

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عبد الحميد بن باديس – مستغانم
Université Abdelhamid ben Badis de Mostaganem



قسم الكيمياء
Département de chimie

Date de dépôt.....Sous le n° :...../2017

**Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master
Spécialité : Analyses Spectrales en Chimie**

Thème

**Contrôle de qualité du sel fabriqué au
niveau de l'E.N.A.S.E.L
Oued el djemaa Relizane**

Présenter par : KRACHI hakima .

Devant le jury composé de :

Président : Dr. THABTI CHAREF.

Examinatrice :Dr. BELAYACHI HANANE.

Encadreur : Mr. BENGUENDOZ ABDENOUR.

ANNEE UNIVERSITAIRE 2016/2017

SOMMAIRE :

Introduction.....	01
PARTIE I : partie Théorique	
Chapitre I : historique et présentation de l'unité	
1 : historique	03
2 : présentation de l'unité	03
A caractéristiques générales de l'exploitation	03
B : organisation	04
Chapitre II : généralités sur le sel	
01 : définition	06
02 : histoire	06
03 : description	07
04 : caractéristiques physiques	07
05 : besoin journalier	10
06 : structure chimique	09
07 : utilisation	10
08 : effet du sel sur la santé	11
09 : facteurs essentiels de composition et de qualité	17
10 : supplémentations en iode et en fluor du sel alimentaire	17
11 : additifs alimentaires ajoutés dans le sel	18
12 : typologies des sels	20
13 : situation de la filière du sel dans le monde	24
Chapitre III : techniques de production du sel	
01 : méthode agricole	27

02 : méthode minière.....	30
03 : méthode thermique.....	31
Chapitre VI : analyse de la situation du sel	
01 : but.....	33
02 : éléments d'une analyse de la situation du sel.....	33
03 : contrôle de qualité du sel.....	47
04 : assurance de qualité du sel.....	49
05 : différence entre assurance de qualité et contrôle de qualité.....	52
06 : le mécanisme de l'assurance de la qualité.....	53

PARTIE II : partie expérimental

-Control de qualité du sel :

I : contrôle physique	56
II : contrôle chimique.....	57

Conclusion

Résumé (abstract)

Bibliographie

Remerciement

En premier lieu, je remercie dieu, le tout puissant de m'avoir donné le privilège et la chance d'étudier, qui m'a guidé avec la bénédiction de mes parents dans la voie de la lumière et de la science et du savoir pour réaliser cette mémoire .

Toutes les expressions de l'estime et de gratitude du monde sont insuffisantes pour exprimer mes remerciements à mes parents qui m'ont accompagné durant tout mon cursus d'étude.

Je tiens à remercier monsieur benguendouz Abdenour qui j'adresse mes plus sincères remerciements d'avoir encadré mon travail .recever, mon professeur, ma grande reconnaissance pour votre disponibilité, votre aide, votre rigueur scientifique et vos précieux conseils qui ont fait progresser ce travail me facilitant grandement et me permettant d'aboutir à la production de ce manuscrit.

Je vous exprime toute ma reconnaissance d'avoir bien voulu me faire l'honneur de participer au jury et de contribuer l'examinassions de ce travail. Soyez assuré de mon plus profond respect.

Je n'oublie pas à remercier et exprimer ma connaissance à mes amies Khadidja, Samia, kaouter qui m'ont beaucoup aidé, encouragé, dans des moments très délicats.

Je remercie également l'ensemble du corps des enseignants universitaire qui m'ont accompagné durant mon cursus universitaire pour les efforts qu'ils ont fourni pour une clément et le miséricordieux les récompensera pour cette noble mission.

Je remercie toute autre personne qui m'a encouragé et soutenu durant mon cursus d'étude.

Dédicace :

Avant tous , je remercie dieu le tout de m'avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de science et de la connaissance ,aussi le courage et la volonté pour mener à bien ce travail .

Je dédie cette thèse qui est le fruit de tout un long chemin d'études :

Au plus beau cadeau que le bon dieu nous a offerts, maintenant, ceux qui m'ont aidé d'achever mon chemin d'affranchir la vie , ceux qui ont toujours été là pour moi ; à mes très chers parents.

Envers qui je ne pourrais jamais solder la dette indéfinie qui je le suis due . que dieu la garde pour moi.

À mes très chers frères.

À mes très chères sœurs.

À mes toutes mes familles.

La science consiste à oublier ce qu'on croit savoir, et la sagesse à ne pas s'en soucier.

La liste des tableaux :

tableau1 : caractéristiques du cristal du sel.

tableau2 : apport nutritionnel pour chaque élément.

tableau3 : différents agents antiagglomérants et doser recommandées.

tableau4 : production du sel (sel cristallisé et de dissolution des différents pays).

tableau5:composition de différents sels(en%).

tableau6:composition ionique de quelques saumures naturelle.

Tableau7:spécification du codex en matière de sel de catégorie alimentaire.

La liste des figures :

Figure1 : schéma récapitulatif de l'action du sel sur l'organisme.

Figure2 :les différents modes de production du sel.

La liste des abréviations :

Kg : kilogramme

- **G** : gramme

- **ICCIDD** : Conseil International de Lutte contre les Troubles dus à la Carence en Iode

- **KI** : iodure de potassium

- **KIO₃** : iodate de potassium

- **L** : litre

- **Mg/kg** : milligramme par kilo

- **ml** : millilitre

- **N** : normalité

- **NaCl** : chlorure de sodium

- **Na₂S₂O₃** : thiosulfate de sodium

-**ppm** : partie par million

- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

- **TDCI** : Troubles dus à la carence en iode

TCI : trouble de la carence en iode

- **µg** : microgramme

-**UNICEF** : Fonds des Nations Unies pour l'Enfance

-**°C** : degrés Celsius

-**al** : autre

-**AQ** : assurance de la qualité

Introduction

Introduction :

La santé de nos populations est menacée par plusieurs facteurs qui sont dus soit à notre environnement soit à notre mode de vie sans oublier nos habitudes et comportements alimentaires.

Au nombre des problèmes rencontrés en Santé Publique, les carences en micro nutriments occupent une place majeure. On dénombre surtout les carences en iode, en fer et en vitamine A qui touchent particulièrement les femmes et enfants. Cela contribue au retard

de développement socio-économique de nos pays.

La carence en iode essentiellement d'origine nutritionnelle se manifeste par un ensemble d'affections regroupé sous l'expression de Troubles Dus à la Carence en Iode (TDCI) dont la manifestation la plus visible est le goitre endémique et le crétinisme, la plus extrême.

La carence en iode est une cause importante de troubles dans le développement mental de l'enfant. Elle peut donc constituer un frein dans l'éducation pour tous et perturber ainsi les objectifs de développement.

Il y a encore une décennie, les TDCI étaient largement répandus. Elles affectaient plus d'un milliard et demi de personnes dans le monde et constituaient un grand problème de Santé Publique. L'UNICEF estime que 66% des ménages dans le monde ont désormais accès au sel iodé. Le rapport 2004 de l'OMS donne une estimation de la situation de la

Carence en iode dans la population mondiale et rend compte des progrès effectués par chaque pays au cours des dix dernières années pour son élimination. Le nombre de pays où la carence en iode reste un problème de Santé Publique était de 54 en 2003 contre 110

en 1993, ce qui comme le dit l'OMS, montre bien l'efficacité de la stratégie d'iodation universelle du sel. Les apports en iode sont désormais suffisants dans 43 des 126 pays pour lesquels on disposait de chiffres en 2003. Sur les 54 pays où l'on observe une Carence en iode, celle-ci est faible pour 40 d'entre eux et modérée à forte pour les 14 autres. . Ces carences pourraient toutefois entraîner des dysfonctionnements thyroïdiens chez les sujets sensibles. Il faut donc renforcer les contrôles de qualité du sel iodé de façon à avoir des concentrations suffisantes pour couvrir un apport alimentaire optimal en évitant les excès, sources de dysfonctionnements thyroïdien. [1]

Partie théorique

1-Historique :

L'unité d'oued djemaa, baptisée « les salins de sidi Bouziane » est une unité de production et de commercialisation des sels, (alimentaire et industriel)

Elle est située à 13 km à l'est du chef-lieu de la wilaya de RELIZANE, donc proches des zones urbaines et de l'axe principale liant le centre à l'ouest.

