

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**



Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Civil et d'Hydraulique

Mémoire de fin d'études

MASTER PROFESSIONNEL

Domaine :Sciences et technologies

Filière :Hydraulique

Spécialité : Traitement, épuration et gestion des eaux

Présenté Par :

Achour fahima et Zenguila lamia

Thème

Valorisation des saumures des stations de dessalement

Soutenu publiquement le : 11/06/2024

Devant le jury composé de:

Mr BOUTAOUTAOU	Professeur (UKM Ouargla)	Président
Mr ZEGAIT	MCA (UKM Ouargla)	Examineur
Mme BELMABEDI	MAA (UKM Ouargla)	Promotrice

Année Universitaire : 2023/2024

Remerciement

Je commence par remercier infiniment le Tout-Puissant de nous avoir donné le courage,

la patience et la volonté d'accomplir ce mémoire. Ensuite, je tiens à exprimer ma plus

profonde gratitude à notre encadrante, Mme Belmaabdi Amel,

pour sa précieuse orientation et les efforts qu'elle a déployés afin de nous enrichir des

informations les plus importantes et les plus précises sur le sujet de notre mémoire, ainsi que

pour sa bienveillance envers toutes nos lacunes.

Je ne peux également oublier de présenter mes sincères remerciements et mon profond

respect aux membres du jury pour avoir accepté de discuter de cette thèse et de nous faire

profiter de leurs précieuses observations. Un merci tout particulier à M. ZEGAIT Rachid,

président du jury,

pour nous avoir fourni un nombre important de références utiles qui ont constitué la base

et le fondement de notre modeste thèse.

Je tiens aussi à remercier spécialement M. Ben Amar Rachid pour les efforts et le temps

qu'il nous a accordés, ainsi que tous les employés de la station "Ben Amar Frères" pour leur

accueil chaleureux et leur bon traitement.

Merci.

Dédicace

Je dédie ce succès

À la princesse qui a hérité de mon cœur et qui a rendu mon cœur ferme et plein d'amour et de baume de guérison, ma mère bien-aimée, Oum el-Khîr, que Dieu la protège et prenne soin d'elle.

A celui à qui je me suis accroché pour m'offrir un moment de bonheur jusqu'à ce qu'il cueille les épines de mon chemin pour me conduire vers le chemin de la connaissance, vers le grand cœur de mon père bien-aimé Abd el kâder, que Dieu le protège...

Aux cœurs purs et justes et aux âmes innocentes, à ceux dont les yeux protègent les souvenirs de mon enfance, à ceux dont l'amour coule dans mes veines et ravive le cœur de mes frères avec leurs souvenirs. Abdel Raouf, Zin El Dine, Israa et Imad Abdel-Hay.

Ma famille est Zenguîla et Laouar

À mon soutien dans la vie, à ceux qui m'ont soutenu, à ceux qui m'ont soutenu, aux personnes les plus chères, mon fiancé Soltan.

À ma deuxième famille, qui portait dans son cœur tout l'amour, l'appréciation et le respect, ainsi ils ont conquis mon cœur et l'ont habité, chacun en son propre nom.

A tous mes collègues que ma mémoire accueille, pas mes journaux (Rahîma, Touîba, Fahîma, Mouhamed, Abdel Basset et Ahmed Khalil).

Nous leur sommes reconnaissants pour leur bonne compagnie et leur fidélité

À ceux qui m'ont soutenu et aidé avec tout ce qu'ils avaient et qui m'ont rendu très heureux, car ils ont été une source de soutien et d'encouragement pour mener à bien cette recherche.

À tous ceux que mon cœur comprend, mais que mes langues ne se souviennent pas et que mon insistance et mon expression n'ont pas de place, je dédie mon travail.

Zenguîla Lamia

Résumé :

La valorisation des sous-produits de saumure provenant des usines de dessalement est un domaine en évolution, avec de nombreuses technologies et méthodes émergentes en cours de développement à l'échelle mondiale. Des expériences menées dans différents pays ont montré que ce sous-produit peut être transformé en une ressource précieuse, contribuant ainsi à la gestion durable des ressources en eau dans le monde.

En investissant continuellement dans la recherche et le développement, nous pouvons maximiser les avantages et la valeur de l'eau salée, tout en minimisant son impact environnemental.

Le défi de l'élimination des saumures doit être relevé de toute urgence étant donné l'augmentation rapide des installations de dessalement de l'eau de mer, car le rejet de saumure hyper-saline peut avoir des impacts négatifs importants sur l'environnement et les écosystèmes marins en raison de modifications de la composition chimique de l'eau de mer.

Les mots clé: saumure, l'eau, dessalement, environnements, valorisation .

Summary

The valorization of brine by-products from desalination plants is an evolving field, with many emerging technologies and methods being developed globally. Experiments carried out in different countries have shown that this by-product can be transformed into a valuable resource, thus contributing to the sustainable management of water resources worldwide.

By continually investing in research and development, we can maximize the benefits and value of salt water, while minimizing its environmental impact.

The brine disposal challenge must be addressed urgently given the rapid increase in seawater desalination facilities, as the discharge of hyper-saline brine can have significant negative impacts on the environment and marine ecosystems due to changes in the chemical composition of seawater.

Key words: brine, water, desalination, environments, recovery.

المخلص:

يعد تثمين المحلول الملحي الناتج من محطات تحلية المياه مجاًلاً متطوراً، حيث يتم تطوير العديد من التقنيات والأساليب الناشئة عالمياً. وقد أظهرت التجارب التي أجريت في بلدان مختلفة أن هذا المنتج الثانوي يمكن تحويله إلى مورد قيم، وبالتالي المساهمة في الإدارة المستدامة للموارد المائية في جميع أنحاء العالم.

ومن خلال الاستثمار المستمر في البحث والتطوير، يمكننا تعظيم فوائد وقيمة المياه المالحة، مع تقليل تأثيرها البيئي. ويجب متابعة تحدي التخلص من المياه المالحة بشكل عاجل نظراً للزيادة السريعة في مرافق تحلية مياه البحر، حيث يمكن أن يكون لتصريف المياه المالحة شديدة الملوحة آثار سلبية كبيرة على البيئة والنظم البيئية البحرية بسبب التغيرات في التركيب الكيميائي لمياه البحر.

الكلمات المفتاحية: المياه المالحة، المياه، تحلية المياه، البيئة، التثمين

Liste de figure

Figure I.1: l'eau	03
Figure I.2: Les éléments spécifiques d'un réseau d'eau potable.	09
Figure I.3: Cycle de l'eau (MOUFFOK, 2008).	10
Figure II.1 : Situation globale de dessalement dans le monde	14
Figure II.2: Situation géographique des stations de dessalement en Algérie.....	15
Figure II.3: Unité d'osmose inverse	19
Figure II.4: Schéma éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse.....	19
Figure II.5: Schéma électrodialyse.	20
Figure II.6: différentes méthodes de filtration de l'eau .(Bruno.2003).....	22
Figure II.7: procédé de distillation à multiple effet (Multi-Effect Distillation, MED).....	23
Figure II.8: Procédé de distillation à multi stage flash MSF	23
Figure II.9: Distillation par compression de vapeur(cv).....	24
Figure II.10: Principe de la distillation solaire.	25
Figure III.1: l'évaporation naturelle des eaux salées.....	29
Figure III.2: L'évacuation directe de la saumure de station de dessalement de palm Beach dans l'eau de mer, Algérie	30
Figure III.3: Salicornia	32
Figure III.4: Description de Salicornia	33
Figure III.5 : Les modes thermiques du distillateur solaire.	35
Figure III.6 : Organigramme montrant schéma technologique de fabrication de sel par évaporation solaire de la saumure des chotts	36
Figure III.7 : usine de sel.....	36
Figure IV.1 : Station de dessalement des eaux (BEN AMOR).	40
Figure IV.2 : prélever des échantillons	41
Figure IV.3 : Distillation solaire	42
Figure IV.4: appareils de mesure	44

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Normes des substances indésirables d'une eau potable.....	08
Tableau I.2 : Normes des substances toxiques d'une eau potable.....	Erreur ! Signet non défini.08
Tableau I.2 :Normes des paramètres de pollution d'une eau potable	09
Tableau II.1: Les grandes stations de dessalement en Algérie.(ADE,2014.....	16
Tableau II.2:caractéristiques des principales technologies de dessalement	26
Tableau V.1 :variation de Potentiel d'hydrogène (pH).....	47
Tableau V.2 : Variations de conductivité électrique	48
Tableau V.3: calcule la minéralisation à partir de la conductivité	51

Liste des abréviations

°C: Celsius. %: pourcent.

‰ : Pour mille.

Ca^{+2} : ion calcium

CaCl_2 : Chlorure de calcium

CaCO_3 : carbonate calcium

Cl^- : ion de chlore

CO: monoxyde de Carbone.

CO_2 : Dioxyde de carbone.

Cr^{3+} : ions chromates

DCO: Demande Chimique en Oxygène.

ED : électrodialyse.

g/l: gramme par litre.

g: gramme.

Km: kilomètre.

m^2 :mètre carré.

m^3/h : mètre cube par heure.

m^3/jour : mètre cube par jour.

m^3 : mètre cube.

MED: Multi-Effect Distillation;

MES: Matière En Suspension.

mg: milligramme.

Mg^{+2} : ion magnésium.

mol/l: mole par litre.

MSF: Multi Stage Flash distillation

Na cl : chlorure de sodium.

Na OH : Hydroxyde de sodium.

Na^+ : ion de sodium

NO_x : Oxyde de Nitrogène.

O₂: Oxygène.

OI : osmose inverse.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OMS: Organisation mondiale de la santé.

PH: potentiel hydrogène.

PO₄³⁻: Oxyde d'Azote, acide phosphorique

ppm: particules par million.

TDS : Le taux de sels dissous.

UV: ultraviolet.

µs: micro seconde.

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction général

Chapitre I

I.	Introduction :	3
I.1	Définition L'eau potable :	3
I.2	Origine et différents type d'eau :	3
I.3	Source de l'eau:	4
I.3.1	Source naturelles :	4
I.3.2	Sources non naturelles :	4
I.4	Qualité de l'eau potable:	4
I.5	Les critères de potabilité :	5
I.6	Normes sur l'eau potable:	5
I.7	Analyse de l'eau potable :	6
I.7.1	Paramètres physiques :	6
I.7.2	Paramètres organoleptiques	7
I.7.3	Les paramètres chimiques :	8
I.8	Les réseaux d'eau potable :	10
I.8.1	Les éléments spécifiques des réseaux d'eau potable :	10
I.9	Cycle de l'eau	11
I.9.1	Evaporation	11
I.9.2	Condensation	11
I.9.3	Précipitation	11
I.9.4	Ruissellement	12
I.9.5	Infiltration	12
I.10	Le problème d'eau potable:	12
I.10.1	Pollution de l'eau :	12
I.10.2	Mauvaise gestion :	12
I.10.3	Changement climatique :	12
I.10.4	Pénurie d'eau :	12

I.11 La solution:	13
Conclusion :.....	13

Chapitre II

II Introduction :.....	13
II.1 Principes du dessalement :	13
II.1.1 Les étapes de dessalement :.....	13
II.2 Situation globale du dessalement dans le monde :.....	14
II.3 Situation en Algérie :	15
II.4 Les eaux marines :	16
II.5 Les eaux saumâtres :.....	16
II.6 Techniques de dessalement de l'eau salée :.....	17
II.7 Procédés de dessalement :	18
II.7.1 Procédés à membranes :.....	18
II.7.2 emploi des procédés de filtration :	21
II.7.3 Distillation :	22
II.8 Autres procédés de dessalement:	25
II.8.1 Procédé de congélation :.....	25
II.9 Inconvénients liés au dessalement :	26
II.10 l'impact du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement :.....	27
Conclusion :.....	27

Chapitre III

III Introduction :	28
III.1 Procédés d'évacuation de la saumure :	29
III.2 Les avantages de cette méthode sont :	30
III.3 Valorisations proposées :	31
III.3.1 Culture des plantes halophyte (Salicornia) :.....	31
III.3.2 Distillation solaire	35
III.3.3 Raffinage de sel	36
Conclusion	37

Chapitre IV

IV Introduction :	38
IV.1 Présentation de la station de traitement des eaux de la région d'Ouargla :.....	38
IV.1.1 La chaîne de traitement :	38
IV.2 Matériels et méthode :	41
IV.2.1 Echantillonnage et prélèvement:	41
IV.2.2 Mode opératoire :	41

IV.2.3	L'installation est la suivante :	42
IV.3	Les principaux aspects dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau :	43
IV.3.1	Représentatif des échantillons :	43
IV.3.2	Prélèvement de l'eau à analyser :	43
IV.3.3	Les principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :	43
IV.4	Paramètres mesurés :	43
IV.5	Mode opératoire :	44
Conclu.		45

Chapitre V

V	Introduction	47
V.1	Résultats d'analyses :	47
V.2	Analyse physico-chimique	47
V.2.1	Potentiel d'hydrogène (pH) :	47
V.2.2	La conductivité électrique :	48
V.2.3	La température:	49
V.2.4	La salinité :	50
V.3	Calcul de la minéralisation :	51
V.3.1	TDS :	52
Conclusion		53

Référence

Annex

Introduction générale :

Les eaux douces sont considérées comme une ressource essentielle dans notre vie quotidienne, leur disponibilité diminue dans le monde entier sous l'effet de la croissance démographique et du changement climatique. En tant que bien public, elles sont indispensables à la vie et constituent l'élément de base à réhabiliter dans les zones habitées. La croissance démographique mondiale entraîne une augmentation de la demande en eau potable, tandis que l'industrialisation, l'irrigation agricole et l'augmentation du niveau de vie entraînent une autre augmentation de la consommation d'eau douce par personne.

Cependant, l'accès équitable à ces ressources n'est pas assuré pour tous les habitants. En fait, seule une petite quantité de l'eau mondiale est de l'eau douce disponible, ce qui signifie que deux tiers de la population seront confrontés à un stress hydrique d'ici 2025. Les estimations indiquent également que 2,5 milliards de personnes pourraient souffrir de pénuries d'eau d'ici 2050 en raison de l'évolution démographique et de l'augmentation de la consommation d'eau.

Pour remédier à cette pénurie d'eau, la désalinisation de l'eau de mer est présentée comme une alternative lorsque les ressources traditionnelles (rivières et eaux souterraines) ne sont plus suffisantes. La désalinisation de l'eau de mer est considérée comme la technologie de l'avenir et constitue une solution compétitive pour surmonter la rareté de l'eau. Il s'agit du processus d'élimination du sel des eaux salées ou légèrement salées pour les rendre potables

Généralement, le rejet provenant d'une station de dessalement se présente sous forme de solution saline contenant divers sels et composés organiques. Cette solution saline est deux à trois fois plus salée (entre 50 et 80 g / litre) que l'eau de mer normale, ce qui en fait un problème de rejet qui doit être traité d'urgence en raison de la rapidité avec laquelle le nombre d'installations de dessalement d'eau de mer augmente. En même temps, le rejet des eaux peu salées augmente également.

La valorisation des solutions salines résultant du traitement dans les stations de dessalement de l'eau est un domaine en constante évolution, avec l'émergence de nombreuses technologies et méthodes à l'échelle mondiale. Les expériences menées dans différents pays montrent qu'il est possible de transformer ce sous-produit en une ressource précieuse.

Dans cette étude, nous avons abordé trois chapitres:

- Le premier chapitre : nous avons étudié les eaux potables, leurs caractéristiques, leur composition chimique et les normes mondiales et algériennes définies pour leur consommation.
- Le deuxième chapitre : nous avons abordé la désalinisation de l'eau de mer et des eaux peu salées, ainsi que les techniques de dessalement, notamment la distillation par évaporation et la séparation par membrane.
- Le troisième chapitre : nous avons abordé la valorisation des eaux salines résultant du traitement dans les stations de dessalement, en utilisant deux technologies principales: la distillation solaire et les plantes halophiles (salicorne).
- Le quatrième chapitre : application de la distillation solaire sur un échantillon de la station (Ben amor Frères) et l'étude des analyses en laboratoire pour déterminer les résultats de la distillation solaire.

CHAPITRE I

L'EAU POTABLE

I. Introduction :

Dans un monde rempli de défis environnementaux et sanitaires, l'eau potable reste l'une des ressources les plus importantes à protéger et à assurer à toutes les catégories de la société, car l'eau est essentielle à la vie. La qualité de l'eau potable est cruciale pour préserver la santé et la sécurité des individus et des communautés. La pollution environnementale et l'épuisement des ressources en eau naturelles constituent des défis majeurs qui nécessitent des efforts continus pour garantir la qualité et la quantité de l'eau potable disponible

I.1 Définition L'eau potable :

L'eau potable est une eau consommable sans risque pour la santé. Pour encadrer cette définition de l'eau potable, des normes strictes existent. Elles fixent les teneurs limites qu'une eau potable ne doit pas dépasser.(Harez, Djebaialia .2020).



Figure I.1: l'eau potable.

I.2 Origine et différents type d'eau :

L'origine des eaux et les relations entre leur composition, nous pouvons envisager selon le mode de gisement, deux sources principales d'eau :

*Les eaux superficielles : les eaux des oueds, des lacs, des océans et des mers ;

*Les eaux souterraines accumulées dans les nappes. Et sans empiéter encore sur les études particulières portant sur les types d'eau, lesquelles établissent précisément une certaine corrélation entre composition et origine, nous pouvons distinguer :

-Les eaux naturelles

- Les eaux potables

-
- Les eaux douces
 - Les eaux dures
 - Les eaux de mar.
 - Les eaux saumâtres
 - Les eaux salées. (CHELLI,DJOUHRI.2013)

I.3 Source de l'eau:

I.3.1 Source naturelles :

Sources d'eau L'eau existe dans la nature sous trois formes principales :

- a) Les eaux de surface: Les eaux de surface sont la forme d'eau la plus accessible, mais aussi la plus susceptible à la pollution.
- b) Les eaux souterraines :Les eaux souterraines sont l'eau qui se trouve sous la surface de la terre, dans les aquifères. Ces eaux sont largement protégées de la pollution, mais peuvent être plus difficiles d'accès que les eaux de surface.
- c) Les sources d'eau gelée comprennent :

I.3.2 Sources non naturelles :

- Eau dessalée : comprend les quantités d'eau qui sont dessalées en vue de leur utilisation, qu'il s'agisse d'eau de mer ou d'eau souterraine salée.
- Eau récupérée : cette eau n'est pas considérée comme de l'eau douce et est purifiée dans le but de réduire sa pollution de l'environnement et peut être utilisée à des fins spécifiques en fonction de sa qualité.

I.4 Qualité de l'eau potable:

Si l'eau est claire, cela ne veut pas forcément dire qu'il est sans danger pour nous de la boire. Il est important que nous jugions de la salubrité de l'eau en prenant en compte les trois qualités suivantes :

- **Microbiologique** : bactéries, virus, protozoaires et vers
- **Chimique** :minéraux, métaux et produits chimiques
- **Physique** : température, couleur, odeur, goût et turbidité .(BERRAF ,RAMDANE .2022)

I.5 Les critères de potabilité :

Les critères d'une eau "propre à la consommation" portent sur :

- * La qualité microbiologique : L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène.
- * La qualité chimique : Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites "indésirables " ou " toxiques".
- * La qualité physique et gustative : L'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur désagréable.
- * Les substances "indésirables" : Leur présence est tolérée tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil .(AOUALMIA, GASMALLAH . 2015).

