

République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique**

CENTRE UNIVERSITAIRE D'EL-OUED

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et technique

Filière : Génie des Procèdes

Spécialité : Génie des Procèdes

Présenté par : LECHELAH Ahmed Faouzi

CHETTI Abdelaziz

CHABBOU Brahim

Thème

**EXTRACTION ET RAFFINAGE DU SEL
RAPPORT DE STAGE**

Soutenu le 27 Juin 2010

Devant le jury composé de :

M.	FADEL Ammar	MA (B)	Président
M.	BOUGHZEL Abdelsalem	MA (B)	Examineur
M	ROUAHNA Nouredine	MA (B)	Rapporteur

2009-2010

SOMMAIRE

Partie théorique

Introduction Générale.....1

Chapitre I: généralités du sel

I.1	Identité du sel	2
I.2	Propriétés physico- chimique :.....	2
I.3	Les différents types de sel.....	4
I.3.1	Le sel marin.....	4
I.3.2	Sel gemme.....	5
I.4	Applications et utilisations	5
I.4.1	Adoucissement de l'eau.....	5
I.4.2	Sel de cuisine.....	6
I.4.3	Chlore.....	6
I.4.3.1	Electrolyse d'une solution de chlorure de sodium	8
I.4.4	Sécurité des aliments.....	9
I.5	Procédé d'extraction.....	9
I.5.1	Sel ignigène.....	9
I.5.2	Sel gemme.....	10
I.5.3	Le sel de mer.....	12

Partie pratique

Chapitre II. Production de sel alimentaire et industrielle

II.1	Situation géographique de la zone d'étude.....	13
II.2	Aperçu général sur la société nationale du sel.....	13
II.3	Le chott Merouane.....	13
II.4	Le sel du marais salants.....	13
II.5	Principe de production du sel.....	14
II.6	Les deux étapes de production de sel cristallisé par évaporation naturelle :	14
II.7	Les étapes de production.....	14
II.7.1	L'étape de pompage:.....	14
II.7.2	L'étape de récolte:.....	14

II.7.3	L'étape de lavage de sel.....	15
II.7.3.1	L'étape du mélange du sel avec l'eau.....	15
II.7.3.2	L'étape de pompage	16
II.7.3.3	L'étape de la séparation de sel.....	16
II.7.3.4	L'étape de l'accumulation de sel:	16
II.7.4	Deuxième lavage	17
II.7.4.1	L'étape du mélange du sel avec l'eau.....	17
II.7.4.2	L'étape de pompage.....	18
II.7.4.3	L'étape du tamisage.....	18
II.7.4.4	L'étape de broyage.....	18
II.7.4.5	L'étape du traitement iodé.....	18
II.7.4.5.1	Propriétés de KIO_3	18
II.7.5	L'étape de stockage :.....	20
II.7.5.1	Le sel industrielle	20
II.7.5.2	Le sel alimentaire.....	20
II.8	PLAN DE MASSE.....	21
Chapitre III. Contrôle de qualité du sel		
III.1	Analyse chimique du sel.....	22
III.1.1	La perte de masse à 110°C (Humidité)% H_2O	22
III.1.2	Métiers insolubles dans l'eau.....% insolubles.....	22
III.1.3	Titration de calcium.....	23
III.1.4	Titration du magnésium.....	23
III.1.5	Dosage des Sulfates	23
III.1.6	Titration du chlore Cl^-	24
III.1.7	Titration à Blanc	24
III.2	Analyse du sel alimentaire.....	27
III.2.1	Définition	27
III.2.2	Principe.....	27
III.2.3	Réactifs	27
III.2.4	Recommandations.....	27
III.2.5	Préparation des réactifs : ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).....	27
III.2.6	Solution de dosage (0.002M).....	27
III.2.7	Solution du dosage	28

III.2.8	Solution de KI a 10%	28
III.2.9	Etalonnages de la solution de thiosulfate (0.002 ou N1500).....	28
III.2.10	Appareillage	28
III.2.11	Mode opératoire.....	28
III.2.12	Précaution	29
Conclusion générale.....		30
Références Bibliographique.....		31

Remerciements

*Je remercie tout d'abord le tout peussant
Qui nous a donné le courage et la volante pour accomplir ce travail
Je suis particulièrement reconnaissants a notre promoteur Mr
Rouahna Noureddine qui m'a donne bénéfice de ces remarque et son
aide.*

*Je remercie également tous les fonctionnaires du département de
génie de procédé-université d'El-oued.*

*Mes remerciements s'adresse aussi au président et aux membres du
jury qui ont accepté de juger notre travail.*

Mr Boughzal Abdelsalem.

Mr Fadel Ammar.

*Je remercie également tout le personnel.
de E.N.A.S.E.L Unité Salin Merouane d'El-Méghaier.*



DEDICACE

CHETTI ABDELAZIZ

Je dédie ce modeste travail d'abord à ma très chère mère

Pour leur amour et leur conseils

Malgré que les mots sont insuffisants.

A mon très chère père mon exemple

A tous mes frères et sœurs surtout Ismail, Salwa. Hadjer, Kawtar

,Adnane ,Saadia, Drisse et Eliasse

A tous Mes amis de groupe 3^{ème} génie procédé

A tous mes amis surtout B.Mouhamed et R.Mehdi , S ,

Abdallah ,N,Abdelrahmane,H,Fawaz,G,Soufiane,M,Amor,H,Atef

A mes collègues C,Brahim et L.Ahmed.F

Et a tout mes amis et connaissance





DEDICACE DEDICACE

LECHELAH AHMED FAOUZI

Je dédie ce modeste travail d'abord à ma très chère mère

Pour leur amour et leur conseils

Malgré que les mots sont insuffisants.

A mon très chère père mon exemple

A tous mes frères et sœurs surtout Safa, Rania, Widad, Marwa et Aicha

A tous Mes amis de groupe 3^{ème} génie procédé

A tous mes amis

A mes collègues Ch, Abdelaziz et C. Brahim

Et a tout mon amis et connaissance





DEDICACE DEDICACE

CHABOU BRAHIM

Je dédie ce modeste travail d'abord à ma très chère mère

Pour leur amour et leur conseils

Malgré que les mots sont insuffisants.

A mon très chère père mon exemple

A tous mes sœurs

A tous Mes amis de groupe 3^{ème} génie procédé

A tous mes amis surtout H.Youcef, A,Aoune, Ishak, Ali

A mes collègues Ch, Abdelaziz et L.Ahmed.f

Et a tout mes amis et connaissance



Introduction générale

Plusieurs études ont été réalisées, dans plusieurs régions du monde, dont le but est le analyse chimique des saumures des lacs salés depuis les travaux de Clarke (1924), jusque a les récents .ces études montrent que l'évolution géochimique des lacs salés est régie par la composition chimique des sources d alimentations. Le concept de formation des minéraux évaporitiques est fonction des interactions ioniques

En Algérie, les chotts Merouane et Melghir sont situés dans le Sahara sepientrional, font partie des grandes étendues lagunaires de la Afrique du Nord, la altitude de ces chotts est inferieure au niveau de la mer environ (-31m). La région est caractérisée par un climat saharin, avec des températures qui dépassent les 50 c en période d'été et des températures basses qui peuvent descendre jusqu'à 0 c en hiver. Le chott Merouane est alimenté par deux sources principales le canal collecteur de l'Oued Righ et les eaux souterraines de la nappe du complexe terminal.

