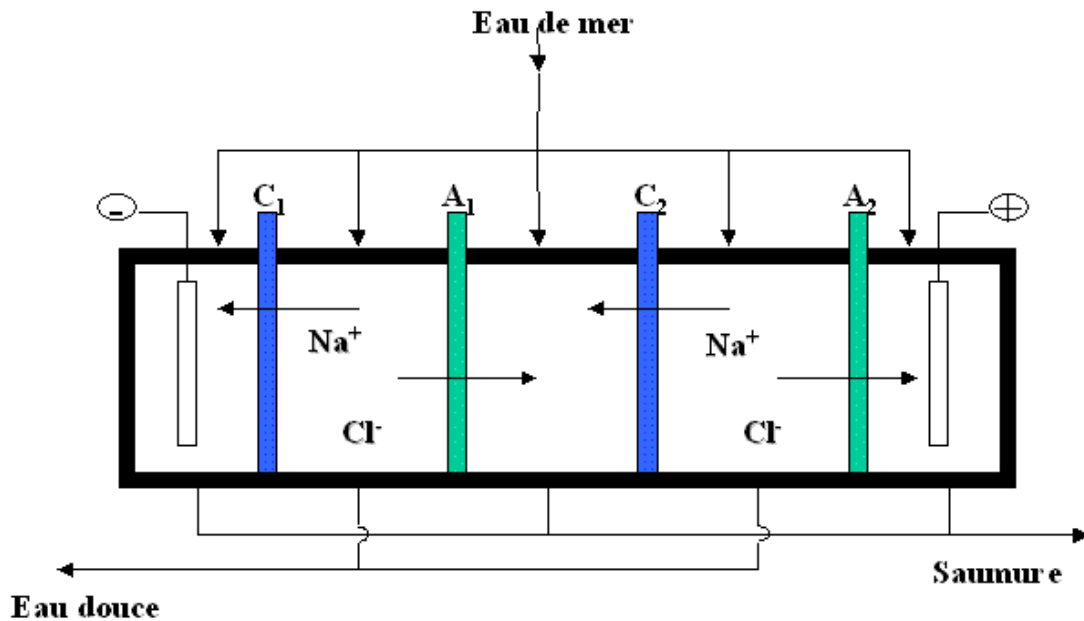


Figure 06: Système de dessalement par l'électrodialyse.

Avantage et inconvénients de l'OI et l'ED

- L'énergie consommée par l'OI est relativement faible par rapport à l'ED.
- L'osmose inverse nécessite un prétraitement bien déterminé par contre, l'ED ne nécessite qu'une simple filtration sur sable.
- Le phénomène de polarisation d'OI et de l'ED réduit la durée de vie des membranes et des modules.
- L'eau produite par l'osmose inverse nécessite une reminéralisation.

III.1.3. Les procédés par la distillation:

La distillation est un procédé qui comporte une vaporisation, une condensation, 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 100 mg/l. On doit donc reminéraliser cette eau lorsqu'elle est destinée à la consommation [31].

Les différents types de distillation

- Distillation par détente successive.
- Distillation par effets multiple.
- Distillation par compression de vapeur.
- Distillation solaire.

Avantages et inconvénient

La méthode de distillation donne une bonne qualité d'eau mais la consommation en énergie est très élevée (de l'ordre de 850 à 1000 KW/ m³). Le cout du m³ d'eau augmente avec l'augmentation de la concentration des sels dans l'eau brute.

En ce qui concerne la distillation solaire elle est très économique mais nécessitant des dispositifs encombrant et ne donnant que très peu de quantité à la sortie du processus. En plus, les périodes hivernales ne donnerait presque aucun résultat notable.

III.2.Eléments à prendre en compte dans le choix d'un procédé de dessalement:

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

- Technique
- Economique

III.2.1.Facteur technique:

-Composition chimique de l'eau à traiter, particulièrement dans le cas des eaux saumâtres.

-Caractéristiques physique de l'eau, déterminent le type de prétraitement à utiliser, surtout les procédés à membranes, vu la fragilité de celle-ci.