I.6 Normes sur l'eau potable:

Les normes de qualité de l'eau potable sont définies par l'Algérienne comme suit:

Ensembles de normes	Normes	Unité	Valeur maximum	
			Les eaux de surface	Les eaux de souterraines
Critères d'adhésion	La couleur	mg/l Pt	200	20
	Odeur (valeur de dissolution)	-	20	3
Normes physicochimie et rapport aux corps eau naturel	Chlorure	mg/l Cl	600	500
	Concentration d'hydrogène (pH)	Unité ph	9< et 6.5	9< et 6.5
	Conductivité	µs/cm (20c°)	2800	2800
	Demande dynamique en oxygène (DBO5)	mg/l /O2	7	3<
	Demande chimique pour l'oxygène (DCO)	mg/l/O2	30	-
	Document en attente	mg/l	25	25
	Sulfates	mg/L SO4	400	400
	Le volume de saturation en oxygène <u>ruher</u>	O2	70	70
	Température	C°	25	25
Constantes chimiques	Ammonium	mg/l	4	0.5
	Baryum	mg/l	1	0.7
	Ennuyé	mg/l	1	1

I.7 Analyse de l'eau potable :

Une analyse d'eau potable est divisée en différents groupes de paramètres. Chaque groupe est composé d'indicateurs visant à garantir le maintien de la qualité générale de l'eau potable.(harez Djelailia2020).

I.7.1 Paramètres physiques :

1. Température :

Une température élevée accélère la plupart des réactions physico-chimiques, favoriser le développement de micro-organismes, accentuer le goût, la saveur, provoquer des odeurs désagréables maximale admissible est de 15°C. (ADE, 2012)

2. Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH est la concentration d'ions hydrogène dans une solution, ce facteur est important, en particulier dans les procédés de traitement. C'est un facteur déterminant l'agressivité de l'eau vis-à-vis de la canalisation. (FNS, 2013).

3. Turbidité

La turbidité de l'eau est causée par des matières en suspension (MES), elle est mesurée pour les eaux souterraines, les eaux usées, les eaux de surface et l'eau potable (CEAEQ, 2016). La présence de matières colloïdales constitue une faible quantité de la turbidité (Rejsek, 2002).

4. Conductivité électriques

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. La conductivité varie en fonction de la température (CEAEQ, 2015).

5. Dureté

La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations des cations de calcium et de magnésium. On distingue respectivement :

- * La dureté magnésienne correspondant à la teneur en ions Mg^{+2}
- * La dureté calcique correspondant à la concentration en ions Ca^{+2}
- * La dureté permanente issue de l'association des ions calcium et magnésium avec les anions Cl^- , SO_4^{-2} ou NO_3^- (CEAEQ, 2015)..
- * La dureté temporaire provenant de la combinaison des Ca^{+2} et Mg^{+2} avec les ions HCO_3^- , CO_3^{-2} et OH^-

I.7.2 Paramètres organoleptiques

1 Couleur

La couleur de l'eau provient de matières organiques, et par la présence des métaux comme le fer et le manganèse ainsi que les résidus industriels fortement colorés.(FNS, 2013).

2. Odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. (Rodier, 2009)

3. Goût et saveur

Le goût est l'ensemble des sensations gustatives, par certaines substances solubles (Rodier, 2009)

I.7.3 Les paramètres chimiques :

1. Ions majeurs :

La minéralisation dans la plupart des eaux est dominée par 8 ions, communément appelés ions primaires. On distingue les cations : calcium, magnésium, sodium et potassium, tandis que les anions : Chlorure, sulfate, nitrate et bicarbonate.

superficielles et souterraines, et surtout une utilisation excessive de fertilisants utilisés en agriculture.(Dahraoui, Keddar.2022)

2. Les substances indésirables

Les substances indésirables contenues dans l'eau destinée à la consommation ne présentent aucun danger pour la santé humaine, mais dépassant un certain seuil, elles peuvent provoquer des désagréments d'ordre esthétique ou organoleptique.(KHALILI, YAHIAOUI.2020).

Tableau I.1 : Normes des substances indésirables d'une eau potable.

Paramètres Indésirables	Unité	Norme (OMS, 2006)	Norme (ADE, 2005)	Norme (Algérienne, 2000)
Azote	mg/l	50	Non Mentionnée	Au maximum 1
Fluor	mg/l	1.5	1.5	0.2 à 2
Hydrogène Sulfuré	mg/l	0,05 à 1	-	Peut-être décelable organoleptiquement
Fer	mg/l	0.3	0.2	Au maximum 0.3
Manganèse	mg/l	0.5	0.05	Au maximum 0.5
Cuivre	mg/l	2	2	Au maximum 1.5
Zinc	mg/l	3	Non Mentionnée	Au maximum 5
Argent	mg/l	Pas de valeur Guide	-	Au maximum 0.05

3. Les substances toxiques

Les substances toxiques présentées dans l'eau peuvent s'avérer très dangereuses pour la santé humaine si elles dépassent certaines teneurs détaillées.(Aouissi et Merabti, 2019).

TableauI.2 : Normes des substances toxiques d'une eau potable.

Paramètres Toxiques	Unité	Norme (OMS, 2006)	Norme (UE, 1998)	Norme (Algérienne, 2000)
Arsenic	mg/l	0.01	0.01	Au maximum 0.05
Cadmium	mg/l	0.003	0.005	Au maximum 0.01
Cyanure	mg/l	0.07	0.05	Au maximum 0.05
Chrome	mg/l	0.05	0.05	Au maximum 0.05
Mercure	mg/l	0.001	0.001	Au maximum 0.01
Plomb	mg/l	0.01	0.01	Au maximum 0.05
Sélénium	mg/l	0.01	0.01	Au maximum 0.01

4. Les paramètres de pollution :

La pollution des eaux est due à plusieurs facteurs, dont l'activité industrielle, l'activité agricole, le déversement des effluents domestiques et industriel(Aouissi et Merabti, 2019)

Tableau I.2 : Normes des paramètres de pollution d'une eau potable .

Paramètres de pollution	Unité	Norme (OMS, 2006)	Norme (UE , 1998)	Norme (Algérienne, 2000)
Nitrates	mg/l	(Voir azote)	50	Au maximum 50
Nitrites	mg/l	(Voir azote)	0.5	Au maximum 0.1
Ammonium	mg/l	0.5	Max 0.5	Au maximum 0.5
Phosphate	mg/l	0.5	Max 0.5	-

I.8 Les réseaux d'eau potable :

Les réseaux d'eau sont formés d'ensemble d'infrastructures qui doivent véhiculer jusqu'aux points prévus d'une eau de bonne qualité, en quantité suffisante et avec le moins de défaillance possible. [BONNIN.1982].(MERZOUK.2005).

I.8.1 Les éléments spécifiques des réseaux d'eau potable :

Les principaux éléments constitutifs d'un réseau d'eau potable sont (figure1.1)

Captage. (TARFAYA.2012)

- Traitement des eaux.
- Adduction (refoulement).
- Accumulation (stockage).
- Distribution.
- Distribution.

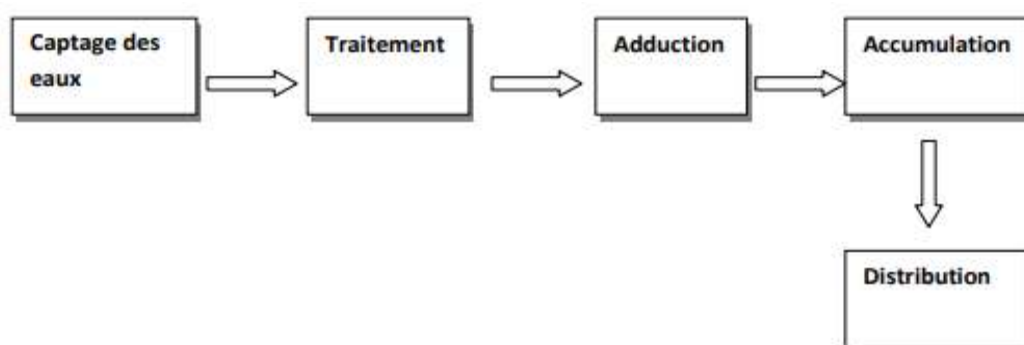


Figure I.2: Les éléments spécifiques d'un réseau d'eau potable.

I.9 Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau (fig. 1) est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie sur terre. En effet, l'eau ne reste pas dans un état donné, ses mouvements, accompagnés de ses changements d'état, constituent le cycle de l'eau. (BOUZIANI, 2000).

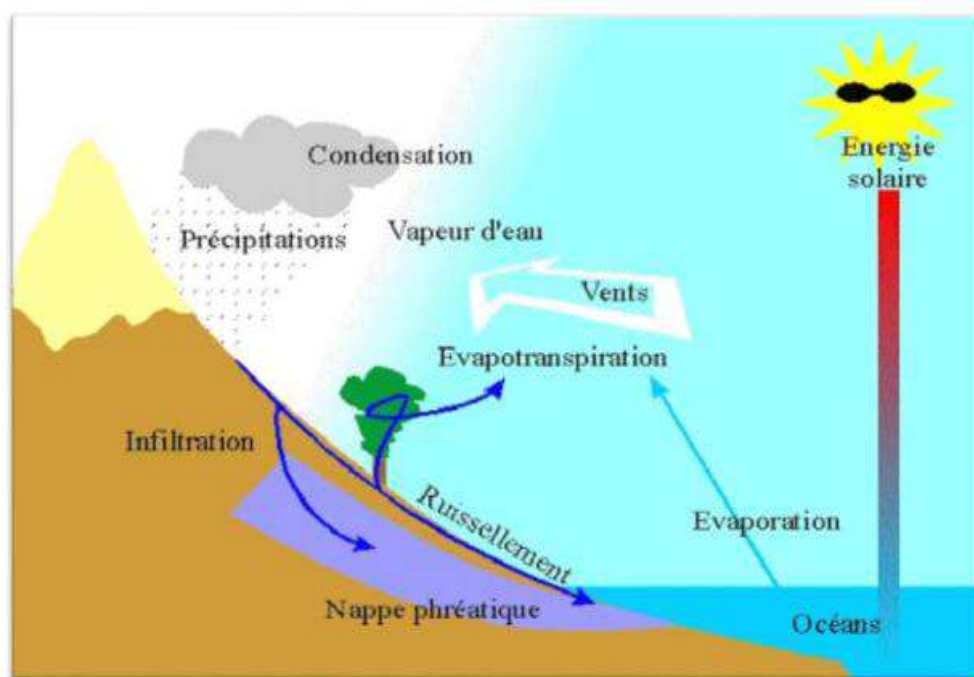


Figure I.3: Cycle de l'eau (MOUFFOK, 2008).

I.9.1 Evaporation

L'énergie solaire, qui provoque l'évaporation de l'eau ainsi que la transpiration des êtres vivants, permet à l'eau liquide de devenir gazeuse. Le vent transporte l'eau sous forme de vapeur ou sous forme de nuages (les nuages se forment à partir de la vapeur d'eau qui se condense ou se solidifie). (MAUREL, 2006).

I.9.2 Condensation

La vapeur d'eau qui retourne dans l'atmosphère se condense pour former les nuages.

I.9.3 Précipitation

Lorsque les gouttelettes qui forment les nuages ont atteint un poids suffisant, elles retombent sur la terre sous forme de pluie, de neige ou de grêle.

I.9.4 Ruissellement

L'eau qui ne peut pas s'infiltrer, circule à la surface du sol et se concentre en eau qui rejoint, uniquement par voie de surface (l'écoulement des eaux à la surface de la terre notamment la surface des sols) les fleuves et les rivières.

I.9.5 Infiltration

Une partie de l'eau des précipitations reste piégée dans le sol et sert à la végétation. L'autre partie s'infiltré plus profondément jusqu'à un niveau imperméable.

I.10 Le problème d'eau potable:

Aujourd'hui, le monde est confronté à de nombreux problèmes liés à l'eau potable, qui constituent une menace sérieuse pour la santé humaine et l'environnement. Ces problèmes sont divers et ont des causes multiples, ce qui en fait un défi difficile qui nécessite des solutions collectives à différents niveaux.

I.10.1 Pollution de l'eau :

Il s'agit de tout changement physique ou chimique dans la qualité de l'eau, qui affecte négativement les organismes vivants ou rend l'eau impropre aux usages requis.

La pollution de l'eau peut être causée par des industries polluantes ou une agriculture non durable qui utilise des pesticides et des engrais chimiques. L'eau peut être une cause majeure de fin de vie sur Terre si elle est polluée.

I.10.2 Mauvaise gestion :

De grandes quantités d'eau sont gaspillées en raison d'une mauvaise gestion et d'infrastructures délabrées, ce qui aggrave le problème de la pénurie d'eau.

I.10.3 Changement climatique :

Le changement climatique affecte la répartition de la quantité d'eau disponible. Les périodes de sécheresse peuvent augmenter et les précipitations peuvent diminuer dans certaines régions, ce qui rend plus difficile l'accès à l'eau potable.

I.10.4 Pénurie d'eau :

De nombreux pays et régions souffrent d'une pénurie d'eau potable. La raison en est peut-être. La rareté des ressources en eau disponibles, que ce soit en raison de la sécheresse, de la contamination des eaux souterraines et de surface ou du manque d'infrastructures de distribution d'eau.

I.11 La solution:

Pour résoudre ces problèmes, il est nécessaire de renforcer une gestion efficace des ressources en eau, d'améliorer l'infrastructure hydrique, de mettre en œuvre des techniques de traitement appropriées pour améliorer la qualité de l'eau, et de sensibiliser à l'importance de la préservation et de l'utilisation durable de l'eau.

Avec l'augmentation de la population et la demande croissante en eau potable, la désalinisation de l'eau est devenue nécessaire dans de nombreuses régions du monde. L'eau douce et pure est une ressource vitale pour les humains et la vie sauvage, mais elle est limitée et souvent polluée.

Nous nous sommes donc tournés vers le dessalement de l'eau salée.

En conclusion, l'eau potable doit être fournie de manière égale et conforme aux normes, car cela nécessite des efforts intenses, ce qui nous pousse à dessaler l'eau salée pour garantir que les communautés reçoivent de plus grandes quantités d'eau.

Conclusion :

L'eau étant un élément essentiel à la vie et à la santé d'une population, des normes d'eau potable doivent être élaborées sur la base de recherches scientifiques démontrant des effets nocifs sur la santé, allant d'éléments physico-chimiques jusqu'à ne pas dépasser une certaine concentration maximale. Une eau potable en Algérie présente des dimensions à la fois quantitatives (augmentation de la consommation) et qualitatives (contamination sous son influence).

Pour répondre à ces besoins, le législateur algérien a créé un régime réglementaire vu comme un moyen. Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car il peut provoquer des changements catastrophiques pour le sol, les personnes et même la santé de toute la population.

CHAPITRE II

DESSALEMENT DES EAUX

II Introduction :

La nécessité de dessaler l'eau de mer et eau faiblement salé se fait de plus en plus pressante dans de nombreux pays.

En Méditerranée, les besoins en eau présents une croissance effective. L'Algérie a vécu plus d'une décennie la sécheresse, les ressources conventionnelles en eau étaient insuffisantes pour subvenir aux besoins de la population, ceux qui a incité les autorités algériennes à chercher d'autres ressources pour garantir l'alimentation en eau potable.

Pour répondre aux besoins domestiques nationaux, deux types d'eau sont dessalées:

- Eau de mer.
- Eau saumâtre

II.1 Principes du dessalement :

Le dessalement est le procédé d'élimination des sels des eaux, et produire ainsi de l'eau douce à partir des eaux de mers ou des eaux saumâtres. (Boucha.2017).

II.1.1 Les étapes de dessalement :

1. L'alimentation en eau de mer.
2. Le prétraitement.
3. Installation de dessalement.
4. Le post-traitement. (Maurel, 2006)

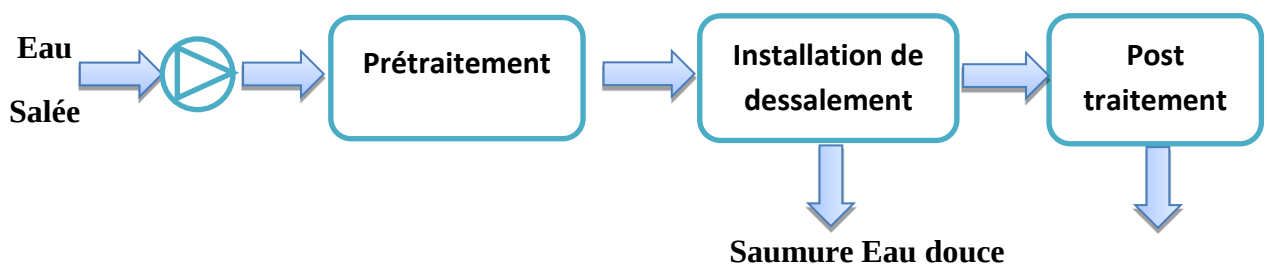


Schéma générale installation de dessalement.

II.2 Situation globale du dessalement dans le monde :

Pour bien illustrer la situation globale du dessalement dans le monde, il est bien utile de présenter les chiffres suivant :

- 18 426 est le nombre total des stations de dessalement dans le monde; plus que 86.8 million de mètres cube d'eau produite par jours par le dessalement.
- 150 le nombre de pays ou le dessalement est pratiqué; plus de 300 millions de personnes dans le monde sont approvisionné en eau par le dessalement.(Boucha.2017)

Exactement comme la répartition des ressource en eau dans le monde, l'industrie du dessalement est présente fortement dans certaines régions et existe rarement dans d'autres. 48% de la production globale du dessalement se localise dans le moyen orient, principalement dans les pays du golf, 19% en Amérique, 14% en Asie et en Europe et 6% seulement en Afrique La figure ci-dessous représente la capacité globale en m³/j, inclut tout les types d'eau dessalée (eau de mer, eaux saumâtre, eaux usées).(SABINE.2010)

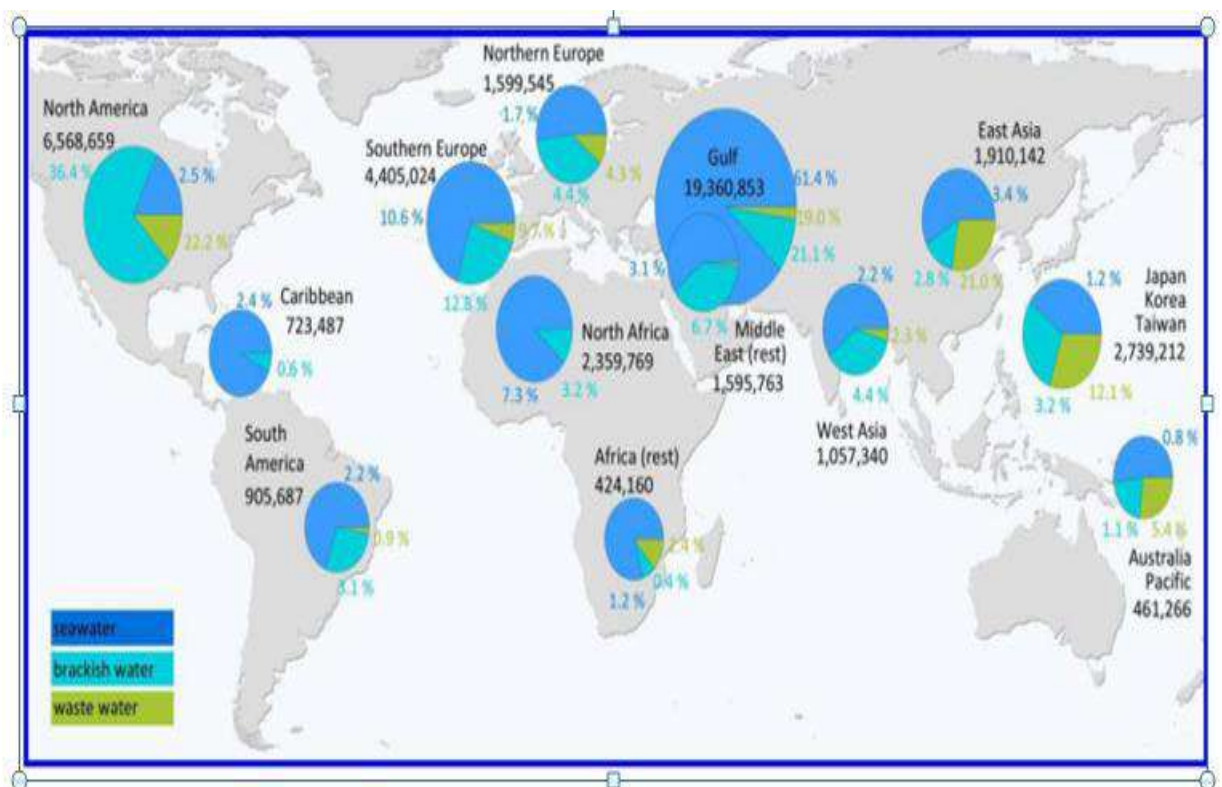


Figure II.1 : Situation globale de dessalement dans le monde

II.3 Situation en Algérie :

Les ressources en eau de l'Algérie sont limitées. D'abord, pour des raisons climatiques : la pluviométrie, irrégulière, varie entre 100 et 600 mm/an seulement. Les besoins en eau

potable ainsi qu'en eau pour l'irrigation et l'industrie connaissent un accroissement rapide et continu.