L'objectif de ce travail, est la reconstitution de l'histoire géochimique du chott, dans son cycle géochimique global. Lamies en évidence de l'évolution des éléments majeurs et les éléments en traces, avec une contribution du calcul de la vitesse de précipitation des minéraux évaporitiques sur terrain et la comparaison des résultats avec ceux du laboratoire. Notre présente étude montre que les éléments les plus répandus dans les eaux du chott Merouane sont: Na, Cl, Mg, K, HCO_3 et Ca. Le comportement de ces éléments est distinct : le Na et le cl, présentent une diminution des teneurs dans les saumures dés le mois de janvier jusqu'à la fin du cycle géochimique du Chott .Le magnésium, le potassium, les sulfates et les bicarbonates montrent un enrichissement au cours de l'évolution des eaux du chott Merouane. Et enfin le calcium et la silice diminuent au cours de l'évolution des saumures, du fait de leurs produits de solubilités très faibles.

L évolution géochimique des eaux du chott Merouane conduit à la précipitation d'une séquence des minéraux évaportiques suivants : calcite, gypse, halite, epsomite, le glauberite, blodeite et bischovite.

En ce qui conceme les éléments en traces, (Li, B, Cu et As), ils restent dans les eaux du chott jusqu'à des phases très avancées de l'évolution géochimique. Une partie de ces éléments en traces précipitent avec les minéraux évaporitiques, et le reste s'infiltre dans les espaces interstitiels des minéraux évaporitiques.

Chapitre I généralités du sel

Introduction

I.1 Identité du sel

Le chlorure de sodium (NaCl) est une substance minérale composée d'environ 40 % de sodium (Na^+) et à 60 % de chlore (Cl^-). la saveur salée est un déterminants de l'alimentation depuis bien longtemps...

Dès 1900 en France, le législateur a souhaité définir la qualité alimentaire des denrées faisant partie de l'alimentation du plus grand nombre à tout âge de la vie. Le sel est soumis au droit commun pour tout ce qui a trait aux dispositions générales (étiquetage, emballage, hygiène...).

Le décret du 24 avril 2007, relatif aux sels destinés à l'alimentation humaine, prévoit que le sel de qualité alimentaire est un produit cristallin se composant principalement de chlorure de sodium (NaCl), provenant exclusivement de marais salants, de gisements souterrains de sel gemme ou de saumures provenant de la dissolution de sel gemme. Seul le sel contenant 97 % de NaCl sur extrait sec peut être iodé [1].

I.2 Propriétés physico- chimique :

Le chlorure de sodium (NaCl), composé ionique, se présente sous forme d'un réseau cristallin d'ions chlore (Cl^-) et sodium (Na^+) régulièrement disposés dans l'espace les uns par rapport aux autres. Ce sel se cristallise selon un réseau cristallin cubique à face centrée tel qu'indiqué sur la figure 01 ci-dessous.

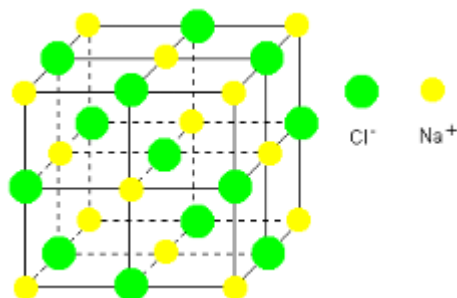


Figure I.1: La structure d'un cristal de chlorure de sodium.

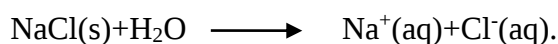
Les principales propriétés physico-chimiques sont montrés sur le tableau suivant:

Formule brute	NaCl
Apparence	Poudre blanche ou cristaux cubiques transparents
Masse molaire	$58,443 \pm 0,002 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Moment dipolaire	9,00117 D
T° fusion	801 °C
T° ebullition	1 465 °C
La solubilité	$357 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ (eau, 0°C) $357 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ (eau, 25°C) $391,2 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ (eau, 100°C)
Viscosité dynamique	1,93 mPa·s (solution aqueuse saturée)
Masse volumique	$2,17 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (25 °C) $1,549 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (fondu, 805°C)

Tableau I.1 :Propriétés physico- chimique [2], [3].

Lorsqu'on met une quantité du sel (chlorure de sodium) dans l'eau, celui-ci se dissout. La dissolution est une conséquence du caractère dipolaire de l'eau . Les molécules d'eau polaires s'orientent sous l'action de forces électrostatiques. Leur pôle négatif (atome oxygène ·O·) est attiré par un ion Na^+ , leur pôle positif (situé au milieu des atomes hydrogène ·H·) est attiré par un ion Cl^- . L'eau entoure et sépare ainsi progressivement chacun des ions (voir figure 02).

L'équation de la réaction de dissolution du chlorure de sodium solide dans l'eau s'écrit :



En réalité, l'orientation des molécules d'eau polaires se fait dans l'espace à trois dimensions

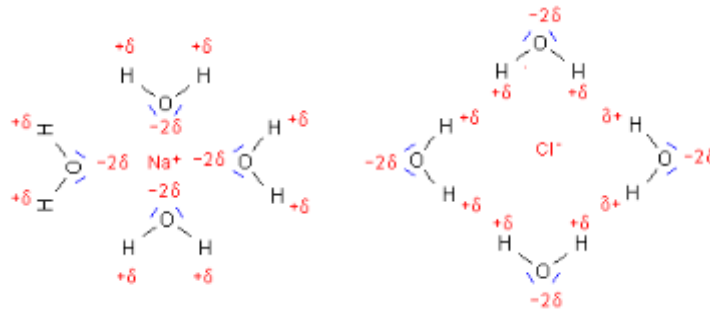


Figure I.2 : Comportement du sel dans l'eau

La conductibilité électrique d'une solution résulte de la présence et de la mobilité des ions à l'intérieur de la solution. Elle dépend de la nature et de la concentration des ions, ainsi que de la température. La mesure de la conductivité électrique d'une solution (conductimètre) permet donc d'estimer sa teneur globale en ions, et se révèle être aussi un bon outil d'étude du comportement des solutés dans les solutions. [3]

I.3 Les différents types de sel

I.3.1 Le sel marin



très abonderait sur les côtes disposant de sols plats et imperméables, subissant un minimum de précipitations pendant les mois chauds afin d'assurer une évaporation maximale.

I.3.2 Sel gemme



Il se situe sur des gisement sous la terre, où la sel gemme se formés de couches superposées de sel marin fossile accumulées au cours des ères géologiques lors de l'évaporation des mers.

I.4 Applications et utilisations :

Le sel est utilisé dans différentes domaines:

Adoucissement de l'eau, déneigement, chimie minérale, industrie alimentaire et alimentation animale.

I.4.1 Adoucissement de l'eau

Quand l'eau provient d'une nappe ou d'une source se trouvant en terrain calcaire, elle est chargée en éléments minéraux, calcium et magnésium notamment, qui sont la cause de sa dureté. Celle-ci est mise en évidence par la formation de dépôts insolubles en réaction avec le savon et par l'entartrage des circuits d'eau chaude.

