



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Université Saad Dahlab - Blida

Département : Chimie Industrielle

Filière : Génie des Procédés

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en

Génie des Procédés

Option : Eau-Environnement et Développement Durable

THEME

**Valorisation de la saumure des installations de
dessalement**

Soutenu publiquement le : 07/11/2013

Réalisé par :

Encadré par :

M^{elle} MoumniHadjira Pr. Bouras Omar

Promotion 2012-2013

Remerciements

Je rends grâce à dieu le tout puissant de m'avoir donné la volonté et la puissance pour réaliser ce modeste travail

Je remercie particulièrement mon promoteur le professeur OMAR BOURAS pour m'avoir bien aidé et orienté pour réaliser cette étude

Je remercie notre chef de département de chimie industriel Mr Houari.

Je tiens à remercier tous mes nobles enseignants qui ont contribué à ma formation surtout Pr Naceur.M.Wahib, Pr Ali Aouabed, Dr Djamel Ghernaout, Pr Boualem Remini, Madame Bouteflika, Dr Cheknane et Dr Mouloud.

Je remercie encore Mr le directeur Jean Marc Pichon et Mr Pedro de l'entreprise internationale (SNC.LAVALIN et ACCIONA).

Je remercie toutes les entreprises de SEAAL

Je remercie Mr Ammar Ghodbane expert en études géologiques et minières

Je remercie les responsables de l'entreprise SOSEL

Je remercie Mr ABDELI et sa collègue ABLA ingénieurs à l'entreprise nationale ENASEL

Je remercie tous les chimistes de la station de traitement d'eau potable à Kodiate Medaouar Timgad wilaya de Batna

Je remercie tous les autres entreprises pour leurs informations et conseils

Je remercie aussi tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser cette étude.

Dédicaces

*Je dédie du fond de mon cœur ce modeste travail
A mes très chers parents qui m'ont toujours soutenu et
encouragé durant toute ma vie et que dieu les protège*

InchaAllah

A mon cher oncle « Zoubir et sa petite famille »

A mes grands pères « Mostapha et Mohamed »

A mes frères et mes sœurs

A toute ma famille (MOUMNI, BOUAZZI, CHERGUI).

*A l'ensemble des cadres de la république Algérienne
démocratie et populaire.*

MOUMNI HADJIRA

ملخص

تعتبر دراسة قيمة الماء الاجيج موضوعا شاسعا واسعا لما يكتسبه من اهمية كبيرة في التنمية المستدامة ولذا كانت دراستنا مقتصرة على جزء من هذا الموضوع متمثلا فيقيمة الماء الاجيج في تنصيب مزيل الملح في ولاية تيبازة وانتاج الملح في موسم الصيف في شكل محضنة

دراسة امكانية صنع مشتقات الملح (الهيدرجين ،الكور والصودا) وبعض طرق تكرير الماء الاجيج وفي الاخير اهمية دراسة الماء الاجيج لتخفيض اثر المياه المستعملة.

الكلمات الجوهرية: ماء اجيج - ملح - تبخير - تخفيف - تناضح عكسي .

Summary

The valuation of brine is vast and vital for sustainable development. In our research we focused on the value of the brine desalination plant in the area of Tipaza. The research showed the following:

- 1- Salt production in the summer in the form of incubation
- 2- Study the feasibility of producing the salt derivatives (hydrogen, Cl_2 and soda) with some testing brine purification, and ultimately
- 3- The importance of the brine to reduce impacts wastewater.

Keywords: Brine – salt – evaporation – dilution – reverse osmosis.

Résumé

La valorisation de la saumure est très importante pour le développement durable et dans notre étude, nous avons basé sur la valorisation de la saumure de l'installation de dessalement à la wilaya de Tipaza, avec la production de sel dans la période estivale sous forme d'incubation, étudier la faisabilité de fabriquer les dérivés de

sel (hydrogène, Cl_2 et la soude) avec quelques essais de purification de la saumure ,

Et en fin l'importance de la saumure pour diminuer les impacts des eaux usées.

Mots clés : Saumure - sel – évaporation – dilution - osmose inverse.

Introduction

La valorisation des effluents salins présente un problème importante vis-à-vis de la protection de l'environnement et du développement durable.

Ces déchets liquides, représentent une partie des rejets industriels issus des industries agroalimentaires, industries chimiques et pharmaceutiques, industries Pétrolières, industries textiles, concentras de dessalement d'eaux de mer et D'eau saumâtres,.....).

La croissance continue des besoins en eau potable a conduit la construction de nouvelles stations de dessalement entraînant ainsi un accroissement important de la production de saumure. C'est pourquoi nous nous sommes intéressées à sa valorisation afin de protéger l'environnement.

Notre étude se résume à deux parties :

Une partie théorique comprenant les chapitres suivants :

- Généralités sur le dessalement
- Saumure
- Procédés d'évacuation de la saumure

Une partie pratique comportant:

- Valorisation de la saumure par la production de sel
- Purification de la saumure avec la soude et le chlorure de baryum
- Impact de la saumure sur les eaux usées

L'objectif de cette présente étude consiste à améliorer la valorisation des effluents salins issus des installations de dessalement. Cette amélioration devra être évaluée en fonction de plusieurs paramètres qui seront étudiés dans ce travail.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Programme de dessalement en Algérie 2005-2009.....	5
Tableau I.2: Capacité de dessalement par pays en milliers de m ³ /jour (1999 et 2008)	7
Tableau II.1: Caractéristiques de la saumure de l'usine de Baba Ali –W-d 'Alger(2013).....	11
Tableau II.2: Caractéristiques de la saumure pour la production de l'eau de javel.....	15
Tableau II.3 : Concentration de la saumure pour la production de l'eau de javel.....	15
Tableau II.4 : Caractéristiques du sel et de la fleur de sel.....	23
Tableau II.5 :Caractéristique des différents sels de l'usine d'El Outaya-Biskra (2013)	24
Tableau II.6: Production de sel en France (1997).....	30
Tableau. II.7: Production annuelle de sel alimentaire et industriel de l'usine D'El Outaya - wilaya de Biskra (2013).....	31
Tableau III.1 : Méthodes d'élimination de la saumure aux Etats –Unis-	35
Tableau III.2: Tableau comparatif montrant les différentes options de rejets de saumure des différentes installations.....	36
Tableau III.3: Avantage et inconvénients des différentes techniques de dessalement des effluents liquides.....	38
Tableau III.4: Avantages, inconvénients et méthodes d'élimination de la saumure	41
Tableau III.5 : Résultats de la simulation de l'accouplement de RO et V M D.....	45
Tableau IV.1 : Conditions de purification de la saumure avec la soude dans le 1 ^{er} essai.....	53
Tableau IV.2 : Conditions de purification de la saumure avec le chlorure de baryum dans le 1 ^{er} essai.....	54

Tableaux V.1 : Analyse physico chimique de la saumure et de l'eau de mer.....	60
Tableau V.2 : Résultats d'analyse de sel.....	75

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Schéma général d'une installation de dessalement.....	2
Figure I.2 : Procédés de dessalement industrialisés.....	3
Figure I.3 : Différentes méthodes de filtration de l'eau.....	3
Figure I.4 : Principe d'osmose et d'osmose inverse.....	4
Figure I.5 : Bassin méditerranéen et dessalement.....	4
Figure I.6: Production mondiale d'eau dessalée en 2009 et projection pour 2016.....	6
Figure II.1: Photos montrant la production de la saumure industrielle pour l'électrolyse	8
Figure II.2 : Schéma montrant le principe d'exploitation du sel gemme	9
Figure II.3: Photo montrant la saumure naturelle de chott M'Guibra 3 –W- El Oued...	10
Figure II.4 : Organigramme montrant la filière sel	13
Figure II. 5 : Schéma montrant le principe de production de chlore.....	14
Figure II. 6 : Photos montrant deux machines de production pour l'eau de javel et l'eau dessalée	16
Figure II.7: Influence de concentration en sels sur la production de biomasse.....	17
Figure II. 8 : Photos montrant les caves de sel.....	18
Figure II.9 :Photo montrant le séchage de la saumure à l'aide de la combustion de bois	20
Figure II.10: Photos montrant le séchage de la saumure par la combustion de bois	20
Figure II.11:Évaporation de la saumure dans des fours protégés de la pluie par des abris de bois.....	21
Figure II.12: Production de sel par l'évaporation naturel.....	21

Figure II.13 : Activités et périodes salinières.....	22
Figure II.14 : Séquence de précipitation des sels dans une saumure au cours d'évaporation	25
Figure II.15 : Organigramme montrant Schéma technologique de fabrication de sel par évaporation solaire de la saumure des chotts.....	26
Figure II.16:Photo montrant le lieu de pompage de chott D'El Oued.....	27
Figure II.17: Bassin d'évaporation pour la saumure et l'eau de mer.....	28
Figure II.18: Photo montrant la récolte de sel.....	29
Figure II.19 : Photo montrant des dunes de sel obtenue par évaporation solaire de la saumure de chott	29
Figure II.20 :Photo montrant le lavage de sel par le brassage dynamique dans les chotts D'El Oued.....	30
Figure III.1 : Photos montrant l'évaporation naturelle des eaux salées	33
Figure III.2 : Saumure Sylvinite dans les opérations de l'essai pilote de bassin d'évaporation, Juin 2012	33
Figure III.3 : Photo montrant la formation du sel dans les bassins pilotes d'évaporation par des géologues Allana.....	34
Figure III.4: Schémas comparatifs montrant les deux types de procédé : Comparaison des transversal et VSEP séparation réimprimé avec la permission.....	35
Figure III.5 : Photos montrant l'évacuation directe de la saumure de station de dessalement de palm Beach dans l'eau de mer.....	36
Figure III.6 : Organigramme montrant le dessalement de l'eau de mer.....	44
Figure IV.1:Photo montrant le séchage naturel de la saumure et l'eau de mer.....	55
Figure IV .2 :Photos montrent les dispositifs utilisés	57
Figure IV. 3: Photo montrant le dispositif expérimental de dilution	58
Figure V.1 : Influence de temps de décantation sur l'élimination des ions Ca^{2+}	61

Figure V.2 : Influence de temps de décantation sur l'élimination des ions Mg^{2+}	62
Figure V .3: Photos montrant la purification de la saumure avec la soude	63
Figure V .4: Photos montrant la purification de la saumure avec la soude après la décontation de 20 heures.....	64
Figure V.5 : Variation de la concentration des ions de calcium et de magnésium en fonction de volume de soude injecté.....	65
Figure V.6 : Photos montrant l'importance de la soude dans la purification de la saumure.....	66
Figure V .7 : Photos montrant les résultats positifs pour l'élimination des ions de Mg^{2+}	67
Figure V.8 : Influence de chlorure de Baryum sur la dureté et les ions de sulfates.....	69
Figure V. 9 : Photos montrant les étapes d'élimination des ions SO_4^{2-} pour (1 l) et (500 ml) de saumure	70
Figure V .10 : Photos montrant le séchage des différents échantillons étudiés....	71.72
Figure V .11 : Photo montrant le séchage de 35 L de saumure et de 35L d'eau de mer dans 2 récipients de 35L.....	73
Figure V.12 : Variation de la conductivité de dilution des différents mélanges étudiés	77
Figure V.13: Source de prélèvement d'eau usée à partir d'Oued El Afroun.....	78

SOMMAIRE

Introduction.....1

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le dessalement

I.1. Généralités2

I. 2. Procédés de dessalement2

I.3 .Osmoseinverse.....4

Chapitre II : La saumure

II. Saumure.....8

II. 1. Problématique des effluents salins.....8

II.2. Sources de la saumure naturelle9

II.3. Propriétés10

II.4.Purification de la saumure.....11

II.5. Valorisation de la saumure.....14

II.6.1. Valorisation de la saumure pour la production de chlore.....14

II.6.2. Valorisation de la saumure dans l'irrigation.....17

II.6.3. Valorisation de la saumure pour la protection des mines de sel18

II.6.4. Valorisation de la saumure pour la production du sel.....18

Chapitre III : Procédés d'évacuation de la saumure

III.1. Introduction32

III.1.1.Décharge dans un égout sanitaire.....32

III.1.2.Décharge dans des surfaces de terrains.....	32
III.1.3.Évaporation.....	32
III.1.4.Décharge dans des puits d'injection	34
III.1.5.Évacuation de la saumure vers les eaux de surface.....	34
III.1. 6.Technique VSEP	35

Partie expérimentale

Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV. 1. Introduction.....	46
IV. 2. Analyse physico chimique de la saumure et l'eau de mer.....	46
IV. 3. Analyse chimique.....	47
IV.4. Purification de la saumure.....	53
IV.5.Séchage naturel de la saumure et l'eau de mer.....	54
IV. 6. Variation de la conductivité	58

Chapitre V : Résultats et discussions

V .1.Introduction	59
V. 2. Résultats d'analyse de la saumure et l'eau de mer.....	59
V. 3.1. Purification de la saumure avec la soude.....	61
V.3.2.Purification de la saumure avec le chlorure de baryum.....	68
V. 4. Séchage naturel	71
V.5. Variation de la conductivité	77

Conclusion générale.....	79
---------------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexes

I. Dessalement

I.1. Généralités

La croissance continue en eau potable pour des besoins humains face à l'insuffisance des eaux des puits et des barrages, nécessite de recourir à d'autres solutions, entre autre, le dessalement.

Généralement, une installation de dessalement des eaux salées est représentée Par quatre postes principaux comme le montre la figure suivante (Figure I.1) [1].

1. Prise d'eau de mer
2. Poste de prétraitement
3. Installation de dessalement proprement dite
4. Post-traitement.

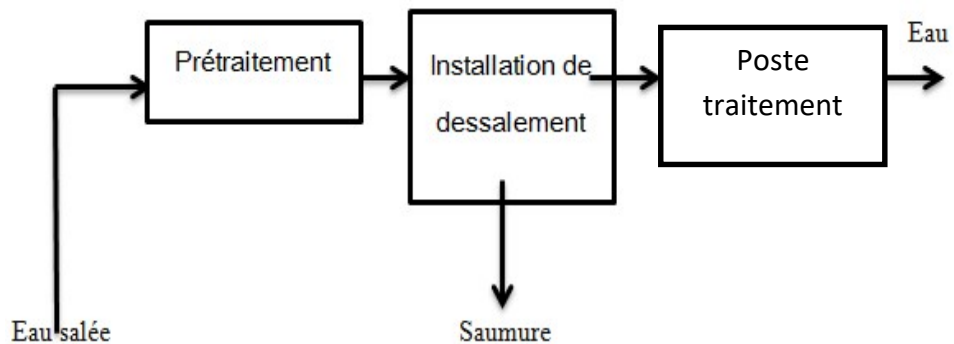


Figure I.1 : Schéma général d'une installation de dessalement [1].

I. 2. Procédés de dessalement

Il existe plusieurs techniques relatives au dessalement de l'eau de mer et/ou de l'eau saumâtre [2].

Les Figures I.2 et I.3 présentent les principaux procédés de dessalement ainsi que les méthodes de filtration en fonction de la taille des pores des membranes utilisées.