L'Algérie est considérée comme étant un pays « pauvre » en termes de potentialités hydriques, elle se situe en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la banque mondiale ($1000\text{m}^3/\text{hab}/\text{an}$).

D'après les prévisions de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) la disponibilité en 2020 été de $490\text{m}^3/\text{hab}$.

Pour faire face à cette situation de stress hydrique, l'Algérie a fait recours au dessalement des eaux de mer, avec ces 1200Km de côtes, plusieurs villes s'alimentent aujourd'hui des eaux dessalées.

La production en eau dessalée en Algérie, selon les experts, est passée de 500 000 m^3/jour en 2008 à 2 260 000 m^3/jour en 2011 pour atteindre 4 Millionsde m^3/j en 2020.(Boucha.2010).



Figure II.2: Situation géographique des stations de dessalement en Algérie.

Tableau II.1: Les grandes stations de dessalement en Algérie.(ADE,2014)

Station	Wilaya	Capacité (m3/jour)
Hamma	Alger	200 000
Arzew	Oran	86 000
Cap Djinet	Boumerdes	90 000
El Taref	El Taref	100 000
Mostaganem	Mostaganem	200 000
Skikda	Skikda	100 000
Tennes	Chlef	200 000
Bejaia	Bejaia	100 000

II.4 Les eaux marines :

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g/l (27,2 g/l de NaCl, 3,8 g/l de $MgCl_2$, 1,7 g/l $MgSO_4$, 1,26 g/l $CaSO_4$, 0,86 g/l K_2SO_4). Cette salinité peut être différente dans le cas des mers fermées :

- Mer Méditerranée : 36 à 39 g/l
- Mer Rouge : environ 40 g/l
- Mer Caspienne : 13 g/l
- Mer Morte : 270 g/l.(Bouabdallah, Behilil.2020).

II.5 Les eaux saumâtres :

Généralement on appelle eau saumâtre une eau saline non potable, de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. En fait, la plupart des eaux saumâtres ont une salinité comprise entre 1 et 10 g/l.

Elles se présentent soit, sous forme d'eau de surface, soit sous forme d'eaux souterraines. Leur composition chimique varie énormément d'une région à l'autre et pour une même région d'une saison à l'autre. Ces variations de composition chimique dépendent de plusieurs paramètres : l'eau qui pénètre dans le sol dissout les sels qui composent l'écorce terrestre. Les principaux sels qui peuvent être dissous en assez grandes quantités sont le $CaCO_3$ et le NaCl. (REZIM ,TACHETAOUI.2020).

II.6 Techniques de dessalement de l'eau salée :

Les différents procédés peuvent être classés en trois grandes familles :

1) les procédés faisant intervenir un changement de phase : évaporation ou bien congélation.

2) les procédés de perméation sélective à travers une membrane :

- Transfert d'ions sous l'action d'un champ électrique (électrodialyse)
- Transfert d'eau sous l'action d'un gradient de pression (osmose inverse)
- Les procédés chimiques :
- Echange d'ions.
- Extraction par solvant.

En fait, la totalité des installations actuellement en service fait appel à deux grandes familles de procédés : les procédés par évaporation et les procédés de séparation par membranes qui sont plus récents.((Maafa.2020)

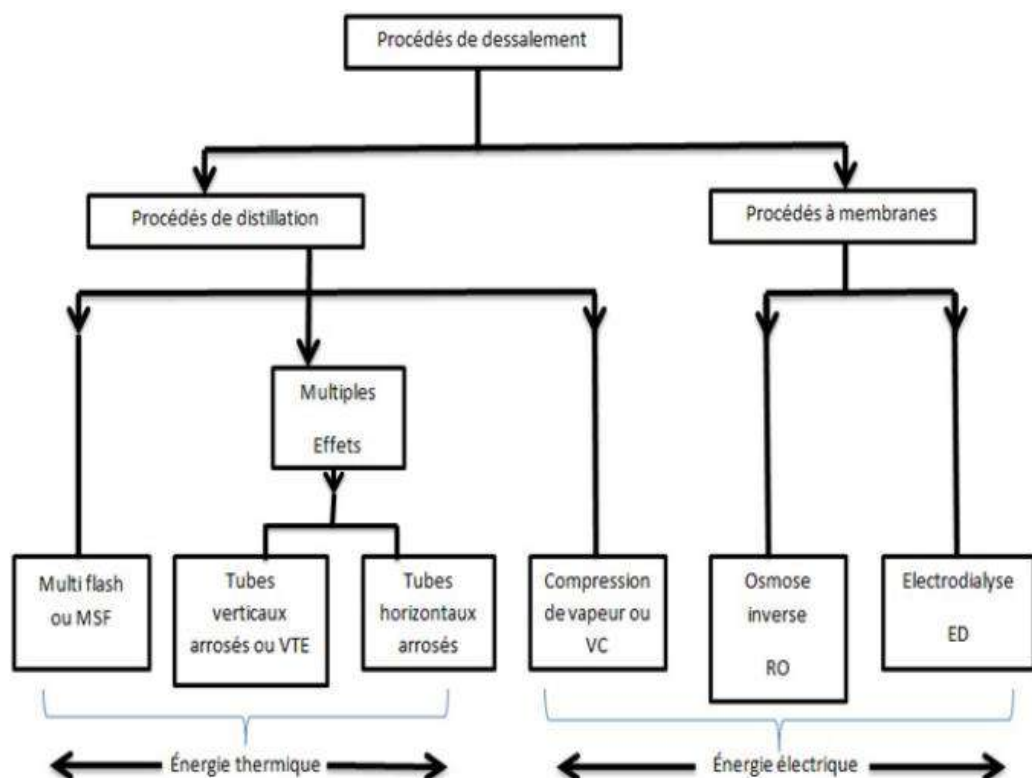


Schéma procédés de dessalement .

II.7 Procédés de dessalement :

II.7.1 Procédés à membranes :

La membrane est constituée d'une surface plane dont la perméabilité est sélective, son objectif principal est d'éliminer le sel. Elle assure également la rétention des composants indésirables dans l'eau (micro algues, bactéries, certains virus, microorganismes, micropolluants), supprime la turbidité, limite les sous-produits d'eau

Les membranes jouent un rôle important pour séparer les sels. Des processus de dialyse et d'osmose se produisant dans les organismes vivants. Les membranes sont utilisées sur le marché dans deux procédés importants: l'électrodialyse (ED) et l'osmose inverse (OI).(BoukellaAbdelghani. 2015).

1. Osmose inverse (OI) :

L'Osmose Inverse est un procédé haute pression, utilisé pour l'élimination de l'eau par concentration de composés à faible poids moléculaire. Il peut être utilisé pour dessaler les eaux de mer ou les eaux saumâtres. (METAICHE.2014).

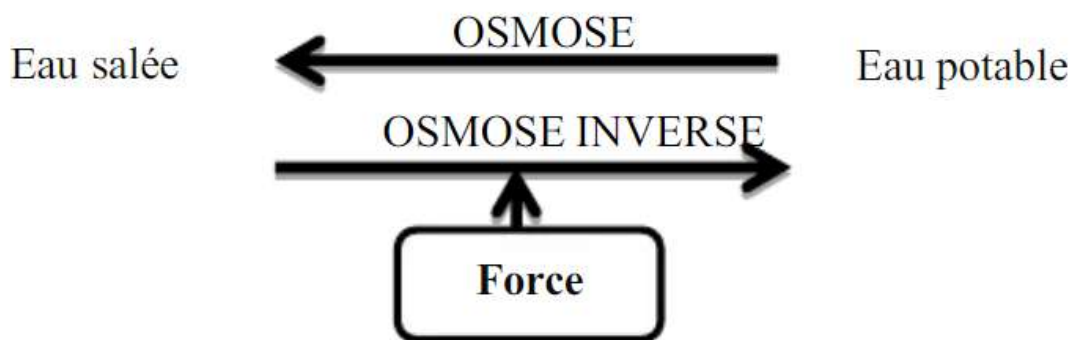


Schéma osmose inverse.

1.1 Principe de l'Osmose Inverse:

L'osmose inverse est un procédé de filtration tangentielle qui permet l'extraction d'un solvant, le plus souvent l'eau, par perméation sélective à travers une membrane dense sous l'action d'un gradient de pression.

Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. L'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement électrique consommée principalement par les pompes haute pression.

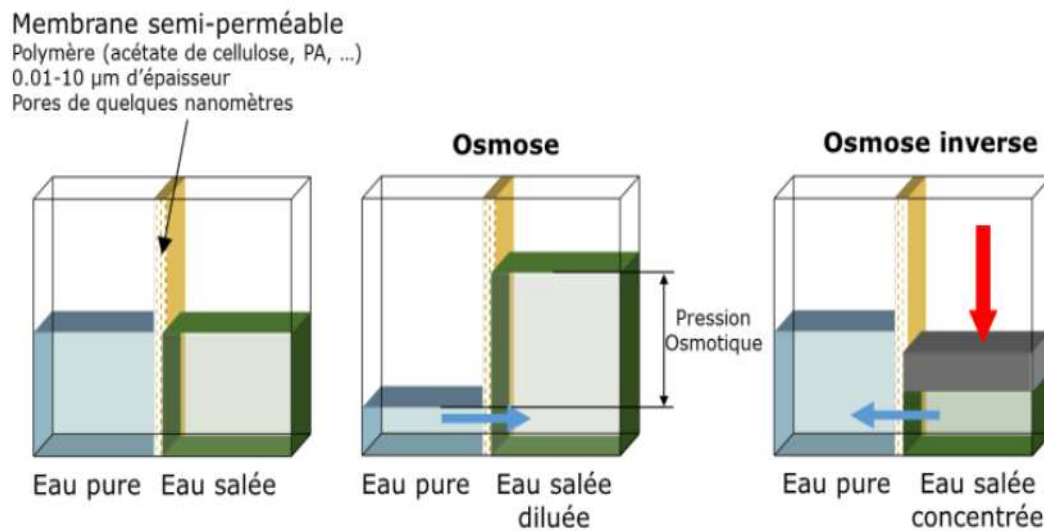


Figure II.3: Unité d'osmose inverse .

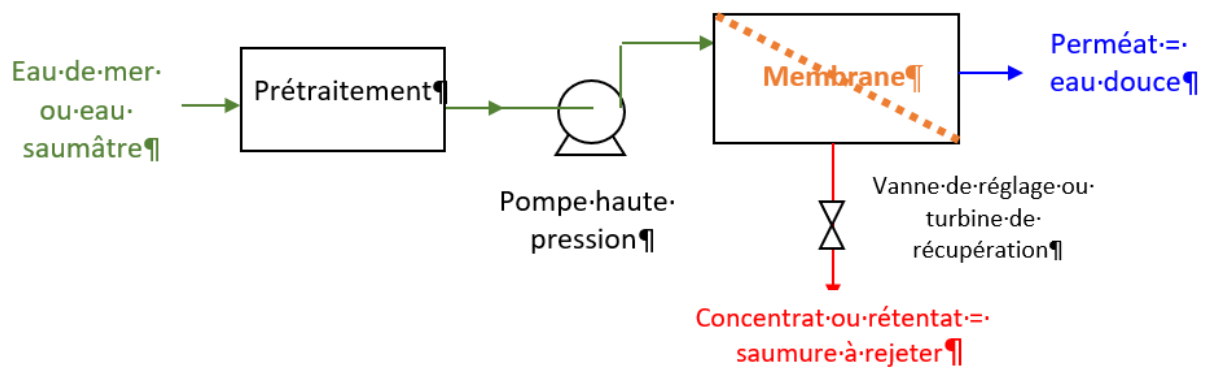


Figure II.4: Schéma éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse.

1.2. Installation d'osmose inverse :

Les principaux constituants d'une installation d'osmose inverse sont les suivants :

- La membrane proprement dite.
- Le module.
- La pompe haute pression (HP).
- Le système de récupération d'énergie.
- éventuellement un système de récupération d'énergie
- un système de prétraitement
- un système de post-traitement. (AMITOUCHE.2016)

1.3. Domaines d'utilisation de l'osmose inverse :

- Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres
- Récupération des eaux des effluents colorés.
- Récupération des eaux des effluents des installations de blanchiment ultrafiltres et des eaux blanches extrêmes liquidation- Production d'eau ultra pure destinée à des procédés sensibles (pharmacie, tannerie, industrie) papier, etc.
- Récupération des eaux des effluents miniers.
- Concentration et purification des déchets liquides pollués acides ou alcalins.

2. Electrodialyse :

L'électrodialyse permet d'extraire tout ou partie des ions d'une solution par la migration de ceux-ci sous l'effet d'un champ électrique à travers un empilement de membranes sélectives échangeuses d'ions. (web sit).

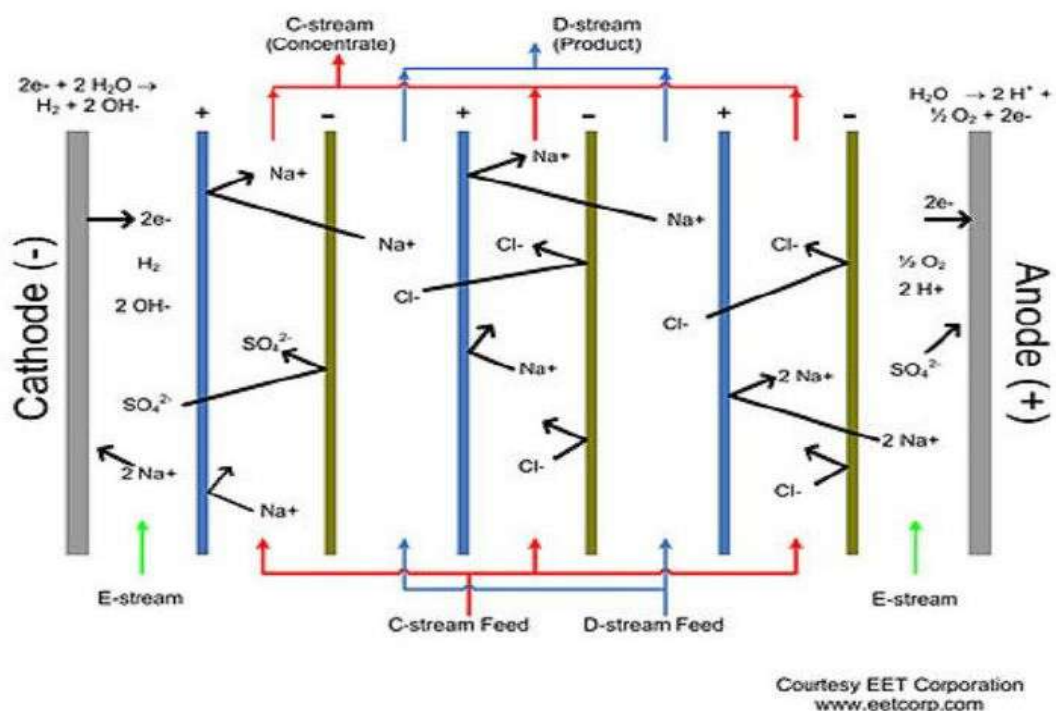


Figure II.5: Schéma électrodialyse.

2.2 Principe L'électrodialyse :

Est un procédé électrochimique qui permet d'extraire les ions contenus dans une solution. L'extraction des ions se fait par migration des ions à travers des membranes sélectives (anioniques ou cationiques) sous l'action d'un champ électrique. Ainsi seuls les anions peuvent traverser une membrane anionique et seuls les cations peuvent traverser une membrane cationique.

En plaçant plusieurs membranes en parallèle laissant passer alternativement les ions positifs et les ions négatifs, on peut éliminer certains ions de l'eau. Dans certains compartiments, il y a concentration des ions et dans d'autres les ions sont éliminés. Les particules qui ne portent pas de charge électrique ne sont pas éliminées. (Mahmoudi.2015).