-Salinité de l'eau produite; selon l'usage qui en sera fait, elle peut varier de 300 à 500 ppm pour l'approvisionnement en eau potable et à 15-30 ppm pour l'alimentation en eau industrielle.

-Capacité nécessaire ; la taille de l'installation peut aller de quelques m³/j à quelque centaines de milliers m³/j.

-Source d'énergie disponible.

-Degré d'automatisation et de contrôle: la mise en place de mesure et d'enregistrement du pH, de la résistivité de l'eau produite, de la température peut augmenter sensiblement les prix d'investissement des petites unités [32].

III.2.2.Facteur économique:

- Coût de l'énergie: dépend de sa nature (énergie renouvelable et gaz) et de sa disponibilité locale.

- Coût des produits chimiques selon qu'ils sont disponibles localement ou importés.

- Coût d'exploitation et d'entretien [33].

CHAPITRE IV

Techniques et Méthodes

CHAPITRE IV: Techniques et Méthodes

IV.1.Appareillage:

Les appareillages utilisés à la cour notre analyse sont :

IV.1.1.Balance électronique:

Les masses de chaque produit sont déterminées à l'aide d'une balance électronique [34].



Figure 07: Photo d'une balance électronique.

IV.1.2.Agitateur magnétique:

L'agitation est un élément important du design d'un procédé tant du point de vue de la sécurité que de l'optimisation. L'industrie chimique a développé une grande quantité d'agitateurs pour répondre à ses différents besoins.

Les agitateurs se classent en fonction de 2 grandes classes: agitateurs pour un mélange radial et ceux pour un mélange axial.

Les mélanges sont agités sur un agitateur magnétique (Nahita Modèle 690/1) [34].



Figure 08: Photo d'un agitateur magnétique.

IV.1.3.pH mètre:

Le pH représente la quantité de proton (H^+) présent dans une solution. Il est mesuré à l'aide d'un pH mètre, le principe de fonctionnement de l'appareil est basé sur la méthode potentiométrique dont la mesure est directement marquée sur l'appareil [35].

IV.1.4.Conductimètre:

Est un appareil permettant de mesurer la conductivité d'une solution. Cet appareil est composé d'un générateur basse fréquence (courant alternatif), d'un ampèremètre et d'un voltmètre. Cette technique a été développée par Friedrich Kohlrausch en 1874 (Loi de Kohlrausch) mesure de la conductivité thermique.

La mesure de conductivité électrique peut aussi permettre de mesurer de l'humidité d'un matériau (plâtre, bois et cuir, etc.) ou de végétaux (meule de foin, grains, houblon, etc.). L'appareil spécifique est alors appelé hygromètre [36].



Figure 09: Photo d'un pH mètre et Conductimètre.

IV.1.5.Spectrophotomètre:

La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée, généralement en solution. Plus l'échantillon est concentré, plus il absorbe la lumière dans les limites de proportionnalité énoncées par la loi de B  r-Lambert [37].



Figure 10: Photo d'un spectrophotomètre.

IV.1.6.Turbidimètre:

Est un appareil pour mesurer la turbidité. (Il s'agit généralement d'un récepteur photoélectrique mesurant la lumière diffusée par le liquide) [38].



Figure 11: Photo d'un turbidimètre

IV.2.Mode opératoire:

Pour chaque paramètre à déterminer on a travaillé suivant un mode opératoire bien déterminé.

IV.2.1.Pour le calcium:

principe:

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH compris entre 12 et 13. Le HSN qui forme un complexe rouge avec le calcium est utilisé comme indicateur. Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage.

Lors du titrage par l'EDTA qui réagit tout d'abord avec les ions calcium libre, puis avec les ions combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur bleu clair [39].