Le procédé le plus efficace pour obtenir de l'eau douce est celui qui fait appel aux résines échangeuses d'ions. Elles sont chargées en ions sodium qui leur permettent de fixer les ions calcium et magnésium tout en libérant ceux-là. Lorsque les résines sont saturées en calcium et en magnésium, elles doivent être régénérées à l'aide d'une saumure qui dépend de l'approvisionnement régulier de l'adoucisseur en sels spéciaux. Sans une régénération régulière des résines de sodium, ce type d'appareil ne fonctionne plus et cesse de répondre aux attentes des ménages qui en sont équipés. [4]

I.4.2 Sel de cuisine

Les sels fins et les sels gros sont des produits familiers que le consommateur rencontre dans les linéaires (sel de cuisine ou sel de table), on distingue :

- les sels iodés
- les sels iodés et fluorés

Seul, le sel de qualité alimentaire (teneur de 97 % de NaCl sur extrait sec) peut être supplémenté en iode et en fluor.

Le choix du sel fin ou du sel gros est une question de goût. D'aucuns prétendent que l'un sale mieux que l'autre. On serait tenté d'avancer que le gros sel domine à la cuisine tandis que le sel fin s'impose à table. [4]

I.4.3 Chlore

Activité de base de la chimie minérale, le chlore est produit par électrolyse à partir de sel cristallisé ou en dissolution; il en faut de 1,7 à 1,9 t par tonne de chlore. Dans les cellules dont sont équipés les ateliers d'électrolyse, le sel est décomposé par le courant électrique sous une tension faible alors que son intensité est très importante. D'où une consommation d'énergie qui peut atteindre 2 500 - 3 000 kW/h par tonne de chlore.

En fonction du procédé de fabrication, on distingue trois types de "cellule" dont l'importance relative et les besoins en sel sont précisés ci-dessous :

cathode de mercure	52 % sel cristallisé
diaphragme	32 % sel en dissolution
membrane	16% sel cristallisé

L'approvisionnement des ateliers équipés de cellules à cathode de mercure et à membrane est assuré avec du sel cristallisé. Le sel en dissolution alimente les électrolyses à diaphragme et entre dans le processus de fabrication du carbonate de soude. Le procédé mis au point par Ernest Solvay implique deux matières premières : le chlorure de sodium (sel) et le carbonate de calcium (calcaire) et un intermédiaire : l'ammoniac. Le carbonate de soude est notamment utilisé par les industries du verre. A noter également, le sulfate de soude obtenu dans des fours où le sel réagit en présence d'acide sulfurique alors qu'ils sont portés à une température de 550-570°C.

Le chlore est coproduit avec de la soude en quantités à peu près équivalentes. Leur production doit donc être équilibrée en fonction du marché.

La soude caustique (hydroxyde de sodium) est un neutralisant soluble peu coûteux, largement utilisé dans la fabrication de savons, de détergents, d'aluminium et de papier. Elle contribue aussi au traitement de l'eau.

La production française de chlore répond à de nombreux besoins, qu'il entre dans le cycle de fabrication d'autres produits, ou dans leur formulation finale. Les produits dérivés du chlore sont si nombreux qu'ils ont évidemment des propriétés différentes. C'est en fonction de celles-ci qu'il importe d'apprécier son impact sur l'environnement. Son action bactéricide rémanente en fait un désinfectant très efficace.

En France, les réseaux d'alimentation en eau représentent quelque 680 000 km. La chloration permet la désinfection de ceux-ci. En ajoutant une faible quantité de chlore à la sortie de l'usine de traitement (1-3 g/m³) et en vérifiant dans le réseau que l'eau a une teneur minimale de 0,1 g/m³, on prévient tout développement anormal des micro-organismes et on assure au consommateur une eau où les germes sont absents.

Dans le cadre d'un partenariat comprenant plusieurs associations de consommateurs et le Syndicat des Halogènes et Dérivés (producteurs de chlore), une campagne a été lancée qui visait à informer le public, et surtout les scolaires, de la nécessité d'une bonne désinfection de l'eau par les produits chlorés. L'eau traitée avec du chlore peut avoir des effets désagréables (odeur, picotement des yeux). Ils tiennent aux produits de décomposition qu'entraîne l'action du chlore sur les polluants apportés par les baigneurs : ils provoquent la gêne dont ceux-ci se plaignent. Une meilleure aération des piscines y met un terme.

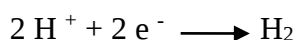
Le chlore sert à fabriquer diverses matières plastiques, dont le PVC que ses nombreuses applications ont rendu très populaire. Il contribue, grâce à nombre d'entre elles, à préserver les ressources naturelles. Les principales applications du PVC en France, sont les suivantes [4] :

tubes et raccords	25 %
bouteilles	25 %
revêtements de	20 %

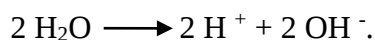
sol	13 %
profilés rigides	9 %
films et plaques	8 %
fils et câbles	

I.4.3.1 Electrolyse d'une solution de chlorure de sodium

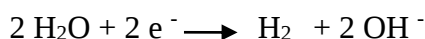
A la **cathode**, les ions H^+ sont réduits et non les ions Na^+ , comme le laisse prévoir la comparaison des potentiels standard d'oxydoréduction :



mais les ions H^+ proviennent de l'autoprotolyse de l'eau selon



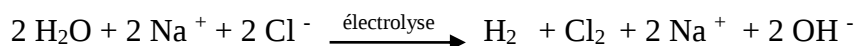
Il est donc préférable d'écrire la réduction cathodique comme la somme des deux équations précédentes :



A l'**anode** les ions Cl^- sont oxydés et non les molécules d'eau, contrairement à ce que laisse prévoir la comparaison des potentiels standard d'oxydoréduction des couples Cl_2/Cl^- et O_2/H_2O . Dans ce cas, l'oxygène se formant beaucoup plus lentement que le di-chlore, c'est le di-chlore qui se dégage :



Bilan de l'électrolyse, les électrons quittent l'anode et arrivent à la cathode, ils n'apparaissent pas dans le bilan en quantité de matière [4]:



chlorure de sodium

hydroxyde de sodium

I.4.4 Sécurité des aliments

L'utilisation de sel dans différents produits alimentaires répond à des besoins organoleptiques (saveur), technologiques (maîtrise des processus) et bactériostatiques (prolifération microbienne).

Quand on sait que le sel a des propriétés bactériostatiques, on comprend que, moins il est pur, moins il participe efficacement à la conservation des aliments.

Les techniques de conservation par le froid (réfrigération, congélation, surgélation) ou par la déshydratation, se sont progressivement substituées, au cours du XXème siècle, aux méthodes de conservation par le sel. Néanmoins, son utilisation garde une place prépondérante, notamment dans l'industrie alimentaire.

L'utilisation du sel est nécessaire à la sécurité sanitaire des aliments comme en charcuterie ou en fromagerie. Le sel est un agent bactériostatique ou un antibactérien qui justifie son utilisation dans la conservation et/ou dans le processus de fabrication de nombreux produits alimentaires.

I.5 Procédés d'extraction

I.5.1 Sel ignigène :

La production du sel est effectuée à partir de la saumure comme la montre la figure 03. Les différentes étapes de cette procédure sont:

1/ Le gisement est lessivé grâce à la circulation souterraine de l'eau douce infectée sous pression par des tubes.

2/ La saumure, qui contient environ 300 g/l de chlorure de sodium (NaCl), est ensuite dirigée vers une station d'épuration.