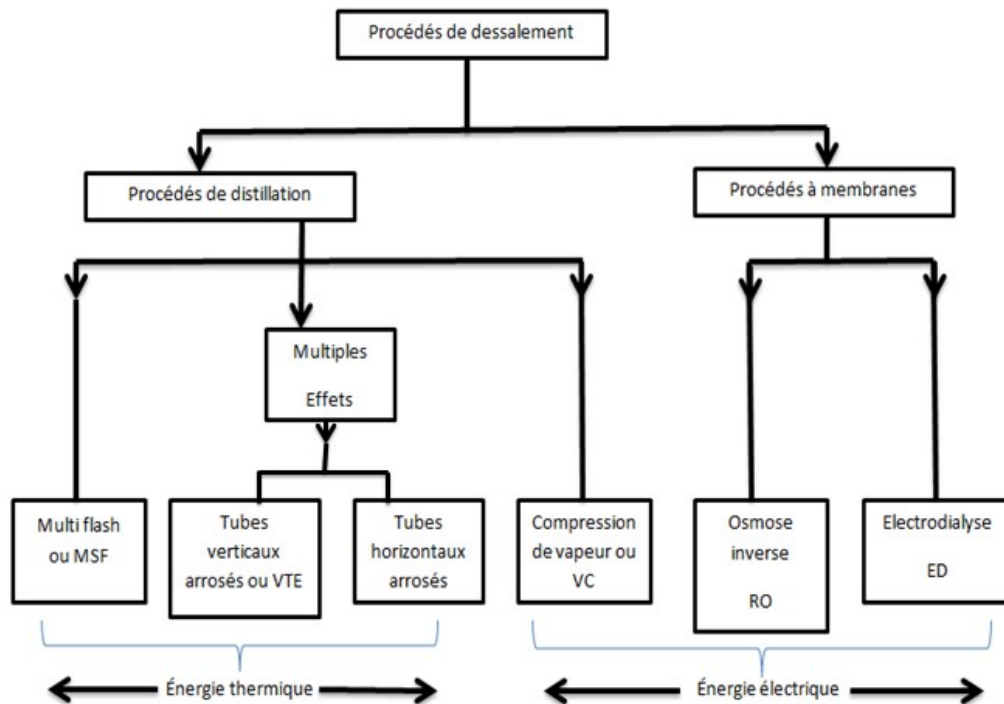


Figure I.2 : Procédés de dessalement industrialisés [1].

La Figure I.3 présente l'emploi des différents procédés de filtration en fonction De la taille des pores.

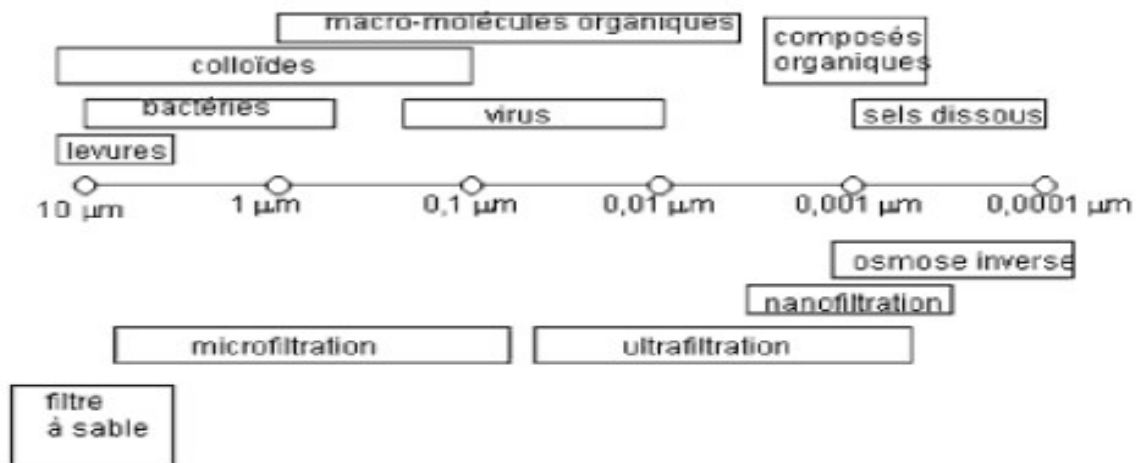


Figure I.3 : Différentes méthodes de filtration de l'eau [3].

I.3. Osmose inverse

L'osmose est due à la différence de concentration entre deux liquides

Homogènes séparés d'une paroi sélective. En dessalement, l'osmose inverse consiste

À appliquer une force supplémentaire sur le lieu concentré (l'eau salée) ce qui permettra d'inverser l'écoulement [4].

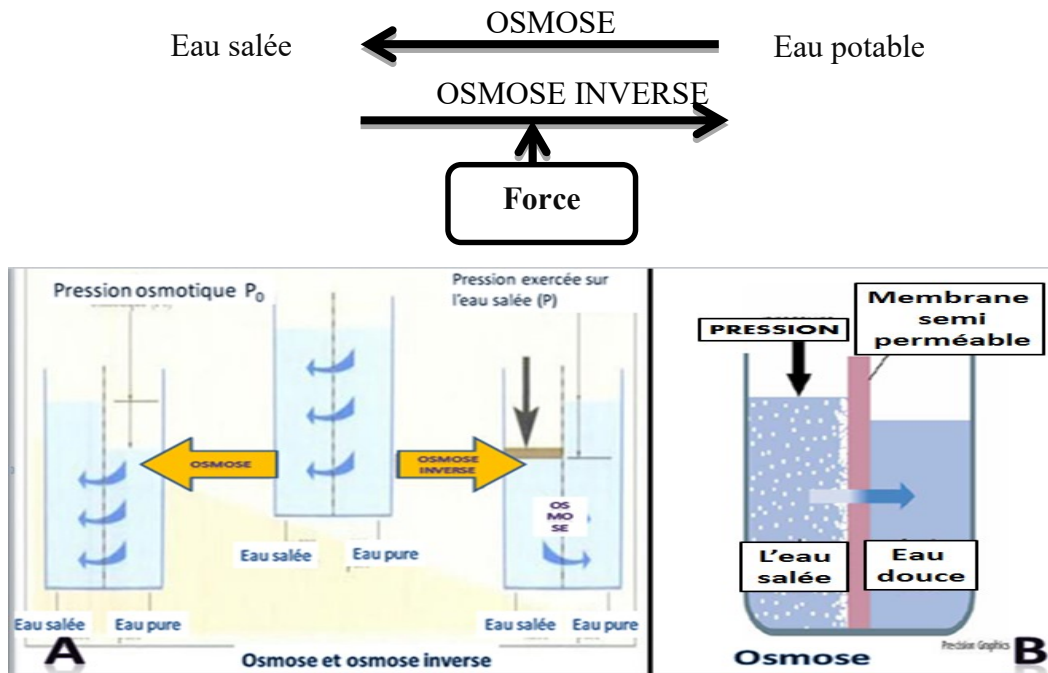


Figure I.4 : Principe d'osmose et d'osmose inverse [5].

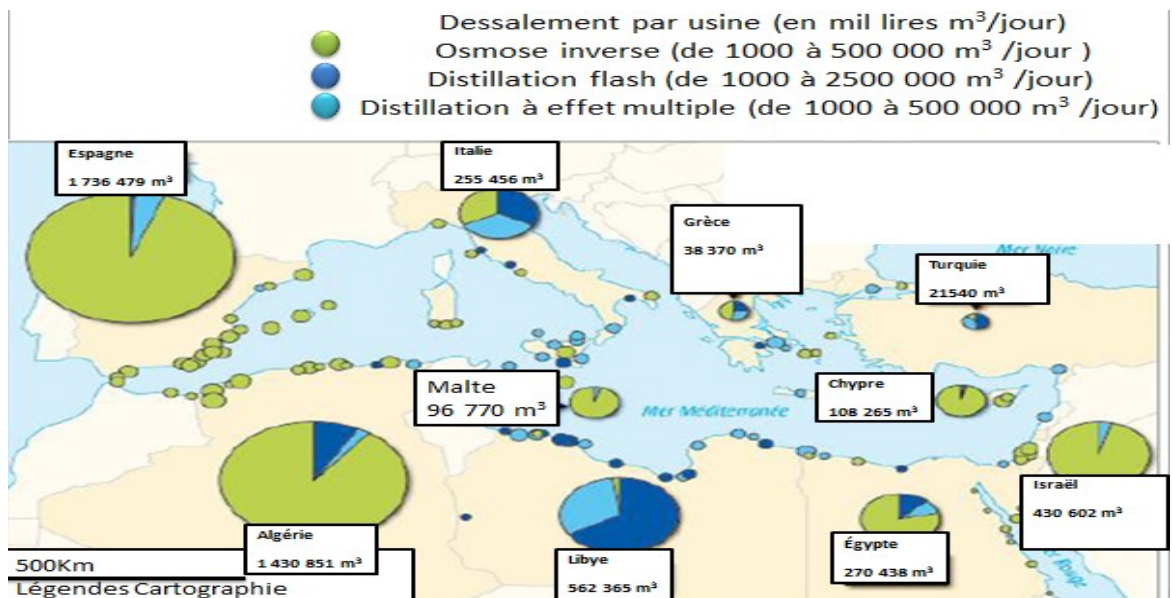


Figure I.5 : Bassin méditerranéen et dessalement [6].

Chapitre I Généralités sur le dessalement

La Figure I.5 montre que le procédé le plus utilisé pour le dessalement d'eau de mer dans le bassin méditerranéen est le procédé d'osmose inverse. Ce dernier est

Couteux mais il n'est pas considéré comme un obstacle devant l'énorme problème

Du manque d'eau.

Le Tableau I.1 montre le programme de dessalement en Algérie durant la période

2005-2009.

Tableau I.1 : Programme de dessalement en Algérie 2005-2009 [1].

Site	Capacité (m ³ /jour)	Procédé ^a
Hamma	200 000	SWRO
Arzew ZI	86 000	MSF
Cap Djinet	100 000	SWRO
Jijel	50 000	SWRO
Mostaganem	100 000	SWRO
Oran /Beni Saf	150 000	SWRO
Skikda	100 000	SWRO
Tlemcen	50 000	SWRO
Zeralda	1000 000	SWRO
El Taref	50 000	SWRO
Tennes	50 000	SWRO
Cherchell	50 000	SWRO

SWRO:Sea water reverse osmosis; MSF:Multi-stage flash.

Durant l'année 2005,250 installations de dessalement d'eau de mer par Osmose inverse ont été réalisées dans le monde, uniquement, par la filiale de Suez environnement [7].

La Figure 1.6 donne la production et les capacités d'eau ainsi que les prévisions

Pour l'année 2016 [8].

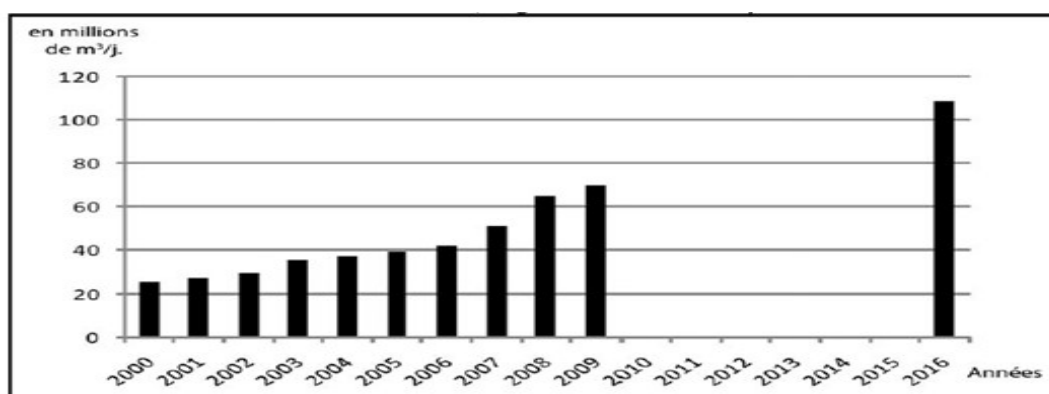


Figure I.6: Production mondiale d'eau dessalée en 2009 et projection

Pour 2016 [8].

Chapitre I Généralités sur le dessalement

Le Tableau I.2 montre la capacité de dessalement dans les principaux Pays producteurs d'eau dessalée, en milliers de m³/jour durant les années 1999 et 2008.

Tableau I .2: Capacité de dessalement par pays en milliers de m³/jour (1999 et 2008) [9].

	1999	2008		1999	2008
Arabie saoudite	5106,7	7750	Iran	437,8	547,8
États-Unis	3234	7525,1	Bahreïn	419,2	825,2
Émirats Arabes Unis	2185	6094,7	Inde	342,2	771,3
Koweït	1285,5	2308,7	Corée du sud	341,8	995,8
Espagne	797,5	3420,7	Irak	324,5	
Japon	777,8	1487,6	Antilles néerlandaises	230,3	
Libye	703,3	940	Allemagne	223,7	
Qatar	567,4	1026,3	Algérie	190,8	1055,9
Italie	521,3	824,3	Hongkong	183	
Chine		1092,5	Australie		587,1
Israël		657	Oman		190,8
Taiwan		638,3			

Ainsi donc, la croissance continue en eau potable a eu pour conséquence Indésirable une croissance aigüe de la saumure. C'est pourquoi aujourd'hui Plusieurs s'intéressent à sa valorisation afin de préserver et protéger l'environnement.

II. Saumure

II. 1. Problématique des effluents salins

Il existe plusieurs sources des effluents salins. Nous citons comme exemple :

- Industries agroalimentaires
- Industries chimiques et pharmaceutiques
- Industries pétrolière
- Industries textile.
- Concentrât de dessalement d'eau de mer et d'eau saumâtres
- Recyclage des déchets urbains (Lixiviats) [10].

II. 1. 1. Industrie chimique



Figure II.1: Photos montrant la production de la saumure industrielle Pour l'électrolyse(photo prise, 2013).

(A) : Usine de production de chlore à Baba Ali,

(B) : Production de la saumure dans la station de traitement d'eau potable de KoudiatMedaouar (Batna).

II. 1. 2. Industries pétrolière

Dans la production du pétrole, de grandes quantités de saumure sont extraites avec le pétrole sous forme d'émulsion. La séparation de la saumure se fait à l'aide des produits chimiques ou par voie électrostatique.

La saumure provenant de la production de pétrole est généralement réinjectée dans des puits profonds, mais une petite quantité est évacuée dans des eaux de surfaces voisines [11].

II. 1.3. Concentrât de dessalement d'eau de mer et d'eau saumâtres [10].

Le nombre des stations de dessalement ne cesse d'augmenter d'année en année, ce qui rend le milieu très nuisible pour l'écosystème [12].

A noter qu'en Algérie, les stations de dessalement rejettent annuellement 36 millions de m³ de saumure en mer [13].

A noter que chaque litre d'eau dessalée produit un litre d'eau de saumure [14].

II.2. Sources de la saumure naturelle

Il existe plusieurs types de sources de la saumure naturelle. Nous les citons de la manière suivante :

II.2. 1. Exploitation du sel gemme

Le principe de celle-ci c'est l'injection d'eau au profond des mines de sel puis sa réinjection sous forme de saumure comme le présente la Figure II.2

Ci-dessous.

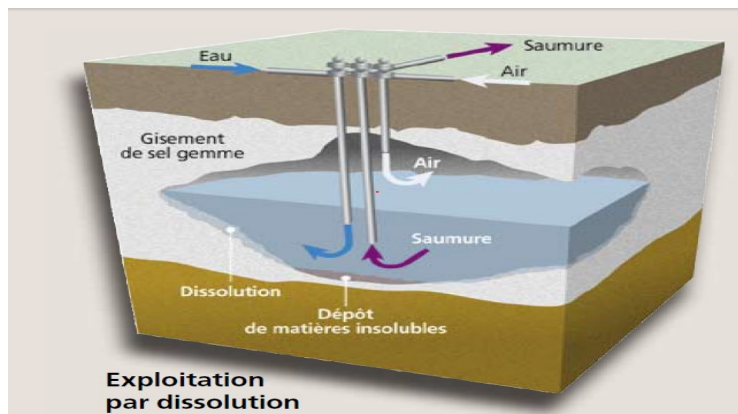


Figure II.2 : Schéma montrant le principe d'exploitation du sel gemme [22].

II.2. 2.Saumure naturelle des chotts

La Figure II.3 ci-dessous montre clairement la saumure du chott M'Guibra 3 d'El oued.



Figure II.3: Photo montrant la saumure naturelle de chott M'Guibra 3 –W- El Oued (Photo prise, 2013).