La création et la mise en activité de cette unité remontant à l'année 1943 en société anonyme sous l'appellation de « salins de ferry » spécialisée dans l'extraction et la commercialisation du sel salin.

En date du 08 juillet 1969 et après la nationalisation du secteur des mines, l'unité fut rattachée à la SONARAM « Société Nationale de Recherches et d'Exploitation Minières »

Depuis la restauration de la SONARAM en 1983, l'unité dépend de l'ENASEL « entreprise nationale de sels ».

En récompense des efforts consentis en matière de management et de satisfaction des exigences réglementaires et des exigences requises par la norme internationale, AFAQ (organisme internationale) a certifié l'ENASEL le 27/7/2004 selon la norme Iso9001 version 2000.

Elle traite annuellement entre 35000 et 40000 tonnes de sel récolte à partir des tables salines situées à proximité de l'unité (500 m environ).

L'unité de sidi Bouziane de par sa position géographique, elle a pour mission la commercialisation des sels alimentaires et des sels industriels dans la région ouest du pays et approvisionne, par des cessions, le centre de distributions des sels en sel alimentaire.

2-Présentation de l'unité :

A .caractéristiques générales de l'exploitation :

- type de salin : sel solaire (évaporation solaire de la saumure)
- origine de la matière première : pompage à partir d'un lac salé.
- récolte : entièrement mécanisée par récolteur et remorques tractées.

- lavage, stockage : station de lavage primaire et gerbage.
- conditionnement : lavage secondaire, séchage, broyages, iodation et conditionnement.
- capacité d'extraction : 35000 tonnes/ an environ de sel brut.
- date de réalisation : 1943
- date de remise en service : 1943
- principaux produits : * sel alimentaire (1/1 cousin, 1/1 carre, 1/50)
* sel industriel (4/25 bruts, poudre)
- intrants utilisées (locaux ou importés) : sel, iodé.

B .organisation :

- Nom et prénom du promoteur ou raison sociale : ENASEL, SALIN SIDI BOUZIANE.
 - Activité : production et commercialisation des sels.
 - Directeur : Belacel Tahar
 - Adresse : Oued El Djemaa BP 69 relizane
- | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|---|
| Latitude | 35° | 49' | 53' | N |
| LONGITUDE | 00° | 39' | 6' | E |
- Tel : 046 90 91 16
 - Fax : 046 90 91 62
 - Superficie total : 70 000 m²
 - Superficie Bâtie : 4 700 m²
 - Capacité de production : 25 000 /an
 - Effectifs : 80 personnes.
 - Alimentation en eau industriel : un puits avec un débit de 60 m³ /h + 02 citernes d'eau de capacité totale de 30 000 L.
 - Alimentation en eau potable : 02 citernes d'eau de capacité totale de 30 000 L .

- Alimentation en électricité : poste transformateur 630 KV_a + groupe électrogène.
- Alimentation en gasoil:4 citernes gasoil de capacité totale de52 000 L.
- Contiguïté :

L'entreprise ENASEL, entreprise nationale des sels est délimitée par :

- Au nord : terre domaniale
- A l'ouest : terre agricole
- A l'est : route
- Au sud : auto route est-ouest

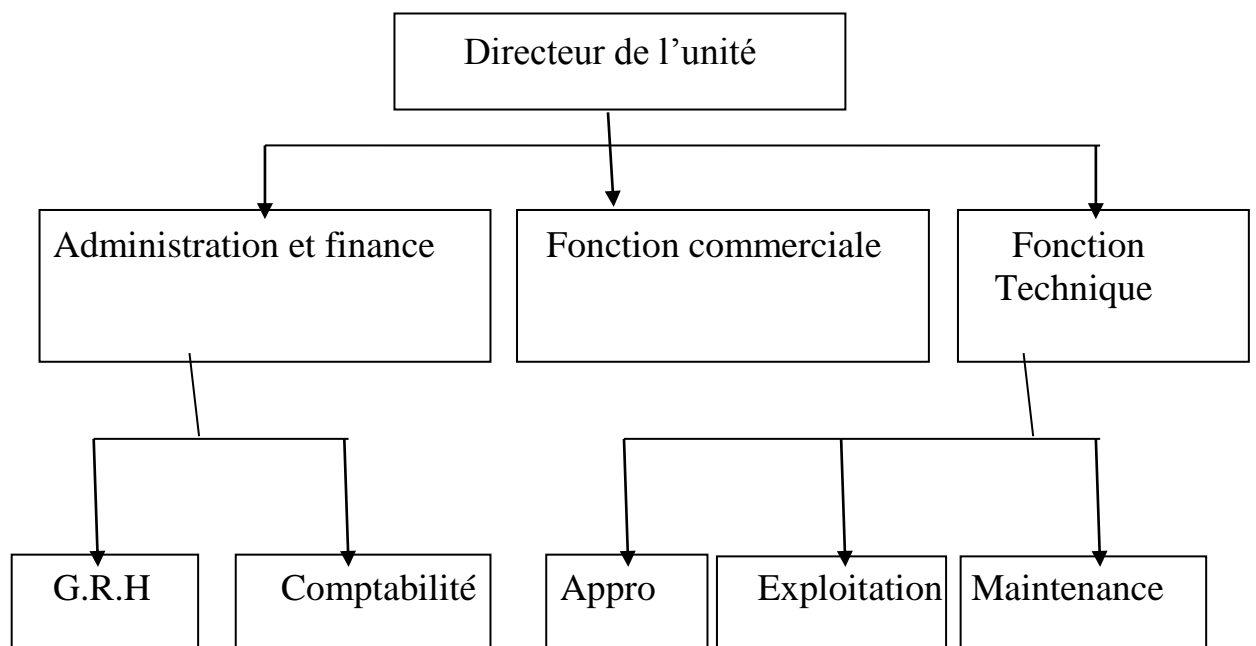
- Wilayas plus proches :

MOSTAGANEM

TIARET

TISSEMSILT

MASCARA



Organigramme de entreprise ENASEL

Chapitre 2

1- Définition

Le sel de table ou sel alimentaire ou sel de cuisine est un condiment composé essentiellement de chlorure de sodium Na Cl (99,9%). Il existe toutefois d'autres sels (comme le chlorure de potassium K Cl, présent dans le sel de table non raffiné) peu répandus et plus coûteux.

La consommation moyenne journalière est de 10g alors qu'un apport de 2g semble suffisant. Le sel est nécessaire à notre bien-être, car à petites doses il a des effets bénéfiques et freine entre autres la déshydratation.

L'utilisation première que l'homme a faite du sel était comme denrée alimentaire essentielle pour lui-même et ses animaux. Le sel est également utilisé dans la tannerie, le diagnostic radiologique et la photographie.

Le sel est produit par exploitation de gisements minéraux et par évaporation de l'eau de mer. On a essentiellement 2 types de sel : le sel gemme (sel des mines) et le sel marin (sel solaire).

Le sel marin est sous forme d'un solide blanc, cristallisé, récolté dans les marais salants qui favorisent sa cristallisation par évaporation. Le sel gemme provient des vestiges de mers asséchées sous forme de roches dans les profondeurs de la terre. [2]

2- Historique

Au Paléolithique, l'homme trouve le sel dans la chair du gibier et du poisson dont il se nourrit. Les premières formes d'exploitation du sel sont apparues au Néolithique.

A l'âge de fer, les premières techniques d'extraction minière sont apparues en Autriche.

Des affleurements de couches salées ont donné naissance vers la fin de l'âge de bronze à Marsal (commune française) située dans le département de la Moselle en Lorraine ; à une vaste industrie de sel (Weller, 2002). Il existe des vestiges

gigantesques, d'immenses dépôts parsèment le paysage sur plus de 10 Km le long de la vallée.