3/ La saumure est acheminée dans les évaporateurs de la saline où s'opère, sous l'effet de la chaleur, la cristallisation du sel. Le sel est ensuite essoré, puis séché. Il est à ce stade très pur et très blanc [4].

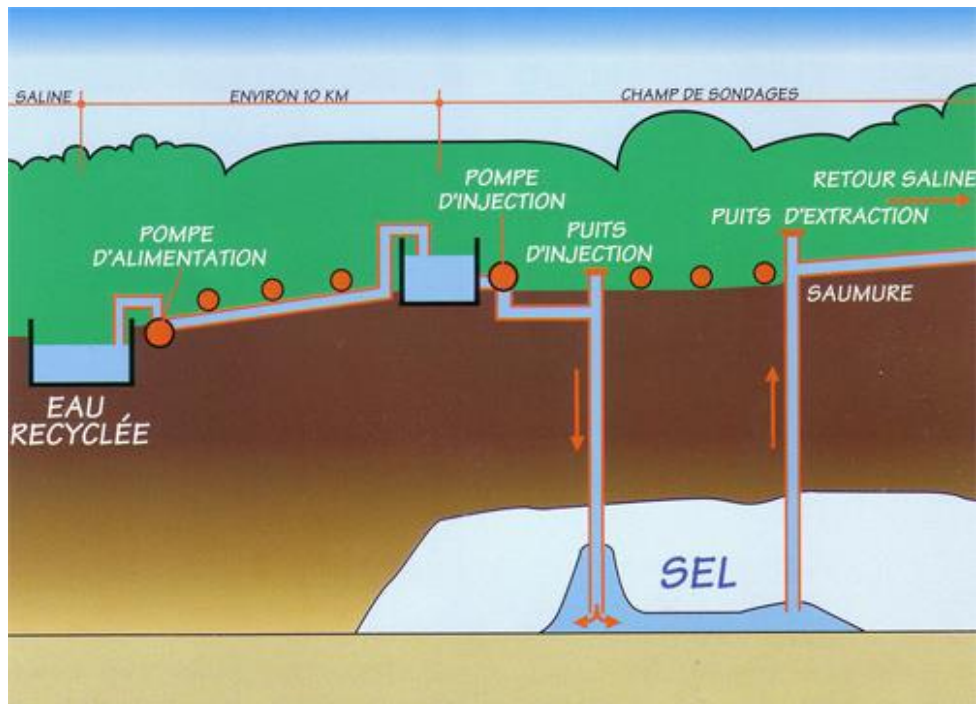


Figure I.3: Procédés d'extraction du sel ignigène:

I.5.2 Sel gemme

les gisements de ce sel sont formés des couches superposées de sel marin fossile accumulées au cours des ères géologiques lors de l'évaporation des mers.

Dans certaines mines le sel est blanc et d'une grande pureté. Ailleurs, il contient des argiles qui lui donnent une teinte rouge ou grise.

En France, seule la mine de Saint Nicolas près de Nancy est actuellement exploitée selon la méthode dite des chambres et des piliers abandonnés (**Figure04**). [4]

1/ L'accès à la mine se fait par un puits vertical à partir duquel un réseau de galeries a été creusé, en laissant en place des piliers de sel carrés ou rectangulaires, qui assurent la stabilité des terrains.

2/ A l'aide d'une haveuse, sorte de tronçonneuse, les ouvriers pratiquent une saignée horizontale de 3 à 5 mètres de profondeur à la base et sur toute la largeur de la galerie

3/ Des trous de 3 à 5 mètres de profondeur sont forés. Des explosifs sont mis en place avant de procéder au tir. Lors de l'explosion, environ 500 à 2000 tonnes de minerai sont abattues.

4/ Le sel est transporté jusqu'à une station de concassage, puis il voyage par des convoyeurs à bande jusqu'à la station de broyage-criblage.

5/ Il est alors acheminé en surface au moyen d'un système de deux skips (grandes bennes) pouvant charrier 20 tonnes chacun.

6/ Il est enfin stocké en vrac ou conditionné.

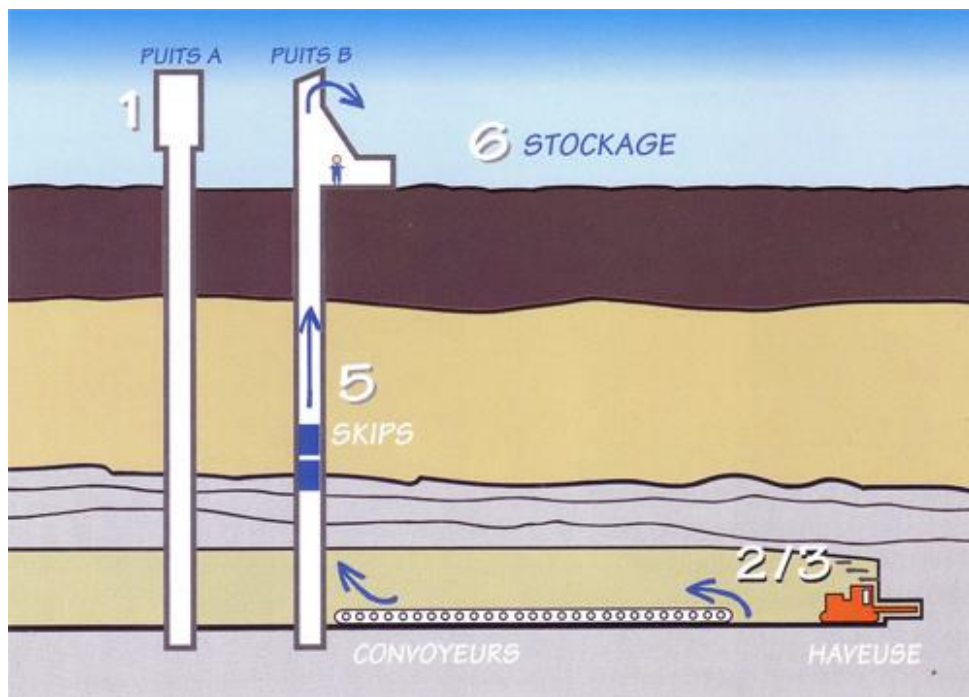


Figure I.4: Procédés d'extraction du sel gemme

I.5.3 Sel de mer

Ce type de sel se trouve sur les côtes disposant de sols plats et imperméables, subissant un minimum de précipitations pendant les mois chauds afin d'assurer une évaporation maximale. le procédure de leur obtention est:

1/ L'eau, pompée depuis la mer, traverse des étangs naturels, les "par-tènements". Elle circule de bassin en bassin et arrive, saturée en sel, à l'entrée de tables salantes rectangulaires où la cristallisation s'effectue.

2/ La couche de sel -appelée gâteau- qui s'est déposée au fond des tables salantes est récoltée une à deux fois par an. Son épaisseur est de 8 à 15 cm.

3/ A l'aide d'un récolteur, machine constituée d'une large pelle à l'avant d'un tracteur à chenilles, le gâteau de sel est prélevé.

4/ Le sel est alors lavé et stocké en tas de 10 à 15 m de haut, les "camelles", afin de diminuer les risques de dissolution en cas de pluie.

5/ Dernière étape, le sel est conditionné en fonction de son utilisation ultérieure.