Réactifs:

- Hydroxyde de sodium, solution de 2 mol/l, dissoudre 8 g de NaOH dans 100ml d'eau distillée.
- EDTA solution titrée, C (EDTA) = 10 mmol/l, on sèche une portion d'EDTA à 80°C pendant 2 h et dissoudre 3.725 g du sel sec dans de l'eau et distillée à 1000 ml dans une fiole jaugée.
- Indicateur HSN: On mélange soigneusement 0.1 g d'acide carboxylique ($C_{12}H_{14}N_2O_7S \cdot 3H_2O$), et 50 g de chlorure de sodium (NaCl) [40].

Mode opératoire:

Pour déterminer la concentration en calcium on suit les étapes suivantes:

Prendre 50 ml de l'échantillon + 0.2 ml NaOH 2 mol/l + 0.02 mg HSN, titration avec EDTA jusqu'au virage bleu.

Les résultats et par exprime par d'expression:

$$\text{Concentration de calcium en mmol/l} = (C_1 * V_1) / V_0$$

C_1 : concentration d'EDTA.

V_1 : volume d'EDTA utilisé pour l'échantillon.

V_0 : volume d'échantillon.

$$\text{Concentration de calcium en mg/l} = \text{concentration de calcium en mmol/l} * M$$

M : masse molaire de Ca en g/mol = 40.08.

IV.2.2. Pour le titre alcalimétrique complet:

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence bicarbonates, carbonates et hydroxydes.

- le titre alcalimétrique ou T_A mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et carbonates alcalins caustique. (Le pH est inférieur à 8.3 $T_A = 0$)
- le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates.

Principe:

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré [41].

Réactifs:

-Hydroxyde de Sodium N/50 NaOH:

0.08 g NaOH $\longrightarrow$ 100 ml eau distillée.

Conserver dans un flacon en polyéthylène.

-Méthyle orange indicateur colore:

0.25g méthyle orange $C_{14}H_{14}N_3O_2S-OH$ $\longrightarrow$ 50 ml eau distillée.

Conserver dans un flacon en verre brun.

-Acide sulfurique N/50 H_2SO_4 :

0.5 ml H_2SO_4 18 mol/l $\longrightarrow$ 1000 ml eau distillée.

Conserver dans un flacon en polyéthylène [40].

Mode opératoire:

Pour déterminé la concentration en titre alcalimétrique complet on suivre les étapes suivantes:

Prendre 100 ml de l'échantillon + 03 gouttes méthyle orange, titration avec H_2SO_4 N/50 jusqu'au virage jaune oranger.

Les résultats et par exprime par d'expression:

V : volume d' EDTA utilise pour l'échantillon= TAC °F

$$TAC \text{ mg/lCaCO}_3 = TAC \text{ °F} * 10$$

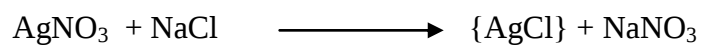
IV.2.3. Pour le bicarbonate:

$$\text{Bicarbonate } HCO_3^- \text{ mg/l} = TAC \text{ °F} * 12.2$$

IV.2.4. Pour le chlorure:**Principe:**

Réaction des ions chlorure avec des ions d'argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions de chromates

pour formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation [41].



Réactifs:

- Nitrate d'argent 0.02 mol/l: dissoudre dans l'eau distillée 3.3974 g de nitrate d'argent (AgNO_3), on sèche au préalable à 105°C et on complète à 1000 ml dans une fiole jaugée.
- Chromate de potassium 10%: dissoudre 10 g de chromate de potassium (K_2CrO_4) dans 100 ml d'eau distillée.

Mode opératoire:

Pour déterminer la concentration en chlorure on suit les étapes suivantes:

Prendre 50 ml de l'échantillon + 0.1 ml K_2CrO_4 , titration avec AgNO_3 0.02 mol/l jusqu'au virage rouge brun.

Les résultats et par exprime par d'expression:

$$\text{La concentration de chlorure en mg/l} = (v_1 - 0.5)/v_2 \cdot C \cdot M$$

v_1 : volume d' AgNO_3 utilise pour l'échantillon.

v_2 : volume d'échantillon.

C: concentration d' AgNO_3 .