II.3. Propriétés

II.3. 1. Caractéristiques de la saumure

- Une saumure de bonne qualité se caractérise par les propriétés suivantes :
- La saumure doit être claire et transparente,
 - Sans odeur désagréable
 - pH entre 5,6 et 6,2.
 - Ne doit pas dépasser les normes de qualité (quantités d'impuretés et Éléments chimiques nuisibles faibles) [16].
 - Composition chimique des ions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Fe^{2+} , ClO_3^-) est conforme aux normes .
 - Concentration de la saumure doit être comprise entre 290 et 300 g/l, (NaCl).

II.3.2. Composition de la saumure purifiée [17].

Ca^{2+} : < 2 mg/l

Mg^{2+} : < 1 mg/l

SO_4^{2-} : < 5 g/l

Le Tableau II.1 ci-dessous résume les caractéristiques de la saumure

de bonne qualité destinée à la production du chlore (Cl_2), de la soude (NaOH) et de l'hydrogène (H_2) dans la société de Baba Ali- W- d'Alger,

Tableau II.1: Caractéristiques de la saumure de l'usine de Baba Ali –W- D 'Alger (2013).

Paramètres	Valeurs	Unité de mesure
Débit de la saumure	30	m ³ /h
NaCl	290-310	g/l
Ca ²⁺	30	ppm max
Mg ²⁺	3	ppm max
SO ₄ ²⁻	4-8	g/l
Fe ²⁺	0,1	ppm max
ClO ₃ ⁻	3	g/l
métaux lourds	0,01	ppm en total
pH	3	
Température à 28 KA	74	°C
Température à 40 KA	66	°C

II.4. Purification de la saumure

Pour diminuer les coûts de purification excessifs, il faut une pureté maximale du sel de la saumure.

La purification consiste à éliminer les composants indésirables (anions de sulfate, les cations de (Ca, Mg, Ba) et les métaux).

Il existe plusieurs étapes de purification.

II.4.1. Purification primaire

Les étapes de purification de la saumure sont présentées dans l'organigramme de la Figure II.4 ci-après.

II.4.1.1. Précipitation

Dans cette étape, il faut utiliser le carbonate de sodium et l'hydroxyde de sodium pour précipiter les ions de calcium et de magnésium sous forme de carbonate de calcium (CaCO_3) et d'hydroxyde de magnésium (Mg(OH)_2). Ceci peut favoriser au même temps la précipitation des métaux (fer, titane, molybdène, nickel, chrome, Vanadium, tungstène) sous formes d'hydroxydes. Pour contrôler le sulfate de soude, il est important d'ajouter le chlorure de calcium (CaCl_2) ou des sels de baryum. Pour enlever les anions sulfates par précipitation du sulfate de calcium (CaSO_4) ou du sulfate de baryum (BaSO_4).

La précipitation du sulfate de baryum peut avoir lieu en même temps

que la précipitation du carbonate de calcium et de l'hydroxyde de magnésium, alors que la précipitation du sulfate de calcium exige un récipient distinct.

II.4.1.2. Filtration

Les impuretés résultant de la précipitation sont éliminées par sédimentation, filtration ou par combinaison des deux.

II. 4. 2. Purification secondaire

La purification secondaire de la saumure consiste en une étape de filtration du condensat et d'adoucissement de la saumure dans une unité échangeuse d'ions [17].

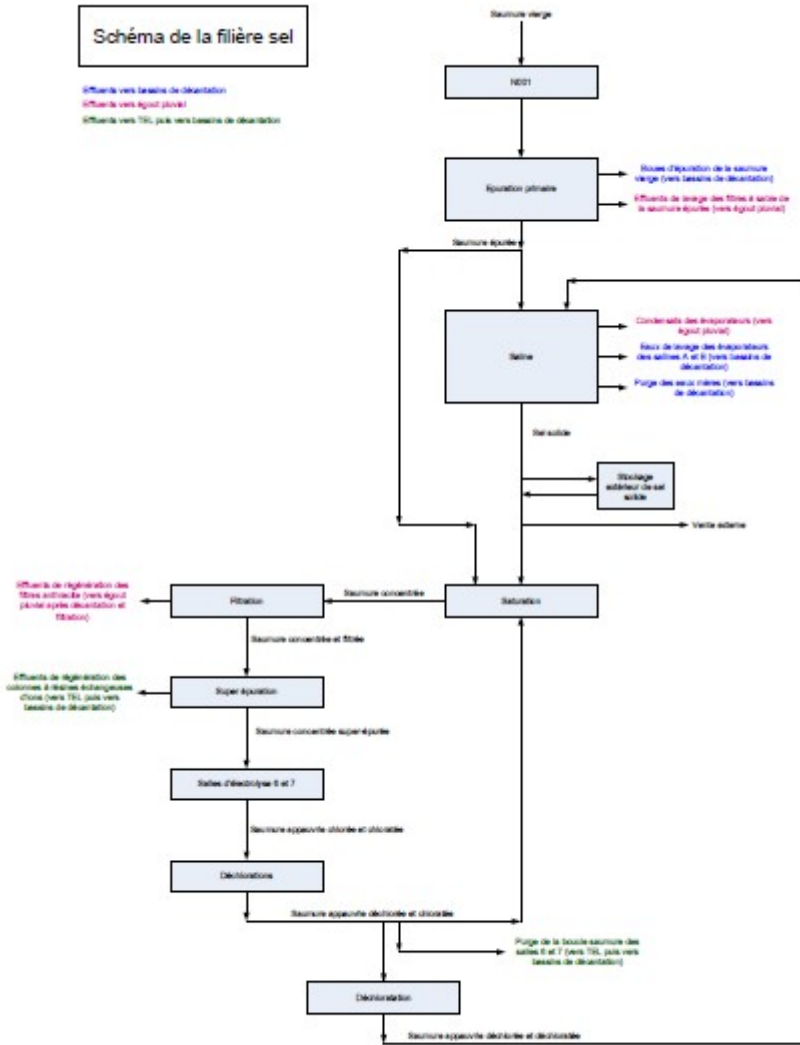


Figure II.4 : Organigramme montrant la filière sel[18].

II.4.3. Stockage de la saumure

Pour le stockage de la saumure, on utilise des réservoirs ouverts en acier doux. Le stockage se fait généralement dans des récipients en matière plastique (PVC, ..., etc.) ou dans des cuves métalliques recouvertes de caoutchouc [17].

II.5. Valorisation de la saumure

II.5.1. Valorisation de la saumure pour la production de chlore

Le schéma de la Figure II.5 ci-dessous présente le principe d'une cellule électrolytique à membrane.

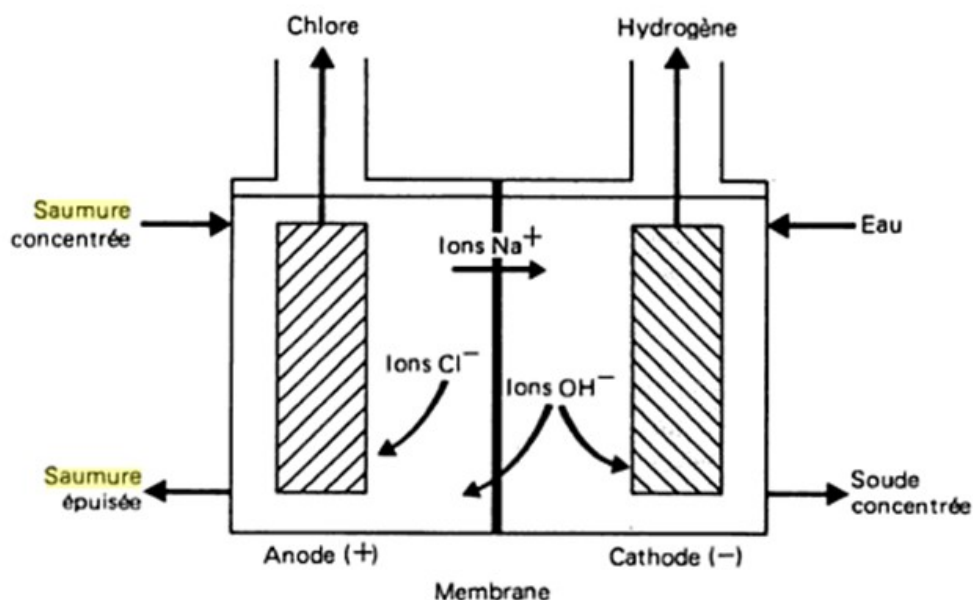


Figure II. 5 : Schéma montrant le principe de production de chlore [19].

La production du chlore à partir d'une cellule à membrane exige une pureté maximale de la saumure pour éviter la contamination du mercure dans les cellules à diaphragme qui pourrait entraîner la formation de boues. Ainsi donc, la concentration maximale des ions Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , etc..., ne doit pas dépasser la valeur 10 ppm. Pour les ions strontium et la famille d'ions (vanadium, chrome, nickel), cette concentration ne doit pas dépasser respectivement les valeurs de 1 et 0.02 ppm [19].

II.5.1.1.Exemple pratique sur la valorisation de la saumure

La station de traitement d'eau potable du barrage CoudaitMedaouar, Timgad-W-Batna, produit de l'eau de javel ainsi que le traitement d'eau du Barrage.

La machine d'électrolyse exige l'emploi de la saumure de bonne qualité pour réaliser une bonne production comme le montre le Tableau II.2 ci-dessous.

Tableau II.2: Caractéristiques de la saumure pour la production de l'eau de javel.

Caractéristique de la saumure	% Max	% Min
Salinité	99,5	98,8
Calcium	0,09	0,05
Magnésium	0,15	0,06
Sulfates	0,38	0,34

Les concentrations de la saumure pour la production d'eau de javel sont données dans le Tableau II.3 ci-dessous.

Tableau II.3 : Concentration de la saumure pour la production de l'eau de javel.

Volume d'eau (m ³)	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6,5
Masse de sel (kg)	350	550	725	900	1075	1250	1450	1625	1800	1975	2350

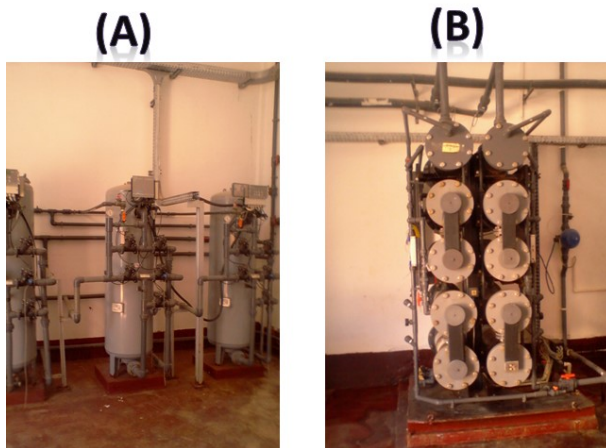


Figure II. 6 : photos montrant deux machines de production d'eau de javel

Etd'eau dessalée (photoprise, 2013)

(A) : Photo montrant le dessalement par procédé Multi-stage flash

(B) : Photo montrant la machine d'électrolyse pour la production d'eau de javel à la station de traitement d'eau de Koudiat Medaouar, Timgad wilaya de Batna (photo prise, 2013).

Pour la production d'eau de javel avec la saumure, des installations de dessalement, il faut normaliser ses composants tels que la chaux ou la soude pour l'élimination

Du calcium et du magnésium et l'utilisation des sels de baryum pour l'élimination

Des sulfates.

II.5.2. Valorisation de la saumure dans l'irrigation

La Figure II.7 suivante montre les domaines de concentration en sels pour la production de biomasse

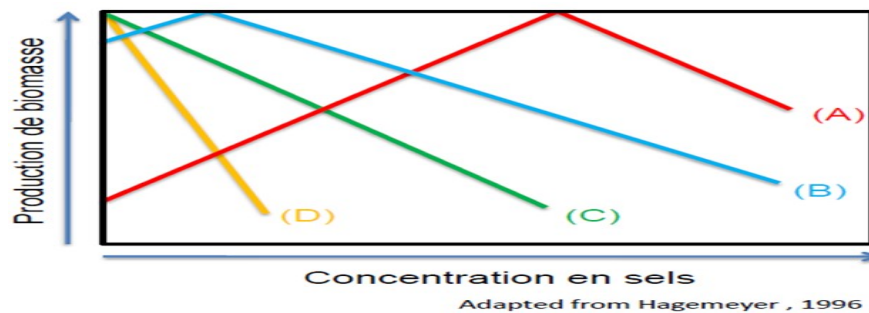


Figure II.7: Influence de concentration en sels sur la production de biomasse [20].

(A) : Les halophytes vraies (*Salicornias* ,*Suadasp*).

(B) : Les halophytes facultatives (*Palntagomaritima* , *Aster tripoli*).

(C) : Les non halophytes résistantes (*Hordeumsp*).

(D) : Les glycophytes ou halophobes (*Phaseolusvulgaris* , *Glycine max*)[20].

II.5.2.1. Les halophytes

L'origine du mot halophyte est grec : halos (sel), phyton plante. Le terme d'halophyte a été introduit en 1809 par Pierre Simon Pallas et attribué aux végétaux vivant sur des sols salés ou sols halomorphes [21].

II.5.2.2. Caractéristiques des halophytes

Les halophytes favorisent le retardement de pénétration en sel. Le pouvoir De consommation de la saumure élevé, est dû à l'importance de leur Pression osmotique (100 atmosphères) [21].

D'après notre visite au jardin d'essai d'El Hamma (Alger) et nos consultations sur ce sujet, il a été constaté que seulement le cactus peut résister à la salinité. Néanmoins on ne peut pas l'irriguer car il est très résistant à la sécheresse.

II.5.3. Valorisation de la saumure pour la protection des mines de sel

La Figure II. 8 ci-dessous montre qu'après l'extraction de sel minier, des Cavités souterraines s'engendrent ce qui provoque un risque géologique. Pour cela, Il est proposé de remplir ces vides avec de la saumure issue des installations De dessalement.

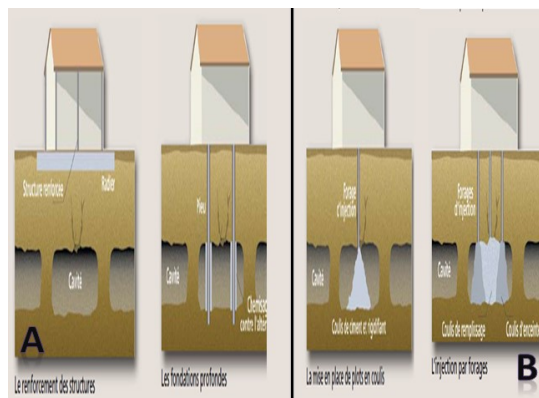


Figure II. 8 : Photos montrant les caves de sel [22].

(A) : État des mines de sel après l'exploitation.

(B) : Remplissage des caves par le sel.

II.5.4. Valorisation de la saumure pour la production du sel

II.5.4.1. Généralités

Dans plusieurs civilisations, le sel a été considéré comme une valeur symbolique dans la tradition judéo- chrétienne. Il représente l'alliance avec Dieu, la purification, la spiritualité, mais aussi la manifestation de la colère divine [23].

La saveur du sel est indestructible et rehausse le goût des aliments. Le sel est ainsi devenu un symbole d'amitié, de fraternité et de partage. Les Hébreux, les grecs et les Arabes partageaient le sel durant les repas, comme d'autres peuples partageaient le pain [23].

II.5.4.2. Types de sel

II.5.4.2.1. Le sel gris

C'est le sel marin à l'état brut n'ayant subi aucun traitement ni lavage. Il est récolté sur une terre argileuse et il est chargé de minéraux et d'oligo-éléments qui lui donnent cette couleur [24].

Exemple : le sel gris de Guérande.