Chapitre II. Production du sel alimentaire et industrielle

II.1 Situation géographique de la zone d'étude

La région du chotts Merouane et Melghir sont situés dans le Sahara septentrional, font partie des grandes étendues lagunaires de la Afrique du Nord, l'altitude de ces chotts est inférieure au niveau de la mer environ (-31m). Les chotts Melghir et Merouane constituent, avec l'ensemble des chotts tunisiens la plus grande dépression fermée.

II.2 Aperçu général sur la société nationale du sel

Cette société qui est destinée à la production et vente du sel par le décret 444/83 daté les 16/07/1983, sous les transformations que connaît notre pays par l'économie du marché par le système principal daté le 4/06/1990, la société est devenue une entreprise de participations dont elle est décussé à 500 portions coûtant 20 mille dinars algériens pour chaque portion le capital de cette entreprise est de millions de dinars algériens et elle est sous la direction du ministère de l'énergie et de mine.

Le siège social de cette entreprise se trouve dans la zone économique de la de Constantine. Cette entreprise a plusieurs unités au niveau territoire national. Il ya cinq unités divisées selon les zones de l'exploitation des chotts et chaque unité a une activité précise il ya l'unité de sel Merouane à Mgheir. L'unité de Giergour Loumri à la wilaya de Sétif. L'unité de Sidi Bouziane à Guelizane et l'unité Btina à Oran.

II.3 Le chott Merouane

Il est situé au Nord Est Sahara septentrional, qui fait partie administrativement de la Wilaya El-Oued et la daïra d' El-Maghaier, située à environ 9Km du chef lieu de la daïra, dans le village de N'Sigha, de coordonnées géographiques :55°33'N et 10°00'E. Il est considéré comme la plus basse altitude du Nord de l'Afrique (31m au dessous du niveau de la mer). Ce Chott est classé parmi les zones humides, d'importance internationale.

II.4 le sel du marais salants

La fleur de sel ou le sel gemme non raffinés rentrent dans cette catégorie. Le sel non raffiné de mer est plus sain car plus riche en magnésium (sous forme de chlorure

de magnésium) ainsi qu'en oligo-éléments. Cependant, les sels naturels peuvent ne pas contenir suffisamment d'iode pour empêcher les maladies dues à une insuffisance d'iode comme le goitre.

II.5 Principe de production du sel:

Un marais salant est constitué de bassins artificiels d'évaporation dans lesquels l'eau de chott est admise et parcourt un long trajet au cours duquel s'évapore sous l'action du vent et du soleil. Il permet la production de « sel ».

II.6 Les deux étapes de production de sel cristallisé par évaporation naturelle :

- élévation de la concentration de la saumure jusqu'à la saturation (260g/L de chlorure de sodium pour l'eau de saumure).
- la cristallisation du sel à partir de la saumure saturée

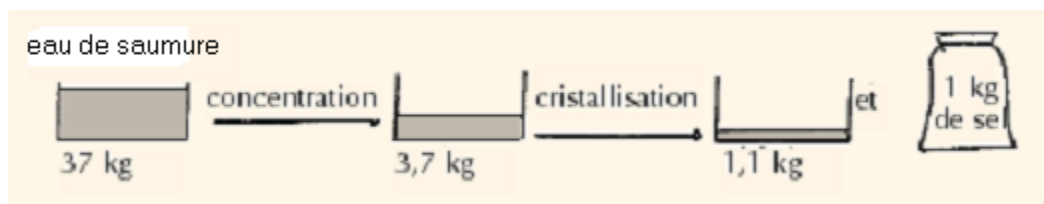


Figure II.1: rendement d'extraction du sel à partir d'eau de chott

II.7 Les étapes de production

II.7.1 l'étape de pompage:

Les solutions de sel (les saumures) sont pompées de chott vers les bassins de production, une pompe qui maîtrise le niveau d'eaux dans ces bassins et l'opération d'évaporation naturelle se passe au niveau des bassins existant près de la société nationale de production et du raffinage du sel.

II.7.2 l'étape de récolte:

Cette étape se déroule souvent en été pour l'évaporation d'eau et le dépôt du sel dans les tables. Le sel brut ressemble avec l'usage des machines (récolteur), et se transporte à la société pour accomplir l'opération du traitement et du raffinage.

Chlorure de sodium	% _{max}	96
Chlorure de potassium	% _{max}	0
Bicarbonate de soude	% _{max}	0
Gramulometrie	a 95% sup a	0.1mm
Gramulometrie	a 95 % inf a	5mm
Calcium(Ca ⁺⁺)	% _{max}	0.3
Magnesium Mg ⁺⁺	% _{max}	0.5
Sulfates (SO ₄ ⁻²)	% _{max}	1.5
Matières insolubles	% _{max}	0.3
H ₂ O a l emballage	% _{max}	5
Arsenic(AS) max		1mg/kg
Cuivre (Cu) max		2 mg/kg
Plumb (pb) max		2 mg/kg
Cadmium (Cd) max		0.5 mg/kg
Fer max		0.5 mg/kg
Zinc max		0.1mg/kg

*Tableau II.1: La composition du sel brut***II.7.3 L'étape de lavage de sel:**

Dans cette étape, le sel passe par une successions d'opérations:

II.7.3.1 L'étape du mélange du sel avec l'eau:

Dans cette étape on met le sel brut dans un trimé à une forme d'un cône dans le quel le sel descend vers le bas pour qu'il se mélange avec l'eau venant de la pompe d'alimentation ,à ce moment l'eau devant une solution semi-saturés (liquide-solide) .

II.7.3.2 l'étape de pompage:

A cette étape, la solution obtenue de la première étape se pompe à hydro cyclène à partir une pompe (pompe reprise).

II.7.3.3 l'étape de la séparation de sel :

Dans cette étape la solution se met dans un grand récipient s'appelle (hydro cyclène) ressemblant cône fermé par la haut alimenté de côté par la mélange que entre rapidement et avec haut débit($550\text{m}^3/\text{h}$). La forme de ce récipient permet la rotation rapide de la solution provoquant la séparation partielle de l'eau du sel par la sortie de l'eau saturée du sel est peu au dessus. Ensuite, la solution le plus saturée passe en bas (dessous) vers un tamis qui tamise l'eau du sel à partir d'un mouvement oscillatoire .Ce mouvement permet de mélanger du sel jusqu'il à tomber sur un tapis mouvant.

Le but de cette étape est la séparation de l'eau qui lave le sel brut de l'argile, la matière organique et les outre impuretés.

II.7.3.4 l'étape de l'accumulation du sel:

Dans cette étape, après le chute du sel sur tapis mobile, le sel s'accumule en utilisant un appareil qui jeter le sel vers le haut cet appareil s'appelle "Gerbasse". Il accumule le sel sous la forme haut montagnes (camelle de sel) pour faciliter le chargement du sel dans l'étape suivant .