L'extraction du sel se faisait en deux étapes :

- L'eau salée était mise dans des cuvettes d'une vingtaine de litres de capacité. Posées sur des cales en terre, ces cuvettes étaient placées dans des fours circulaires creusés dans le sol sur un lit de braises incandescentes. La saumure se concentre alors par l'évaporation de l'eau.
- La 2ème étape consistait à la cristallisation du sel. Un montage en forme de grille était soumis au feu allumé en dessous. Le sel se cristallisait alors dans les moules. Le pain de sel se formait et il était récupéré en brisant le godet. Les fours pouvaient être utilisés une douzaine de fois avant d'être détruits. [3 ; 4]

3-Description

Le sel est un produit cristallin se composant principalement de chlorure de sodium. Le chlorure de sodium est un cristal ionique de formule chimique NaCl qui est constitué d'ions sodium : Na⁺, et d'ions chlorures : Cl⁻ qui occupent alternativement les sommets des cubes. C'est un solide blanc, soluble dans l'eau à toute température, légèrement soluble dans l'alcool et insoluble dans l'acide chlorhydrique concentré.

Il provient soit de la mer, soit de gisements souterrains de sel gemme, soit encore de saumure naturelle. Le terme sel désigne également les composés formés par la réaction entre un acide et une base, ou réaction de neutralisation.

[5]

4- Caractéristiques physiques

Les sels sont des composés ioniques ayant un point de fusion relativement élevé. Ils sont conducteurs d'électricité à l'état fondu ou en solution, et ont une structure cristalline à l'état solide. A des degrés divers, les sels habituellement commercialisés renferment, outre le constituant principal (chlorure de sodium Na Cl), d'autres corps en quantité plus ou moins importante, tels que des

matières insolubles dans l'eau (argiles, sable ou marnes), des sulfates de calcium ou de magnésium, des chlorures alcalino-terreux et autres halogénures alcalins. Si, pour certains usages, la pureté doit être la plus grande possible, il existe d'autres cas où les compagnons du sel sont sans inconvénients, voir bénéfiques.[6]

Les principales caractéristiques du chlorure de sodium sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques du cristal de sel. [6]

Nom minéralogique	Halite
Cristallisation	cubique
Taille	5, 64Å de côté
Distance interatomique	2, 82
Indice de réfraction	1, 544
Masse moléculaire	58, 45
Densité du liquide à 801°C	1, 549
Densité du cristal de sel	2, 165
Dureté (indice MOHS)	2 à 2, 5
Chaleur spécifique	0, 22Kcal/Kg/°C
Solubilité dans l'eau froide (0°C)	357g/1000g d'eau
Solubilité dans l'eau chaude (100°C)	391g/1000g d'eau
Point de fusion (*)	801°C
Point d'ébullition du sel fondu (*)	1 449°C
Point d'ébullition de la saumure saturée	108, 8°C
Chaleur latente de dissolution (à saturation)	7,8Kcal/Kg
Chaleur latente de fusion (*)	97Kcal/Kg
Chaleur latente d'ébullition (*)	698Kcal/Kg

5-Structure chimique :

Le chlorure de sodium (sel) est un assemblage d'ions Na^+ et Cl^- de maille cubique. Le sel est un cristal ; car ses atomes forment une structure périodique et symétrique.

La structure du sel peut être décrite par le contenu de sa maille une maille de sel est un cube qui contient :

- un atome de chlore à chacun des 8 sommets de la maille (chaque sommet étant partagé en fait par 8 mailles voisines, cela fait une contribution de un atome par maille)

-Un atome de chlore au centre de chacun des 6 faces de la maille (chaque face étant partagée entre 2 mailles voisines, cela fait 3 atomes par maille)

-Un atome de sodium au centre de la maille soit un atome par maille

-Un atome de sodium sur le milieu de chacune des 12 arêtes de la maille (chaque arête étant partagée entre 4 mailles voisines, cela fait 3 atomes par maille).

Donc au total chaque maille contribue pour 4 atomes de chlore et 4 atomes de sodium.

Le structure NaCl correspond à deux sous réseaux cubiques à face centrées (CFC) d'ions décalés de la moitié du côté de la maille selon l'une des directions des côtés de la maille.

La coordinence est le nombre de plus proches atomes voisins dans la structure.

Tous les ions Na^+ et Cl^- ont chacun dans le sel une coordinence 6, c'est -à-dire que n'importe quel ion Cl^- est entouré de 6 ions Na^+ formant un octaèdre autour de Cl^- et vice versa, autour de chaque ion Na^+ se trouvent comme plus proches voisins 6 ions Cl^- formant aussi un octaèdre

La structure du sel correspond au remplissage par les cations Na^+ d'une structure hôte composée par les anions Cl^- .

En effet les anions Cl^- forment sous-réseau cubique à faces centrées dans la quel les cations Na^+ occupent tous les sites octaédriques de la maille.

Dans la structure du sel ; les ions Na^+ et Cl^- sont interchangeable .il aussi possible de dire que les cations Na^+ forment un sous –réseau cubique à faces centrées dans lequel les 6 anions Cl^- occupent tous les sites octaédriques de la maille. [7]

6-Besoin journalier

Bien que les quantités de sel consommées varient d'un pays à l'autre, un adulte devrait en consommer en moyenne 6 g/j au maximum et un enfant, 4 g/j au plus. Le sel de table ne constitue qu'une faible fraction (15%) du sel ingéré. En effet la principale source du sel est l'alimentation dont le pain, les laitages et fromages, les charcuteries et les plats cuisinés. [8]

7- Utilisation

Le sel est utilisé dans différents domaines : en chimie, pour le déneigement, dans des industries diverses et enfin dans l'alimentation. Avec 32 %, le domaine de la chimie est le plus gros consommateur de sel et en dernière position l'alimentation avec 14,5 % de sel utilisé. [5;9]

Directement ou indirectement, le sel joue un rôle dans la fabrication d'une très vaste gamme de produits chimiques et de produits dérivés. Les quatre principales utilisations finales du sel sont : [9]

- la production de chlore et de soude caustique (38,5 %),
- la synthèse de carbonate de sodium anhydre (20 %),
- la production de sel de table (17,5 %),
- élaboration d'agents de déglacage (14 %);
- les 10 % restants sont utilisés comme ingrédient dans la nourriture pour animaux et comme agents de traitement de l'eau.

Les tendances de l'utilisation finale varient selon le niveau de développement économique des pays : l'industrie des produits chimiques domine le marché dans les pays fortement industrialisés tandis que dans les pays en développement, c'est l'utilisation du sel à des fins alimentaires et agricoles qui prévaut. [9]

Pour notre cas la grande partie du sel produit notamment marin, est destinée à l'alimentation ou utilisée dans la conservation des produits surtout à base de viande.

8. Effet du sel sur la santé

1. Effets Bénéfiques

Le sel joue un rôle essentiel dans l'organisme humain en maintenant l'équilibre hydrominéral. Il intervient dans la régulation de la pression et du volume sanguin. Toute carence est nuisible à la santé. L'insuffisance de sel est en effet à l'origine de troubles allant du malaise léger à la prostration, qui peut être fatale à l'organisme si la déficience n'est pas corrigée dans un délai très bref. [8]

a. Le chlore et le sodium

Les ions chlore et sodium entretiennent l'homéostasie de notre organisme :

- Le sel par son ion chlore facilite la digestion en maintenant l'acidité de l'estomac. Cette acidité a pour rôle d'activer une prodiatase en diatase (enzyme qui se développe pendant le processus de germination) soit d'accélérer la transformation du pepsinogène en pepsine ce qui contribue à une amélioration de la digestion des aliments.
- Le sel par son ion sodium permet la transmission de l'influx nerveux. Une impulsion électrique est créée par les changements de polarisation à la surface des nerfs, induit par les échanges entre ions sodium et potassium au travers des membranes. Donc le Sel joue un rôle capital à la fois au niveau du cerveau et du cœur car il y a transmission des ordres et réception des informations au travers des neurones. [10 ; 11]

b. L'iode et le fluor

L'iode et le fluor sont des éléments essentiels à la vie :

- L'iode est présent dans le corps humain en très faible quantité (15 à 20 mg), c'est un oligo-élément essentiel car il aide au bon fonctionnement de la glande thyroïde et au développement intellectuel. L'iode apporté par les aliments est nécessaire à la synthèse des hormones thyroïdiennes impliquées dans le contrôle de la croissance.
- Le fluor est un élément de base vital pour l'organisme qui se trouve surtout dans le squelette. Il est l'élément principal dans la prévention des caries dentaires et d'autres lésions. Absorbé dans de bonnes proportions, il bloque l'évolution de la plaque dentaire. Sous forme de sel de sodium ou de calcium, le fluor se combine à l'émail et le rend plus dur et plus résistant.