II.5.4.2.2. Le sel blanc

C'est du sel gris qui a subi plusieurs lavages successifs pour lui enlever ses impuretés, le plus souvent il s'agit de sel raffiné, qui a perdu la plus grande partie de ses minéraux et donc de sa couleur aussi [24].

II.5.4.2.3. Le sel rose

De l'Himalaya et le sel rose Maras du Pérou tirent leur couleur de leur teneur élevée en sels minéraux, et notamment en fer [24].

II.5.4.2.4. Le sel rouge

Il provient d'Alaka d'Hawaï et il contient une argile volcanique riche en oxyde de fer.

II.5.4.2.5. Le sel bleu

De Perse, originaire d'Iran, est parsemé de cristaux de sylvinite, un minerai riche en potassium [24].

II.5.4.2.6. Le sel noir

Il provient lui aussi des îles Hawaï notamment des roches de lave noire mélangées avec une petite partie de charbon dans les bassins où il est récolté [24].

II.5.4.3. Procédés traditionnel pour la production de sel

II.5.4. 3.1. Par la combustion de bois

La Figure II.9 ci-dessous représente un procédé traditionnel de séchage de la saumure (faibles quantités) avec la combustion de bois pour la production de sel.



Figure II. 9 :Photo montrant le séchage de la saumure à l'aide de la combustion de bois [25].

Les figures ci-dessous (Figure II. 10 et II. 11)représentent un autre type De production de sel mais en utilisant des récipients de formes différentes Pour l'évaporation de la saumure (forme circulaire).



Figure II. 10: Photos montrant le séchage de la saumure par la combustion de bois [25].

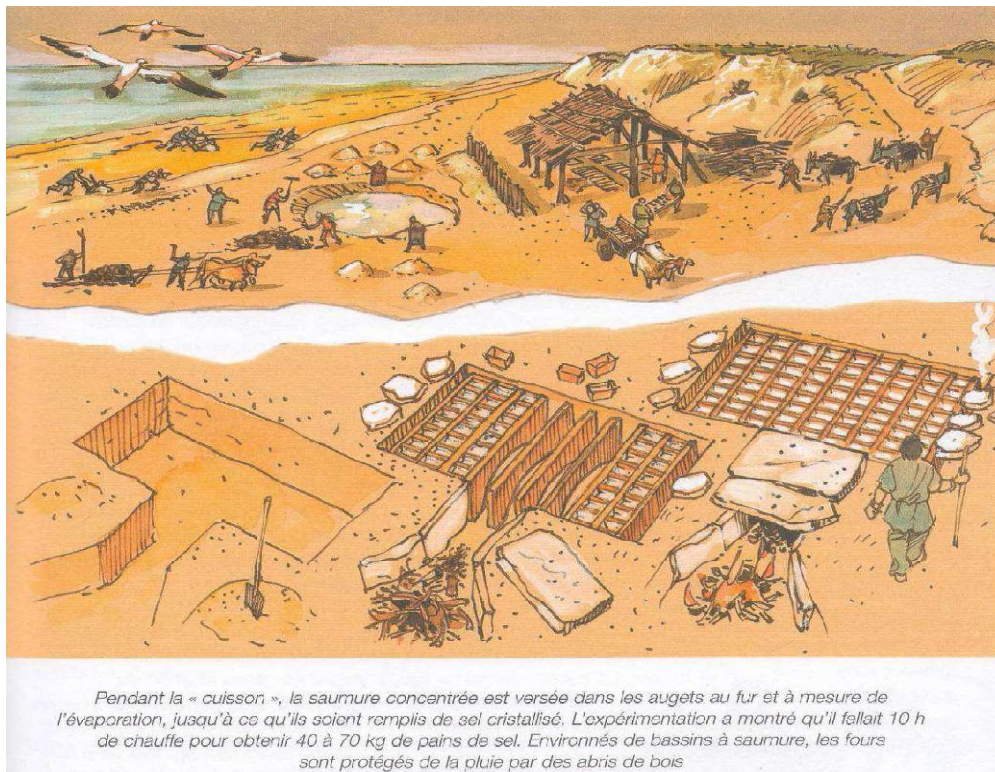


Figure II.11: Évaporation de la saumure dans des fours protégés de la pluie par des abris de bois [26].

II.5.4.3.2. Avec les rayons de soleil.

La Figure II.12 ci-dessous représente le procédé le plus applicable pour la production de sel à partir de séchage de la saumure dans des bassins d'évaporation.



Figure II.12: Production de sel par l'évaporation naturel [25].

La Figure II.13 ci-dessous représente le cycle de vie pour la production de sel dans un salin d'eau de mer.

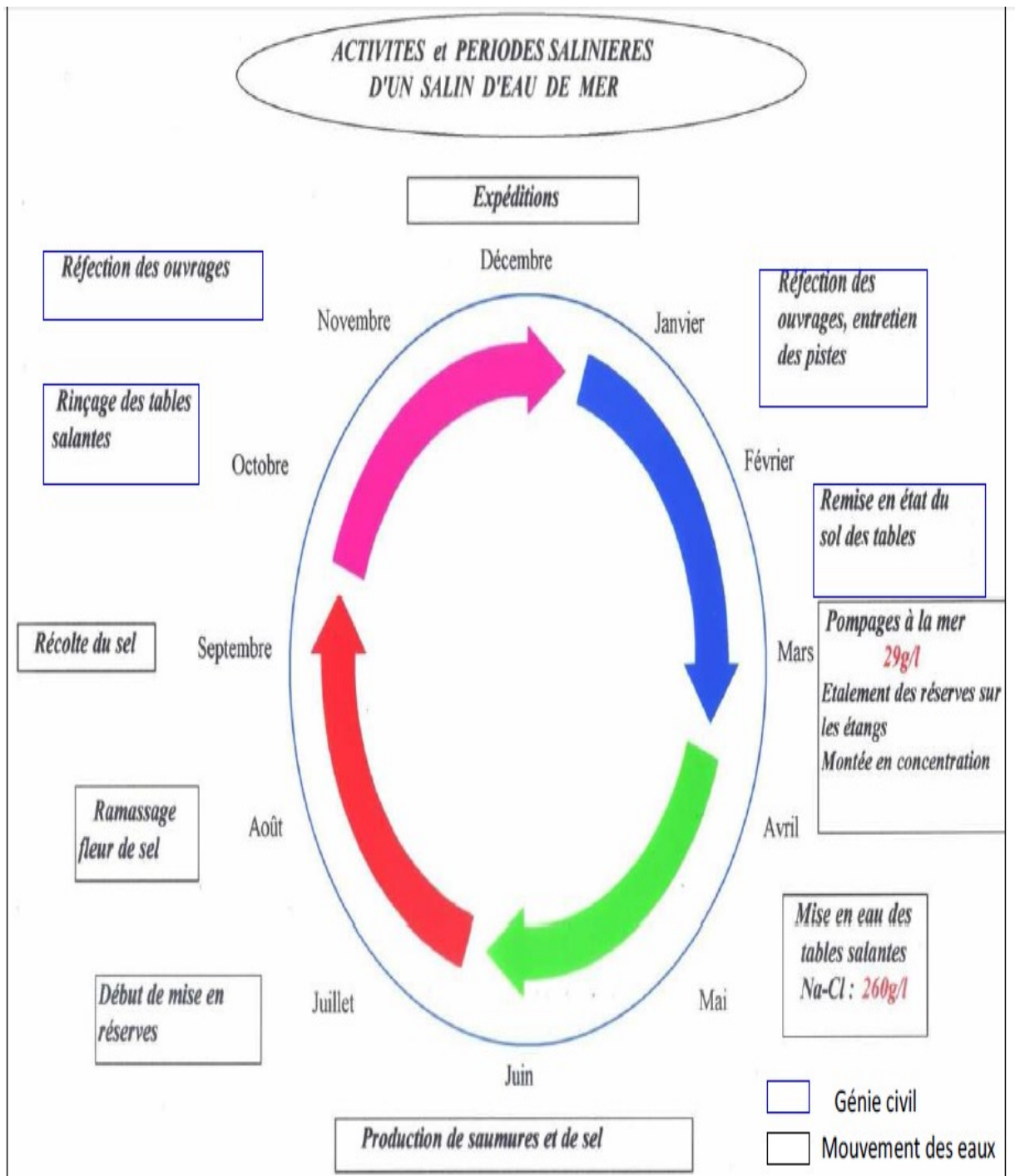


Figure II.13 : Activités et périodes salinières [27].

Tableau II.4 : Caractéristiques du sel et de la fleur de sel [28].

Caractéristiques physiques	
Taux d'humidité	< 10% pour le gros sel entre 5 et 10% pour la fleur
granulométrie	< 6mm pour le gros sel tamisé variable et naturel, (si tri manuel) < 3mm pour la fleur de sel
Taux d'insolubilité Dans l'eau	<0,75% pour le gros sel < 0,20% pour la fleur de sel
Caractéristiques chimiques	
pour le gros sel et la fleur de sel	
Cadmium	< 0,004mg/100g
zinc :	<0,8mg/100g
Manganèse	<0,05mg /100g
Fer	<1,5mg/100g
Sulfate	<2g/100g
Magnésium	>0,2mg/ kg
Arsenic	<0,5mg/kg
Plomb	< 2mg/kg
Cadmium	< 0,5mg/ kg
Mercuré	< 0,1mg/kg
Cuivre	< 2mg/kg
caractéristiques bactériologiques	
pour le gros sel et la fleur de sel	
Flore aérobie mésophile	<5000/g
Coliformes totaux	< 0g
Escherichia coli	< 0/g
Streptocoques fécaux	<0/g
Flore aérobie halophile	la plus élevée possible

Tableau II.5:Caractéristique des différents sels de l'usine

D'ElOutaya-Biskra (2013).

	Sel brut	Sel solaire Industriel En poudre	Médisel	Sel alimentaire raffiné	Sel alimentaire solaire
Chlorure de sodium (% min)	96	97	33	98	99
Chlorure de potassium (% min)	0	0	66	0	/
Bicarbonate de soude(% min)	0	0	/	0	/
Granulométrie à 95% sup à (mm)	0.1	0,1	0,63	0,2	1,6
Granulométrie à 95% sup à (mm)	5	0,2	0,2	0,5	0,315
Calcium Ca ²⁺ (% max)	0.3	0,3	0,1	0,01 mm	0,25
Magnésium Mg ²⁺ (% max)	0.5	1,5	0,13	0,001	0,25
Sulfates SO ₄ ²⁻ (% max)	1.5	0,5	0,6	0,025	1,00
Matières insolubles (% max)	0.3	4,00	0,05	0,05	0,2
% H2O max à l'emballage	5	1 mg/Kg	1	0,1	1,00
Arsenic (AS) max(mg/kg)	1	2	0,5	1	0,5
Cuivre(Cu)(mg/kg)	2	2	2	2	2
Plomb (pb) max(mg/kg)	2	0,1	2	2	2
Cadmium (Cd) max(mg/kg)	0.5	0,1	0,5	0,5	0,5
Mercurure (Hg) max(mg/kg)		0	0,1	0,1	0,1
Fer max (mg/kg)		0	/	0	
Zinc max (mg/kg)		0	/	0	
Hexaferrocyanure de potassium max			2 mg/Kg	5-13ppm	/
Additif 1			(50,55- 84,25)	(50,55- 84,25)	(50,55- 84,25)
Additif 2			/	0	
Additif 3			1%		

II.6.4.4.1. Production de sel

La fabrication du sel par évaporation de l'eau de mer dans les salines est une technologie qui existait depuis des milliers d'années. Elle consiste à la saturation qui mènera à la formation des cristaux de sel [29].

Le graphe de la Figure II.14 ci-dessous donne les différents domaines de précipitation des sels.

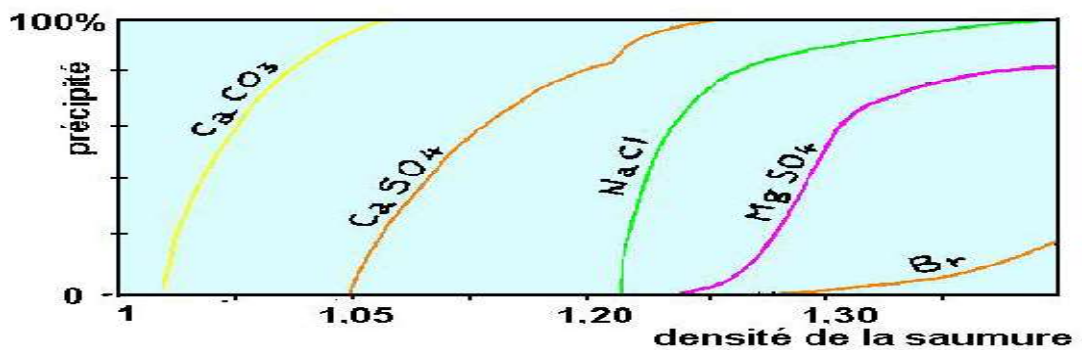


Figure II.14 : Séquence de précipitation des sels dans une saumure au Cours d'évaporation [30].

Ces courbes représentent le domaine de précipitation des sels en fonction de la densité de la saumure. La précipitation de carbonate de calcium est plus rapide que le sel NaCl. Par contre, les sels de magnésium se précipitent après le sel NaCl.

II.5.4.4.2. Exploitation de sel du chott Merouane

* Situation géographique

Le site se trouve dans les limites du chott Marouane (sud-Est) à 15Km au nord du chef-lieu de la commune de Hamraia ; au sud de la route reliant Biskra-El Oued

Le schéma ci-dessous (Figure II.15) résume les étapes fondamentales de production de sel à partir de la saumure des chotts.

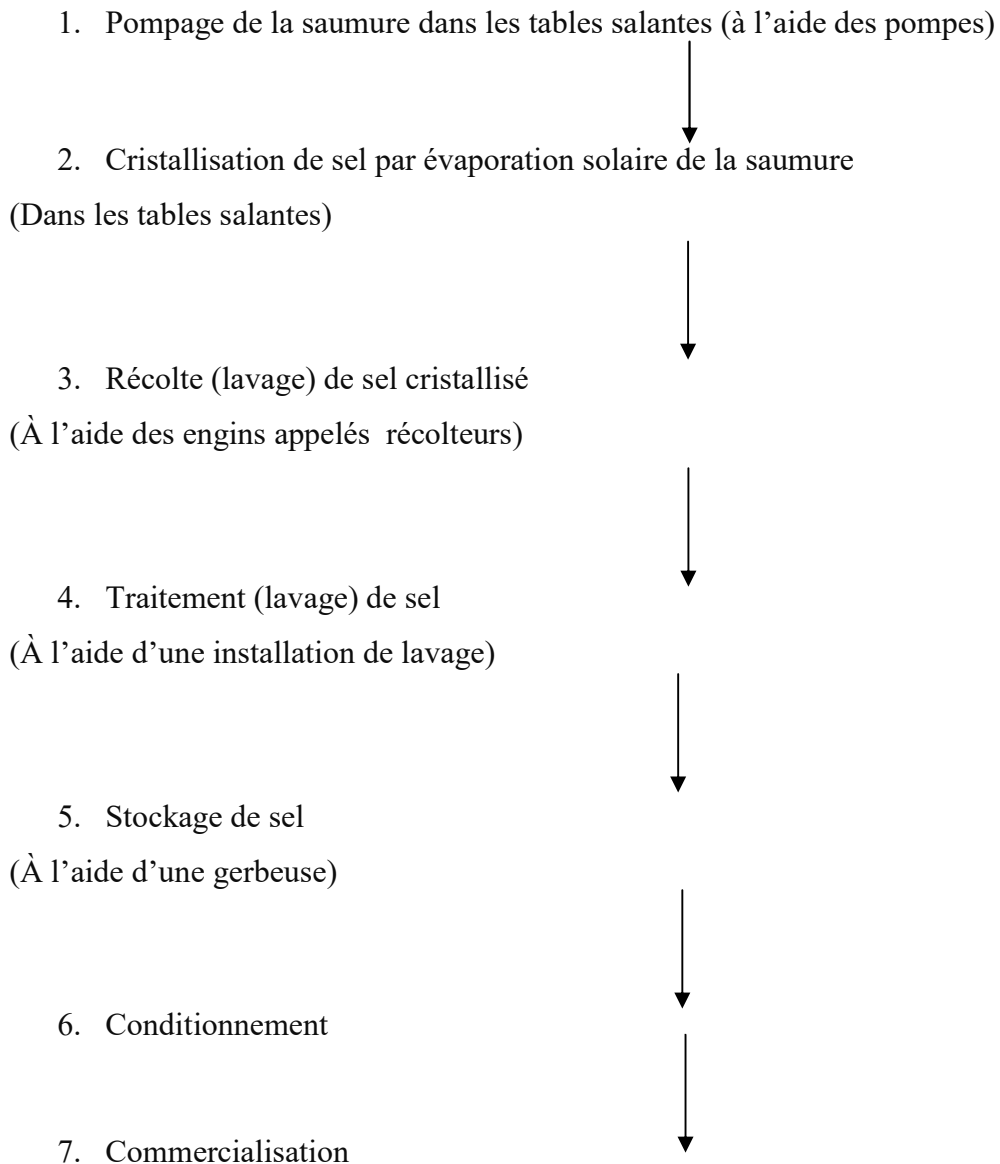


Figure II.15 : Organigramme montrant Schéma technologique de fabrication de sel par évaporation solaire de la saumure des chotts.