Chlorure de sodium % _{max}	98
Chlorure de potassium % _{max}	0
Bicarbonate de soude % _{max}	0
Gramulometrie a 95 % sup a	0.5mm
Gramulometrie a 95 % inf a	5mm
Calcium(Ca ⁺⁺) % _{max}	0.25
Magnesium Mg ⁺⁺ % _{max}	0.25
Sulfates (SO ₄ ⁻²) % _{max}	1.2
Matières insolubles % _{max}	0.25
H ₂ O max a l emballage % _{max}	3.5
Arsenic(AS) _{max}	1mg/kg
Cuivre (Cu) _{max}	2 mg/kg
Plumb (pb) _{max}	2 mg/kg
Cadmium (Cd) _{max}	0.5 mg/kg
Fer _{max}	0.5 mg/kg
Zinc _{max}	0.1 mg/kg

Tableau II.2: La composition du sel camelle (première lavage)

II.7.4 Deuxième lavage du sel :

II.7.4.1 L'étape du mélange du sel avec l'eau:

A cette étape, on met le sel camelle dans un trime qui a la forme d'un cône dans lequel le sel descend vers le bas pour qu'il se mélange avec l'eau venant d'un pompe d'alimentation, à ce moment l'eau devenant une solution semi-saturés (liquide-solide) .

II.7.4.2 L'étape de pompage:

A cette étape ,le sel se mélange avec l'eau et se pompe avec (pompe reprise) dans un conduit relie par un appareil (hydro cyclène),qui sépare l'eau du sel avec le même processus de celle du première lavage.

II.7.4.3 L'étape du tamisage

A cette étape, on tamis et séparer le sel de l'eau avec le même processus utilisé dans première étape de du lavage .

II.7.4.4 L'étape de broyage

A cette étape, on mouline le sel sec (solide), ce sel est un peu rêches, a une forme des cristaux rêches et solide .

A la fin de cette étape, on obtient du sel blanc fin de haute qualité.

II.7.4.5 L'étape du traitement iodé:

dans cette étape, on passe le sel fin et propre au "vice de transport" a une vitesse constante sous un réservoir rempli avec de l'iode(KIO_3), qui à son tour ajouter l'iode au sel dans un point fixe. Le pourcentage de l'iode dans le sel est assuré par une vitesse constante de sel(30 ppm/kg).

II.7.4.5.1 Propriétés de KIO_3

Symbole chimique:(KIO_3)

Type	Alimentaire
Pureté	99 % min
Demdite	2.10 g/Co
Humidité	0.5 % max
Solubilité H_2O	90j/l min
1-idure	0.03 % max
2-sulfate	0.05% max

3-métaux lourds	0.0013 % max
Aspect physique	Poudre blanche
conditionnement	En fut de 25 kg

Tableau II.3 : Propriétés de KIO

3

les normes Algérienne du sel alimentaire NaCl sont:

Chlorure de sodium	98%
Chlorure de potassium	0%
Bicarbonate de soude	0%
Granulométrie a 95 % sup a	0.5mm
Gramulometrie a 95 % inf a	5mm
Calcium(Ca ⁺⁺) % max	0.25
Magnesium Mg ⁺⁺ % max	0.25
Sulfates (SO ₄ ⁻²) % max	1.2
Matières insolubles % max	0.25
H ₂ O max a emballage % max	3.5
Arsenic(AS) max	1mg/kg
Cuivre (Cu) max	2mg/kg
Plumb (pb) max	2mg/kg
Cadmium (Cd) max	0.5mg/kg
Fer max	0.5mg/kg
Zinc max	0.1mg/kg

Tableau II.4 : le norme algérienne du sel alimentaire

II.7.5 Etape de stockage :

En fin de cette production, le sel a été stockée sous différentes types (industrielle et alimentaire).

II.7.5.1 le sel industrielle :

Après de la première lavage, le sel industrielle a été stocké dans big bag a (1000 kg) et dans un sac a 25 kg.

II.7.5.2 le sel alimentaire :

Après traitement par l'iode, le sel stocké dans un sac a 25 kg.

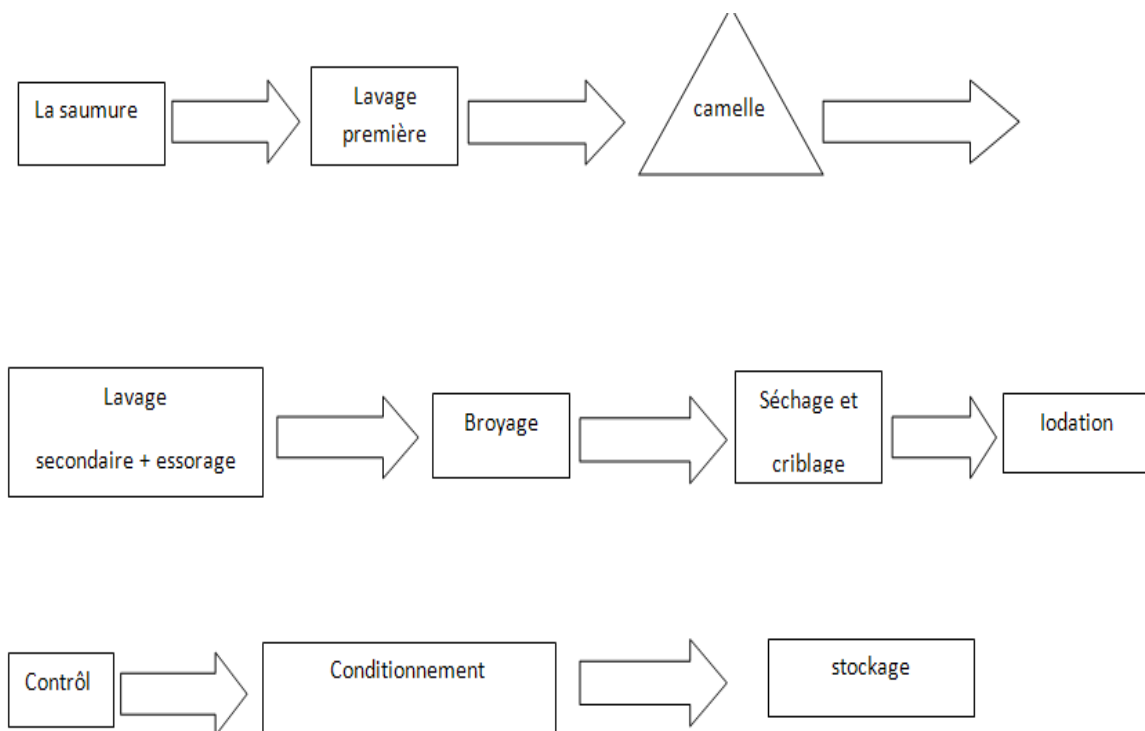


Figure II.2 : Schéma synoptique général illustrant une chaîne de production de sel alimentaire

[illegible]

1	ATELIER DE STOCKAGE
2	PRODUIT FINIS
3	ATELIER ALIMENTAIRE
4	ATELIER INDUSTRIEL
5	ATELIER MECANIQUE
6	ADMINISTRATION
7	BLOC ADMINISTRATIF PROJET
8	BASSIN DE DECONTANTION
9	POSTE TRANSFORMATEUR ELEC.
10	TRENIS DE DECHARGEMENT 2
11	TRENIS DE DECHARGEMENT 1
12	BASSIN DE SOUDURE
13	TOUR DE COMMANDE
14	POSTE TRANSFORMATEUR ELEC.
15	STATION DE LAVAGE
16	GERBEUSE
17	BASSIN DE DECONTANTION
18	TABLE SALENTE
19	CANELLE
20	POSTE DE POLICE

Chapitre III contrôle de qualité

III.1 Analyse chimique du sel

III.1.1 La perte de masse à 110C° (Humidité)% H₂O

Principe : dessiccation à l'étuve à la température de (105-110) c°, jusqu'à masse constant