Le sel dit "iodé et fluoré" contient en moyenne respectivement 0,015% d'iode et 0,025% de fluorures.[12]

c. Rôles des autres éléments minéraux présents dans le sel

Les minéraux sont des éléments inorganiques qui se trouvent dans notre alimentation et qui pour certains, sont indispensables. Ils sont classés en deux groupes :

- Les macroéléments ou éléments minéraux majeurs : Na, K, Cl, Ca, P, Mg
- Les oligo-éléments ou éléments en traces : Fe, Zn, Cu, Se, I, ...

Ils font l'objet d'Apports nutritionnels conseillés (ANC). Les macroéléments se différencient des oligo-éléments entre autres par les quantités quotidiennes qu'il faut apporter à l'organisme. Les besoins en macroéléments sont de l'ordre du gramme (g) ou du dixième de gramme par jour tandis que ceux en oligo-éléments sont de l'ordre du milligramme (mg) ou du centième de milligramme (μg). [13]

Les minéraux et oligo-éléments, bien qu'en quantités limitées mais constantes dans l'organisme, ont des rôles importants à jouer au sein de celui-ci. Les minéraux sont essentiels pour de nombreux tissus :

1- Le sodium

Le sel par son ion sodium permet la transmission de l'influx nerveux. Le sodium joue un rôle capital à la fois au niveau du cerveau et du cœur car il y a transmission des ordres et réception des informations au travers des neurones. Il entre aussi dans le maintien de la pression osmotique (équilibre hydrique) et régulation de l'équilibre acido-basique, activation d'enzyme comme l'amylase. [10 ; 11]

2-Potassium

Il régularise la pression osmotique dans la cellule, participe au transport membranaire, active les enzymes et joue un rôle dans la contraction musculaire (augmentation de l'excitabilité neuromusculaire).[10 ;11]

3-Magnésium

C'est un constituant et activateur de nombreux enzymes (cofacteur). Le magnésium est aussi nécessaire pour entretenir la santé des os et des muscles, y compris la santé du cœur. Il entre dans le métabolisme des hydrates de carbone, des protéines, des graisses ainsi qu'à la synthèse de la substance de l'hérédité. A cause de son rôle indispensable dans le métabolisme, les carences en Mg causent de sérieux désordres. . [11 ; 14]

4-. Manganèse et le zinc

Ces deux éléments sont considérés comme des oligoéléments essentiels car non seulement ils sont en faible quantité dans l'organisme voir même en trace pourtant leur carence peut entraîner des troubles métaboliques considérables et importantes au niveau de la santé.

En même temps, un excès en leurs apports peut être toxique pour notre organisme.

Le zinc entre dans la constitution de 300 enzymes ; en tant que constituant d'enzymes, il est essentiel pour la croissance, la prévention de l'anémie et la cicatrisation des plaies. Les cellules de défense utilisent le zinc en renforçant le système immunitaire. C'est aussi un composant de l'insuline, il est nécessaire au métabolisme des sucres.

Quant à l'élément manganèse, c'est un activateur d'enzymes. Il assure le bon fonctionnement du foie et des reins, assimilation des glucides, antiallergiques.

[12 ; 14]

5-. Le Cadmium et le plomb

Ces deux métaux lourds sont considérés comme toxique pour l'organisme humain à une certaine quantité. Ce sont des éléments traces classés cancérigènes par le Centre International de Recherche sur le Cancer ou l'Union Européenne (Charbotel et al ; 2007). Ces substances peuvent être inhalées ou ingérées par l'homme et causer des lésions cérébrales et neurologiques dans certains organes comme les reins ou le foie. Par exemple le plomb absorbé par l'organisme par inhalation ou par ingestion est distribué par le sang à différents organes : le foie, les reins, la rate, la moelle osseuse et surtout les os. Le saturnisme désigne l'ensemble des manifestations de l'intoxication par le plomb. [14 ; 16]

Le tableau ci-dessous donne un aperçu de l'Apports Nutritionnels Conseillés ANC pour ces éléments selon les normes françaises.

Tableau 2 : Apport nutritionnel conseillé pour chaque élément. [10]

Eléments	ANC
Sodium	pas d'ANC
Potassium	pas d'ANC
Magnésium	80 à 420 mg/j
Manganèse	2 à 3 mg/j
Fer	7 à 30 mg/j
Zinc	6 à 19 mg/j

La figure ci-après illustre les différents points d'action du sel sur notre organisme

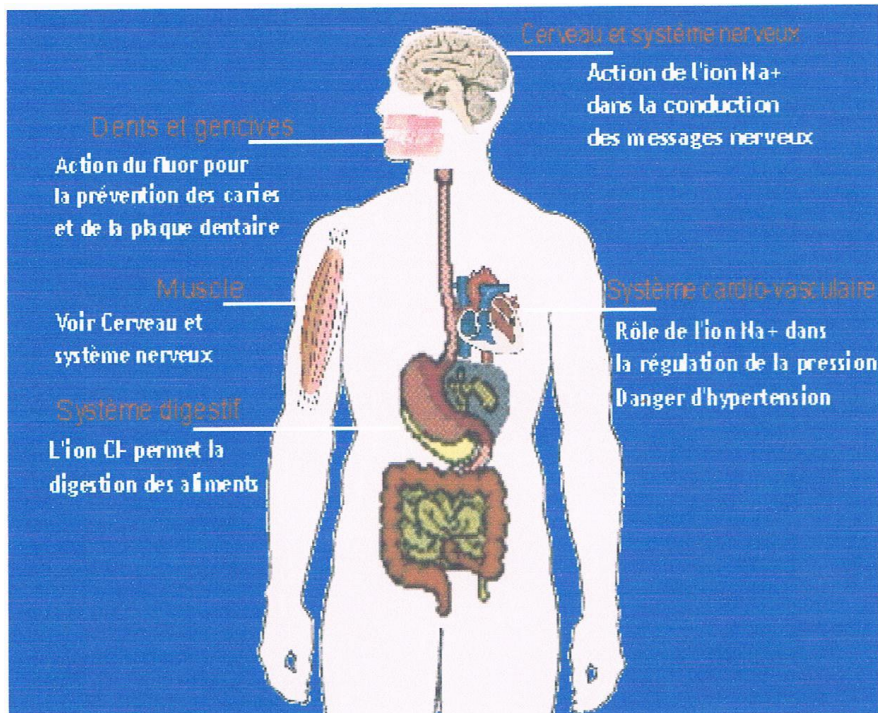


Figure1 : schéma récapitulatif de l'action du sel sur l'organisme (07)

2. Effets néfastes

Depuis plus de 20 ans, l'excès de sel est fortement suspecté dans l'apparition et l'aggravation de certaines maladies. Durant cette même période, l'industrie agroalimentaire a fortifié sa place et son importance : en 20 ans les produits alimentaires bruts ont cédé du terrain et la consommation de produits transformés a augmenté. [7]

Bien que le sel constitue un élément essentiel de l'équilibre physiologique de l'organisme humain, une forte consommation peut provoquer des dangers :

a. Les problèmes cardiaques

Il semblerait que l'excès de sel soit corrélé à une hypertrophie du ventricule gauche, un facteur de risque important dans le déclenchement de maladies cardio-vasculaires. [13]

b. L'ostéoporose

Maladie de l'âge, l'ostéoporose est de plus en plus fréquente, elle traduit une déminéralisation des os ce qui entraîne le plus fréquemment des fractures. L'os se construit grâce au calcium disponible, or tout le calcium ingéré n'est pas assimilé. Une partie du calcium part dans les urines et le sel augmente cette excrétion. Plus l'alimentation est salée, plus les fuites de calcium sont importantes. [13]

c. L'hyperthyroïdie

La thyroïde est une glande endocrine qui produit des hormones qui règlent le rythme auquel sont utilisés les lipides, les protéines par l'organisme. Un hyperfonctionnement accélère tout le métabolisme parfois de 60 à 100%. [13] Un excès d'iode entraîne une hyperthyroïdie engendrant des troubles graves.

d. Le sel et l'hypertension artérielle

Le rôle que l'excès de sel (chlorure de sodium) et, plus généralement de sodium, dans l'alimentation peut avoir sur la santé fait toujours l'objet d'un débat. Alors que les scientifiques ou médecins pris à titre individuel ont des opinions souvent contradictoires, les institutions publiques et les associations médicales internationales, étrangères ou françaises qui se sont saisies de ce problème ont constamment conclu à la nécessité de restreindre l'apport quotidien de sel alimentaire. C'est le cas de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), du « Scientific Advisory Committee on Nutrition » au Royaume Uni, du « Nutrition Committee of the American Heart Association » aux Etats-Unis et de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) en France.