V.1.3. Comparaison entre les procédés membranaires. (Boukellal, Abdelghani 2015)

Désignations	Procédés	
	OI	ED
Energie utilisée	Mécanique (via électricité)	Electrique
Température de fonctionnement (°C)	<45	<45
Consommation électrique (kWh/m ³)	4 à 7	1
Salinité de l'eau brute (g/l)	1 à 45	0,1 à 3
Salinité de l'eau traitée (mg/l)	<500	<500
Capacité d'un train (m ³ /j)	1-10 000	1-12 000

II.7.2 Emploi des procédés de filtration :

La figure ci-dessous montre l'emploi des différents procédés de filtration en fonction de la taille des pores

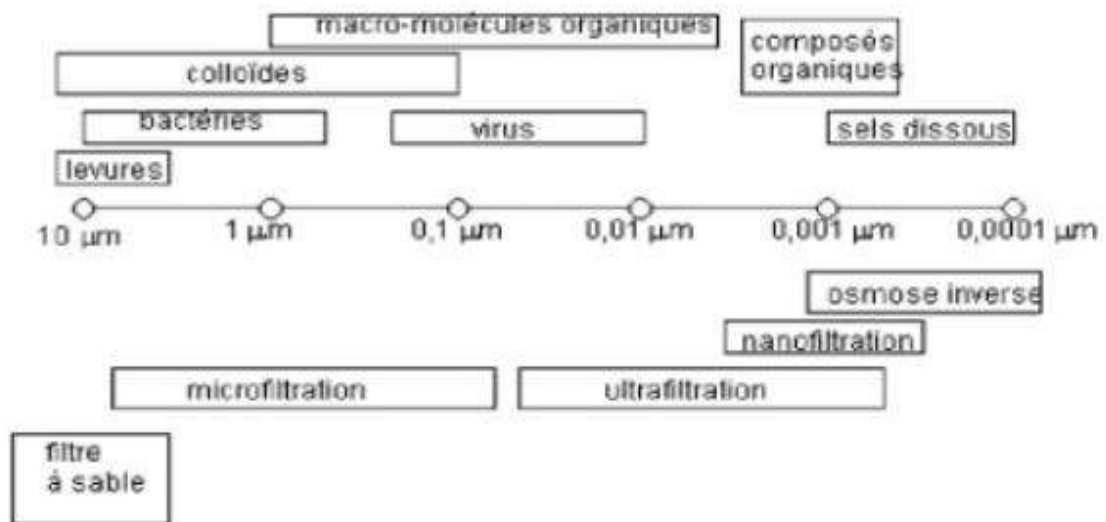


Figure II.6: différentes méthodes de filtration de l'eau .(Bruno.2003)

II.7.3 Distillation :

Ce procédé est la première technique historiquement utilisée dans le dessalement de l'eau de mer du fait, probablement, de sa simplicité. Cette méthode consiste à faire évaporer l'eau salée grâce à la chaleur produite par une chaudière ou plus simplement par le soleil. Par ce processus, les sels ainsi que les autres composés dissous se déposent tandis que la vapeur d'eau s'élève. Cette dernière est ensuite re-condensée afin de recueillir l'eau douce.(Amoura ,Toumi. 2019).

1. Procédé distillation :

1.1.Le procédé de distillation à multipleffet (Multi-Effect Distillation, MED) :

Aété spécifiquement développé dans le but d'économiser l'énergie thermique. La puissance thermique apportée à l'évaporateur de tête par un fluide caloporteur – fluide qui transporte la chaleur – sert à faire évaporer de l'eau de mer. La vapeur produite est condensée dans l'évaporateur suivant, qu'on appelle le premier effet.(BANDELIER Philippe .2016).

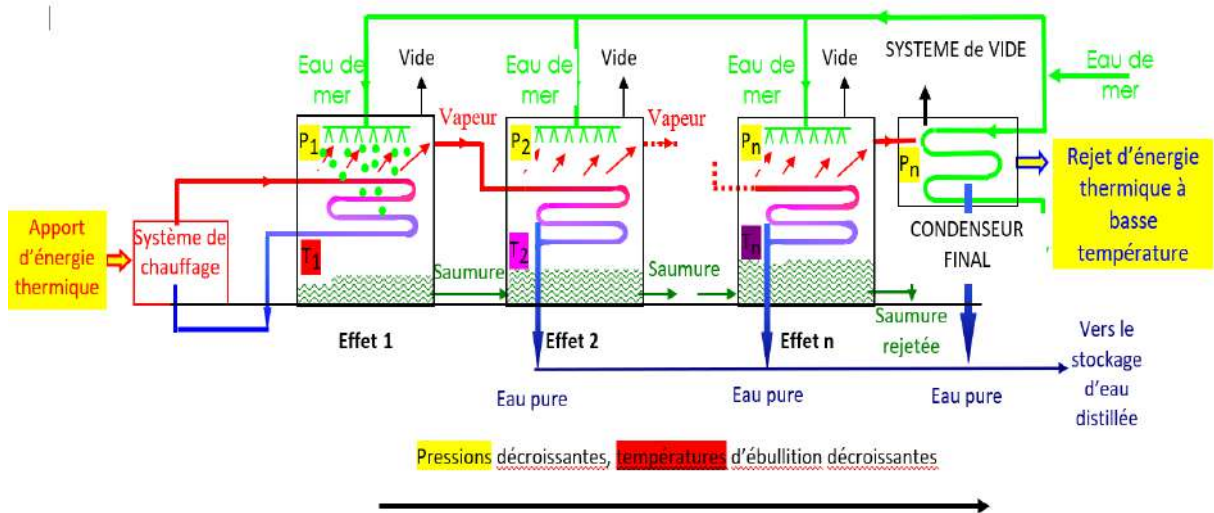


Figure II.7: procédé de distillation à multiple effet (Multi-Effect Distillation, MED)

1.2. Procédé de distillation à multi stage flash MSF :

Ce procédé consiste à maintenir l'eau sous pression pendant toute la durée du chauffage, lorsqu'elle atteint une température de l'ordre de 120°C , elle est introduite dans une enceinte (étage) où règne une pression réduite.

Il en résulte une vaporisation instantanée par détente appelée Flash. Une fraction de l'eau s'évapore puis va se condenser sur les tubes condenseurs placés en haut de l'enceinte, et l'eau liquide est recueillie dans des réceptacles en dessous des tubes.

On peut trouver jusqu'à 40 étages successifs dans une unité MSF industrielle.. (MAHMOUDI, 2015).

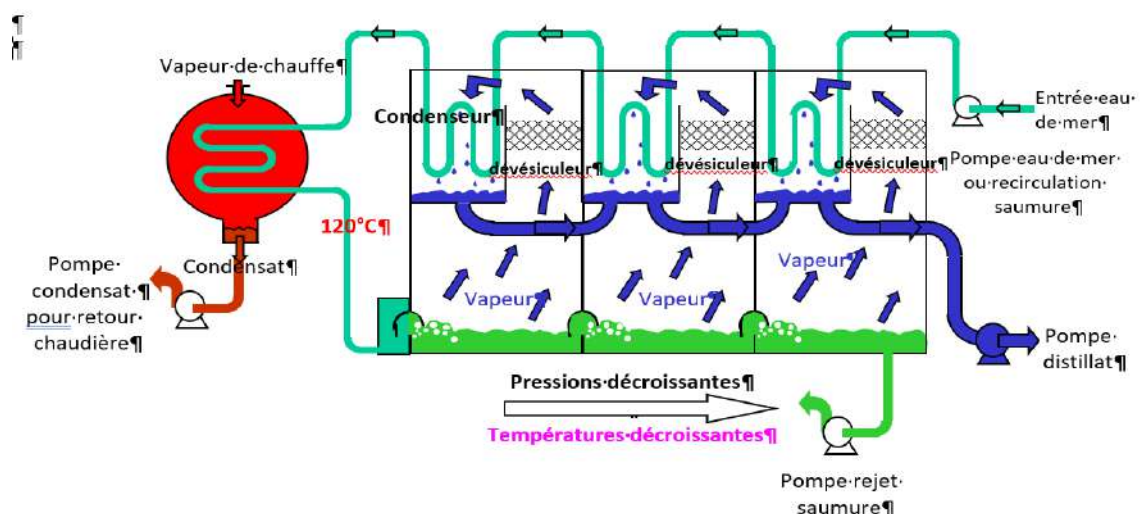


Figure II.8: Procédé de distillation à multi stage flash MSF

1.3. Distillation par compression de vapeur (VC) :

Afin de limiter la consommation d'énergie thermique, il est aussi possible d'utiliser la compression mécanique de vapeur. Ceci est possible dans le cas de l'évaporation simple ou multiple effet.

La vapeur produite dans le dernier effet ou dans l'effet unique (pour de petites unités) est aspirée par un compresseur. Après compression, la température de saturation de la vapeur haute pression est augmentée. Cette vapeur peut donc être utilisée pour porter à ébullition l'eau de mer dans l'évaporateur où règne une pression plus faible.

La vapeur haute pression est ainsi condensée et se transforme en eau distillée liquide et le cycle se reproduit avec la vapeur produite par l'évaporation partielle de l'eau de mer .

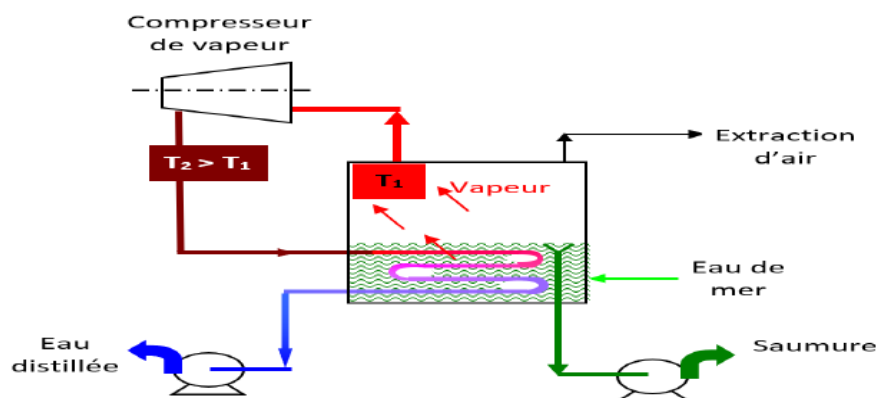


Figure II.9: Distillation par compression de vapeur(cv).

2. Distillation solaire :

Le distillateur solaire est l'une des techniques utilisées pour la production de l'eau potable à partir d'eau saumâtre et d'eau de mer grâce à l'énergie solaire. Le principe de fonctionnement d'un distillateur solaire basé sur les différents types de transfert de chaleur.

L'eau salée dans le bac va se chauffer et avec l'augmentation de température une partie de l'eau s'évapore et produit une condensation de la vapeur d'eau ce forme des gouttes d'eau sur la surface intérieure et tomber dans le récupérateur situé au coin (figure). (LAGOUCH.BENHADJI.2020.)

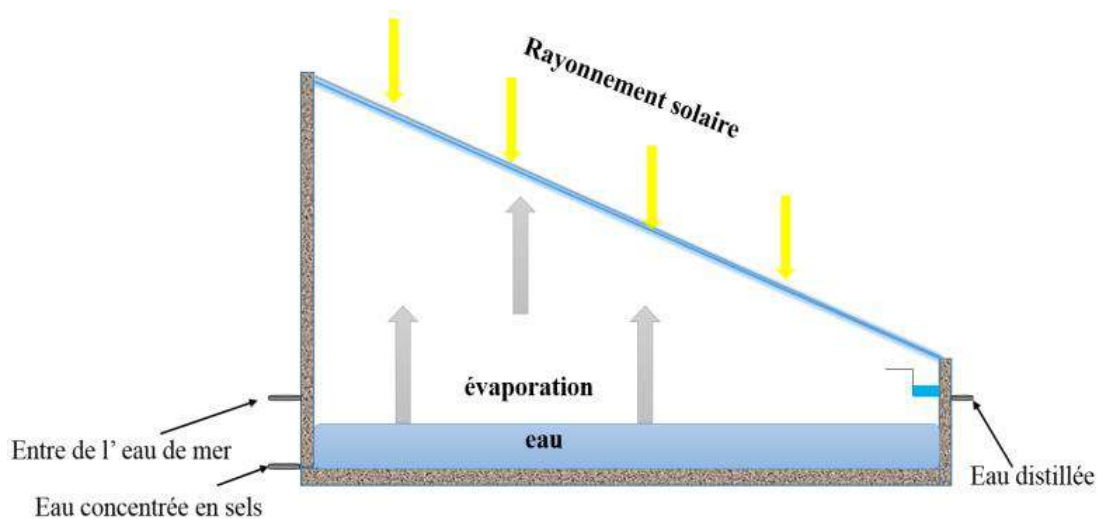


Figure II.10: Principe de la distillation solaire.

II.8 Autres procédés de dessalement:

II.8.1 Procédé de congélation :

C'est un procédé de dessalement qui se base sur la différence entre les points de congélation de l'eau douce et de l'eau salée. Ce procédé est particulièrement intéressant dans les régions où la température de l'eau de mer est souvent inférieure à 0°C . Lorsque la température est suffisamment basse, on remplit des bassins à des profondeurs allant de 1 à 1,5 cm. Les cristaux de glace sont séparés de la saumure, lavés du sel puis fondus, on obtient de l'eau douce.(Tahri).

Tableau II.2:caractéristiques des principales technologies de dessalement (HABET,2010)

Osmose inverse	Les méthodes de traitement incluent le système de service le plus courant. Une membrane semi-perméable remplace diverses solutions de différentes concentrations.
Electrodialyse (ED)	Procédé membranaire. Une série de membranes est placée entre deux électrodes et subit un champ électrique. Il est en général approprié à l'eau saumâtre et pour traiter les puits pollués.
Distillation à détente étagée (MSF)	Procédé d'évaporation, en combinaison avec des centrales électriques. Le système inclut une série de compartiments. L'écoulement d'eau chaude dans un compartiment avec une basse pression provoque l'évaporation d'une partie de l'eau.
Distillation par compression de vapeur(VCD)	Procédé d'évaporation, basé selon le principe d'une pompe à chaleur. Cycles répétés de condensation et d'évaporation
Distillation à effet multiple (MED)	Processus d'évaporation basé sur le cycle de la chaleur latente en produisant un ruisseau d'eau, habituellement utilisé en combinaison avec les centrales électriques

II.9 Inconvénients liés au dessalement :

Le dessalement de l'eau de mer apporte une réponse aux besoins d'eau douce. Toutefois, quelque soit le procédé utilisé, il n'est pas sans inconvénients :

1. Besoins énergétiques importants .
2. Rejet des saumures concentrées en mer ou injectées dans le sol .
3. Emploi de produits chimiques pour nettoyer les membranes ;
4. Traces de métaux lourds échappés des installations.
5. Aucune législation spécifique concernant la potabilité de l'eau issue de ces traitements.

II.10 l'impact du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement :

Cet impact provient principalement du rejet (saumure) produit à la cour du dessalement mais aussi des rejets de produits chimiques utilisés dans le nettoyage des modules d'osmose inverse.

En effet, ces rejets provoquent des dommages potentiels pour le milieu récepteur. Bien que les travaux de recherches consacrés à la question soient restreints, le rejet de concentré appelle une vigilance particulière et une évaluation scientifiques des impacts sur la faune et la flore. (Lahouel 2015)

Le principal impact environnemental associé aux procédés de dessalement provient de la production de saumure : solution à forte teneur en sels qui résulte de la « concentration » de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre dessalée. Cependant, il ne faut pas oublier, lors d'une éventuelle évaluation, l'impact environnemental causé par une station de dessalement, comme les problèmes de dégradation paysagère, bruits, émissions de gaz, ou encore les rejets associés comme les eaux provenant du nettoyage (filtres de sable, membranes et dépôts)

Conclusion

Dans ce chapitre, on a parlé du dessalement, ces techniques, avantages, inconvénients et aussi de ces procédés .

CHAPITRE III

VALORISATIONS PROPOSÉES

III Introduction :

La double croissance économique et démographique de notre planète exerce une forte pression sur toutes les ressources naturelles, les tensions autour des matières premières n'ayant jamais été aussi fortes.

Avec plus de 2,4 milliards de personnes vivant près de la mer, le dessalement de l'eau de mer apparaît comme l'alternative qui approvisionne déjà plus de 200 millions de personnes. Plus de 1 % de la production mondiale d'eau potable est issue du dessalement.

Quel que soit le procédé utilisé, toutes les usines de dessalement produisent de grandes quantités de saumure. Les statistiques indiquent que des centaines de milliers de tonnes d'eau salée sont rejetées quotidiennement dans la mer. Ces rejets très salins des stations littorales menacent de polluer la nappe phréatique et de provoquer la perte d'espèces végétales.

Le dessalement de l'eau peut provoquer trois types de pollution :

- ✓ Le premier type est le rejet de solutions locales concentrées qui s'infiltrant dans le sol, provoquant une pollution et une perturbation de l'écosystème marin.
- ✓ Le deuxième type est celui des émissions de gaz à effet de serre résultant d'une forte consommation d'énergie.
- ✓ Le troisième type de pollution est lié aux produits chimiques utilisés pour nettoyer les membranes des usines de dessalement qui fonctionnent par osmose inverse. afin d'éviter la formation de tartre et autres inconforts, en particulier lors du prétraitement.

L'eau salée après le dessalement, de point de vue de ses propriétés physiques et chimiques (salinité, matières dissoutes, dureté et alcalinité, équilibre ionique, température, pH, turbidité, concentration de gaz dissous tels que l'oxygène/dioxyde de carbone) est impropre à l'utilisation de tout usage agricole ou industriel, et loin d'être potable.(Moumni,2013)

III.1 Procédés d'évacuation de la saumure :

La saumure présente des inconvénients très nuisibles aussi bien pour l'environnement que pour le développement durable.

Actuellement, il existe plusieurs procédés d'évacuation de la saumure. On peut citer parmi eux :

1. Décharge dans un égout sanitaire

Cette méthode d'évacuation est confrontée ou coût la charge supplémentaire de Sel dans les eaux usées

2. Injection de la saumure dans des puits profonds :

Cette méthode d'évacuation consiste à injecter la saumure dans un aquifère souterrain, elle exige surtout une étude hydrogéologique conformément à la réglementation, pour éviter la dégradation des qualités des nappes phréatiques

3. Bassin d'évaporation :

L'évaporation est effectivement l'option zéro décharge. Le procédé consiste à réduire par évaporation le courant de concentré en matières solides comme le montrent les photos des Figures ci-dessous :

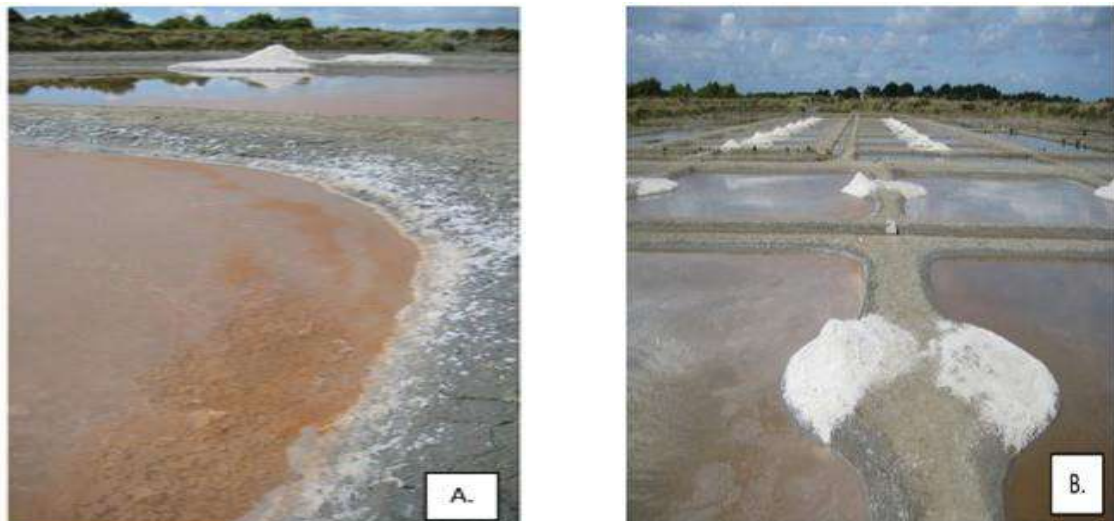


Figure III.1: l'évaporation naturelle des eaux salées

III.2 Les avantages de cette méthode sont :

- La diminution du volume des rejets liquide « zéro rejet »,
- Faibles coûts d'exploitation puisque la saumure n'exige pas de traitement.

Par contre, l'un des inconvénients de cette méthode est lié à la disposition de Vastes territoires ainsi qu'à l'élimination périodique des solides accumulés. Généralement, cette méthode d'élimination est limitée aux zones de climat aride.