*** Plan d'exploitation salin Merouane .****➤ Pompage**

Au moment propice (concentration de la saumure à 25.7 Be) correspondant à la période fin Mars début Avril, la saumure présente dans le chott est pompée vers les tables salantes par le biais d'un groupe de motopompe



Figure II.16:Photo montrant le lieu de pompage de chott D'El Oued (photo prise, 2013).

➤ Circuit de saumure

Après son drainage, par un réseau de canaux, la saumure plonge dans le puisard de pompage où sont immergées les conduites d'aspiration. Par la suite, elle est refoulée dans les bassins de cristallisation (tables salantes à la fin de l'évaporation de la saumure et au moment de cristallisation de la majorité de sel NaCl la saumure Mère (magnésienne) puis évacuée par le canal de rejet vers la zone de rejet loin du site de pompage.

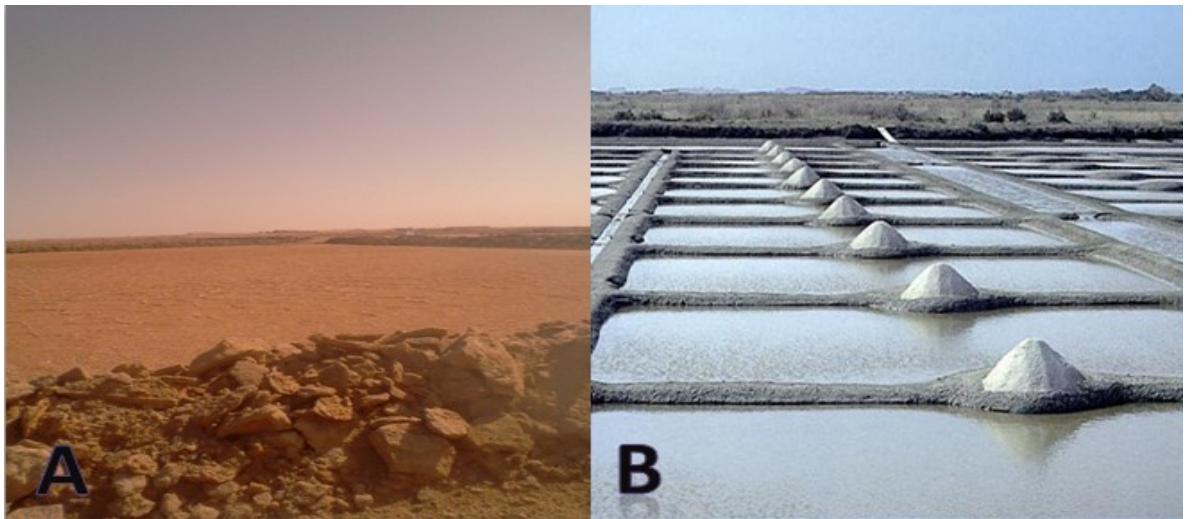


Figure II.17: Bassin d'évaporation pour la saumure et l'eau de mer, (photo prise, 2013), [15].

(A) : Photo représente un bassin d'évaporation plus vaste de la saumure naturelle d'El Oued.

(B) : Type d'évaporation d'eau de mer dans des bassins d'évaporation.

➤ **Cristallisation de sel**

Sous l'incidence directe des rayons solaires et les mouvements des vents, l'évaporation de la saumure provoque la cristallisation de sel NaCl en donnant naissance à une couche de sel d'une épaisseur qui varie entre 10 et 20 cm.

➤ **Lavage de sel**

Après sa cristallisation quasi-complète, le sel NaCl est récolté à l'aide des récolteurs et transporté vers la station de lavage pour être lavé et stocké.



Figure II.18: Photo montrant la récolte de sel (photo prise, 2013), [15].

(A) : Photo montrant la machine récolteur la plus utilisable pour la récolté de sel dans les chotts Algérienne.

(B) : Figure représente un type de récolte de sel manuellement pour le sel marin.



Figure II.19 : Photo montrant des dunes de sel obtenue par évaporation solaire de la saumure de chott (photo prise, 2013).

➤ Lavage de sel (traitement)

Le sel est lavé par le brassage dynamique provoqué dans les Conduites de refoulement de la pulpe (sel plus eau de lavage) sous l'effet du Phénomène aspiration-refoulement des pompes. L'opération de lavage permet au sel brut de se débarrasser de la saumure magnésienne qui l'accompagne durant l'opération de récolte, des différents sels nuisibles (tels que les sulfates et les carbonates et les particules insolubles).



Figure II.20 : Photo montrant le lavage de sel par le brassage dynamique dans les chotts D’El Oued, (photo prise, 2013).

➤ **Stockage de sel**

A la fin de la chaîne, le sel lavé, est stocké en forme d’haricot par une gerbeuse mobile d’une capacité de stockage de 240000 tonnes.

La production de sel à travers le schéma précédent est applicable aussi pour la saumure des installations de dessalement.

II.6.4.5 .1. Production de sel en France (1997)

Le tableau suivant donne la production du sel en France.

Tableau II.6: Production de sel en France (1997) [31].

Source de sel	Quantité en tonnes
Sel de dissolution (forages)	4000000
Sel ignigné (saumures recristallisées)	1370000
Sel de mer (salins)	1200000
Sel gemme (mines)	315000
Sel coproduit (mines de potasse)	417000

La totalité du sel de dissolution est directement livré à l’industrie chimique pour la préparation du chlore, la soude caustique et du carbonate de sodium.

33.5 % du sel cristallisé est destiné à la grande industrie chimique, 38 % va au déneigement, 14% à diverses industries (notamment l'adoucissement des eaux).A noté que 11 % à la consommation humaine et 3.5 % à l'agriculture [31].

Tableau II.7: Production annuelle de sel alimentaire et industriel de l'usine

D'El Outaya - wilaya de Biskra (2013).

Type de sel	2012	2013 au 31.07.2013
sel alimentaire	17463 tonnes	1127 tonnes
sel industriel	11075 tonnes	3037.5 tonnes

Le sel est utilisé dans plusieurs fabrications notamment dans la fabrication de verre, détergents, produits cosmétique, produits pharmaceutiques,....., etc.

II.6.4.6. Les points durs

La production de sel cristallisé par évaporation naturelle comporte deux phases successives : la concentration de la saumure jusqu'à la saturation

(260 g/l pour l'eau de mer) et la cristallisation proprement dite. Pour produire 1kg de sel, il faut utiliser environ 37kg d'eau de mer dont 90 % sont évaporés pendant la phase de concentration, 7 % pendant celle de cristallisation du chlorure de sodium et

3 % restant dans les eaux mères » [32].

La composition de la saumure est très variable avec les sels dissous et le processus de récupération du chlorure de sodium est complexe. Le but principal est d'éviter la présence des sels secondaires dans le sel et d'éviter la teneur excessive en magnésium

4 %.

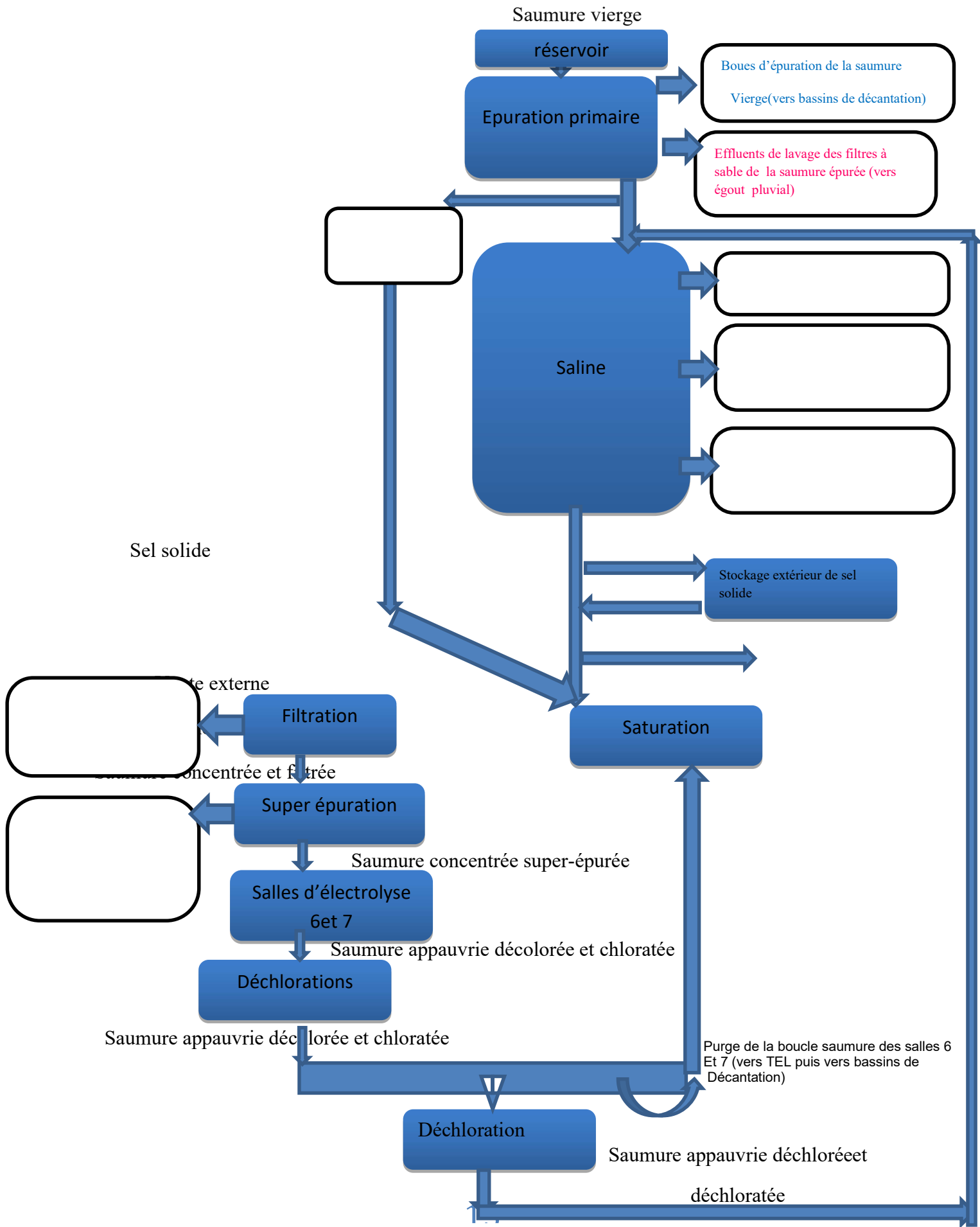


Figure.III.6 : Organigramme montrant la filière sel

III. Procédés d'évacuation de la saumure

III.1. Introduction

Malgré les avantages de la saumure et son utilisation dans de nombreux Domaines, elle présente néanmoins des inconvénients très nuisibles aussi bien pour L'environnement que pour le développement durable.

Actuellement, il existe plusieurs procédés d'évacuation de la saumure. Nous

Les citons comme suit:

1. Technique de zéro rejet liquide par la méthode thermique ;
2. Traitement de VSEP ;
3. Injection de la saumure dans des puits profonds ;
4. Bassin d'évaporation ;
5. Utilisation de la saumure pour la production agricole et l'aquaculture [33].

III.1.1. Décharge dans un égout sanitaire

Cette méthode d'évacuation est confrontée ou coût la charge supplémentaire de Sel dans les eaux usées [34].

III.1.2. 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[34].

III.1.3. 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 III.2 et III.3 [34].

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[34].



Figure III.1 : Photos montrant l'évaporation naturelle des eaux salées[35].

- (A) : *Sel pan (bassin peu profond) avec la floraison de *Dunaliella salina* à Saint-Armel marais salants (couleur orange, lié à l'accumulation des pigments caroténoïdes).*
- (B) : *Derniers bassins (cristallisation de zones) de Saint-Armel étangs d'eau salée avec le séchage au soleil de fleur de sel sur le bord des étangs [35].*

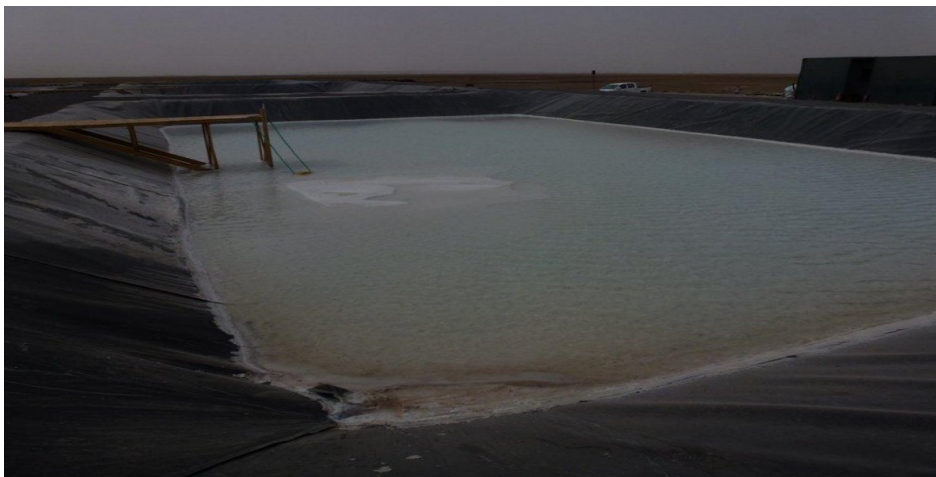


Figure III.2 : Saumure Sylvinite dans les opérations de l'essai pilote de bassin d'évaporation [36].



Figure III.3 : Photo montrant la formation du sel dans les bassins

Pilotes d'évaporation par des géologues Allana[37].

III.1.4. Décharge dans des puits d'injection

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 [34].

III.1.5. Évacuation de la saumure vers les eaux de surface

L'élément essentiel de cette méthode d'évacuation de la saumure est la

Disponibilité d'un plan d'eau.

Les avantages de cette méthode sont :

- * Possibilités de la décharge sont généralement peu coûteuses
- * Fiabilité de la composante de la décharge d'eau de surface

Les inconvénients de cette méthode d'élimination de concentré sont liés

Aux phénomènes suivants :

- * le processus d'autorisation est relativement compliqué
- * les concentrés doivent être traités ou dilués avant leurs rejets dans les eaux de surface [34].