Ces prises de position sont basées sur des arguments expérimentaux et épidémiologiques tendant à prouver que le contenu en sel de l'alimentation augmente la prévalence de l'hypertension artérielle dans une population. [13 ; 14; 16]

9-. Facteurs essentiels de composition et de qualité

1. Teneur minimale en Na Cl

La teneur en Na Cl ne doit pas être inférieure à 97% de l'extrait sec, non compris les additifs.[17]

2-Produits secondaires et contaminants naturellement présents

Le pourcentage restant consiste en produits secondaires naturels, présents en quantités variables selon l'origine et la méthode de production du sel; ils comprennent principalement des sulfates, carbonates et bromures de calcium, de potassium, de magnésium et de sodium ainsi que des chlorures de calcium de potassium et de magnésium. Des contaminants naturels peuvent également être présents en quantités variables, selon l'origine et la méthode de production du sel.[16 ;17]

3. Utilisé comme "support"

Le sel de qualité alimentaire est utilisé comme support d'additifs alimentaires ou d'éléments nutritifs pour des raisons technologiques ou concernant la santé publique. A titre d'exemple de telles préparations, nous pouvons citer les mélanges de sel avec un nitrate et/ou un nitrite (sel pour salaison), le sel mélangé avec de petites quantités de fluore, d'iode, de fer, de vitamines, etc., et avec des additifs employés comme supports de telles additions ou pour les rendre stables. [16 ; 17]

10-. Supplémentation en iode et en fluor du sel alimentaire

La supplémentation du sel se fait pour deux oligo-éléments importants et qui peuvent manquer dans certains régimes alimentaires : l'iode et le fluor.

1. Iodisation du sel

Le sel alimentaire est iodé pour des motifs de santé publique, pour prévenir les troubles dus à une déficience en iode (IDD). La fortification peut être réalisée au moyen d'iodures ou d'iodates de potassium et de sodium.

Les quantités maximales et minimales prises en compte pour l'iodation du sel sont calculées sous forme d'iode (exprimé en mg/kg) et établies par les autorités nationales responsables de la santé en fonction des conditions locales de la déficience iodique. [16 ; 17 ; 18]

2. Fluoration du sel

L'utilisation régulière de sel fluoré permet de contribuer à la prévention de la carie dentaire. Son effet est à la fois topique et systémique. Sa contribution à une meilleure hygiène buccodentaire est reconnue par l'OMS. [17]

11. Additifs alimentaires ajoutés dans le sel

Les additifs alimentaires regroupent toute substance habituellement non consommée comme aliment en soi et habituellement non utilisée comme ingrédient caractéristique dans l'alimentation, possédant ou non une valeur nutritive et dont l'adjonction intentionnelle aux denrées alimentaires est effectuée dans un but technologique. [18]

1. Antiagglomérants

Ces agents sont des produits chimiques hygroscopiques qui absorbent l'humidité évitant le colmatage des cristaux de sel.

Le tableau suivant montre les différents antiagglomérants utilisés dans le sel

Tableau 3: Différents agents antiagglomérants et doses recommandées. [18]

Antiagglomérants	Concentration maximale dans le produit fini
Agents d'enrobage Carbonate de calcium et/ou de magnésium; oxyde de magnésium; phosphate tricalcique; dioxyde de silice amorphe; silicate de calcium, magnésium, alumino-sodique ou alumino-sodique et calcique	20 g/kg seul ou en combinaison
Agents d'enrobage hydrophobes sels d'aluminium, de calcium, de magnésium, de potassium ou de sodium des acides myristique palmitique ou stéarique	20 g/kg seul ou en combinaison
Modificateurs de la structure cristalline ferrocyanure de calcium, de potassium ou de sodium	10 mg/kg seul ou en combinaison exprimés en [Fe(CN) ₆]

2-Emulsifiants

Ce sont des substances qui, ajoutées à une denrée alimentaire, permettent de réaliser ou de maintenir le mélange de deux ou plusieurs phases non miscibles telles que l'huile et l'eau ; pour le sel nous pouvons utiliser le polysorbate 80 pour une concentration maximale de 10 mg/kg. [18 ; 19]

3. Auxiliaires technologiques

Les auxiliaires technologiques sont des substances non consommées comme ingrédients alimentaires en soi. Elles sont volontairement utilisées lors du traitement ou de la transformation de matières premières, de denrées alimentaires ou de leurs ingrédients afin de répondre à un objectif technologique donné.

12-Typologies des sels

Le sel se classifie en différentes catégories selon trois critères mis en jeu : soit en fonction de son utilisation ; soit en fonction du mode de production ou bien en fonction de l'étape de raffinage.

1. Différents types de sel selon le mode de production

Récolté dans les marais salants, extrait des mines de sel gemme, produit par dissolution, recristallisé dans des salines ignigènes, le sel connaît plus d'une méthode de production. Il n'a pourtant qu'une seule origine : la mer. [20]

Il existe 3 grands modes de production du sel qui aboutissent à la formation de sels variés.

a. Le sel de mer (marais salants)

Le principe des marais salants repose sur la cristallisation du sel contenu dans l'eau de mer, sous l'action conjuguée du soleil et du vent. Le processus de production se fait comme suit : L'eau pompée depuis la mer, est dirigée dans des bassins peu profonds ou des plans d'eau artificiels. Elle circule de bassin en bassin et s'évapore petit à petit, augmentant sa concentration en sel. Quand une certaine concentration en sel est atteinte, l'eau est dirigée vers le bassin suivant et ainsi de suite jusqu'au dernier bassin de forme rectangulaire nommé table salante, cristalliseur ou œillet selon la région où la cristallisation s'effectue. Après assèchement ou retrait de l'eau résiduelle, la couche de sel, appelée « gâteau », déposée au fond des tables salantes, est récoltée manuellement ou mécaniquement (à l'aide d'un récolteur). Si les conditions météorologiques le permettent, une très fine pellicule de sel se formant à fleur d'eau peut être récoltée manuellement par le saunier (en Méditerranée) ou le paludier (sur le littoral atlantique), à l'aide d'un long râteau de bois. Il s'agit de la fleur de sel. Le sel est stocké en tas ou sous hangar, pour le protéger des intempéries ensuite il est conditionné en fonction de son utilisation ultérieure. [21 ;22]

b. Le sel gemme (miniers salants)

Le sel est extrait de couches de sel gemme de plusieurs mètres d'épaisseur, le sel gemme est le nom commun pour un minéral qui est une forme de chlorure de sodium (Na Cl), appelé halite. [21 ; 22]

L'accès à la mine se fait par un puit vertical. Dans le sous-sol, un réseau de galeries a été creusé, laissant en place des piliers de sel qui assurent la stabilité des terrains.

Il faut faire une saignée de 3 à 4 mètres de profondeur dans la base de la galerie à l'aide d'un engin mécanisé (haveuse), des trous de même profondeur sont ensuite percés horizontalement au-dessus de la saignée. Les mineurs y introduisent des explosifs.