De façon générale, l'évaluation de l'évaporation nécessite la détermination de la superficie requise pour pouvoir évaporer tout concentré dans des conditions climatiques les plus défavorables(John Wiley et Sons, Inc., 2004,).

1. Décharge dans des surfaces de terrains :

Cette méthode d'évacuation nous permet d'une part d'avoir des ressources d'irrigation à bas coût et d'une autre part, elle exige de grandes surfaces d'infiltration.

Généralement, la saumure est évacuée dans le milieu naturel par plusieurs méthodes qui sont liées à l'évaporation et le séchage ainsi qu'à la conservation de l'énergie.(Fievez,2009)

De dessalement : contraintes et avancées 19, revue HTE N°142. P.19, Revue HTE N°142.]



Figure III.2: L'évacuation directe de la saumure de station de dessalement de palm Beach dans l'eau de mer, Algérie

2. Utilisation de la saumure pour la production agricole et l'aquaculture(Adil.Bushnak)

III.3 Valorisations proposées :

Après l'opération de dessalement, la concentration en sels dans les eaux de saumures est très élevée, d'où la nécessité de les traiter avant quelle soit rejetée dans le milieu récepteur (soit le milieu naturel, soit le réseau d'assainissement.....)

La station de ben Amor frères situé à la commune d'Ouargla est une des stations qui s'intéressent par la valorisation des saumures rejetées à leur niveau, dans ce but on a contribué a trouvé une solution.

On a inscrit dans la plateforme IBTIKAR de l'université Kasdi Merbah Ouargla selon la loi 1275 pour une start-up /un brevet/un projet d'innovation pour créer une start-up qui s'intéresse par la valorisation des rejets par des propositions choisi.

III.3.1 Culture des plantes halophyte (Salicornia) :

Salicornia, le nouveau modèle d'agriculture du futur. Une plante résistante au sel qui remplace les combustibles fossiles, le sel, les huiles et d'autres éléments. Ses cultures ont commencé au pays du Golfe, annonçant une nouvelle technique d'irrigation qui mettra fin à la crise de la pénurie d'eau douce.

L'agriculture bio-saline est une agriculture basée sur la culture de variétés végétales capables de résister à des niveaux élevés de salinité. Son idée découle principalement de la nature elle-même et de la croissance de plantes naturellement et naturellement résistantes au sel sur les plages de sable fin, les zones de marée et autres zones immergées dans l'eau salée.

La salicornia est une halophyte qui appartient à la famille des saprophytes, famille connue pour ses espèces tolérantes au sel. La salicornia est une plante succulente feuillue à croissance rapide. C'est également une culture qui suscite un intérêt croissant sur le plan scientifique et social, grâce à sa grande capacité à tolérer la salinité et à sa polyvalence d'utilisation.

De plus, on peut manger le bout des feuilles de la plante halophyte, qu'elles soient fraîches ou sous forme de légumes marinés. La biomasse fraîche (verte) peut également être utilisée en combinaison avec d'autres aliments pour nourrir le bétail. D'autre part, les graines de Salicornia ont des concentrations élevées d'huile (environ 30 %) et une faible teneur en sel (>3 %), des caractéristiques qui les rendent prometteuses si elles sont utilisées pour extraire l'huile de leurs graines.(web sit).



Figure III.3: Salicornia

1. Zone géographique et habitat:

Le genre *Salicornia* est largement répandu en Amérique du Nord et en Afrique du Sud (Singh et al. 2014). Dans un contexte européen, la *Salicornia* est présente sur une grande partie de son littoral, de l'Arctique à la Méditerranée et sur les rives de la mer Noire. Et la mer Caspienne (Figure 3).

On peut également le trouver sporadiquement là où se trouvent les eaux salées intérieures en Europe (Davy et al. 2001). *Salicornia europaea* est l'espèce du genre *Salicornia* la plus répandue au Royaume-Uni et en Irlande (Figure 4). (Marsh Samphire).

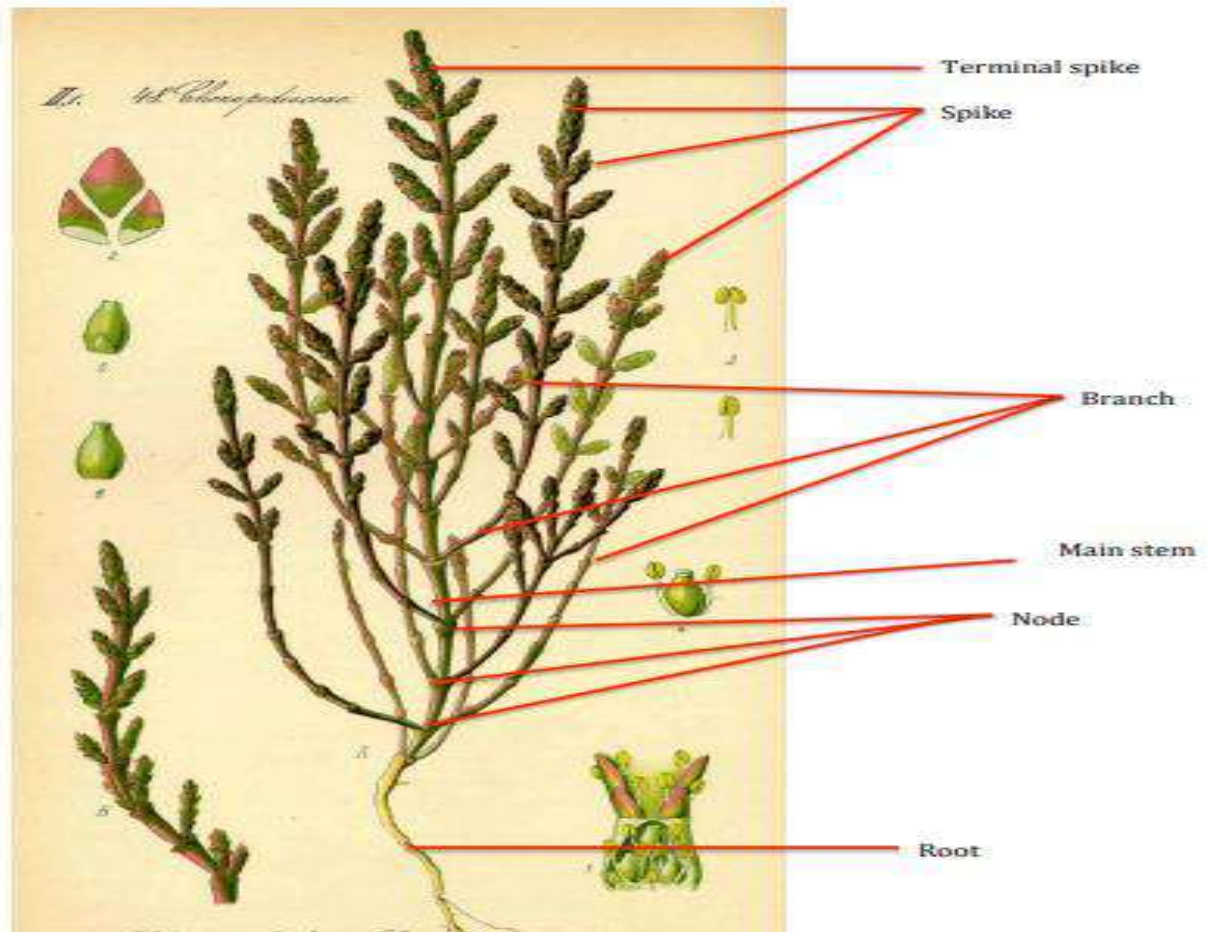


Figure III.4:Description de Salicornia

2. Utilisations de la plante Salicornia

L'usine de Salicornia était utilisée pour fabriquer du biocarburant. Le tourteau de graines peut également être utilisé comme aliment pour animaux car il contient un pourcentage élevé de protéines (environ 45 %).

De plus, la plante Salicornia a été introduite comme plante halophile qui a une bonne valeur commerciale dans les systèmes d'aquaculture intégrés, car elle peut être plantée de déchets liquides issus de l'aquaculture, qui constituent une source de nourriture et d'eau d'irrigation.

Les types d'huile de Salicornia se caractérisent par leur haute qualité et leur volume de production abondant, car leur teneur en huile atteint environ 30 % de leur poids total.

3. Autres utilisations:

3.1.Utilisations médical

La salicornia est utilisée pour traiter les rhumatismes et les douleurs articulaires. Elle est également utilisée comme analgésique général et comme diurétique. Elle est également utilisée pour traiter l'obésité et la flaccidité, et on en extrait également un médicament contre la tuberculose.

3.2.Utilisations industriel

La salicornia est également utilisée comme matière première pour la fabrication du papier et du carton. Les cendres de cette plante sont également très riches en potasse, qui entre dans la fabrication d'engrais.

Les cendres de cette plante sont également riches en soude ou en carbonate de sodium. , qui est utilisé dans la fabrication du savon, les plantes de Salicornia sont extraites de sel végétal sans sodium et à faible teneur en sodium. Il nécessite des agents antiseptiques, et le sel extrait des cendres de Salicornia contient du potassium, du calcium, du manganèse, de l'iode, du fer, et du zinc..(Web sit).

4. Les avantages de salicornia

- 1 - La salicornia est une plante qui pousse naturellement sur les côtes de la mer Méditerranée, qui fait partie des zones qui souffrent de la salinité des sols.
- 2- La plante Salicornia a été choisie pour la plantation de tomates, car elle fait partie des plantes halophiles qui pourraient avoir un avenir prometteur.
- 3- La salicorne a été choisie par certains agriculteurs des villages du Centre Al-Qasr dans le gouvernorat de Marsa Matrouh, car elle fait partie des cultures intercalaires et est également utilisée pour l'alimentation animale.
- 4- La plante Salicornia peut être irriguée avec de l'eau de mer et d'océan, et elle peut être cultivée dans des sols caractérisés par des taux de salinité élevés, atteignant parfois 30 % de sel.(Web sit).

III.3.2 Distillation solaire

La distillation est la séparation par voie physique des divers constituants d'un mélange liquide. La phase vapeur est produite par évaporation en fournissant de la chaleur solaire.

Elle consiste en l'ébullition d'un mélange liquide suivie d'une condensation de vapeur afin de sortir un liquide pur en tête du procédé de distillation « distillat », ou des fractions liquides plus ou moins riches en constituant du mélange vaporisé au fond du procédé de distillation « résidu ».(Bouslama.2020).

La distillation solaire est une technique qui utilise le rayonnement solaire pour chauffer de l'eau saumâtre dans un bac couvert par une vitre inclinée. L'eau salée dans le bac va se chauffer (d'autant plus vite que le bassin est noir) et avec l'augmentation de température une partie de l'eau s'évapore et la vapeur d'eau se liquéfie sur la surface intérieure de la vitre transparente.(OUT 2006)

Éventuellement des gouttes d'eau vont se former, couler sur la surface de la vitre et tomber dans le récupérateur situé au coin. Il faut régulièrement nettoyer le bassin pour éliminer le sel, voir la figure (Figure).

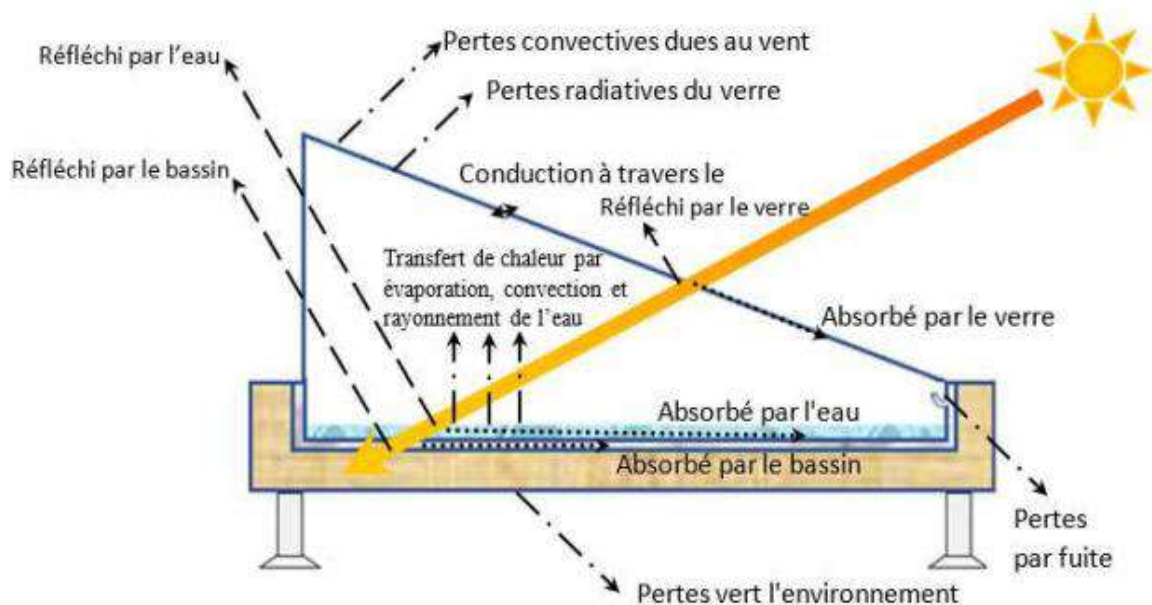


Figure III.5 : Les modes thermiques du distillateur solaire.

III.3.3 Raffinage de sel

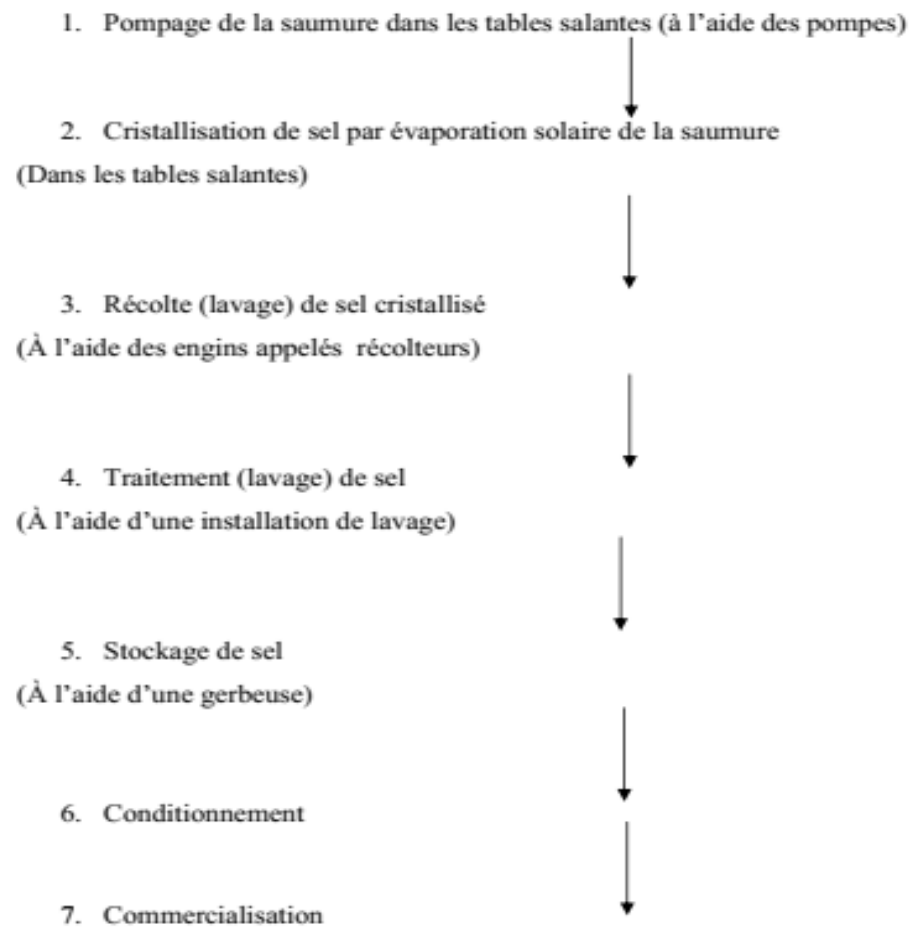


Figure III.6 :Organigramme montrant schéma technologique de fabrication de sel par évaporation solaire de la saumure des chotts



Figure III.7 : usine de sel

Conclusion

La valorisation des saumures des stations de dessalement est un domaine en constante évolution, avec de nombreuses techniques et méthodes émergentes à l'échelle mondiale.

Les expériences menées dans différents pays montrent qu'il est possible de transformer se sous-produit en ressource précieuse, contribuant ainsi à une gestion durable des ressources en eau dans le monde.

Avec des investissements continus dans la recherche et le développement, on peut maximiser l'utilisation et la valorisation des saumures, tout en réduisant leur impact sur l'environnement.

CHAPITRE IV
MATÉRIELS ET MÉTHODE :

IV Introduction :

Au cours de ce chapitre, on va présenter les différents procédés de traitement utilisés au niveau de la station de déminéralisation des eaux de Sarl Ben Amor frères (Ouargla).

Aussi on va essayer de faire la distillation solaire des eaux de saumures, et voir par la suite le rendement de la valorisation par distillation.

IV.1 Présentation de la station de traitement des eaux de la région d'Ouargla :

Située dans la zone industrielle d'Ouargla, la station de dessalement des eaux de Sarl Ben Amor frères occupe une surface de 2400m².

Cette station est limitée:

- Au nord l'entreprise de SONACAT.
- A l'ouest l'entreprise de distribution des céréales et diverse.
- L'est par post police numéro 4.

La station est basée sur le principe d'osmose inverse, la production d'eau filtrée est de 70% de l'eau arrivée dans la station, avec un débit maximal égal à 260 l/min, est une quantité de 30% d'eau concentrée est rejetée.

IV.1.1 La chaîne de traitement :

- a) Captage par forage.
- b) Pré-filtration.
- c) Filtration par filtre à cartouches
- d) Unité d'osmose inverse.
- d) Désinfection.
- e) Distribution.



Forage d'alimentation



Filtre à sable



Les membranes OI



Rejet de saumure



Figure VI.1 : Station de dessalement des eaux (BEN AMOR).