Mode opératoire : par séchage d'une épreuve d'essais à 1mg près, environ 10g de sel

humide (P.E) dans une capsule tarée à vide P₀ pendant deux heures à (105-110) c°, après refroidissement, pesez la capsule jusqu'à un poids constant P₂

Expression des résultats

$$P_1 = P_0 + 10g \text{ (sel avant Séchage)}$$

$$P_2 = P_0 + P \text{ (poids de sel)}$$

$$(P_1 - P_2) = P_0 + 10 - (P_0 + P)$$

$$(P_1 - P_2) = 10 - P = \Delta P \text{ (perte en H}_2\text{O)}$$

$$\text{Donc} \quad \text{H}_2\text{O \%} = \Delta \frac{P100}{P.E} \quad (1)$$

III.1.2 Matières insolubles dans l'eau.....% insolubles

Principe : mise en solution d'une prise d'essai dans l'eau, Filtration séchage et peser de l'insoluble Mise en volume du filtrat, afin de constituer la solution principale pour l'section des dosages (solution A).

Mode opératoire : Dissoudre une prise d'essais à 0.01g près, environ 100g de sel dans environ 400ml d'eau distiller, filtrer à travers un papier filtre rapide préalablement peser (P₀), puis en l'essence dans une entree noir, le filtrat est récupéré dans une fiole jusqu'à 1000ml, laver les insolubles porter l'entree noir à l'étuve préalablement réglée à une température de (105-110) c° pendant 01 heure, fiole Le refroidir dans le dessiccateur et peser le filtre avec les insolubles (P) compléter le volume dans fiole avec l'eau distillée jusqu'à trait de jauge et homogénéiser (solution A).

$$\text{Insolubles \%} = \frac{(P - P_0) \times 100}{EP} \quad (2)$$

III.1.3 Titration de calcium :

d'une part et de la somme (calcium + magnésium), d'autre à l'aide de EDTA, Bi sodique en présence de l'indicateur glyoxal-bis (2-hydroxyanil) (GBHA) on le calcium pour le dosage de calcium

Prélever 50 ml de la solution A, volume (V_{aliq}) diluer 200ml d'eau distillée ajouter 2 ml de la solution Tri éthanol Amin à 25%, ajouter 10-15 ml de KOH solution à 28% et une pincée de l'indicateur calcium. Titrer avec une solution standard de L' EDTA 0.05N. Jusqu' au virage du vert Fluorescent au rose noter volume V_2

Calcul

$$\text{Ca}^{+2}\% = \frac{[(V_2 - V_1) \times N_{\text{EDTA}} \times \text{Eq.g} \times \text{Ca} + 2 \times V_T \times 100]}{1000 \times V_{\text{aliq}} \times PE} \quad (3)$$

III.1.4 Titration du magnésium

Prendre le même volume d'aliquote 50ml prise pour le calcium (V_{aliq}), ajouter 2ml de la solution tri éthanol amine à 25%, ajouter 10 ml de PH=10 solution et une pincée de l'indicateur noir eriochrome T et titrer avec une solution standard de L'EDTA 0.05N, jusqu' au virage du rouge vineux au bleu noter le volume V_4 .

(Volume utilisé pour le dosage de Ca et Mg^{+2} en même temps)

Calcul

$$\text{Mg}^{+2} \% = \frac{[EDTA \times N_{\text{EDTA}} \times \text{Eq.g} \times \text{Mg} + 2 \times V_T \times 100]}{1000 \times V_{\text{aliq}} \times PE}$$

$\Delta V_{\text{EDTA}} = (V_4 - V_2 - V_3)$ volume dépensé pour Mg

$V_3 = V_{\text{EDTA}}$ (Ca et Mg) pour blanc

$V_4 = V_{\text{EDTA}}$ (Ca et Mg) pour blanc

$V_2 = V_{\text{EDTA}}$ (Ca et Mg) pour blanc

III.1.5 dosage des Sulfates

Principe : précipitation des ions sulfates à l'état de sulfate baryum, en milieu acide et à l'ébullition, filtration, lavage et calcination du précipité, peser du Sulfate de barium.

Mode opératoire : prélever 100ml de la solution principal A, l'introduire dans un bécher de 250ml ajouter 2 ml de HCL 6N, et quelques gouttes de méthyle orange, chauffer jus qu'à ébullition, agiter continuellement et ajouter goutte à goutte 10ml, de la solution de chlore baryum 10%, prolonger l'ébullition pendant quelque minute en agitant continuellement, laisser repose pendant 12h environ à la température ambiante. Filtrer le précipité à travers un papier filtre sans cendres, et laver à l'eau bouillante. Introduire soigneusement le papier filtre et son contenu dans le creuset en porcelaine préalablement lavé après être porté au rouge et refroidie dans le dessiccateur et le placer dans une étuve la température du $110 \pm 20^\circ$ jusqu'à dessiccation complétée, le reporter au four et calciner à nouveau à $800 \pm 25^\circ$ pendant 15 min.

Laisser refroidir dans le dessiccateur jusqu'à température ambiante et peser à 0.1mg près

$$\text{SO}_4^{2-} \% = \frac{(P - P_0) \times V_T \times 100 \times M_{\text{SO}_4}}{P \times E \times V_{\text{aliq}} \times M_{\text{BaSO}_4}} \quad (4)$$

P₀: poids initial de creuset

P: poids final de creuset

V_T: volume total de la solution A

M SO₄:masse moléculaire de SO₄²⁻

M BaSO₄: masse moléculaire de Ba SO₄

III.1.6 Titrage du chlore Cl⁻

Titrage des ions halogénés par les nitrates d'argent en présence du chromate de potassium comme indicateur

III.1.7 Titrage à Blanc

Dans une fiole conique de 500ml introduire, 200ml d'eau distillée. 3gouttes de la solution de chromate de potassium (K₂CrO₄) à 100% titrer avec la nitrate d'argent 0,1N jusqu'au virage du jaune au rose et marquer le volume dépensé V_I

Titration prélever 50ml de la solution principal A, l'introduire dans une fiole de 50ml compléter le volume avec l'eau distillée et homogénéiser (dilution 10fois), prélever de cette dernière 10ml l'introduire dans une fiole conique, diluer à 200 ml puis ajouter 3 gouttes de indicateur chromate de potassium ($K_2CrO_4^-$) à 10% titrer avec la nitrate d'argent 0.1 N jusque au virage du jaune au rose et marquer

$$Cl \% = \frac{[n(V_1 - V_2) \times N_{AgNO_3} \times Eq_{gcl} - \times V_T \times 100]}{1000 \times V_{aliq} \times P.E} \quad (5)$$

V_2 =volume de $AgNO_3$ dépensé pour le titrage

V_1 =volume de $AgNO_3$ dépensé pour le titrage à blanc

$$n = \frac{500}{50(\text{nombre de dilution})} \quad (6)$$

Chlorure de sodium %	98
Chlorure de potassium %	0
Bicarbonate de soude %	0
Granulométrie a 95 % sup a	0.5mm
Granulométrie a 95 % inf a	5mm
Calcium(Ca^{++}) % max	0.25
Magnesium Mg^{++} % max	0.25
Sulfates (SO_4^{-2}) % max	1.2
Matières insolubles % max	0.25
H ₂ O % max a l emballage	3.5
Arsenic(AS) max	1mg/kg
Cuivre (Cu) max	2mg/kg
Plumb (pb) max	2mg/kg
Cadmium (Cd) max	0.5mg/kg
Fer max	0.5mg/kg
Zinc max	0.1mg/kg

Tableau II.4 : le norme algérienne du sel alimentaire

III.2 Analyse du sel alimentaire

III.2.1 Définition

L'iodation de sel alimentaire se fait par addition d'iodate de potassium (KIO_3). La teneur en iode du sel iodé déterminée par une méthode volumique l'isométrie.