M: masse molaire de Cl en mg / mol = 35453.

IV.2.5. Pour le titre hydrométrique:

Principe:

Titration par complémentaire du calcium et de magnésium avec une solution aqueuse d'EDTA à pH=10. Le noir érichrome T (NET), qui donne une couleur violette en présence des ions calcium et de magnésium, est utilisé comme indicateur.

Lors du titrage par L'EDTA réagit d'abord avec les ions calcium et magnésium combinés avec l'indicateur et provoque un changement de couleur de violet à bleu [41].

Réactifs:

- Solution tampon pH =10: dissoudre 6.75 g de chlorure d'ammonium (NH_4Cl) dans 57ml de solution ammoniacale 25%. Et on ajoute ensuite 0.5 g du sel disodique de l'EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2$). Dans 100 ml l'eau distillée.
- EDTA solution titrée: Voir préparation des réactifs de dosage de calcium.

- Indicateur (NET): dissoudre 0.5g de sel de sodium de mordant noir dans 100 ml de Triéthanolamine ($(\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_3\text{N}$), il est possible d'ajouter jusqu'à 25ml d'Ethanol à la place de la Triéthanolamine, afin de diminuer la viscosité de solution [40].

Mode opératoire:

Pour déterminer la concentration en titre hydrométrique on suit les étapes suivantes:

Prendre 50 ml de l'échantillon + 04 ml tampon K 10 + 03 gouttes de NET et dire avec l'EDTA à 10 mmol/l jusqu'au virage bleu.

Les résultats et par exprime par d'expression:

$$\text{Concentration dureté totale mmol/l} = (c_1 * v_1) / v_2$$

v_1 : volume d'EDTA utilisée pour l'échantillon.

v_2 : volume d'échantillon.

c_1 : concentration d'EDTA.

$$\text{Concentration dureté totale en mg/l} = \text{concentration en mmol/l} * 100$$

IV.2.6.Pour le magnésium:

$$\text{La concentration de magnésium mg/l} = ((\text{concentration dureté totale en mmol/l}) - (\text{concentration calcium en mmol/l})) * M$$

M: masse molaire de Mg en g/mol = 24.305

IV.2.7.Pour le nitrate:

Principe:

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrososylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique [41].

Réactifs:

- Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h).

0.5 g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

- Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.

30 g de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

H_2SO_4 concentré.

Tartrate double de sodium et de potassium.

Hydroxyde de sodium NaOH 400 g.

Tartrate de sodium et de potassium 60 g.

Eau distillée..... 1000 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 ml.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.

Nitrate de potassium anhydre 0.722 g.

Eau distillée..... 1000 ml.

Chloroforme 1 ml.

Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.

Appareillage: Spectrophotomètre.

Mode opératoire:

Pour déterminer la concentration en nitrate on suit les étapes suivantes:

Prendre 10ml de l'échantillon + 03 gouttes de NaOH 30% + 1ml Salicylate de Sodium, reposer 2 h.

Reprendre le résidu avec 2 ml acide sulfurique H_2SO_4 reposé 10 min +15 ml d'eau distillés +15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

Poiser au spectre au 415 nm.

IV.2.8.Pour l'ammonium:

Principe:

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de Nitroprussiate de sodium [42].

Réactifs:

Réactif I:

-Acide dichloroisocyanurique $C_3HCl_2N_3O_3$ 2 g.

-Hydroxyde de sodium (NaOH)..... 32 g.

-Eau distillée 1000 ml.

Réactif II (coloré):

-Tricitrate de sodium 130 g.

-Salicylate de sodium $C_7H_5NaO_3$ 130 g.

-Nitroprussiate de sodium 0.97 g.

-Eau distillée 1000 ml

Appareillage: Spectrophotomètre

Mode opératoire:

Pour déterminer la concentration en ammonium on suit les étapes suivantes:

Prendre 50 ml de l'échantillon + 4 ml du réactif 1 + 4 ml du réactif 2 et ajouter à 50 ml avec H_2O distillé et attendre 1 h. Puis passer au spectre au 680 nm.