I.2. Schéma de fonctionnement de la station :

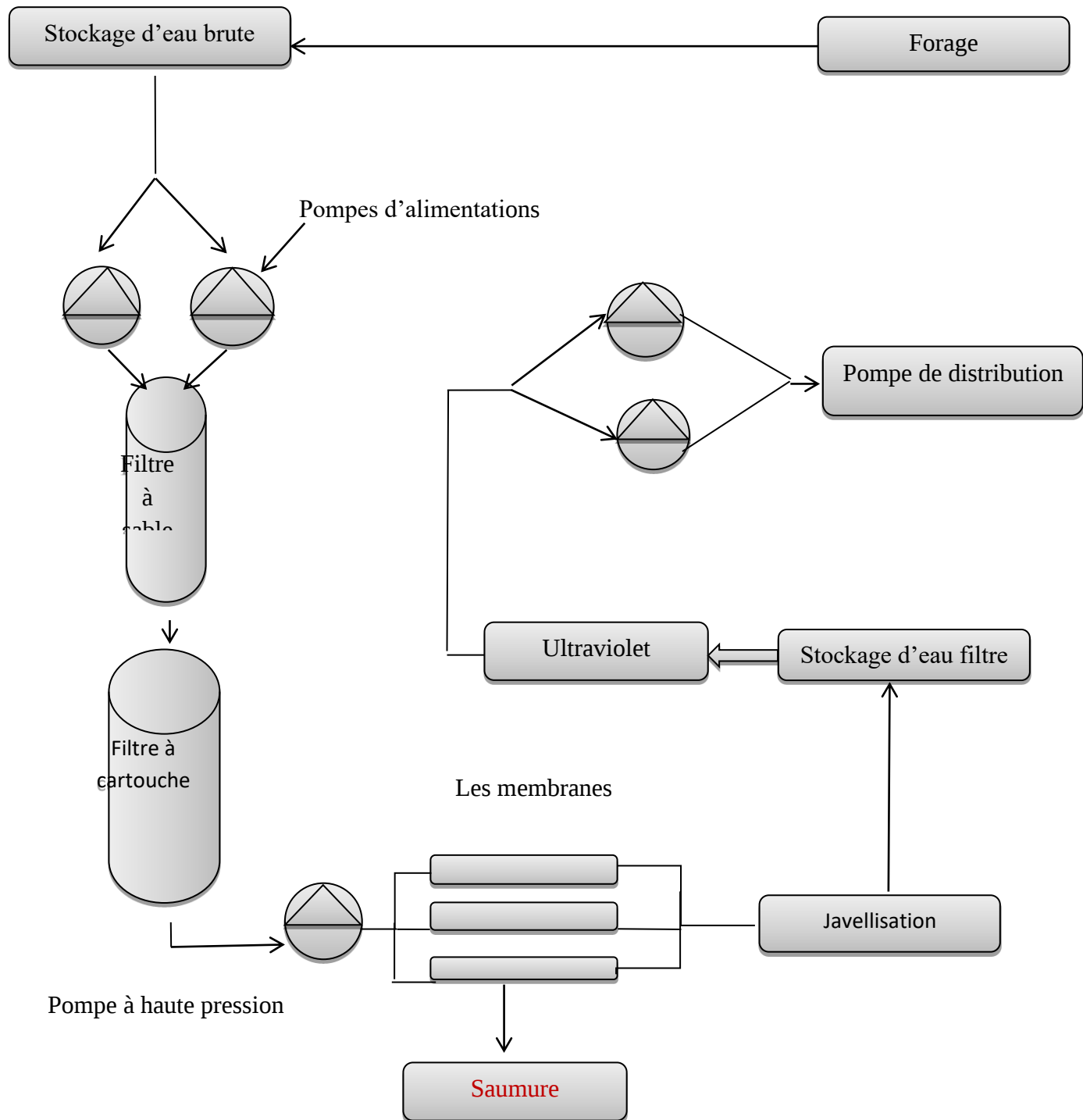


Schéma : station de dessalement des eaux (BEN AMOR)

IV.2 Matériels et méthode :

IV.2.1 Echantillonnage et prélèvement:

L'échantillonnage a été réalisé pendant une période allant du 12 mai au 20 mai 2024 au sein de la station de dessalement Ben Amor frères. Un prélèvement est effectué au niveau de trois (03) points : eau de forage, eau de production et eau de saumure.

Les échantillons destinés aux analyses physico-chimiques ont été prélevés manuellement à l'aide d'un bécher gradué et d'une bouteille en plastique d'une capacité de 1,5l.

Trois sites de prélèvement ont été choisis du station :

- Échantillon (E1) : est l'eau entrant dans la station de dessalement (eau de forage).
- Échantillon (E2) : Il s'agit d'eau traitée destinée aux consommateurs. (eau de Production).
- Échantillon (E3) : Il s'agit de l'eau expulsée des membranes (eau de saumure).



eau de production



Eau de saumure



03 Echantillons.

Figure IV.2 :prélever des échantillons

IV.2.2 Mode opératoire :

Le dispositif de distillation utilisé dans notre expérience est de conception très simple, facile à fabriquer, ne présentant pas de difficultés techniques majeures et facile à entretenir.

L'appareil de distillation a été exposé au soleil dans des conditions climatiques estivales dans la journée du 14/05/2024, l'expérimentation a été réalisée sur un capteur solaire composé de :

L'évier est réalisé en tôle galvanisée, mesurant $(45 \times 60) \text{ cm}^2$, avec une hauteur maximale de 35 cm et un angle de 30° .

Une coque en aluminium a été placée à l'intérieur de l'aquarium et le couvercle était en verre (45 x 60) cm² et 4 mm d'épaisseur. Les couvercles en verre ont été scellés avec du caoutchouc de silicone, qui joue un rôle important dans l'amélioration de l'efficacité de fonctionnement.

Un polymère épais est utilisé comme matériau isolant pour réduire la perte de chaleur du fond et des parois latérales du générateur solaire vers une boîte en bois pour recouvrir le matériau isolant. Pour maintenir la stabilité du niveau d'eau, un flotteur a été utilisé dans le réservoir.

On a prélevé un échantillon de 1 litre d'eau de saumure et il est placé dans le distillateur solaire. Après une journée complète (24h), 0,5 litre d'eau distillée a été produite.

IV.2.3 L'installation est la suivante :

Le distillateur :

- ✓ Un support en bois comme isolant pour le distillateur.
- ✓ Une couverture verrière (la vitre) sur la face interne de la quelle, s'effectue la condensation de l'eau.
- ✓ Absorbeur en galvanisé, dans lequel s'effectue l'évaporation.
- ✓ Un canal de récupération de l'eau distillée qui se trouve au niveau de la couverture en bois et qui est liée par un tube en plastique pour récupérer séparément l'eau distillée à l'extérieur du distillateur.



Figure IV.3 : Distillation solaire

Au niveau du laboratoire pédagogique de traitement des eaux, de la faculté des Sciences appliquées, université kasdi Merbah d'Ouargla, on a fait les analyses des paramètres suivants à l'aide d'un multi-paramètre: le pH, la conductivité, la salinité, la totalité de sels dissouts (TDS), pour les 04 échantillons : eau de forage, de production, de saumure et eau distillée par distillation solaire.

Mais pour les analyses chimiques d'eau de forages et d'eau de production ont été prélevés comme des données de la station dessalement Ben Amor frères et interpréter et comparés avec les exigences de la norme de l'Organisation Mondiale de Santé (OMS) et les normes algérienne pour l'eau de rejet dans le milieu récepteur.

IV.3 Les principaux aspects dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau :

IV.3.1 Représentatif des échantillons :

- La sélection convenable du point d'échantillonnage.
- Le strict respect des procédures d'échantillonnage.
- La conservation adéquate de l'échantillon.

IV.3.2 Prélèvement de l'eau à analyser :

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)

IV.3.3 Les principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

- Identité des préleveurs.
- Date et heure de prélèvement.
- Motif de la demande d'analyse.
- Point de prélèvement d'eau.
- Origine de l'eau.

IV.4 Paramètres mesurés :

1/ pH :

Est la concentration d'ions d'hydrogène dans une solution et indique le degré d'acidité.

2/ La Conductivité électrique :

La conductivité électrique est la capacité d'un matériau à transmettre les charges électriques

3/ TDS :

C'est la quantité de substances organiques et inorganiques contenues dans l'eau

4/ La salinité :

Est la teneur en sel dissous dans l'eau.

5/ La Température :

La température est un indicateur de la quantité d'énergie thermique (quantité d'énergie interne d'un système donné).

IV.5 Mode opératoire :

On a fait le dosage des paramètres choisis pour les quatre échantillons d'eau, à l'aide d'un multi paramètres de marque HANNA HI 9829, qui est un appareil électronique multi-mesure, c'est-à-dire qu'il mesure et donne plus d'un résultat pour plus d'un facteur au même temps.



Echantillon



mesure des paramètres



Multi-paramètres

Figure VI.4:appareils de mesure

Conclusion

Afin d'apparaître la qualité des eaux produites et les saumures rejetées dans la station de dessalement de Ben Amor Frères, le lieu de notre étude et l'efficacité de la distillation dans le domaine de valorisation des saumures, il est indispensable de maîtriser et respecter toutes les conditions demandées dans les protocoles expérimentales soit pour le prélèvement, la conservation des échantillons ou pour les analyses.

Pour ces raisons, l'analyste doit être vigilant et prendre en considération toutes les conditions de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyses nécessaires.

CHAPITRE V

RÉSULTATS ET DISCUSSION

V Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les résultats et les discussions des analyses effectuées sur les échantillons d'eau de la station de dessalement et les résultats de la distillation de l'échantillon de saumure.

V.1 Résultats d'analyses :

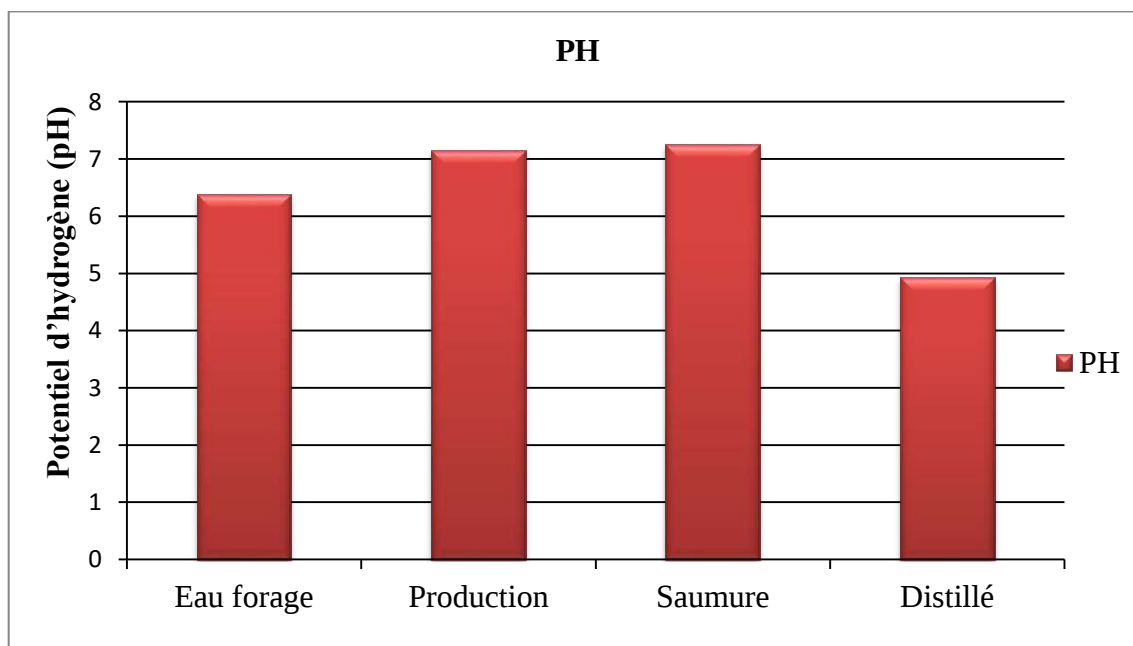
V.2 Analyse physico-chimique

Il s'agit des paramètres mesurables qui sont en relation avec la structure naturelle des eaux d'aquaculture, les résultats de l'analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous et ils sont illustrés graphiquement.

V.2.1 Potentiel d'hydrogène (pH) :

Tableau V.1 : variation de Potentiel d'hydrogène (pH) :

Echantillon	Eau forage	Production	Saumure	Distillé
Ph	6.39	7.16	7.25	4.93
T (C°)	20	19.17	20.25	35.74



Graphique : Potentiel d'hydrogène (pH) .

Commentaire:

On remarque une légère variation pour les mesures de pH pour les trois échantillons eau de forage, eau de production et eau de saumure. Sauf l'eau distillée une valeur minimale 4.93 est mesurée, Ce qui signifie que la distillation de l'eau a un effet sur l'abaissement de pH.

V.2.2 La conductivité électrique :

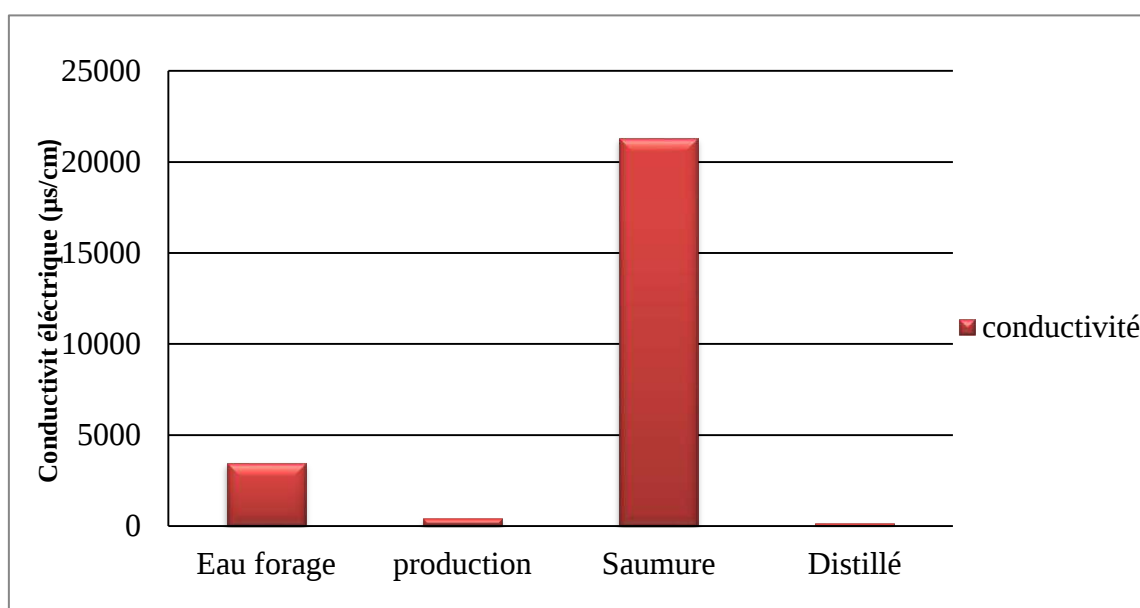
La conductivité représente l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau, elle est également fonction de la température de l'eau,

Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Pescod, 1985 ; Rodier, 1984).

La mesure est faite à n'importe quelle température, mais elle est corrigée avec un coefficient correctif à 25 °C pour faire la comparaison entre les échantillons

Tableau V.2 : Variations de conductivité électrique :

Echantillon	Eau forage	Production	Saumure	Distillé
La conductivité($\mu\text{s}/\text{cm}$)_{mesurée}	4098	502	14009	225
La conductivité($\mu\text{s}/\text{cm}$) 25°C	3469.1	409.35	21301.7	140.43
Température (C°)	20	19.17	20.25	35.74



Graphe : variation de conductivité.**Commentaire**

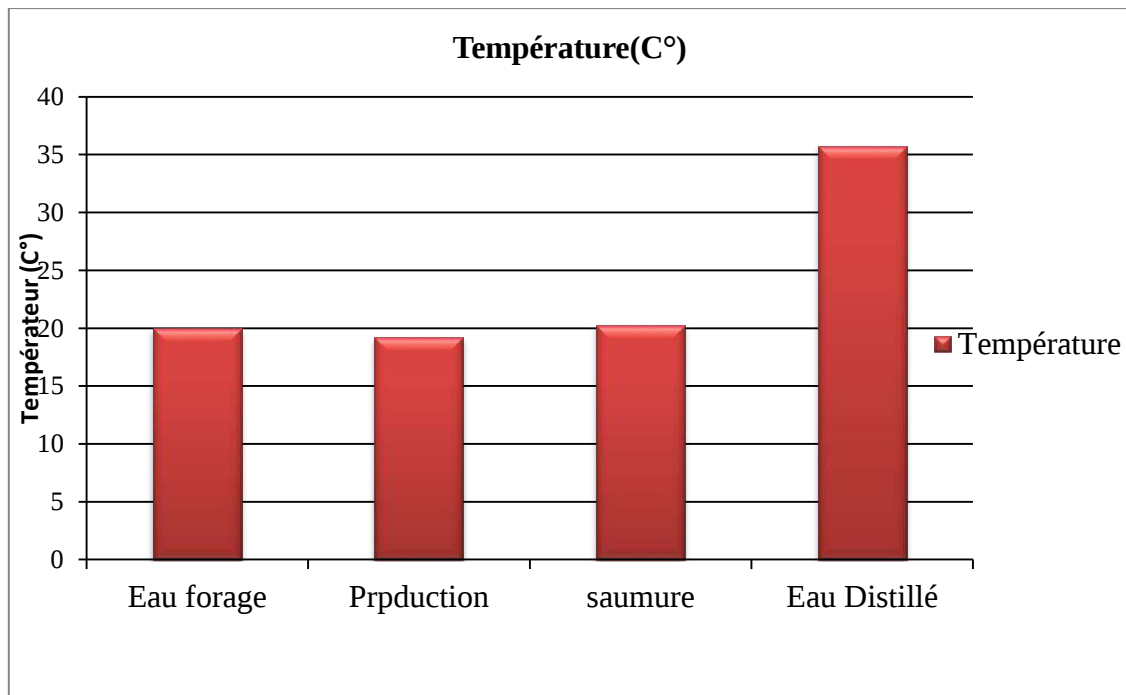
Les résultats des mesures ont permis d'observer la valeur de la conductivité électrique de l'eau brute (3469.1 μ S/cm), l'eau de production (409.35) avec un rendement de dessalement de 88 %

Si on compare la conductivité d'eau de saumure (21301.7) avec celle d'eau distillée (140.43), on trouve un rendement de 99.3 %

V.2.3 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. (Rodier ,1984).

Echantillon	Eau forage	Production	Saumure	Distillé
Température(C°)	20	19.17	20.25	35.74

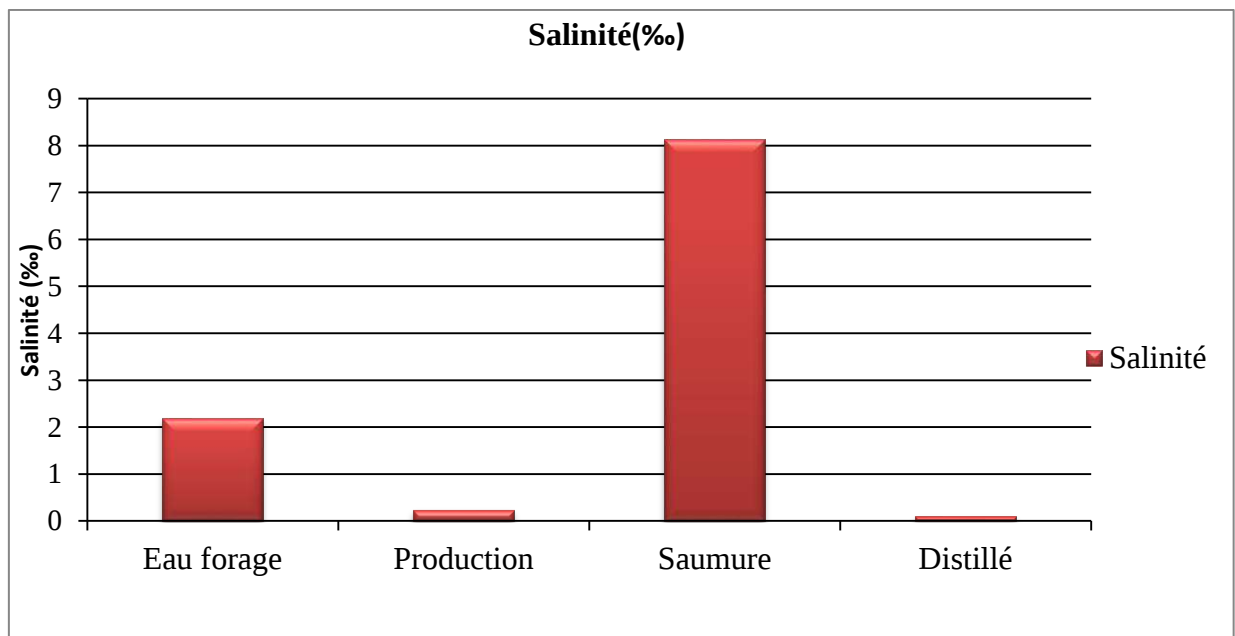
**Graphe :** variation de température.