III.1. 6. Technique VSEP

La technique VSEP est appelée « vibration shearenhanced process ». Elle consiste à utiliser d'intenses ondes vibratoires au niveau de la surface de la membrane pour créer une énergie de cisaillement à la surface de la membrane et en même temps entrainer une force de réduction de l'encrassement.

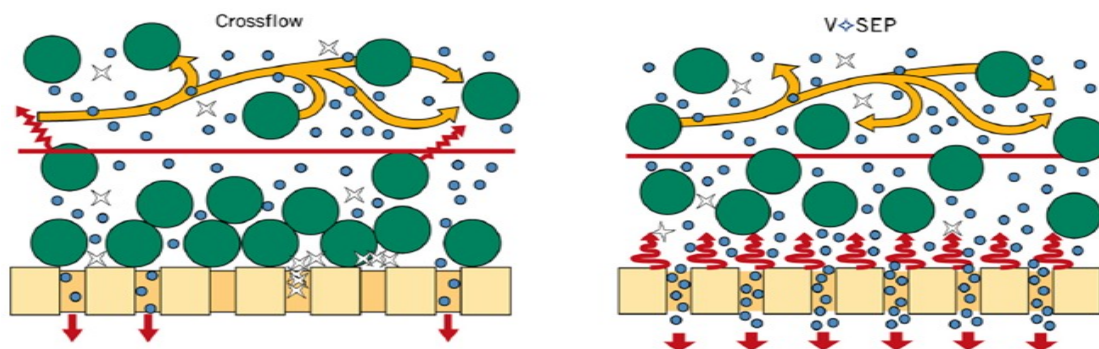


Figure III.4: Schémas comparatifs montrant les deux types de

Procédé : Comparaison des transversal et VSEP séparation réimprimé avec

La permission[38].

La photo ci-dessous (Figure III.5) montre le procédé le plus utilisé pour l'évacuation de la saumure. Par contre, le moins applicable est celui de l'évaporation comme le montre le Tableau III.1 ci-dessous [34].

Tableau III.1 : Méthodes d'élimination de la saumure du concentré aux Etats –Unis- [39].

Méthode d'élimination	%
Evacuation de la saumure dans des eaux de surface	48
Déversement de la saumure dans les usines de traitement des eaux usées	23
Epannage de la saumure	13
Injection en profondeur	10
Évaporation de la saumure dans des bassins	6

Le Tableau III.2 ci-dessous montre les options disponibles pour les rejets de la saumure.

Tableau III.2: Tableau comparatif montrant les différentes options de rejets De saumure des différentes installations [33].

Description	Coût d'investissement	Frais F et E	Compétences F et E requises	Impacte ENV	Préférences
Zéro rejet liquide "thermique"	Très élevé	Très Elevé	Elevé	Modéré	Sixième
Traitement VSEP	Elevé	Elevé	Elevé	Très bas	Cinquième
L'injection de la saumure	Bas	Bas	Zéro	Bas/modéré	Deuxième
Bassin d'évaporation	Bas	Bas	Zéro	Très bas	Premier
Production agricole et et aquaculture	Modéré	Modéré	Modéré	Elevé	Troisième
Bassin d'évaporation utilisant des mécanismes d'évaporation renforcée	Modéré	Modéré	Bas	Bas	Quatrième

Au terme de cette présentation des différentes méthodes d'évacuation de la saumure, nous jugeons utile de présenter la solution qui semble la plus applicable

Dans l'évacuation de la saumure:

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 [40].

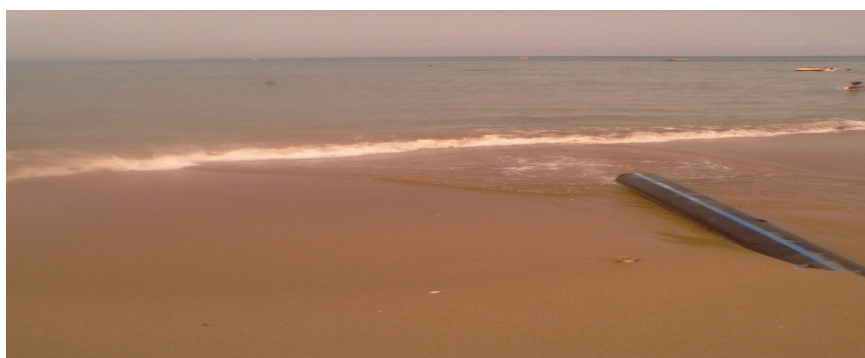


Figure III.5 : Photos montrant l'évacuation directe de la saumure de station de dessalement de palm Beach dans l'eau de mer (photo prise, 2013).

La Figure III.5 présente un procédé d'évacuation de la saumure d'une installation de dessalement à palm Beach en Algérie,

D'après certaines analyses déjà réalisées, il a été trouvé que les caractéristiques de la saumure sont plus proches que celles de l'eau de mer, indiquant, par-là, que

Cette station fonctionne dans les normes de protection de l'environnement.

Le tableau suivant (Tableau III.3) résume les principales caractéristiques des techniques utilisables pour le dessalement des effluents chargés en sel.

Dans ce tableau, l'investissement spécifique (dollars par m³/ jour de capacité installée) correspond au coût de l'usine et au frais de propriétaire (études préliminaires, achat du terrain, prise d'eau de mer, tuyauterie...)[41].

Tableau III.3: Avantage et inconvénients des différentes techniques

De dessalement des effluents liquides [41]

Technique	Niveau de développement	avantages	Inconvénients	couts
distillation	*Industriel *Développement importante du procédé multiple effet à tubes arrosés	*cout indépendant de la salinité de l'effluent *Pas de Prétraitement coûteux *Salinité résiduelle très faible (5à30mg/L)	Dépense énergétique	investissement: De 1100 à 2500SUS par m ³ /j Fonctionnement: Env 1,5S/m ³
Électrolyse	Industriel	intéressante uniquement pour les eaux saumâtres	risque de colmatage irréversible par les matières organiques fonctionne uniquement pour les salinités faibles (1 à 2, 5 g/l) salinité	Investissement (pour effluent

Chapitre III Procédés d'évacuation de la saumure

			finale 300 mg/l	peu chargé): fonctionnement: de 0,25 à 1 , 5S/m ³ pour des salinés entre 1 et 7 g/L de chlorures
Osmose inverse	industriel Procédé rival de la distillation pour le dessalement de l'eau de mer	*Faible consommation énergétique *Gamme de capacité large	*Sensible au colmatage *Fonctionne uniquement pour les Salinités <45g/L	investissement de 1000 à 2000 SUS par m ³ /j fonctionnement: De 0,4 à 0,7 S/m ³ pour des salinités entre 1 et 7 g/L De chlorure
	En développement pour	Réduction de la	sensible au colmatage	

Chapitre III Procédés d'évacuation de la saumure

Nanofiltration	le dessalement	pression à appliquer et donc de l'énergie à fournir par rapport à l'osmose inverse		
----------------	----------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

**Ce cout correspond au traitement de l'eau de mer (charge en sels : environ de 35 g / l de chlorures)*

Tableau III.4: Avantages, inconvénients et méthodes d'élimination de la saumure [42].

.inconvénients	avantages	▪ Méthode d'élimination
<ul style="list-style-type: none"> ▪ .La dilution dépend des conditions hydrodynamiques locales ▪ Une bonne connaissance, le suivi et la planification des programmes d'eaux réceptrices sont nécessaires ▪ Les capacités limitées d'assimilation naturelles provoquent des impacts négatifs sur l'environnement marin en cas de dépassement ▪ La pollution thermique, la réduction de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices, l'eutrophisation, la toxicité, l'augmentation du pH, les dommages du Biot 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les processus naturels favorisent la dégradation ▪ peut accueillir de grands volumes ▪ corps de l'eau favorise la dilution ▪ Faible coût ▪ Des taux élevés de dilution dans la masse d'eau, la dilution possible et le mélange avec la décharge de la centrale 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Évacuation des eaux de surface directe
<ul style="list-style-type: none"> ▪ peut inhiber la croissance bactérienne ▪ peut entraver l'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation en raison de l'augmentation de la TDS et salinité de l'effluent ▪ surcharger la capacité existante de l'usine de 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réduit la DBO des effluents résultant ▪ dilue le concentré de saumure <p>utilise l'infrastructure existante</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Décharge à une usine de traitement des eaux usées

Chapitre III Procédés d'évacuation de la saumure

<p>traitement des eaux usées tandis que diminuer sa capacité hydraulique utilisable</p>		
<p>Nécessite de grandes superficiés de terres</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Convient pour les flux de décharge <p>petits</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ peuvent affecter la vigueur végétation <p>pouvez augmenter la salinité des eaux souterraines et du sol sous- jacent</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Système de stockage et de distribution nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peut être utilisé pour irriguer les espèces tolérantes au sel ▪ viable pour les plantes intérieures avec de petites quantités de saumure ▪ Aucun impact prévu marine 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demandes de terres
<ul style="list-style-type: none"> ▪ option coûteuse <p>Risque de sol sous-jacent et la pollution</p> <p>des eaux souterraines</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ besoins des climats secs avec des taux d'évaporations élevées <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nécessite de grandes superficiés <p>avec un terrain de niveau</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ nécessite un suivi régulier 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Une option viable pour les plantes intérieures dans les régions très arides ▪ une éventuelle exploitation de sel commercial ▪ Aucun impact prévu marine ▪ Faible efforts technologiques et de gestion 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bassins d'évaporation
<ul style="list-style-type: none"> ▪ cher ▪ Une forte consommation d'énergie ▪ La production de 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peut produire un écoulement de liquide zéro ▪ Peut exploiter 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La saumure des concentrateurs / zéro rejet liquide

Chapitre III Procédés d'évacuation de la saumure

<p>déchets solides à sec - précipités</p>	<p>commerciallement concentrer</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ récupération du sel et des minéraux <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aucun impact prévu marine 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ En fonction de la présence d'une centrale thermique à proximité 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Assurer dilution des deux effluents avant leur rejet ▪ Combiné émissaire de réduire les impacts environnementaux des coûts et la construction de deux émissaires <ul style="list-style-type: none"> ▪ nécessaires pour réduire la salinité cas d'élimination dans les plans d'eau douce 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le mélange avec le rejet d'eau de refroidissement
<ul style="list-style-type: none"> ▪ La saumure pourrait améliorer l'agrégation et la sédimentation ▪ .de particules des eaux usées qui peuvent influencer sur les organismes benthiques et interférer avec le passage de la lumière dans le plan d'eaux réceptrices 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Assurer la dilution de la saumure effluente avant leur rejet <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ne pas surcharger la capacité opérationnelle de l'usine de traitement des eaux usées ▪ utilisation de l'infrastructure existante nécessaire pour réduire la salinité cas d'élimination dans les plans d'eau douce 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le mélange avec le traitement des eaux usées effluent

Le schéma de la Figure III.6 ci-dessous résume l'avantage du couplage des

deux procédés : l'osmose inverse avec la technologie de VMD

(Vacuum membrane distillation). Le but étant de diminuer le volume de la saumure et d'augmenter le rendement du perméat .

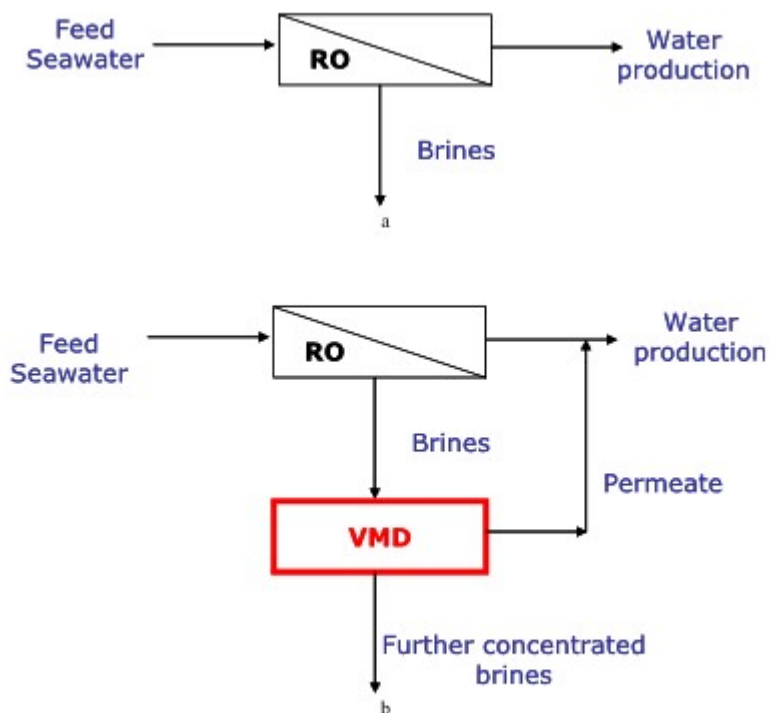


Fig. 1 – Seawater desalination a) by RO conventional process, b) RO + VMD integrated process.

Figure III.6 : Organigramme montrant le dessalement de l'eau de mer[43].

(a) : par procédure conventionnelle RO

(b) : RO + processus intégré VMD

VMD : Vacuum membrane distillation.

Le Tableau III.5 ci-dessous donne les résultats de la simulation de l'accouplement de RO et VMD.

Tableau III.5 : Résultats de la simulation de l'accouplement de RO et VMD [43].

	SWRO	SWRO+VMD
Production d'eau (m^3h^{-1})	1667	3714
Facteur de récupération de l'eau (%)	40	89
Nourrir le flux d'eau de mer (m^3h^{-1})	4167	4167
Concentration de l'eau de mer ($g l^{-1}$)	38.9	38.9
Débit eau glycolée (m^3h^{-1})	2500	453
Concentration de la saumure ($g l^{-1}$)	64.8	297.4

IV. Méthodes et techniques expérimentales

IV. 1. Introduction

Ce chapitre expose la nature et les propriétés des matériaux et des réactifs utilisés ainsi que les procédures expérimentales concernant :

1. L'analyse physico chimique de la saumure et l'eau de mer ;
2. Purification de la saumure avec du chlorure de baryum et de la soude ;
3. Le séchage naturel de la saumure et de l'eau de mer et l'analyse du sel de mer et de la saumure ;
4. La conductivité de l'eau de mer, d'eau usée et celle de la saumure.

5. prélèvements

- les prélèvements de la saumure sont effectués dans l'usine de dessalement d'eau de mer à Bou Ismail –W-Tipaza, (échantillons du Rack A)
- Les prélèvements d'eau de mer effectués proche de l'usine.
- La source de prélèvement d'eau usée est effectuée à l'oued El Afroun.

IV. 2. Analyse physico chimique de la saumure et l'eau de mer

IV.2.1 Conductivité(Norme Algérienne NA749 et Manuel d'instruction du fournisseur).

L'appareil utilisé est un conductimètre type inoLab cond7110 équipé d'une électrode de mesure, d'une sonde de température et d'un convertisseur.

Cet appareil a la propriété de compenser la température de l'eau pour la ramener à des conditions de mesures à 25°C.

IV. 2. 2. Turbidité(Manuel d'instruction du fournisseur et Norme NA 746)

Turbidimètre type HACH2100AN

Pour des bons résultats de mesure de la turbidité, nous avons respecté les conditions suivantes :

- L'échantillon doit être remis à température ambiante et bien homogénéisé avant chaque mesure.
- La cuve de mesure doit être propre avant chaque utilisation.
- Elle doit être rincée avec l'échantillon à analyser avant chaque mesure.

IV. 2. 3. pH

L'appareil utilisé est un pH mètre type inoLab pH7110

La lecture est effectuée après la stabilisation de la valeur de pH.

IV. 3. Analyse chimique

IV. 3.1. Méthodes d'analyses volumétriques (Réactifs en annexe 1 et 2)

Nous nous sommes basés sur l'utilisation de la méthode de dosage volumétrique des différents échantillons (la saumure et l'eau de mer) pour la détermination du point d'équivalence de quelques composants (calcium, magnésium, chlorures

Et bicarbonates).