III.2.2 Principe

Par addition d'un acide et de l'iodure de potassium (KI) l'iodate de potassium (KIO_3) contenu dans le sel est réduit en iode moléculaire I_2 .

L'iodate libéré est titré par une solution thiosulfate de sodium standard ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) l'amidon utilisé comme indicateur de fin de titrage.

III.2.3 Réactifs

- thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. PM=248.2)
- solution mère : 0.1M ou 0.1N
- solution de dosage : 0.002M ou 0.002N
- Iodate de potassium (KIO_3 : PM=214)
- solution étalon à 0.050 g/l
- Iodate de potassium(KI) à 10% (P/V)
- Acide acétique glacial (CH_3COOH).ou acide seul(H_2SO_4)2N
- Solution d'amidon à 0.25% (P/V).

III.2.4 Recommandations

Utiliser des réactifs purs pour analyse (AR grande)

Utiliser de l'eau distillée bouillie et refroidie a conservé dans des flocons bruns à l'abri de la lumière.de l'oxygène de l'air et du froid

III.2.5 Préparation des réactifs : ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

Solution de thiosulfate de sodium solution mère :0.1M dissoudre 24.82g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dans une fiole jaugée de 1000ml et compléter le volume jusqu'un trient de jauge avec de l'eau distillée .

III.2.6 Solution de dosage (0.002M)

Pipeter 20ml de la solution mère 0.1N dans une fiole jaugée de 1000ml et compléter le volume jusqu'un trait de jauge.

Solution étalon de KIO_3 a 0.05g/l solution mère de KIO_3 a 10g/l:

Dissoudre 10g de KIO_3 dans un 1l d'eau distillée.

III.2.7 Solution du dosage

Introduire 5ml de la solution mère dans un fiole jaugée de 1000ml et compléter le volume ,jusque du trait de jauge avec de l'eau distillée.

III.2.8 Solution de KI a 10%

Dissoudre 10g de KI dans une fiole jaugée de 100ml ,et compléter de volume jusque un trait de jauge

Cette solution doit être préparée un moment de l'emploi solution d'amidon a 10.25%(p/v) dissoudre 2.5g d'amidon soluble dans 100ml d'eau distillée chaud et 5mg de HgI₂ , on de KCN faire bouillon 5minutes, ajouter d'acide salicylique ne refroidir et boucher acide acétique glacial (concentré) ou bien acide sulfurique 2 N :

Dans une fiole jaugée de 100 ml introduire 89ml d'eau distillée ajouter avec précaution 5.56ml de H₂SO₄ (d=1.83 et 96%) compléter le volume avec d'eau distillée jusqu'un trait de jauge.

III.2.9 Etalonnages la solution de thiosulfate (0.002 ou N1500)

dans une fiole contenant environ 50 ml d'eau distillée introduire 5ml de la solution étalon de KIO₃ (à 0.05g/l) ,ajouter 5ml d'acide acétique pure et 5 ml de solution de KI à 10% boucher et laisser reposer 5 minutes titrer par la solution de Na₂S₂O₃ (0.002N) jusqu'à l'obtention d'une couleur jaune pâle .Ajouter 5 ml de la solution d'amidon, on obtient une couleur bleue ,continuer a titrer par la solution de Na₂ S₂O₃ (0.002N) jusqu'a la disparition de la couleur bleue soit V=volume de Na₂ S₂O₃ utilise et N=normalité de la solution Na₂ S₂ O₃ N=0.007M

III.2.10 Appareillage

Matériel courant de laboratoire

III.2.11 Mode opératoire

- Poser 10±0.01g de sel à tester introduire le sel dans une fiole de 250 ml le dissoudre dans 100ml d'eau distillée bouiller et refroidie.

-Ajouter 1 ml d'acide acétique glacial

- Ajouter 1 ml de KI à 10% on obtient une coloration jaune, boucher et laisser reposer 5 minute à l'obscurité
- Titrer avec la solution de thiosulfate 0.002M jusqu' à l'obtention d'une coloration jaune pâle
- Ajouter alors 5 ml de solution d'amidon on obtient une coloration bleue
- Continuer à titrer avec la solution de thiosulfate jusqu'à la disparation de la couleur bleue
- Noter le volume (V_1) de thiosulfate déversé nécessaire au dosage parallèlement faire un témoin dans les mêmes conditions ,sur 100ml d'eau distillée ,bouillie et refroidie sans sel.
- Noter le volume (V_2) de thiosulfate déversé doser chaque échantillon à deux refriser .

III.2.12 Précaution

Ne pas ajouter l'amidon trop tôt car il se forme un complexe iode-amidon qui régit trop lentement avec le thiosulfate faussement élevés [6].

Conclusion générale

ce travail a été réalisé au sein de la société ENASEL. dans ce stage , nous avons vu les différentes étapes de la production du sel à consommation alimentaire et industrielle. La production du sel commence par le pompage des saumures des chotts aux tables et arrivant au récolte du sel après le séchage des tables.

la précipitation du sel dans les tables au lieu de récolter le sel directement après le séchage du chott a une but de précipiter certaines matières que nous ne voulons pas les avoir dans le sel. Afin de respecter les normes nationales, La qualité du sel a été jugée par différents tests chimiques à savoir : humidité, dureté, taux de matières, insolubles...

Références Bibliographique

- [1] [http:// toolserver. org/ ~magnus/ cas. php?cas=7647-14-5& language=fr& title=Chlorure_de_sodium](http://toolserver.org/~magnus/cas.php?cas=7647-14-5&language=fr&title=Chlorure_de_sodium),22Mai 2010
- [2] [http:// ecb. jrc. ec. europa. eu/ esis/ ?LANG=fr& GENRE=ECNO& ENTREE=231-598-3](http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/?LANG=fr&GENRE=ECNO&ENTREE=231-598-3),02 Mai2010
- [3] SODIUM CHLORIDE ([http:// toxnet. nlm. nih. gov/ cgi-bin/ sis/ search/ r?dbs+,01jaun2010](http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+,01jaun2010))
- [4] <http://www.salines.com/>, 06 Mai 2010
- [5] Messaoud, Hacini, Doctorat de Géologie, UNIVERSITY BADJI MOKHTAR ANNABA.
- [6] les normes algérien NA 6351

Résumé :

Le sel brut extrait de la région d El Méghaier, n'est pas valable pour la consommation humaine, car il contient un pourcentage important des ions, spécialement, la présence des ions (Ca^{++} , Mg^{++} , HCO_3^- ,). afin de obtenir du sel a l'usage alimentaire ou industrielle de haute qualité, la saumure a été traité par une séparation physique (lavage, broyage et tamisage). en fin, la qualité du produit final obtenu est contrôlé par l'analyse chimique des différents impuretés en présence.