Lors du tir, environ 500 tonnes de sel sont abattues qui seront concassés, broyés, criblés et acheminés en surface au moyen de grandes bennes (les skips) pouvant charrier 20 tonnes de sel chacune. Cette pratique est surtout observée en France et nécessite l'utilisation de moyens adéquats et mécanisés. [21 ; 22]

Le sel gemme est stocké en vrac ou conditionné.

c. Le sel par dissolution

Le sel des gisements souterrains est dissous par injection d'eau douce afin d'obtenir une saumure remontée en surface pour être utilisée en chimie ou évaporée selon la technique du sel ignigène. L'extraction se fait en deux étapes :

- Des sondages sont effectués pour atteindre la formation salifère. Des tubes sont introduits et cimentés dans les trous préalablement forés afin de pouvoir injecter de l'eau de dissolution (généralement de l'eau de rivière) pour extraire la saumure.

- L'eau de dissolution est injectée sur un ou plusieurs sondages. Une fois le sel dissout dans l'eau, la saumure est extraite. Elle contient environ 300 g de chlorure de sodium par litre.

La saumure est essentiellement utilisée comme matière première de l'industrie chimique (production de chlore et de soude, en particulier). [21 ; 22]

d. Le sel ignigène

Cette très ancienne technique repose sur la cristallisation du sel par l'évaporation de saumure. Dès le néolithique, l'eau de mer ou la saumure provenant de sources salées était mise à cuire dans des récipients placés sur un foyer, d'où le qualificatif « ignigène » (d'ignis, le feu). Cette technique possède un point faible notamment la grande consommation de combustible en l'occurrence du bois. [21 ; 22]

Le schéma suivant résume ces différents modes d'extraction.

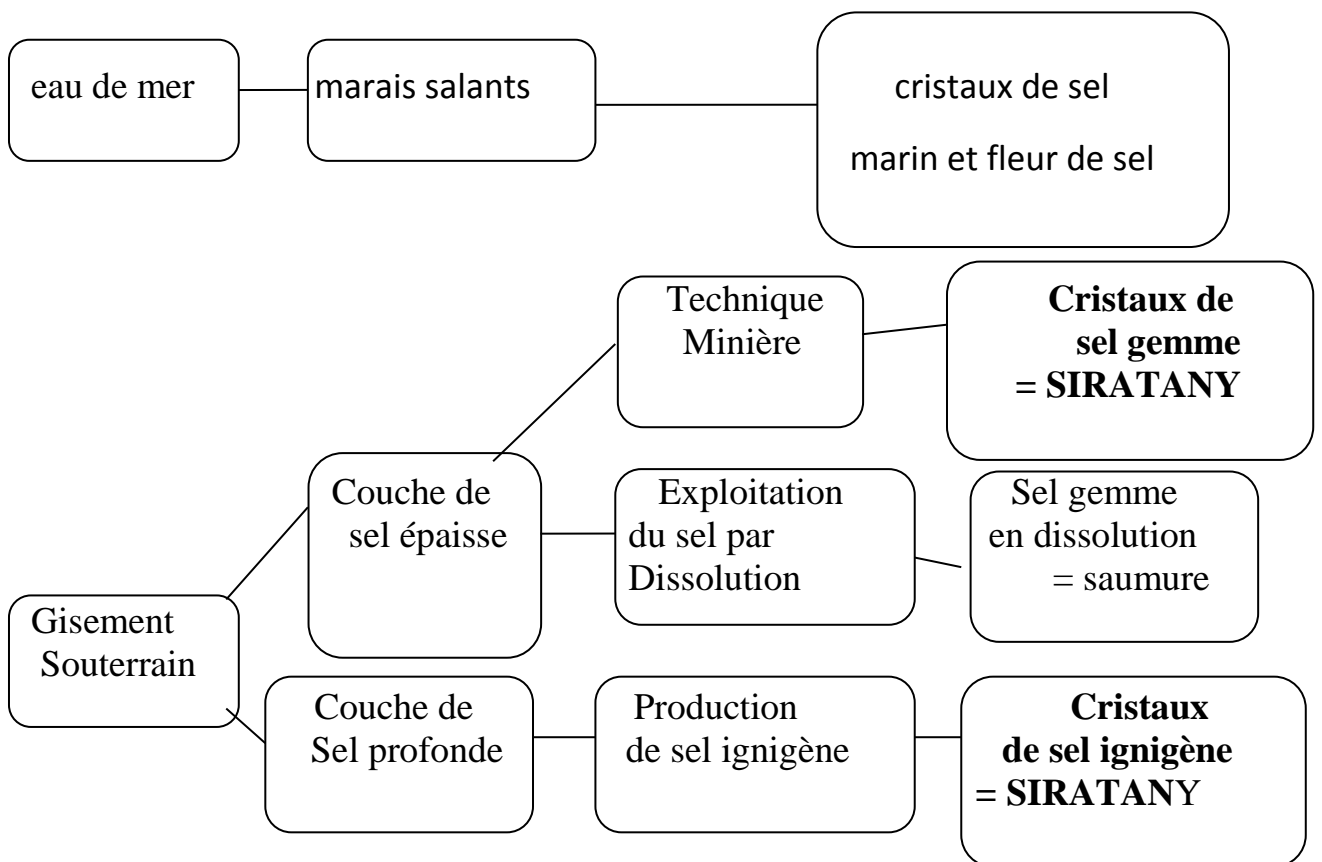


Figure 2: Les différents modes de production du sel. [20]

2. Selon le processus de raffinage

Les cristaux de sel obtenus par ces différents procédés seront séchés puis emballés tandis que d'autres vont passer par l'étape de raffinage qui consiste à purifier le sel pour le rendre plus blanc ; ainsi nous pouvons distinguer :

a. Le sel naturel

Comme son nom l'indique c'est un sel dont la composition minéralogique est encore intacte, qui n'a pas encore subi de traitements de purification, il possède une richesse en minéral incomparable par rapport aux autres sels. La fleur de sel et le sel gemme non raffiné font partie de cette catégorie, ils sont généralement destinés à l'alimentation grâce à la quantité importante en magnésium et oligo-éléments. [23]

b. Le sel raffiné

C'est un sel de couleur très blanche jusqu'ici fréquemment préféré par le consommateur. Il est composé de Na Cl pratiquement pur (99,9 %), ce type de sel reste le plus employé dans l'alimentation mais aussi utilisé dans différents domaines (additifs, papiers, textiles, production de savons et détergents). Aujourd'hui, la majeure partie du sel raffiné est préparée à partir du sel gemme extrait des mines de sel.

c. Le sel de cuisine

C'est un sel raffiné contenant 95 % ou plus du chlorure de sodium presque pur, souvent iodé et fluoré. Il contient habituellement des substances qui empêchent le colmatage des cristaux (des agents antiagglomérants) comme le silicoaluminate de sodium et une quantité infime de sucre inverti pour empêcher le sel de tourner en une couleur jaune une fois exposé à la lumière du soleil, et pour empêcher une perte d'iode par vaporisation.

Le sel de table est principalement utilisé en cuisine et à table comme condiment, souvent associé au poivre. [17]

3. Selon l'utilisation en alimentation

En tant qu'ingrédient alimentaire utilisé dans l'alimentation ; nous pouvons le classer en trois catégories :

- Le sel de cuisine : le chlorure de potassium destiné à l'alimentation, et qui peut contenir des adjonctions d'iodure (pour la prophylaxie du goitre) et du fluorure (pour la prophylaxie du carie dentaire) ;
 - Le sel de table au sens étroit est un sel de cuisine finement cristallisé ou finement pulvérisé et séché
 - Le sel nitraté pour saumure ou salaison consiste en mélange de sel de cuisine et de nitrite de sodium, la teneur en ce dernier composant ne devant pas dépasser 0,6%. Ce mélange sert à la préparation et à la conservation des produits carnés.
- [24]

13. Situation de la filière dans le monde

1. Production

L'USGS (United States Geological Survey/commission géologique des États-Unis) estime que la production mondiale totale de sel ne cesse d'augmenter en 2008 (258 milliers de tonne (Mt)), comparativement à celle de 2007 (257 Mt) et 2006 (240 Mt).