- **Dosage du calcium par la méthode de titrimétrie à l'EDTA** (Norme : ISO 6058 NA 1655)

A. Principe

L'opération consiste à titrer les ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium.

Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violette.

B. Dosage et mesure

L'opération consiste à pipeter 1ml de notre échantillon chargé en calcium et le compléter avec l'eau distillée dans une fiole de 50 ml.

La solution obtenue diluée avec 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium 2N en présence d'une pincée d'indicateur (Murexide). La solution finale, bien homogénéisée est titrée avec la solution d'EDTA.

Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette. Cette dernière ne doit pas changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

La teneur en calcium, exprimée en mg/l, est donnée par l'équation :

$$\text{Ca} = \frac{C_1 \times V_1 \times A}{V_0 \times f_c \times 1000 \times F}$$

Avec :

C_1 : concentration, exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit (0,01N).

V_0 : volume de la prise d'essai, soit 50 ml.

V_1 : volume de la solution d'EDTA (ml), utilisé pour le dosage.

A : masse atomique du calcium (40,08 g)

f_c : facteur de correction du titre

F : facteur de dilution (1/50).

➤ **Dosage de la somme du calcium et magnésium par la méthode de titrimétrie à l'EDTA (Norme : ISO 6059 NA752)**

A. Principe

Le titrage des ions calcium et magnésium par complexométrie est réalisé avec une solution d'EDTA (0,01N) en présence de NH_4OH et de noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium.

Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

B. Dosage et mesure

L'échantillon contenant un excès de calcium et de magnésium est dilué avec l'eau distillée (1ml d'échantillon et 49 ml eau distillée dans une fiole de 50ml)

L'échantillon dilué avec 2 ml de solution NH_4OH et une pincée de l'indicateur noir éryochrome T. La solution ainsi obtenue bien agitée colorée en rose est titrée goutte à goutte avec l'EDTA jusqu'au virage bleu.

(La couleur ne doit plus changer par addition d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA).

La concentration totale en ions calcium et magnésium ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), exprimée en °F, est donnée par la formule suivante:

$$x2x f_c x F$$

Avec:

TH : dureté exprimée en °F

V_2 : volume, d'échantillon dosé (ml)

F : facteur de dilution (1/50)

f_c : facteur de correction ;

Le facteur de correction f_c est égal à :

$$f_c = \frac{\text{Volume versé}}{\text{Volume théorique (12,5 ml)}}$$

Si : $0,96 \leq f_c \leq 1,04$, alors la solution d'EDTA est utilisable pour le dosage.

➤ **Dosage des chlorures**

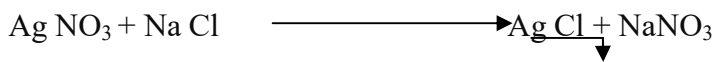
Titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur

(Méthode de Mohr)(Norme NF ISO 9297)

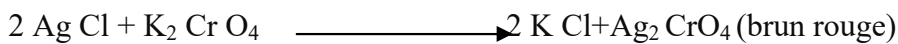
A. Principe

Le dosage des chlorures est réalisé par titrage au nitrate d'argent (AgNO_3)
En utilisant du dichromate de potassium (K_2CrO_4) comme indicateur.

La réaction des ions chlorures avec des ions argent entraîne la formation du chlorure d'argent (AgCl) insoluble.



Ce précipité réagit avec l'indicateur (K_2CrO_4) pour former du chromate d'argent, brun rouge (Ag_2CrO_4).



L'apparition de la coloration brun-rouge marque la fin du titrage.

Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de favoriser la précipitation.

B. Dosage et mesure

0,5 ml d'échantillon chargé en chlorures est dilué dans une fiole de 100 ml. La solution obtenue ($V_a = 100$ ml), dans un bécher conique, est mélangée avec 1 ml d'indicateur de chromate de potassium, puis titrée par addition goutte à goutte d'une solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brune rougeâtre.

La concentration en chlorure C_{Cl} , exprimée en milligramme par litre, est donnée par la formule suivante :

$$\frac{x}{V_a} \times \frac{xf}{f}$$

V_s : Volume de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon (ml).

V_B : volume de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage du blanc (ml).

V_a : volume de l'échantillon pour essai en (ml).

C : concentration réelle exprimée en mole par litre, de la solution de nitrate d'argent, éventuellement corrigée du coefficient correcteur (cf. 6.5.3).

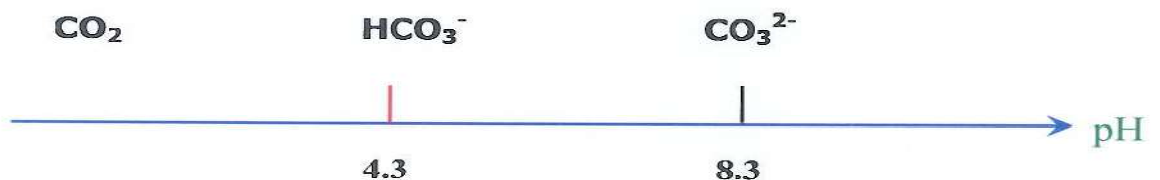
f : 35453 (masse molaire du Cl x 1000)mg/mol.

Détermination de l'alcalinité : Titre alcalimétrique (TA) et

Titre alcalimétrique complet (TAC) (Norme française T90-036)

Le principe consiste à déterminer des concentrations en ions bicarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}), et hydroxydes (OH^-) grâce à la mesure de l'acide chlorhydrique nécessaire pour amener à pH 8,3 et 4,5 l'échantillon à analyser.

La première détermination (pH) sert à calculer le titre alcalimétrique (TA). La seconde (pH = 4,5) sert à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).



L'expérimentation consiste à fixer le pH d'une solution de 100 ml à une valeur de 8,3

* Si le pH est supérieur à (8,3), la solution est titrée lentement par l'acide chlorhydrique (0,01N) pour obtenir (pH = 8,3). Les volumes (ml) de l'échantillon à pH = 8,3

Et nécessaire à l'obtention du pH 4.5 sont notés respectivement V_1 et V_2

*Si le pH est inférieur à 8,3. La solution est titrée lentement par l'acide chlorhydrique (0,01N) pour obtenir (pH = 4.5). Le volume correspondant est noté V_2 (ml).

Les TA et TAC sont déterminés en suivant les relations suivantes:

$$TA = V_1 * 10 \quad (^\circ F)$$

$$TAC = V_2 * 5 \quad (^\circ F)$$

IV.3.2. Analyse par spectrophotométrie d'absorption moléculaire UV-visible

Cette méthode est utilisée pour doser les composants suivants :

- Ammonium
- Nitrates
- Nitrites
- phosphates
- Sulfates.

❖ **Dosage de l'ion ammonium** (Norme ISO 7150/1)

Le principe consiste à quantifier le composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Les ions hypochlorites sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium dichloroisocyanurate de sodium.

40 ml d'échantillon à analyser sont mélangés avec 4 ml du réactif coloré et 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium. La solution finale bien homogénéisée, est analysée par spectrophotométrie UV-visible à la longueur d'onde de 655 nm.

La détermination de la teneur en NH_4^+ est réalisée par emploi d'un spectrophotomètre type DR 5000

La concentration en Ammonium est exprimée en milligramme par litre.

❖ **Dosage des nitrates par la méthode au salicylate de sodium** (Rodier 1971)

Les nitrates donnant du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune sont dosés en présence de salicylate de sodium

L'opération expérimentale consiste à traiter 10 ml d'échantillon par 2 à 3 gouttes de NaOH à

30 % et 1 ml de salicylate de sodium dans une capsule de 60 ml puis refroidir après évaporation à l'étuve entre 75 - 88 °C.

Le solide séché ainsi obtenu est additionné par 2 ml H₂SO₄ puis laissé au repos pendant 10 min. La solution finale est diluée avec 15 ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium. Les solutions finales obtenues sont analysés par spectrophotométrie à 420 nm.

La concentration en nitrates est exprimée en milligramme par litre.

❖ Dosage des Nitrites (Norme ISO 6777)

Le principe consiste à faire réagir des ions nitrites présents (dans une prise d'essai, à pH 1,9) avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque. Celui-ci peut former un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane.

Les mesures sont effectuées à 540 nm.

Des prélèvements de 40 ml de chaque solution obtenue, on ajoute dans l'ordre 1 ml du réactif coloré. Le mélange obtenu bien homogénéisé à un pH de l'ordre de 1,9 puis laissé au repos pendant au moins 20 min.

Est analysées à 540 nm.

❖ Dosage des ortho phosphates (Méthode au molybdate d'ammonium) (Norme ISO 6878).

Le principe consiste à faire réagir des ions ortho phosphates avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate.

La réduction du complexe par l'acide ascorbique permet de former un nouveau complexe de molybdène (fortement coloré en bleu).

Les mesures de l'absorbance de ce complexe permettent de déterminer la concentration en ortho phosphates.

Les dosages sont effectués sur des prélèvements de 40 ml d'échantillon et des solutions d'acide Ascorbique (C=100 g/l ; V =1 ml) et d'heptamolybdate d'ammonium (V=2 ml).

L'absence de couleur indique l'absence de phosphates (PO₄³⁻). Ce qui correspond à une valeur < 0,09 mg/l de phosphates.

Par contre, les solutions colorées en bleu sont sensible par spectrophotomètre à la longueur d'onde de 880 nm.

❖ Dosage des sulfates (Rodier)

Le principe consiste à faire précipiter les ions sulfates, en présence de chlorure de baryum (BaCl_2), sous forme de sulfate de baryum.

En pratique, les prélèvements de 20 ml d'échantillon sont titrés par 5ml de la solution stabilisante. L'ensemble est soumis à une agitation mécanique lente. Par la suite, 2 ml de chlorure de baryum soit ajoutés suivi d'un ajout de 100 ml d'eau distillée sous agitation mécanique rapide pendant 1 min. la mesure est effectuée par spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420nm.

La concentration des SO_4^{2-} est déterminée en mg/l.

IV.4. Purification de la saumure

Les réactifs et appareillage utilisés sont donnés dans la partie annexe N⁰ 1 et 2

IV.4.1. Purification de la saumure avec la soude

Plusieurs essais ont été effectués dans le but d'éliminer les ions de calcium et de magnésium comme le montre le Tableau IV.1 ci-dessous.

Tableau IV.1 : Conditions de purification de la saumure avec la soude dans le

1^{er} essai

échantillon N ⁰	1	2	3	4	5	6
volume de la soude (ml)	10	20	30	40	50	60

V_i (saumure) = 1L, $C_{\text{NaOH}} = 2N$, $V = 180 \text{ tr/min}$, $t = 15 \text{ min}$, $\text{Décantation} = 1 \text{ H}$.

IV. 4.2. Purification de la saumure avec chlorure de baryum

Les essais de purification de la saumure avec le chlorure de baryum ont pour but d'éliminer totalement les ions de sulfates SO_4^{2-} . Pour cela, nous avons réalisé les essais dont les conditions sont présentées dans le Tableau IV.2.

Tableau IV.2 : Conditions de purification de la saumure avec du chlorure de baryum dans le 1^{er} essai.

échantillon N ⁰	1	2	3	4	5	6
Volume de chlorure de baryum (ml)	0	5	10	15	20	25

V_i (saumure) = 1L, C ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$) = 150g/l, V = 180 tr/min, t = 15 min, Décantation = 44 H.

IV. 5. Séchage naturel de la saumure et l'eau de mer

IV. 5.1. Méthode de séchage (voir annexe 4)

Le principe du séchage consiste à effectuer les opérations suivantes :

- a) Fixation des volumes des échantillons ;
- b) Suivre la température de chaque récipient ;
- c) Déterminer le volume évaporé pendant une semaine ;
- d) Analyse du sel de mer et de sel de saumure formé.

A. Fixation des volumes des échantillons

En pratique, nous avons utilisé des récipients en plastique de différents volumes (1, 2, 6, 12 et 35 l) afin d'éviter le phénomène de corrosion.

Ainsi donc, des récipients de 1L (pour la saumure et l'eau de mer) ont été utilisés comme le montre la Figure IV.1.

L'objectif étant de suivre la formation des fleurs de sel chaque semaine durant la période estivale.



Figure IV .1 :Photo montrant le séchage naturel de la saumure et l'eau de mer (photo prise, 2013).

Cette Figure montre les quantités des volumes d'eau de mer et de saumure utilisées pour le séchage naturel.

B. Suivi de la température

Dans cette étape, nous nous sommes basés à mesurer la température de chaque récipient chaque jour à 13 h 00 pendant une semaine (aller vers l'annexe 4).

C. Etude du volume évaporé pendant une semaine

Après le séchage naturel de la saumure et l'eau de mer, nous avons déterminé les volumes restants dans chaque récipient et analyser les différents sels obtenus (au niveau de l'usine d'El Outaya-W-Biskra).

D. Analyse des saumures

L'analyse des ions chlorures (exprimé en g/l et en Be) a été effectuée sur les différentes solutions d'essai.

A noter que les saumures contiennent des matières insolubles et d'autres solubles tels que les sels : NaCl, MgCl₂, CaCl₂, MgSO₄, CaSO₄, Na₂CO₃, NaHCO₃,etc.

Déterminations des matières insolubles

Les matières insolubles sont déterminées par emploi de la formule suivante :

$$\text{Matières insolubles (g/l)} = \frac{(P_2 - P_1) * 1000}{V(\text{aliquote})}$$

P_1 : poids initial (g)

P_2 : poids final (g)

V : volume d'aliquote (100 ml).

1) Détermination des sulfates (SO_4^{2-})

Par analyse gravimétrique, on précipite les ions de sulfate SO_4^{2-} (comme sulfate de baryum BaSO_4) dans un bêcher de 500 ml par ajout de 20 ml de BaCl_2 (solution à 10% sur un volume d'aliquote dans 50ml dans un milieu acide. La solution obtenue est titrée avec 2 gouttes d'acide HCl (1 :1) qui provoque un changement de la coloration en jaune en rose). Par la suite, on fait bouillir pendant 2 minutes puis on laisse refroidir durant 24 heures.

Après filtration et séparation solide-liquide, le solide est rincé plusieurs fois avec l'eau chaude puis transféré dans un creuset préalablement calciné

(850 °C) et pesé à vide (P_1). Après calcination du creuset dans un four à moufle pendant 45 minutes, on laisse refroidir dans un dessiccateur pendant 30 minutes puis on pèse (P_2).

La détermination des sulfates est calculée par emploi de la formule suivante :

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ (g/l)} = \frac{(p_2 - p_1) * 1000 * M.\text{mol}(\text{SO}_4^{2-})}{V(\text{aliquot}) * M.\text{mol}(\text{BaSO}_4^{2-})}$$

P_1 : Poids initial de filtre (g)

P_2 : Poids final de filtre (g)

V : Volume d'aliquote (100 ml).