Commentaire :

La température est presque la même (température ambiante de laboratoire), sauf pour l'eau distillée que sa température augmente à cause de la distillation solaire

V.2.4 La salinité :

Echantillon	Eau forage	Production	Saumure	Distillé
Salinité (‰)	2.18	0.24	8.13	0.11
Température (°C)	20	19.17	20.25	35.74



Graphe : variation de salinité.

Commentaire :

La salinité est liée à la présence des sels dans l'eau, donc si la conductivité augmente la salinité aussi augmente et cela apparaît dans les résultats et la courbe ci-dessus

V.3 Calcul de la minéralisation :

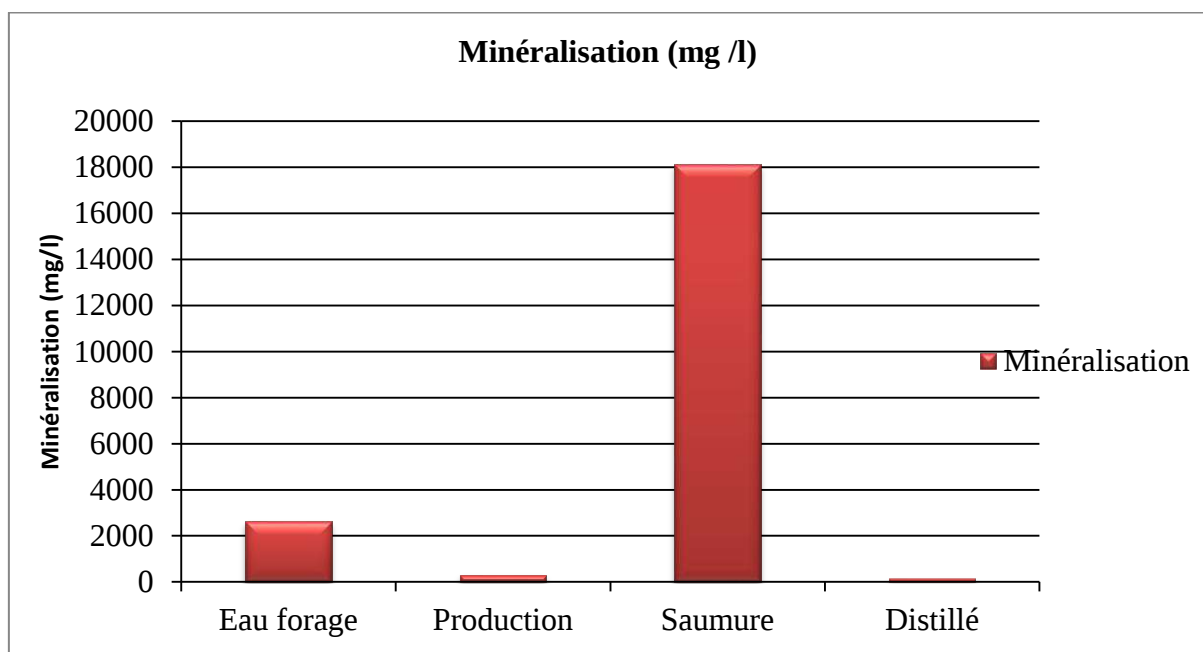
On peut calculer la minéralisation à partir de la conductivité électrique, parce qu'elle a une relation avec la quantité des minéraux dans l'eau, voir le tableau ci-dessous (la minéralisation est directement donnée par mg/l)

1. Tableau V.3: calcule la minéralisation à partir de la conductivité :

Conductivité (µs/cm)	Minéralisation (mg/l)(*)× 1.116 pour 25°C
$\gamma < 50$	$1.365079 \times \text{conductivité} (*) (\mu\text{s/cm}) \text{ à } 20^\circ\text{C}$
$50 < \gamma < 166$	$0.947658 \times \text{conductivité} (*) (\mu\text{s/cm}) \text{ à } 20^\circ\text{C}$
$166 < \gamma < 333$	$0.769574 \times \text{conductivité} (*) (\mu\text{s/cm}) \text{ à } 20^\circ\text{C}$
$333 < \gamma < 833$	$0.715920 \times \text{conductivité} (*) (\mu\text{s/cm}) \text{ à } 20^\circ\text{C}$
$833 < \gamma < 10000$	$0.758544 \times \text{conductivité} (*) (\mu\text{s/cm}) \text{ à } 20^\circ\text{C}$
$\gamma > 10000$	$0.850432 \times \text{conductivité} (*) (\mu\text{s/cm}) \text{ à } 20^\circ\text{C}$

Tableau de résultats de minéralisation :

Echantillon	Eau forage	Production	Saumure	Distillé
Minéralisé (mg/l)	2631.4656	293.0599	18115.6464	133.0777



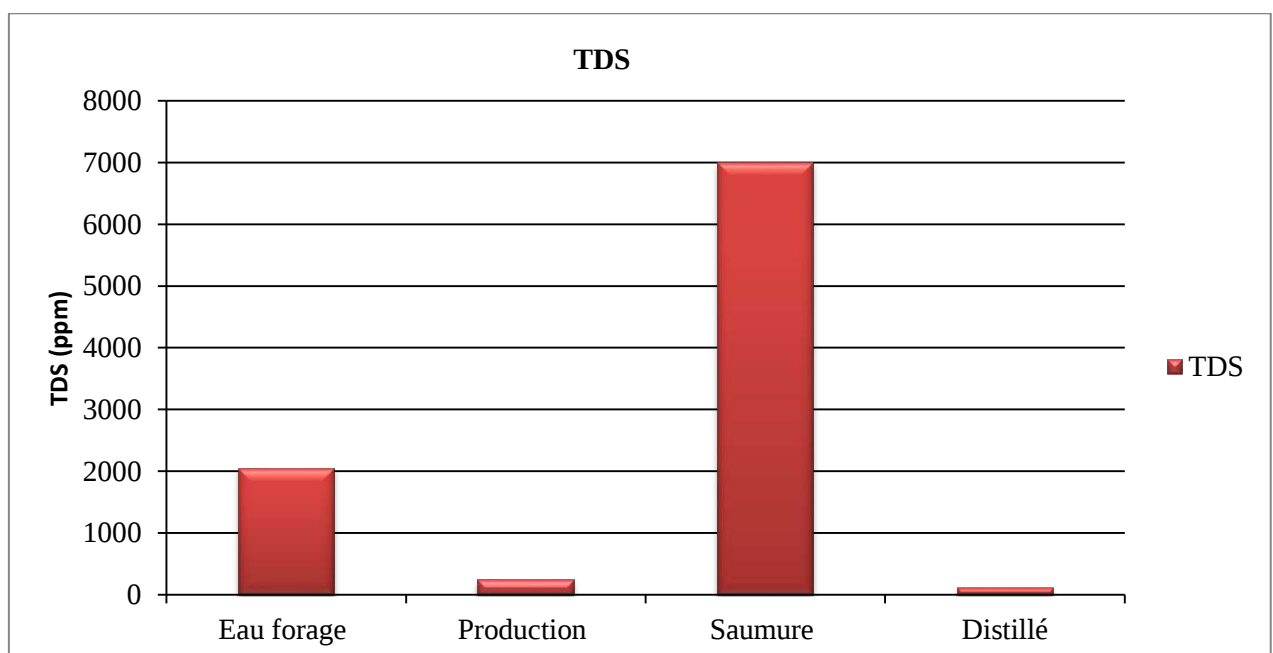
Graphe : variation de minéralisation.

Commentaire :

La conductivité est proportionnelle au degré de minéralisation (teneur globale en espèces minérales généralement ionisées). La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution.

V.3.1 TDS :

Echantillon	Eau forage	Production	Saumure	Distillé
TDS	2050	251	7000	114



Graphe :variation de TDS.

Commentaire :

La TDS (Total Dissolved Solids) est la quantité totale d'ions chargés mobiles, y compris les minéraux, les sels et les métaux dissous dans l'échantillon d'eau, exprimé en mg/l

La TDS est directement liée à la pureté de l'eau et à la qualité des systèmes de purification d'eau, ceci est clairement remarquable entre l'échantillon d'eau de saumure et celui de l'eau distillée

Après avoir interpréter les résultats précédentes, on peut conclure que :

- Il y a une légère variation pour les mesures de pH pour les trois échantillons eau de forage, eau de production et eau de saumure. Sauf l'eau distillée une valeur minimale 4.93 est mesurée, Ce qui signifie que la distillation de l'eau a un effet sur l'abaissement de pH.
- Les résultats des mesures de la conductivité ont permis de comparer la conductivité d'eau de saumure (21301.7) avec celle d'eau distillée (140.43), on trouve un rendement de 99.3 % de réduction
- La salinité est liée à la présence des sels dans l'eau, si la conductivité augmente la salinité aussi augmente et cela apparaît dans les résultats de mesure
- La conductivité est proportionnelle au degré de minéralisation (teneur globale en espèces minérales généralement ionisées). La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution.
- La TDS est directement liée à la pureté de l'eau et à la qualité des systèmes de purification d'eau, ceci est clairement remarquable entre l'échantillon d'eau de saumure (7000 ppm) et celui de l'eau distillée (114 ppm)
- La station de dessalement de Ben Amor a un débit journalier presque de $375 \text{ m}^3/\text{j}$ dont 30 % de ce débit est le rejet, donc $112.5 \text{ m}^3/\text{j}$ de saumure
- Les minéraux éliminés pendant la distillation solaire $= 18115 - 133 = 17982 \text{ mg/l} \approx 18 \text{ g/l}$
- C'est à dire $18 \text{ g/l} * 122.5 \text{ m}^3/\text{j} = 2205 \text{ Kg/j}$

Conclusion

Dans ce chapitre, on a interprété les résultats obtenus durant le travail expérimental.

Conclusion générale :

La technologie de dessalement est une approche très prometteuse pour résoudre les problèmes de pénurie d'eau, car elle peut fournir une source fiable d'eau potable dans les zones de stress hydrique.

Les progrès technologiques tels que l'électrolyse et l'osmose inverse ont contribué à améliorer la qualité de l'eau dessalée. Cependant, la production parallèle d'effluents hautement salins est une préoccupation qui doit être gérée avec soin.

Le rejet de saumure peut modifier l'équilibre chimique du milieu récepteur, entraînant des perturbations dans l'écosystème local. Une attention particulière doit être accordée à la minimisation de l'impact environnemental de l'élimination de l'eau salée grâce au développement de stratégies d'évaluation innovantes et de pratiques de gestion durable.

En continuant à investir dans la recherche et le développement, nous pouvons trouver des moyens de maximiser la récupération et l'utilisation de l'eau salée, en la transformant d'un flux de déchets problématique en une ressource précieuse. Cela contribuerait à la gestion durable globale des ressources en eau à l'échelle mondiale, offrant une solution gagnant pour lutter contre la pénurie d'eau tout en protégeant simultanément l'environnement.

Notre contribution pour la valorisation des saumures à viser la distillation solaire, le rendement était de 30 % pour le dispositif expérimental.

La station est basée sur le principe d'osmose inverse, la production d'eau filtrée est de 70% de l'eau arrivée dans la station, avec un débit maximal égal à 260 l/min ($\approx 375 \text{ m}^3/\text{j}$), et une quantité de 30% d'eau concentrée est rejetée.

L'eau distillée va être dirigée vers la production d'eau déminéralisée commerciale, tandis que le concentré est destiné au raffinage de sel.

Référence

(**Tahri.2013**) :T. Tahri, A. Bettahar, M. Douani, S.A. AbdulWahab, H. AlHinai, Y. AlMulla : « Dessalement de l'eau de mer par l'énergie solaire en vue de l'irrigation d'une serre agricole » http://www.univ-chlef.dz/uahbc/seminaires_2010/Article_Tahri_C13.pdf (14/04/2013).

(**Boucha.2017**) :Mourad boucha Mémoire de master en génie de l'environnement

(A) :

(**Alice.2010**) :La salinité de l'océan [archive] Alice Bomboy, « L'odeur rafraîchissante de l'océan » [archive], juin 2008 (consulté le 17 juin 2010).

(**AL-LOUCH 2006**)AL-LOUCH Rabei Mohammed, “Automatisation d’une installation distillation”, Mémoire d’Ingénieur Industriel Finalité Automatique :2005-2006. Ecole d’ingénieurs et d’Architectes de Fribourg (Suisse).

(**AL-LOUCH 2006**)AL-LOUCH Rabei Mohammed, “Automatisation d’une installation distillation”, Mémoire d’Ingénieur Industriel Finalité Automatique :2005-2006. Ecole d’ingénieurs et d’Architectes de Fribourg (Suisse).

(**Amoura. Toumi2019**) : AMOURAChaima et TOUMI Rihab 2019) mémoire de master.Dessalement de l'eau de mer par osmose inverse.

(B) :

(**Balman. 2006**) :Roux de Balman H., Techniques de l'Ingénieur, J2840, 2006

(**BANDELIER .2016**) : BANDELIER Philippe .LE DESSALEMENT D’EAU DE MER ET DES EAUX SAUMÂTRES Novembre 2016et usage de l’énergie 29 novembre 2019) .

(BERLAN , JUERY .2002) : Le procédé membranaire pour le traitement de l'eau. Office international de l'eau (SNIDE). Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales. Direction de l'espace rurale et du foret, France)

(**Bouabdallah, Behilil.2020**) : mémoire de master ETUDE DU PROCEDE ET DE LA CONDUCTIVITE DE DESSALEMENT DE L’EAU DE MER DE LA STATION DE MOSTAGANEMBOUABDALLAH HALIME 2- BEHILIL MED. EL-AMINE2020)

(Boukellal,Abdelghani.2015) : mémoire de master ETUDE DU PROCEDE DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER ET DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DESSALEE DE LA STATION DE CAP DJINET DE LA WILAYA DE BOUMERDES .2015 BOUKELLAL Imane HANANE Abdelghani) .

(bouslama.2020)Slatniashinyaeddine – bouslamaayoub ,2019/2020,memoir master (commander robuste dunes colonne de distillation).

(C) :

(CEAEQ.2015) :Centre d'Expertise En Analyse Environnementale Du Québec (2015) – Détermination de la conductivité : méthode électro métrique, MA. 115 – Cond. 1.1, Rév. 1, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 9 p).

(CEAEQ.2016) :Centre d'Expertise En Analyse Environnementale Du Québec. (2016) - Détermination de la turbidité dans l'eau : méthode néphélométrique. MA. 103 – Tur. 1.0, Rév.5, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Lutte contre les changementsclimatiques,11p.).

(Clara.2011):[Clara Donadioa , Anne Bialeckia , Alain Vallab , Laurent Dufossea , * ,2011, Carotenoid-derived aroma compounds detected and identified in brines and speciality sea salts (fleur de sel) produced in solar salterns from Saint-Armel (France) , P. 803,journal of food composition and analysis , Quimper, France.]

(D):

(Donadioa .2011):Clara Donadioa , Anne Bialeckia , Alain Vallab , Laurent Dufossea , * ,2011, Carotenoid-derived aroma compounds detected and identified in brines and speciality sea salts (fleur de sel) produced in solar salterns from Saint-Armel (France) , P. 803,journal of food composition and analysis , Quimper, France.

(F):

(FNS.2013) :Fondation Nationale de la Santé (2013), Manuel pratique d'analyse de l'eau 4ème édition Brasilia. P57, 67 Bréssil

(J) :

(John.2004) John Wiley et Sons, Inc., 2004, water desalting paningguid for water utilities, p.38-40, livre, american water works association

(K) :

(L) :

(M) :

(Maafa2020) : Maafa aida mémoire de master dessalement de l'eau de mer septembre 2020

(Mahmoudi .2015) :Melle Meriem Mahmoudi mémoire de master CONCEPTION et REALISATION D'UN DISTILLATEURSOLAIRE A EFFET DE SERRE: ETUDE EXPERIMENTAL).

(Maurel.2016) :maurel Alain LivreDessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtreset autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce(2° Éd.).

(O) :

(R):

(Rodie.2009):(Rodier, J, Legube, B, Merlet, N., et coll. (2009) - Analyse de l'eau, série l'environnement et sécurité. Paris, France, Dunod 8eme, pp.127, 754, 755, 759.

(S) :

(site Web 01)<https://www.culligan.fr/conseils/qu-est-ce-que-l-eau-potable/>

(sitweb02) :(<https://www.improve-innov.com/fr/services-fr/prestation-derecherche/prestations-lechelle-pilote/electrodialyse/>).

(sitweb03) :https://www.facebook.com/ITDAS.DZ/posts/%D9%85%D8%A7%D9%87%D9%8A*%D8%A7%D9%84%D8%B2%D8%B1%D8%A7%D8%B9%D8%A9%D8%A7%D9%84%D9%85%D9%84%D8%AD%D9%8A%D8%A9%D8%A3%D9%88%D9%84%D8%A7-%D9%86%D9%82%D8%AF%D9%85%D9%84%D9%83%D9%85%D9%85%D8%AB%D8%A7%D9%84%D8%B9%D9%86%D8%A7%D9%84%D8%B2%D8%B1%D8%A7%D8%B9%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D9%85%D9%84%D8%AD%D9%8A%D8%A9-%D9%86%D8%A8%D8%A7%D8%AA%D8%A7%D9%84%D8%B3%D8%A7%D9%84%D9%8A%D9%83%D9%88%D8%B1%D9%86%D9%8A%D8%A7sali/1598314973664332/?

locale=ar_AR<https://www.facebook.com/497174037287837/photos/a.809458142726090/809458196059418/?type=3>

(sitweb04) :<https://www.youm7.com/story/2023/7/22/%D9%86%D8%A8%D8%A7%D8%A%D8%A7%D9%84%D8%B3%D8%A7%D9%84%D9%8A%D9%83%D9%88%D8%B1%D9%86%D9%8A%D8%A7-%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B1%D8%B4%D8%AD-%D9%83%D8%A3%D8%AD%D8%AF-%D8%AD%D9%84%D9%88%D9%84-%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9%D8%A7%D9%84%D8%AE%D8%B6%D8%B1%D8%A7%D8%A1%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%AF%D9%8A%D8%AF%D8%A9-%D9%81%D9%89-8/6237156>.

(T):

(Viktória.2006) :Viktória Varga, “Distillation extractive discontinue dans une colonne de rectification et dans une colonne inversée”. Génie des Procédés et de l’Environnement. Thèse de doctorat enco-tutelle: Soutenue le lundi 27 Nov. 2006 à l'Institut National Polytechnique de Toulouse (France) & l'Université des Sciences Techniques et Economiques de Budapest (Hongrie)

(bouslama). Impact du rejet de la samore des station de dessalement sur l'environnement M.bessenasse - A. bouslama.universite .SAAD Dahlab (blida)-algerie.