Les productions (sel cristallisé et de dissolution) en milliers de tonne, se répartissent dans le tableau ci-après durant l'année 2006.

Tableau 4 : Production de sel (sel cristallisé et de dissolution) dans différents pays [24]

Pays	Production en milliers de tonne
Chine	48,0
Etats-Unis	46,0
Allemagne	18,6
Inde	16,0
Canada	15,0

Australie	12,4
Mexique	8,5
Brésil	7,3
France	7,0
Chili	6,1

Pour l'union européenne nous n'avons pas eu le chiffre de production durant cette année-là mais celle de 2004 est estimée à 45Mt, de même en Afrique nous n'avons pas pu avoir la production totale du continent mais seulement celle du Sénégal qui est l'un des plus grands producteurs de sel de l'Afrique de l'ouest, sa production s'élève à 400 000tonnes par an.[24 ;25]

2. Commercialisation

Les plus grands marchés se trouvent en Amérique du Nord, en Asie, au Moyen-Orient et en Europe de l'Ouest. La consommation mondiale de sel augmente, surtout parce que les pays du Sud-est de l'Asie et d'autres pays en développement en demandent davantage.

D'après une étude sur le sel effectuée par l'USGS en 2006, la Chine est le plus important pays producteur de carbonate de sodium anhydre synthétique au monde; il faut beaucoup de sel pour alimenter le bétail, et bon nombre des exploitations de sel de ce pays ne réussissent pas à répondre à la forte demande créée par l'augmentation de la production de carbonate de sodium anhydre.

Les ressources en sel sont bien réparties et abondantes sauf au Japon (production : 1,4 million de t/an, consommation : 9,3 millions de t/an, sel importé surtout d'Australie et du Mexique) et en Scandinavie (pas de production, importations : 1,9 million de t/an). Les échanges mondiaux portent sur environ 15 % de la production de sel cristallisé.

Les principaux pays importateurs de sel sont : les Etats-Unis en 2006, 10 millions de t, Canada : 36 %, Chili : 29 %, Bahamas : 9 %, Mexique : 9 % ; tandis que les pays exportateurs sont l'Australie, le Mexique et la Chine. [8

– TECHNIQUES DE PRODUCTION DU SEL

Le sel se trouve partout, dans la mer et dans le sol. Sa grande abondance est une curiosité de la nature. Les principaux procédés de production intentionnelle de sel peuvent être classés en trois catégories : la méthode agricole, la méthode minière et la méthode thermique. Le tableau III nous indique la composition des différentes productions en fonction de leur origine.

Tableau 05– Composition des différents sels (en %)

Composition en % sur sec						
Sels	NaCl	Insolubles à l'eau	Solubles à l'eau			
			MgSO ₄	MgCl ₂	CaSO ₄	Na ₂ SO ₄
Sel gemme	93 à 99.5	0.1 à 5		0.05	0.4 à 1.7	
Sel de mer	98 à 99.8	0.03 à 1	0.005 à 0.12	0.015 à 0.3	0.11 à 0.42	
Sel ignigène	Plus de 99.9	Moins de 0.01			0.01 à 0.3	0.01 à 0.05

1 – La méthode agricole

Cette méthode mise en œuvre dans les marais salants, ou salins, utilise l'énergie solaire dont découle le vent pour produire, à partir d'eau de mer, du sel de mer. Quelques marais salants évaporent toutefois des saumures d'origine terrestre et produisent alors du sel solaire.

Des mers fermées, des lacs salés, des chotts, des sources salées peuvent également être à l'origine d'une production de ce type. La production de sel cristallisé par évaporation naturelle comporte deux phases successives :

- la concentration de la saumure jusqu'à la saturation (qui, pour l'eau de mer, se situe à 260 g / L de chlorure de sodium) ;
- la cristallisation du sel à partir de la saumure ainsi saturée

a .l'eau de mer et les saumures

- Composition de l'eau de mer

La salinité de l'eau des mers est voisine de 3.5 %, ce qui correspond à une densité de 1.026. Dans les océans, la salinité varie de 3.36 % à 3.68 %.

L'incidence de la dilution (pluie ou fleuves) ou de la concentration (évaporation) est plus marquée dans le cas des mers fermées ou semi-fermées. Malgré ces différences importantes de salinité, les éléments majeurs : NaCl, MgCl₂, MgSO₄, CaSO₄ et KCl restent sensiblement en proportion constante d'une mer à l'autre ; seule la teneur en eau varie.

Dans 100 g de sels dissous, il y a environ

- 77 g de NaCl

- 10 g de MgCl₂

- 6 g de MgSO₄

- 3.9 g de CaSO₄

- 2 g de KCl

Cette liste n'est pas complète. Tous les éléments naturels sont en effet présents dans l'eau de mer à l'état de traces.

b . Autres sources de saumures

Le chlorure de sodium est également produit sur des salins à partir d'autres sources naturelles de saumure que la mer. Il s'agit principalement des lacs salés et des chotts, situés dans les régions sèches ou arides du globe. Ces masses d'eau fermées, soumises à des évaporations intenses, ont évolué au gré des apports de sels provenant du lessivage des terrains environnants par les eaux de surface, et du dépôt des sels les moins solubles. La composition de leurs eaux est donc très diverse, selon l'histoire géologique de chaque site. L'utilisation de ces saumures pour la récupération des sels contenus est toujours un cas particulier et se révèle un processus complexe. Le tableau IV indique, à titre d'exemple, la composition ionique des saumures (en kg / t) de la mer Morte, du grand lac salé de l'Utah et, pour permettre la comparaison, celle de l'eau des océans.

Tableau 06 – Composition ionique de quelques saumures naturelles (16)

kg / t				
Composants		Mer morte	Grand lac salé. Utah	Océans
Sodium	Na ⁺	32	67.3	10.8
Magnésium	Mg ⁺⁺	35.7	5.6	1.3
Calcium	Ca ⁺⁺	12.7	0.3	0.4
Potassium	K ⁺	6.4	3.4	0.4
Chlorure	Cl ⁻	178.6	112.9	19.4
Sulfate	SO ⁴⁻⁻	0.4	13.6	2.7
Bicarbonate	HCO ⁻³	Traces	0.2	0.1
Bromure	Br ⁻	3.2	Traces	0.1

Enfin, certains salins utilisent pour leur alimentation des saumures de sondage, obtenues par le lessivage, in situ, d'un gisement de sel gemme. La composition de ces saumures est extrêmement variable selon le gisement.

. Composition des saumures marines pendant la concentration et la cristallisation

Lors de l'évaporation de l'eau de mer ou d'une autre saumure, divers sels, dont le chlorure de sodium, se déposent successivement à des degrés de saturation différents : c'est la cristallisation. Dans le cas de l'eau de mer, le premier sel qui est déposé est le sulfate de calcium, sous forme de gypse (CaSO₄, 2H₂O). Son dépôt débute quand la saumure atteint une densité de 1.109. A la densité de 1.216, c'est à dire quand le chlorure de sodium commence à cristalliser, 80 % du sulfate de calcium est déjà précipité.

Dans les marais salants, la cristallisation est volontairement arrêtée quand la densité atteint un certain niveau, par exemple 1.262 ; la saumure contient alors environ 40 g / l de magnésium (Mg⁺⁺). Le sel qui cristallise au-delà de

cette concentration a un goût de plus en plus amer et un très faible grenage. De plus, l'évaporation des saumures très denses, donc magnésienne, est de plus en plus lente. La production s'en ressent évidemment. Si l'on concentre encore les saumures, appelées eaux mères une fois qu'elles ont déposé le chlorure de sodium, ce qui se pratique sur certains marais salants, on précipite alors, selon les conditions de température, différents sels de sodium, magnésium et potassium, notamment le sulfate de magnésium. Le processus devient alors de plus en plus complexe.

Pour produire 1 kg de sel, il faut utiliser environ 37 kg d'eau de mer dont 90 % sont évaporés pendant la phase de concentration, 7 % pendant celle de cristallisation du chlorure de sodium, 3 % restant dans les eaux mères.