IV.2.9. Pour le nitrite:**Principe:**

Les nitrites réagissent avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1-Naphtyléthylènediamine dichlorid donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm [41].

Réactifs:**Réactif Mixte:**

- Sulfanilamide $C_6H_8N_2O_2S$ 40 g.
- Acide phosphorique 100 ml.
- N-1- Naphtyle éthylène diamine 2 g.
- Eau distillée 1000 ml.

Appareillage: Spectrophotomètre.

Mode opératoire:

Pour déterminé la concentration en nitrite on suivre les étapes suivantes:

Prendre 50 ml + 1ml réactif mixte attendre 20 min l'apparition de la coloration rose indique la présence de NO_2^- , effectuer la lecture à 543 nm.

IV.2.10. Pour le phosphate:**Principe:**

La formation d'un complexe dans le centre d'un acide avec Ammonium heptamolybdate à Double Ontimoan et de potassium [40].

Réactifs:**Réactifs mixte:**

- A:** Ammonium heptamolybdate.....13g.
- Eau distillée.....100 ml.
- B:** Tartrate.....0.35 g.
- Eau distillée.....100 ml.
- C:** Acide sulfurique.150 ml.
- Eau distillée.150 ml.
- (A+B)+C..... Eau distillée 500 ml.
- Acide Ascorbe:**
- Acide Ascorbique.....10g.
- Eau distillée100ml.

Appareillage: Spectrophotomètre.

Mode opératoire:

Pour déterminé la concentration en phosphate on suivre les étapes suivante:

Prendre 50 ml de l'échantillon + 1ml Acide Ascore + 2ml A+B+C attende 10 min l'apparition de la coloration bleu. Effectuer la lecture à 880 nm.

IV.2.11.Pour le sulfates:

Principe:

Les sulfates sont dosés par a méthode gravimétrique. Les ions des sulfates SO_4^{-2} sont précipités et pesés à l'état de sulfates de baryum (BaSO_4) [43].

Mode opératoire:

Pour déterminé la concentration en sulfates on suivre les étapes suivantes:

Prendre 10 ml de l'échantillon + 90 ml d'eau distilles +5 ml solution stabilisante + 2 ml de chlorure de baryum.

Agiter énergiquement pendant 1min. Passer au spectrophotomètre 420 nm.

IV.2.12.Pour les résidus secs:

Principe:

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Le résidu correspond alors aux matières dissoutes. Certaine quantité d'eau est évaporée dans une bêche tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé [41].

Matériels:

Bêcher en porcelaine.

Balance électronique.

Etuve réglable.

Mode opératoire:

Pour déterminé la concentration en résidus secs on suivre les étapes suivantes:

Sur une Balance électronique nous pesons un bêche vide, on ajoute 50 ml d'échantillon dont nous voulons faire la peser, ensuite nous la mettons à séché dans un étuve universelle pondant 12 H a la température 105°C , après avoir retiré le bêche de l'étuve on le laisse refroidir 10 à 15 min et on la pèse à nouveau.

Les résultats et par exprime par d'expression:

m_2 : masse âpre séchage.

m_1 : masse bêche vide.

$$R \text{ S mg/l} = ((m_2 - m_1) * 2 * 10 * 1000)$$

IV.2.13. Pour la turbidité:

Principe:

Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine.

La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil nu (par exemple les eaux de boisson).

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité visible à l'œil nu (par exemple les eaux polluées) et pour les eaux de faible turbidité contenant des substances qui ne diffusent pas.

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée [41].

Appareillage: Turbidimètre.

Mode opératoire:

Pour déterminé la turbidité on suivre les étapes suivantes:

On remplit une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et on effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

Les résultats et par exprime par d'expression:

Les mesures sont obtenues directement par lecture sur l'appareil. Les résultats sont donnés directement en NTU.

IV.2.14. Pour le pH:

Principe:

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène $[H^+]$ présent dans l'eau ou les solutions. La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ [41].