.(Fievez.2009) :E. Fievez, V. Bonnélye2, Mars - Juin 2009, impact environnemental.

[5] [OUT 2006] www.outilssolaires.com

[8] **(Loganathan 2017)** :P. Loganathan, G. Naidu, S. Vigneswaran, Environ. Sci.: Water Res. Technol. 2017, 3, 37-53.

[9]**(Reig2016.)** :M. Reig, S. Casas, O. Gibert, C. Valderrama, J. L. Cortina, Desalination 2016, 382, 13-20.

AOUALMIA,GASMALLAH.2015 : « Modélisation du système de coagulation-floculation : cas de la station de traitement de l’eau potable Ain Dalia-Souk Ahras, Juin 2015 »

Aouissi,Merabti 2019 :Aouissi, L., Merabti, W. (2019). Eau: Étude physico-chimique et Bactériologique Et Développement d’un Système de Traitement (membrane à Base de Charbon Actif). Mémoire Master d'Université 8 Mai 1945 Guelma.

BERRAF ,RAMDANE .2022:mémoire de master Contrôle qualité de l'eau potable BERRAF Ibrahim - RAMDANE Abdraouf 2021/2022.

Brown E et al 1997:Brown E., Colling A., Park D., Phillips J., Rothery D. et Wright J. Seawater: «Its composition, properties and behaviour», The Open University, Second Edition (1997)

Bushnak :[Adil. Bushnak, Évaluation des meilleures technologies disponibles pour le dessalement en zones rurales/locales, p 55-60, document électronique, Version 2, Révision et validation :HosnyKhordagui, StavrosDamianidis et VangelisKonstantianos

CHELLI,DJOUHRI.2013 : mémoire de master Analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant Lynda CHELLI Mr .R.KETRANE Melle. Nabila DJOUHRI 2013

Dahraoui, Keddar.2022:Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraine set superficielles destinée à la consommation humaine 2022 -Dahraoui Nouredine Doudou NasreddineKeddar Hocine).

FNS. 2013 :Fondation Nationale de la Santé. Manuel pratique d'analyse de l'eau, 4ème édition Brasilia, Brésil. 150p.

Harez ,Djebaialia.2020 :Harez, A., Djebaialia, H. 2020. Etude d'une station de traitement et de production d'eau potable à partir d'un forage < Hôpital El-Hadjar >. Mémoire Master de l'Université U.B.M Annaba.

Impact environnemental du dessalement de l'eau de mer. Etude du cas de la station de dessalement de la ville de Ténès. Ecole Nationale Polytechnique 2017.

KHALILI, YAHIAOUI.2020:mémoire de master Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de Seguia de Timliha - Adrar KHALILI Khadidja /YAHIAOUI Ilham 2020.

LAGOUCH BENHADJ2020: mémoire de master Étude théorique d'un distillateur solaire simple 2020

Lahouel 2015: Journal of Advanced Research in Science and Technology ISSN: 2352-9989 271 2015 JARST. All rights reserved Dessalement de l'eau de Mer et les Énergies Renouvelables Lahouel Sara et Lahouel Nacéra Département d'Environnement, Université de Djilali Lyabbs Sidi Belabbes-Algerie Unité de Recherche Appliquée en Energies

Renouvelables, URAER, Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 47133, Ghardaïa, Algeria

Marsh Samphire :Cultivating Salicornia europaea (Marsh Samphire

Maurel ,2006 :maurel alain LivreDessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres

MERZOUK.2005: MERZOUK N. (2005). Méthodologie de détection et de localisation des fuites dans Un réseau d'eau potable dans les petites et les moyennes collectivités. Proposition de deux modèles de localisation. Thèse de Doctorat de l'université d'Artois en collaboration avec l'école des mines de Douai. France.

Renaudin2003): Viviane Renaudin Article le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres Publié le 18.11.03 Par Viviane Renaudin

TARFAYA CHAFAI 2012 :APPROCHE METHODOLOGIQUE POUR LE DIAGNOSTIC DES RESEAUX D'EAU.

Tableau 1 (suite): Facteur de correction de température f_{25} .

t °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	1,168	1,166	1,163	1,160	1,157	1,155	1,152	1,149	1,147	1,144
19	1,141	1,139	1,136	1,134	1,131	1,128	1,126	1,123	1,121	1,118
20	1,116	1,112	1,111	1,108	1,105	1,102	1,101	1,098	1,096	1,093
21	1,091	1,088	1,086	1,083	1,081	1,079	1,076	1,074	1,071	1,069
22	1,067	1,064	1,062	1,060	1,057	1,055	1,053	1,051	1,048	1,046
23	1,044	1,041	1,039	1,037	1,035	1,032	1,030	1,028	1,026	1,024
24	1,021	1,019	1,017	1,015	1,013	1,011	1,008	1,006	1,004	1,002
25	1,000	0,998	0,996	0,994	0,992	0,990	0,987	0,985	0,983	0,981
26	0,979	0,977	0,975	0,973	0,971	0,969	0,967	0,965	0,963	0,961
27	0,959	0,957	0,955	0,953	0,952	0,950	0,948	0,946	0,944	0,942
28	0,940	0,938	0,936	0,934	0,933	0,931	0,929	0,927	0,925	0,923
29	0,921	0,920	0,918	0,916	0,914	0,912	0,911	0,909	0,907	0,905
30	0,903	0,902	0,900	0,898	0,896	0,895	0,893	0,891	0,889	0,888
31	0,886	0,884	0,883	0,881	0,879	0,877	0,876	0,874	0,872	0,871
32	0,869	0,867	0,866	0,864	0,863	0,861	0,859	0,858	0,856	0,854
33	0,853	0,851	0,850	0,848	0,846	0,845	0,843	0,842	0,840	0,839
34	0,837	0,835	0,834	0,832	0,831	0,829	0,828	0,825	0,825	0,823
35	0,822	0,820	0,819	0,817	0,816	0,814	0,813	0,811	0,810	0,808

Tableau 2 : Conductivité de différents types d'eau.

$\gamma = 0.005 \mu\text{S/cm}$	eau déminéralisée
$10 < \gamma < 80 \mu\text{S/cm}$	eau de pluie
$30 < \gamma < 100 \mu\text{S/cm}$	eau peu minéralisée, domaine granitique
$300 < \gamma < 500 \mu\text{S/cm}$	eau moyennement minéralisée, domaine des roches carbonatées (karst)
$500 < \gamma < 1000 \mu\text{S/cm}$	eau très minéralisée, saumâtre ou saline
$\gamma > 30000 \mu\text{S/cm}$	eau de mer

Tableau 3 : Calcul de la minéralisation à partir de la conductivité.

Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	Minéralisation (mg/L) ($^{\circ}$) $\times 1,116$ pour 25°C .
$\gamma < 50 \mu\text{S/cm}$	$1,365\ 079 \times \text{conductivité } (^{\circ}) \text{ } (\mu\text{S/cm}) \text{ à } 20^{\circ}\text{C}$
$50 < \gamma < 166 \mu\text{S/cm}$	$0,947\ 558 \times \text{conductivité } (^{\circ}) \text{ } (\mu\text{S/cm}) \text{ à } 20^{\circ}\text{C}$
$166 < \gamma < 333 \mu\text{S/cm}$	$0,769\ 574 \times \text{conductivité } (^{\circ}) \text{ } (\mu\text{S/cm}) \text{ à } 20^{\circ}\text{C}$
$333 < \gamma < 833 \mu\text{S/cm}$	$0,716\ 920 \times \text{conductivité } (^{\circ}) \text{ } (\mu\text{S/cm}) \text{ à } 20^{\circ}\text{C}$
$833 < \gamma < 10\ 000 \mu\text{S/cm}$	$0,758\ 544 \times \text{conductivité } (^{\circ}) \text{ } (\mu\text{S/cm}) \text{ à } 20^{\circ}\text{C}$
$\gamma > 10\ 000 \mu\text{S/cm}$	$0,850\ 432 \times \text{conductivité } (^{\circ}) \text{ } (\mu\text{S/cm}) \text{ à } 20^{\circ}\text{C}$



مخبر التحاليل و مراقبة النوعية والمطابقة

LABORATOIRE D'ANALYSES ET DE CONTROLE DE LA

QUALITE ET DE LA CONFORMITE

AGREMENT MINISTERIEL N° 010 DU 25 MARS 2014

Tél - Fax : 029 72 20 83

Mob: 0660661254

E-mail: lacoqanalyses@gmail.com

Zeouia 2, Rouissat- Ouargla

RC: 01241480 B. 08 NIF: 000730019010947 ART: 30010232036 N° RIB: 00100944030000012405 BNA Agence OGX94

BULLETIN D'ANALYSES

Client : SARL BEN AMOR FRERES
Lieu de prélèvement : Zone industrielles Ouargla
Echantillon N° : 77/2024
Analyse demandée : Analyse physico-chimiques de l'eau de traitée
Date de prélèvement : 01/04/2024
Date De Réception : 01/04/2024
Date d'analyses : 01/04/2024

	RES	N.A	MINERALISATION GLOBALE	RES	N.A
PH	6,87	6,5-8,5	Calcium Ca ⁺² mg/l	21,64	200
Conductivité à 25 °C µs/cm	312	2800	Magnésium Mg ⁺² mg/l	19,93	150
Température °C	25	25	Sodium Na ⁺² mg/l	13,5	200
Turbidité NTU	0	5	Potassium K ⁺ mg/l	03	20
T.D.S mg/l	156	1000(OMS)	Chlorures Cl ⁻ mg/l	103,82	500
Salinité ‰	0,156		Sulfate SO ₄ ⁻² mg/l	49	400
Oxygène dissous mg/l	/	8	Bicarbonate HCO ₃ ⁻ mg/l	15,14	250
CO ₂ libre mg/l	/		Carbonate CO ₃ mg/l	0	
Résidu sec à 105°C mg/l	77	2000	Dureté Totale (TH) F°	13,6	
MES à 105 °C mg	0		Dureté Permanente mg/lCaCO ₃	136	100-500
			Titre alcalin complet mg/l	11,03	
			Titre alcalin complet F°	1,103	
			Titre alcalin mg/lCaCO ₃	0	
PARAMETRES DE POLLUTION	RES	N.A	PARAMETRES INDESIRABLES	RES	N.A
Ammonium NH ₄ ⁺ g/l	0	0,5	Fer total mg/l	0,01	0,3
Nitrite NO ₂ ⁻	0,007	0,1	Fer Fe ⁺²		0,3
Nitrate NO ₃ ⁻	0,8	50	Fer Fe ³⁺		0,3
Orthophosphate PO ₄ ⁻³	0,14	0,5	Manganèse Mn ⁺²		0,3

RES : Résultat

N.A : Norme Algérienne

Ouargla le : 03/04/2024

Le Laboratoire

Observation: ces résultats d'analyses ne concernent que l'échantillon reçu NB: Ce bulletin est identique à la souche archivée au laboratoire qui ne contient aucune surcharge ou correction et dans le cas contraire la présente feuille sera annulée

ANNEXE TP-1

Tableau 1 : Facteur de correction de température f_{25}

n	f_{25}									
$^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,918	1,912	1,906	1,899	1,893	1,887	1,881	1,875	1,869	1,863
1	1,857	1,851	1,845	1,840	1,834	1,829	1,822	1,817	1,811	1,805
2	1,800	1,794	1,788	1,783	1,777	1,772	1,766	1,761	1,756	1,750
3	1,745	1,740	1,734	1,729	1,724	1,719	1,713	1,708	1,703	1,698
4	1,693	1,688	1,683	1,678	1,673	1,668	1,663	1,658	1,653	1,648
5	1,643	1,638	1,634	1,629	1,624	1,619	1,615	1,610	1,605	1,601
6	1,596	1,591	1,587	1,582	1,578	1,573	1,569	1,564	1,560	1,555
7	1,551	1,547	1,542	1,538	1,534	1,529	1,525	1,521	1,516	1,512
8	1,508	1,504	1,500	1,496	1,491	1,487	1,483	1,479	1,475	1,471
9	1,467	1,463	1,459	1,455	1,451	1,447	1,443	1,439	1,436	1,432
10	1,428	1,424	1,420	1,416	1,413	1,409	1,405	1,401	1,398	1,394
11	1,390	1,387	1,383	1,379	1,376	1,372	1,369	1,365	1,362	1,358
12	1,354	1,351	1,347	1,344	1,341	1,337	1,334	1,330	1,327	1,323
13	1,320	1,317	1,313	1,310	1,307	1,303	1,300	1,297	1,294	1,290
14	1,287	1,284	1,281	1,278	1,274	1,271	1,268	1,265	1,262	1,259
15	1,256	1,253	1,249	1,246	1,243	1,240	1,237	1,234	1,231	1,228
16	1,225	1,222	1,219	1,216	1,214	1,211	1,208	1,205	1,202	1,199
17	1,196	1,193	1,191	1,188	1,185	1,182	1,179	1,177	1,174	1,171

Tableau 1 (suite): Facteur de correction de température f_{25}

n	f_{25}									
$^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	1,168	1,166	1,163	1,160	1,157	1,155	1,152	1,149	1,147	1,144
19	1,141	1,139	1,136	1,134	1,131	1,128	1,126	1,123	1,121	1,118
20	1,116	1,113	1,111	1,108	1,105	1,103	1,101	1,098	1,096	1,093
21	1,091	1,088	1,086	1,083	1,081	1,079	1,076	1,074	1,071	1,069
22	1,067	1,064	1,062	1,060	1,057	1,055	1,053	1,051	1,048	1,046
23	1,044	1,041	1,039	1,037	1,035	1,032	1,030	1,028	1,026	1,024
24	1,021	1,019	1,017	1,015	1,013	1,011	1,008	1,006	1,004	1,002
25	1,000	0,998	0,996	0,994	0,992	0,990	0,987	0,985	0,983	0,981
26	0,979	0,977	0,975	0,973	0,971	0,969	0,967	0,965	0,963	0,961
27	0,959	0,957	0,955	0,953	0,952	0,950	0,948	0,946	0,944	0,942
28	0,940	0,938	0,936	0,934	0,933	0,931	0,929	0,927	0,925	0,923
29	0,921	0,920	0,918	0,916	0,914	0,912	0,911	0,909	0,907	0,905
30	0,903	0,902	0,900	0,898	0,896	0,895	0,893	0,891	0,889	0,888
31	0,886	0,884	0,883	0,881	0,879	0,877	0,876	0,874	0,872	0,871
32	0,869	0,867	0,866	0,864	0,863	0,861	0,859	0,858	0,856	0,854
33	0,853	0,851	0,850	0,848	0,846	0,845	0,843	0,842	0,840	0,839
34	0,837	0,835	0,834	0,832	0,831	0,829	0,828	0,826	0,825	0,823
35	0,822	0,820	0,819	0,817	0,816	0,814	0,813	0,811	0,810	0,808

Normes de l'O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé) sur l'eau potable

Paramètres		Valeur	Unités
Paramètres organoleptiques			
Couleur		25	
Odeur		Doit être acceptable	Taux de dilution
Turbidité		1 – 2	NTU
Saveur		Doit être acceptable	Taux de dilution
Paramètre physico - chimiques			
Température	T	25	°C
pH		6.5 – 8.5	-
Conductivité	CE	2800	µs/cm
Résidu sec		2000	mg/l
Calcium	Ca	75 – 200	mg/l
Magnésium	Mg	150	mg/l
Sodium	Na	200	mg/l
Potassium	K	20	mg/l
Substances indésirables			
Nitrates	NO ₃	50	mg/l
Nitrites	NO ₂	0.1	mg/l
Bore	B	0.3	mg/l
Fer	Fe	0.3	mg/l
Cuivre	Cu	0.05 – 1.5	mg/l
Substances indésirables			
Zinc	Zn	1 – 5	mg/l
Manganèse	Ma	0.5	mg/l
Baryum	Br	0.7	mg/l
Fluorure	F	0.7 – 1.5	mg/l
Azote	N	2	mg/l
Substances toxiques			
Cadmium	Cd	0.01	mg/l
Arsenic	As	0.05	mg/l
Cyanure	Cy	0.05	mg/l
Mercure	Me	0.001	mg/l
Plomb	Pb	0.05	mg/l
Chrome	Cr	0.05	mg/l
Sélénium	Se	0.01	mg/l
Paramètres microbiologiques			
Coliformes totaux		0	N/100 ml
Streptocoques fécaux		0	N/100 ml
Coliformes thermo tolérants		0	N/100 ml



مخبر التحاليل و مراقبة النوعية والمطابقة

LABORATOIRE D'ANALYSES ET DE CONTROLE DE LA
QUALITE ET DE LA CONFORMITE

AGREMENT MINISTERIEL N° 010 DU 25 MARS 2014

Tél - Fax : 029 72 20 83

Mob: 0600661254

E-mail: jacouanalyses@gmail.com

Zaouia 2, Rouissat- Ouargla

RC: 01241480 B, 08 NIF: 000730019010947 ART: 30010232036 N° RIB: 00100944030000012405 BNA Agence OGX94

BULLETIN D'ANALYSES

SARL BEN AMOR FRERES

Zone industrielles Ouargla

02/2024

Analyse physico-chimiques de l'eau de forage

02/01/2024

02/01/2024

02/01/2024

Cliant :

Lieu de prélèvement :

Echantillon N° :

Analyse demandée :

Date de prélèvement :

Date De Réception :

Date d'analyses :

	RES	N.A	MINERALISATION GLOBALE	RES	N.A
PH	7,76	6,5-8,5	Calcium Ca ²⁺ mg/l	240,48	200
Conductivité à 25 °C µs/cm	2420	2800	Magnésium Mg ²⁺ mg/l	82,64	150
Température °C	24	25	Sodium Na ⁺ mg/l	275	200
Turbidité NTU	1	5	Potassium K ⁺ mg/l	07	20
T.D.S mg/l	1210	1000(OMS)	Chlorures Cl ⁻ mg/l	596,02	500
Salinité ‰	1,21		Sulfate SO ₄ ²⁻ mg/l	616	400
Oxygène dissous mg/l	/	8	Bicarbonate HCO ₃ ⁻ mg/l	84,14	250
CO ₂ libre mg/l	/		Carbonate CO ₃ mg/l	0	
Résidu sec à 105°C mg/l	2701	2000	Dureté Totale (TH) F°	94	
MES à 105 °C mg	0		Dureté Permanente mg/lCaCO ₃	940	100-500
			Titre alcalin complet mg/l	68,96	
			Titre alcalin complet F°	6,89	
			Titre alcalin mg/lCaCO ₃	0	
PARAMETRES DE POLLUTION	RES	N.A	PARAMETRES INDESIRABLES	RES	N.A
Ammonium NH ₄ ⁺ g/l	0,01	0,5	Fer total mg/l	0,15	0,3
Nitrite NO ₂ ⁻	0,006	0,1	Fer Fe ²⁺		0,3
Nitrate NO ₃ ⁻	1,3	50	Fer Fe ³⁺		0,3
Orthophosphate PO ₄ ³⁻	0,3	0,5	Manganèse Mn ²⁺		0,3
			Aluminium AL ³⁺		0,5

RES : Résultat

N.A : Norme Algérienne

Ouargla le : 15/01/2024

Le Laboratoire



Observation: ces resultants d'analyses ne concernent que l'échantillon reçu NB: Ce bulletin est identique à la souche archivée au laboratoire qui ne contient aucune surcharge ou correction et dans le cas contraire la présente feuille sera annulée