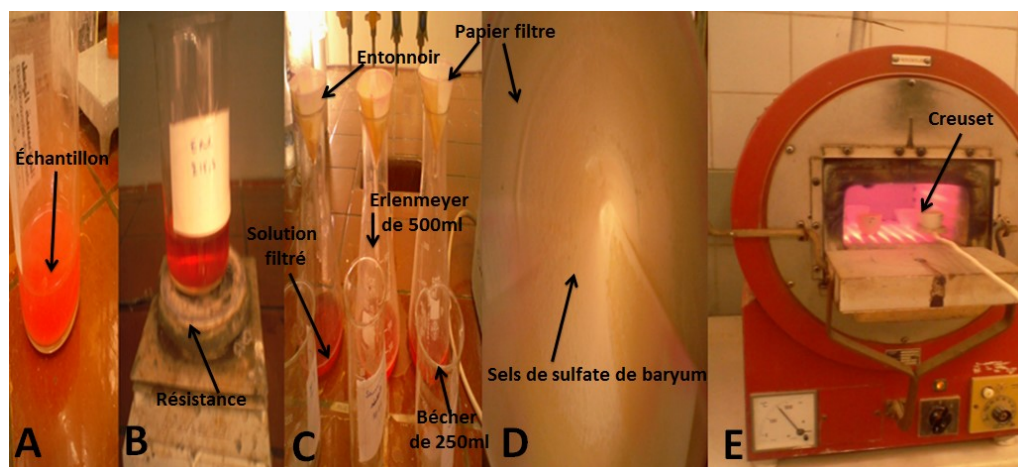


Figure IV .2 :Photos montrant les dispositifs utilisés (photo prise ,2013)

- (A) : Photo montrant le mélange.
 (B) : Photo montrant le dispositif utilisé pour bouillir le mélange pendant 2 minutes.
 (C) : Photo montrant le dispositif utilisé pour l'étape de filtration.
 (D) : Photo montrant les sels de sulfate après la filtration.
 (E) : Photo montrant l'étape de calcination de creuset à 850 °C dans un four à moufle pendant 45 minutes.

2) Détermination des ions Ca^{2+} et Mg^{2+}

Les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} sont obtenus par analyse volumétrique (complexation avec le sel bismodique de l'EDTA) en utilisant l'indicateur calcien pour Ca^{2+} et l'eriochrome noir T (ENT) pour Mg^{2+} , dans un milieu basique.

i. Détermination des ions Ca^{2+}

L'opération consiste à mélanger 20 ml d'aliquote et 20 ml de KOH à 10 % et une pincée de l'indicateur calcien dans un erlenmeyer conique de 250 ml. Le titrage est effectué en ajoutant un volume (V_1) d'une solution de l'EDTA 0.05N, jusqu'à l'apparition de la couleur au rose.

La détermination des ions Ca^{2+} est calculée par emploi de la formule suivante :

$$\text{Ca}^2 \text{ (g/l)} = \frac{V_{\text{EDTA}} * N_{\text{EDTA}} * E_{\text{q.Ca}^{2+}}}{V(\text{aliquot})}$$

ii. Détermination des ions Mg^{2+}

L'opération consiste à mélanger 20 ml d'aliquote et 20 ml de solution tampon pH 10 et une pincée de l'indicateur E.N.T dans un erlenmeyer conique de 250 ml. Le titrage est effectué en ajoutant un volume V_2 d'une solution de l'EDTA 0.05N, jusqu'à l'apparition de la couleur bleu.

La détermination des ions Mg^{2+} est calculée par emploi de la formule suivante :

$$Mg^{+2}(g/l) = \frac{(v2-v1)EDTA * N_{EDTA} * E_{q.gMg+2*n}}{V(\text{aliquot})}$$

IV. 6. Variation de la conductivité

A l'aide du dispositif de la Figure IV.3, on remplit un bécher de 500 ml contenant la solution (saumure, eau de mer ou l'eau usée) puis on plonge deux électrodes (l'une pour le pH et l'autre pour la conductivité) dans le milieu. L'opération consiste à suivre, en même temps, le pH et de la conductivité en ajoutant sous une vitesse 900 tr/min.

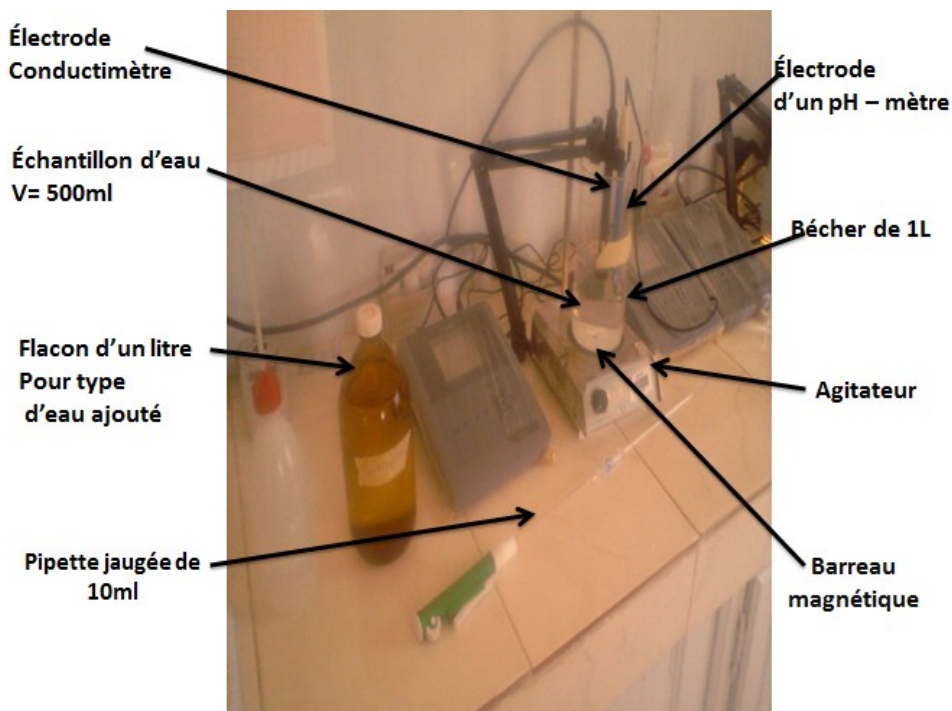


Figure IV.3: Photo montrant le dispositif expérimental de dilution (photo prise, 2013)

LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

ms/cm : Milli siemens par centimètre

μS/cm : Micro siemens par centimètre

nm : Nanomètre : 10^{-9} m

NTU : Unité de Turbidité de Néphélométrie.

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique complet

TH : Titre Hydrotimétrique ou dureté, exprimé en °F

°F : Degré français

EDTA : Sel disodique d'acide éthylène-diamine

tétraacétique: $C_{10}H_{14}N_2O_8Na_2 \cdot 2H_2O$

N : Normalité

VTE: Tubes verticaux arrosés

VC : Compression de vapeur

ED : Electrodialyse

DBO : Demande biochimique en oxygène

pH : Potentiel hydrogène

TDS : Total dissolved solids

Be : Degré Baumé

Absorbance : Caractérise la lumière absorbée par l'échantillon

VMD : Vacuum membrane distillation.

VSEP : Vibration shearenhanced process

SWRO: Sea water reverse osmosis

MSF: Multi-stage flash.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1].Alain. Mourel, juin 2006, Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtre
Et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement, p. 22-25- 260,
Edition Lavoisier, 2^{ème} édition, Paris.
- [2].Jacques. Bethemont, 2012, les mots de l'eau, Dictionnaire des eaux douces de la
métrique à la symbolique, P. 84, l'hamattan, Paris.
- [3].Bruno. Peuportier, 2003, Eco-conception des bâtiments: bâtir en préservant
l'environnement, P.27, Presses des Mines, Amazon France.
- [4]. Comité des techniciens, 1993, circuits eau de mer traitements et matériaux, p22,
livre, édition technique, Paris.
- [5].Pierre. Goudet, Philippe-José Yindoula, 2008, Matière et énergie dans
Les systèmes, chimie Biochimie alimentaire, p.50, Edition : Laurence Audenet-verrier,
Paris.
- [6]. Production d'eau potable, document électronique, p.2.
http://lycees.acrouen.fr/francois1/p2/f/IMG/pdf/05Dessalement_de_l_eAau.pdf
- [7]. Mohamed El Battiui, 2010, la gestion de l'eau au moyen-orient, p.233, Ed.
Harmattan, Paris.
- [8].J. Salomon, 2012, Le dessalement de l'eau de mer est-il une voie d'avenir? , P.241,
Revista de Geografia e Ordenamento do Território, n.º 1 (Junho). Centro de Estudos de
Geografia e Ordenamento do Território.
- [9]. Frédéric. Lasserre et Luc.Descroix, 2011, Eaux et territoires tension, coopérations
et géopolitique de l'eau, p 104-106, livre électronique, 3^{ème} édition, presses de
l'université du Québec, Canada.
- [10].Elodie.Singlande, 10octobre 2006, Procedesintegres couplant l'electrodialyse et le
traitement biologique : influence de la composition ionique et application au, p10-13,
these, Laboratoire de Génie Chimique, Unité Mixte de Recherche 5503, CNRS / INP /
UPS, Toulouse Ecole Doctorale Transfert, Dynamique des Fluides, Energétique,
Procédés.

- [11].Patrick. Rousseaux,TiberiuApostol,Pierre Le Goff, 2000,
Valeur environnementale de l'énergie, p.67, livre, presses polytechniques
Et universitaires romandes et INSA de Lyon.
- [12].TARRIER , Michel, 2009, Nous peuple dernier Survivre sera bientôt un luxe , p.329,
livre , Ed.Harmattan , Paris.
- [13].[http://www.djazairess.com / fr/ lemidi / 806050107](http://www.djazairess.com/fr/lemidi/806050107)
- [14].Céline Marc-Hubert Depert Pierre le Masne, 2009, Développement Durable et
Responsabilité Sociale des Acteurs, p.142, Édition L'Harmattan , Paris.
- [15].Annette. Lahaye-Collomb,Le Sel de Guerande,Editions Jean-paulGisserot, Amazon
France
- [16].Camille .Knockaert, 1990, Valorisation des produits de la mer, le Fumage du
poisson, p.27, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer Ifremer,
Éditions Ifremer Centre de Brest, France.
- [17]. Commission Européenne, Décembre 2001, Industrie du chlore et de la soude,
p.56-57, Document de référence sur les meilleures techniques disponibles, (N^o
224page).
- [18]. République Française, Préfecture du Jura, Réglementation et des affaires
juridiques, Bureau des élections et du débat public, ARRÊTÉ N^oAutorisation de mise en
place de la « Salle 7 » d'électrolyse de la saumure pour la production du chlore,
comportant 6 électrolyseurs, pour une capacité de production totale des installations
d'électrolyse (salle 6 + salle 7) de 360 000 tonnes 1 an. , P.21, France.
- [19].A.chauvel-G .lefebvre-L .castex, 1986, procédés de pétrochimie,
caractéristiquestech Niques et économiques,P.205, tome 2, éditionstechnip , Paris,
- [20].M .Jabnoue, 2007-2008, Adaptation des plantes à l'environnement, Stress Salin,
p.14, documentélectronique ,
- [21].Centre d'étude et de valorisation des algues, 2004, Les halophytes : plantes des
milieux 1, Directeur de la publication : Dominique Brault • Rédacteur en chef :
Guillermino Martins Editeur : Marie-Christine Le Marrec, France.
- [22].M. Michel Messin, Janvier2006 , Le risque minier ,P.9 -19,

Document d'information édité par le ministère de l'Écologie et du Développement durable, direction de la Prévention des pollutions et des risques, sous-direction de la Prévention des risques majeurs Avec l'aimable collaboration de M. Michel Messin, directeur de l'apsrm et de M. Christophe Didier de l'INERIS Conception et réalisation : Oréade Conseil [38420 Domène] Graphies [38240 Meylan],

[23]. Dominique Matray, M, 2013, Éliminez le sel retrouvez la forme! , p. 11-12, livre électronique,alpeneditions.a.m, Amazon, France.

[24].Alix Iefief-delcourt , 2010 . Le sel malin, p33, livre électronique, Editions : leduc, Amazon France.

[25]. Philippe, Geslin, 2002, L'amitié respectueuse : production de sel et préservation des mangroves de Guinée, P.8-63-67.France.

[26]. Jean-Pierre Rivron, 1^{er} mai 2013, Le Panorama des fours à sel gaulois (1er siècle avant JC) aux Moutiers en Retz, Numéro spécial N°6 .

[27].Sonia.Sejourne, Environmental Management and Restoration of Mediterranean Salt Works and Coastallagoons, p10, article électronique.

[28]. Les Grands Landiers - Pont Clin - St MMOLF, 2000 La ferme salicole artisan producteur de sel de Guérande, charte qualité, P5.

[29].Ayad. Rima, 12 au 14 décembre 2011, Screening d'activités hydrolytiques extracellulaires Chez des microorganismes halophiles aérobies isolés D'environnements hyper salins de l'Est algérien, P.18, mémoire.

[30]. Directeur de la publication : Francis allory, Créationoriginiale:

albéric d'Hardivilliers,Création graphique :Léopoldine solovici, Septembre 2009, Les articles du musée du plâtre , P.1 ,FintanCorcoran en-Parisis.

[31].GérardCopin-Montégut, Le sel de la mer, P.22.

[32].Weller,O,Dufraise,A ,Pétoquin,P,2008,Sel,eau et foret D'hier

à aujourd'hui,P.347 ,Presses universitaires de franche-comté ,Paris.

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

[34]. John Wiley et Sons, Inc., 2004, water desalting paninguid for water utilities, p.38-40 , livre,americanwaterworks association.

[35].Clara Donadio^a , Anne Bialecki^a , Alain Valla^b , Laurent Dufosse^a , * ,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.

[36].<http://www.allanapotash.com/i/photos/P1000953.jpg>

[37].http://www.allanapotash.com/i/photos/Photo_4.jpghttp://www.allanapotash.com/i/photos/Photo_4.jpg

[38].Fakhru'l-RaziAhmadun^{a , b} , * , AlirezaPendashteh^a , LuqmanChuah Abdullah^a , DayangRadiahAwang Biak^a , SayedSiavashMadaeni^c , ZurinaZainalAbidin^a , 2009, Review of technologies for oil and gas produced water treatment .P15.

[39]. A.M.O. Mohameda*, M. Maraqa, J. Al Handhalyb, 2005, Impact of Land disposal of reject brine from desalination plants on soil and groundwater,P.417,elsevier, science directe, faculty of agriculture,sultanqaboosunivercity.oman.

[40]. E. Fievez¹, V. Bonn elye², Mars - Juin 2009, impact environnemental

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

[41]. S. Altmeyer-Progepi-LsgcNancy,avril 2004,Etude du devenir et de la traitabilite de boues salees,p.9,synthese de l'etude Français /Anglais.

[42].Tinos, NTUA, Culligan S.A, Due date of Deliverable: December 2010, Revised version: Jun 2012, Development of an advanced, innovative, energy autonomous system for the treatment of brine from seawater desalination plants.

SOL-BRINE, p. 53-55, Deliverable 1.1: Report on the evaluation of existing methods on brine treatment and disposal practices.

[43].Jean-Pierre Mericq, Stéphanie Laborie, Corinne Cabassud, 2010, Vacuum membrane distillation of seawater reverse osmosisBrines, p.5261-5262, Sciencedirect, Elsevier, France.

Conclusion Générale

Avec la croissance démographique, le taux des eaux usées ne cesse de croître et les techniques anciennes utilisées telles que les fosses septiques ne peuvent répondre à leurs traitements. C'est pourquoi elles sont déversées directement dans les eaux de mer.

Il est connu que les eaux usées engendrent des odeurs indésirables et entraînent le développement des insectes nuisibles. L'utilisation de ces eaux dans l'évacuation de la saumure des usines de dessalement pourrait être une alternative. D'autant plus qu'elle présente les avantages d'être

Moins coûteuse, et n'engendre pas la formation de boues.

L'ajout des eaux usées à la saumure pourrait diminuer les impacts sur l'environnement et avoir des résultats conformes aux

Normes internationales.

La composition chimique de la saumure issue des installations de dessalement reste très complexe à cause de la présence des impuretés indésirables comme les ions de (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-}).

L'élimination de ces impuretés consiste donc à utiliser la soude et le carbonate de sodium pour éliminer les ions de magnésium et de calcium et les sels de baryum pour éliminer les ions de sulfates.

Au terme de ce modeste travail, nos différents essais de séchage de la saumure et de l'eau de mer dans les périodes estivales nous ont permis de conclure que la production de sel de la saumure reste plus élevée que celle issue de l'eau de mer.