Appareil: pH mètre.

Electrode: Electrode de pH combinée.

Mode opératoire:

Pour déterminé le pH on suivre les étapes suivantes:

Prendre 10 ml de l'échantillon.

Agitâtes avec une faible agitation, trempe l'électrode dans le bêcher, et laisse un moment pour la stabilisation avec une faible vitesse d'agitation.

Puis on note le pH.

IV.2.15.Pour la conductivité électrique:**Principe:**

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau dé limitée par la cellule maintenues parallèles [41].

Matériel: Conductimètre.

Mode opératoire:

Pour déterminé la conductivité électrique on suivre les étapes suivantes:

D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée. Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées. Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

IV.3.Résultats et discussion:**IV.3.1.Résultats d'analyse physique et chimique:**

Les résultats obtenu pour l'analyse physique chimique les différentes eaux étudiée sont groupe dans les deux tableaux suivant (06 -07):

FOURAGE	ALBIEN Chouhada	ALBIEN 19Mars	ALBIEN Route Touggourt
Profondeur	1842m	1876m	1850m
Année de réalisation	07/09/1987- 16/12/1987	07/11/2011	18/06/1986- 08/12/1986
Année de mise en service	1988	27/03/2012	1987

Tableau 0 6: Les analyses physico- chimiques des eaux souterraines.

Eléments	Forage 19 mars	Forage chouhada	Forage Route Touggourt	O.M.S	O.A
Ca⁺² (mg/l)	200.4	216.432	220.44	200	200
Mg⁺² (mg/l)	123.955	144.233	72.915	150	150
NH₄⁺ (mg/l)	0.237	0.096	0.194	-	0.5
Cl⁻¹ (mg/l)	421.88	549.513	315.527	250	500
SO₄⁻² (mg/l)	499.00	332.21	452.240	400	400
PO₄⁻³ (mg/l)	1.110	0.000	0.164	-	0.5
NO₂⁻ (mg/l)	0.030	0.030	0000	-	0.1
NO₃⁻ (mg/)	1.748	2.648	2.574	45	50
HCO₃⁻ (mg/l)	191.54	192.5	176.9	-	68.3
Résidus sec 110°c (mg/l)	2660	2080	2140	-	-
SAL %	1.6	1.6	1.8	-	-
Conductivité à 25°c (µs/cm)	2540	2490	2750	-	1000
Ph	7.43	7.34	7.45	6.5 – 9.5	6.5 - 8.5
TH (mg/l)	1010	1010	850	-	350
Débit (l/s)	120	100	100	-	-
T °c	62	60	61	-	25
TDS (mg/l)	1626	1594	1750	-	500
Turb (NTU)	4.90	2.010	3.24	<2	5
T A C (mg/l)	157	140	145	-	-

Tableau 0 7: Les analyses physico-chimiques des eaux traitées.

Eléments	L'eau ouled djellel (Biskra)	L'eau bir ater (Tébissa)	L'eau filtré (El Oued)	O.M.S	O.A
Ca ⁺² (mg/l)	76.953	60.922	36.873	200	200
Mg ⁺² (mg/l)	33.054	6.805	8.749	150	150
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0.030	0.000	0.000	-	0.5
Cl ⁻¹ (mg/l)	35.453	79.415	124.794	250	500
SO ₄ ⁻² (mg/l)	15.810	12.882	8.895	400	400
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	0.000	0.000	0.000	-	0.5
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.000	0.004	0.000	-	0.1
NO ₃ ⁻ (mg/l)	25.215	20.706	20.058	45	50
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	172.02	98.82	24.400	-	68.3
Résidus sec 110°C (mg/l)	440	400	260	-	-
SAL %	0.4	0.4	0.3	-	-
Conductivité à 25°C (µs/cm)	616	658	470	-	1000
pH	8.10	8.18	8.25	6.5 – 9.5	6.5 - 8.5
TH (mg/l)	328	180	128	-	350
TDS (mg/l)	394	421	301	-	500
T °c	19.4	19.9	18.1	-	25
Turb (NTU)	0.399	0.188	0.365	<2	5
T A C (mg/l)	141	81	20	-	-

IV.3.2.Discussions:

D' après les résultats obtenu on peut dire que les eaux étudiées conforment avec les normes nationale malgré ça on peut citer les remarques suivantes:

NO₂⁻, NH₄⁺:

On observe que les quantités de nitrite et d'ammonium dans les trois échantillons sont négligeables et très loin aux normes (0.1-0.5 mg/l).

PO₄⁻³:

Les eaux étudiées ne contenant aucune quantité de phosphate (concentration égale zéro).

conclusion

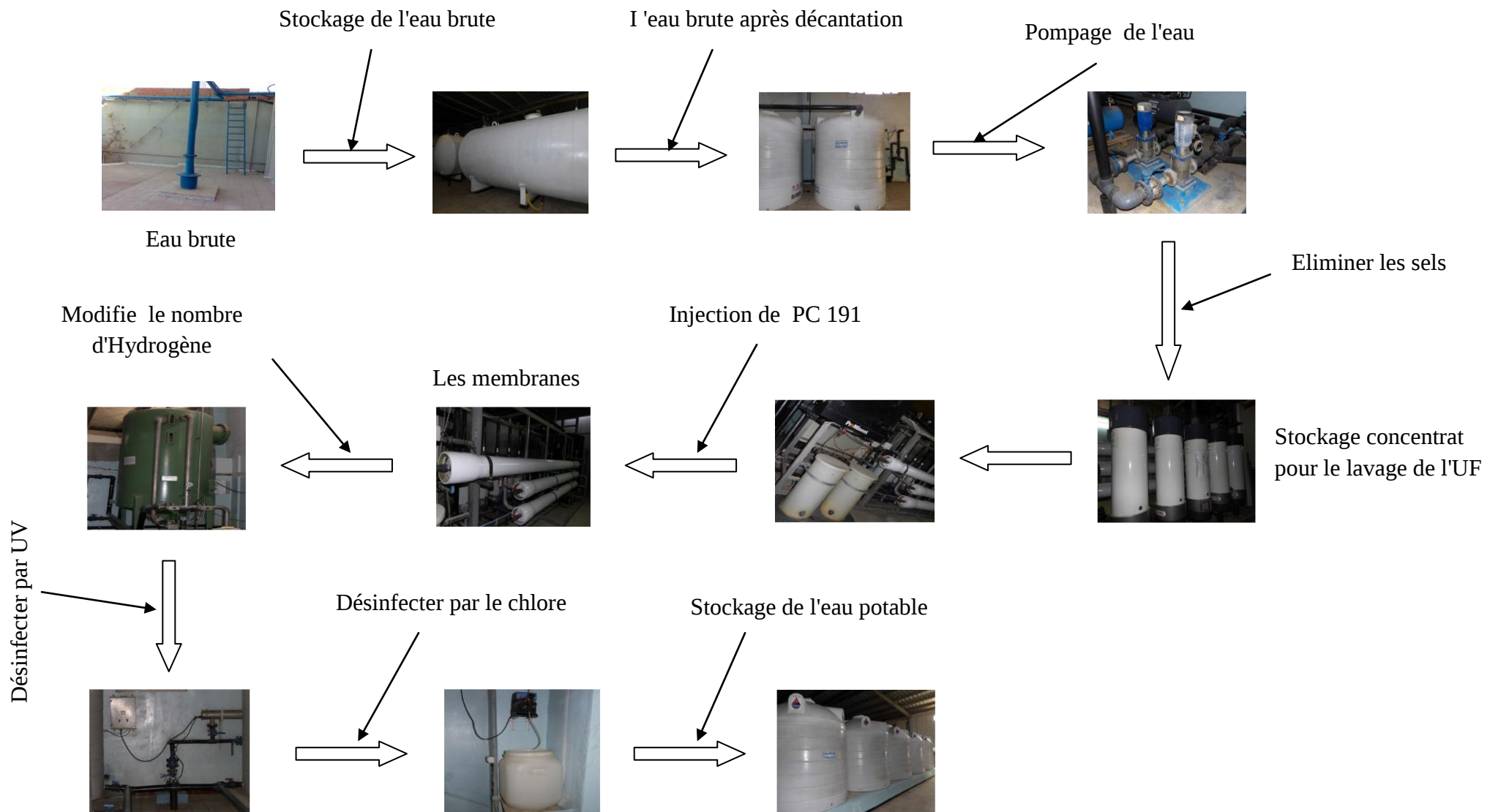
L'eau est la base de la vie et grâce à sa grande importance, elle est sous études dans plusieurs domaines chimiques, physiques, etc.

Notre étude comparative de la qualité d'eau souterraine de la wilaya d'El Oued, qui a été effectuée au niveau de laboratoire d'ADE (Algérienne Des Eaux) où on a analysé des échantillons prélevées des différentes régions d'El Oued: forage chohada, forage 19 mars, forage route Touggourt et des eaux traitées eau de Bir El Ater, eau d'Oueled Djelal et eau filtrée. D'après les résultats d'analyse obtenus et par comparaisons aux normes, en peut conclure que: L'eau d' Oueled Djalel est favorable par certaines de ses propriétés qui

(NO_3^- , Turb, Ca^{+2} , Mg^{+2} et SO_4^-), par contre pour le pH, TAC, Cl^- , NH^{+4} et HCO_3^- l'eau filtrée est considérée comme l'eau de bonne qualité, en ce qui concerne l'eau de Bir El Ater est la meilleure par ses propriétés (TDS, TH, NO_2^{-2} et cond).

Pour améliorer la qualité des eaux filtrées il faut ajuster les concentrations en sels pour répondre aux normes.

Le dernier Nous espérons que cette étude peut avoir répondu à toutes les questions sur la qualité de l'eau commercialisée dans notre région et mettre fin aux rumeurs sur la validité de l'eau vendue.



les étapes de traitement l'eau par l'osmose inverse

ملخص:

إن مصادر مياه الشرب في ولاية الوادي تعتمد كلياً على المياه الجوفية, لأجل هذا قمنا بإجراء دراسة تعتمد على التحليل الفيزيوكيميائي للمياه أبار مختلفة (الشهداء, 19 مارس, طريق تقرت) والمياه المعالجة المتواجدة حالياً في الأسواق مع مقارنتها بالمعايير المتعامل بها لمعرفة مدى صلاحيتها للشرب حيث قمنا بالتحاليل والقياسات الآتية: درجة الحرارة, اللون, العكورة, المواد الذائبة الكلية, التوصيل الكهربائي, الكالسيوم, الحموضة, المغنيزيوم, الكبريتات, النتريت والنتراتالخ.

ومن خلال مقارنة نتائج التحاليل يمكن القول بأن جميع هذه المياه صالحة للشرب, وكل نوع يمتاز بخاصية مميزة.

الكلمات المفتاحية : الماء الصالح للشرب ' التناضح العكسي' التحاليل الفيزيوكيميائية.

Résumé:

Les ressources en eaux potables dans la région d'El Oued sont d'origine souterraine. On a réalisé une étude basée sur l'analyse physico-chimique des eaux des différentes forages (forage 19mars, forage chouhada et forage route Touggourt) et l'eau traitée (eau de Bir El Ater (Tébessa), eau de Oueled Djelal (Biskra) et eau filtrée) d'origine souterraine. Pour cette étude on effectué les analyses et les mesure suivant : la température, la couleur, la turbidité, les matières solubles, la conductivité, l'acidité, calcium, magnésium, des sulfates, les nitrites et les nitrates..... Etc.

D'après la comparaison des résultats obtenus on peut dire que ces eaux sont potable et chaque type caractérisé par des caractéristiques spécifiques.

Mot clé : Eaux potable, osmose inverse et analyses physico-chimique.