Ainsi un salin est-il un gigantesque évaporateur horizontal et un des plus anciens utilisateurs de l'énergie solaire.

2 – La méthode minière

Les gisements de sel gemme sont très nombreux. Certains sont exploités depuis l'Antiquité, mais tous ne peuvent l'être. Pour la plupart des gisements actuellement en exploitation, on utilise, soit la méthode des chambres et piliers pour produire des sels solides, dit sel gemme, soit la dissolution avec de l'eau, amenée *in situ* par des sondages, pour produire des saumures saturées ou saumures de sondage.

Géologie des gisements de sel gemme :

Le sel gemme ou halite est une évaporite, c'est à dire une roche résultant de l'évaporation intense d'eau de mer, mais aussi d'eaux salées produites par le lessivage de dépôts préexistants. De par son origine, le sel gemme est souvent associé à d'autres évaporites telles que le sulfate de calcium sous forme de gypse et d'anhydrite, ou différents sels de potassium comme la sylvinite et la carnallite. Les évaporites, au même titre que les calcaires, les argiles et les grès, font parties des roches sédimentaires par opposition aux roches ignées (comme le granite et les basaltes) ou métamorphiques (comme le gneiss). Il faut toutefois

noter que la vitesse de dépôt du sel, variable mais pouvant dépasser 10 cm par an, est infiniment supérieure à celle des autres sédiments.

En France, les principaux gisements de sel sont d'âge triasique (Lorraine, Champagne, Franche-Comté, Alpes et Sud-Ouest) et oligocène (Alsace, Bresse, Valentinois, Camargue et région de Manosque). La formation salifère la plus importante, celle du Keuper inférieur de Lorraine-Champagne, s'étend sur plus de 12000 km² ; sa puissance maximale est de 150 m, dont, en cumul, plus de 110 m de couches de sel. Les réserves sont estimées à plus d'un milliard de milliards de tonnes.

La grande majorité des gisements se présente, soit en couches horizontales, soit sous forme d'énormes amas de sel, diapirs ou dômes. Ce sont les raisons pour lesquelles presque toutes les mines de sel du monde sont exploitées par la méthode des chambres et piliers abandonnés qui présente en outre l'avantage d'éviter l'effondrement des terrains sus-jacents et donc l'intrusion d'eau ou de saumure dans les travaux miniers, ce qui entraîne leur abandon.

L'exploitation concerne aussi une couche horizontale, d'une épaisseur régulière d'au moins deux mètres mais pouvant atteindre 40 m. L'une des plus importantes mines de sel du monde (Borth, Solvay, RFA) exploite à 700 m de profondeur une couche de 20 m de sel très pur titrant plus de 99 % de NaCl. Les mines les plus profondes s'enfoncent jusqu'à 1000 m.

3 – La méthode thermique

Quand les conditions climatiques ne permettent pas de recourir à l'évaporation solaire, il est nécessaire d'utiliser une source de chaleur « artificielle » pour produire du sel à partir de saumure de sondage. La méthode thermique, mise en œuvre dans les *salines*, produit ainsi du *sel ignigène* par évaporation « artificielle » de saumures de sondage. Les *poêles*, grands

réipients en tôle, dans lesquelles la saumure chauffée s'évaporait à l'air libre ont été presque toutes remplacées par des évaporateurs clos, qui permettent, dans des installations de *thermocompression* (recompression mécanique de vapeur) ou à *multiples effets*, d'économiser l'énergie en utilisant la vapeur résultant de l'évaporation.

Certaines salines sont alimentées en saumures d'origine marines. C'est notamment le cas au Japon, où *l'électrodialyse* qui utilise des membranes sélectives pour concentrer ou au contraire dessaler de l'eau de mer en présence d'un champ électrique intense permet de produire des saumures concentrées à partir de l'eau de mer.

D'autres salines utilisent pour leur alimentation du sel cristallisé (sel gemme ou quelquefois sel de mer) qu'elles dissolvent à chaud et recristallisent par *détente étagée* de la saumure saturée ainsi obtenue, ou dans une *pompe à sel*, utilisant la recompression mécanique de vapeur. Le *sel de flamme*, obtenu par fusion de sel gemme ou de sel ignigène, est encore produit dans quelques salines [6].

1- Le but :

Chaque pays est caractérisé par des modèles d'approvisionnement, de distribution et de consommation du sel qui lui sont propres. Un programme d'iodation doit s'intégrer à ce système avec un minimum de heurts pour réussir à distribuer à l'ensemble de la population la quantité d'iode requise.

Tout Pays affligé par un problème de déficience en iode entreprendra d'abord une analyse exhaustive de la situation du sel sur son territoire : points de production- importation ; réseau de distribution ; et jusqu'au ménages. Cette analyse sera effectuée avec soin par un groupe de personnes complètes afin que les données compilées soient utiles ; Les résultats seront distribués à tous ceux qui participent aux efforts d'iodation. Une telle analyse peut prendre plusieurs mois et, étant donné que le sel est une denrée alimentaire, elle doit bénéficier de la participation de représentants d'un certain nombre de secteurs.

L'analyse permettra de mieux comprendre tous les facteurs qui interviennent dans le secteur du sel et d'établir clairement où il serait logique d'effectuer les contrôles ; enfin, elle contribuera à cerner les éventuelles contraintes et difficultés de l'iodation universelle.

2- éléments d'une analyse de la situation du sel :**1- Contexte historique :**

L'information disponible doit être examinée pour comprendre la progression des activités visant l'élimination des TCI et l'iodation du sel. cela peut comprendre une brève discussion des efforts nécessaires pour bien « établir » l'iodation , une estimation des changements dans la prévalence des TCI à la tendance historique , une discussion de la nature générale des relations entre les secteurs public et privé , et un bref historique de l'évolution du programme des TCI

2-Prévalence des TCI :

Une brève description devra être préparée sur chacune des études les plus récentes portant sur la prévalence des TCI dans différentes régions du pays , indiquant la date de l'étude , le groupe de population , le type d'échantillonnage et sa représentativité , la méthode de classement clinique utilisée , et les résultats cliniques et de laboratoire.

3-Contrôles et réglementation :

A cet Gard , il s'agirait de passer en revue ce qui suit :

- législation et réglementation actuelles touchant l'iodation du sel , et normes courantes .
- Normes relatives à la teneur en iode à l'usine, chez les détaillants et dans les ménages.
- Mécanismes de surveillance de la teneur en iode à différents niveaux, et discussion sur la capacité des laboratoires à différents niveaux.
- Fréquence des contrôles, procédures utilisée (lieux d'échantillonnage, méthodes de prélèvement, techniques de laboratoires) , et portée du programme de contrôles (nationale ou limitée à certaines provinces).
- Nombre d'échantillons analysée par lieu de prélèvement et teneur en iode constatée (fréquences de catégories de niveaux en mg / kg si les analyses sont quantitatives).
- Mécanisme et procédures exécutoires, organismes habilités à surveiller l'application des lois et règlements aux points de production et dans les commerces de gros et de détail, et mesures prises lorsque l'on détecte des niveaux d'iodation insuffisantes.

- Problèmes rencontrés dans le contrôle systématique de l'iodation au niveau national, mesures prises pour les résoudre, et recommandations concernant les interventions souhaitables.

4-Raffinage et iodation du sel :

L'analyse « **Raffinage et iodation du sel** » contiendra les données suivantes :

- Lieu et capacités des raffineries et description du procédé de raffinage.
- Procédés d'iodation du sel dans les pays (méthode humide ou sèche)
- Composés d'iode utilisé (iodure ou iodate).
- Stabilisateur (le cas échéant) ajouté au composé d'iode.
- Types de machines utilisées.
- Niveaux d'iodation : exigés et effectifs (dans chaque usine).
- Procédures de contrôle dans l'usine et fréquence d'application.
- Procédés de conditionnement et estimation de la proportion des ménages qui consomment du sel iodé.
- Liste de toutes les usines d'iodation, adresses, capacités et production effective (pour l'année la plus récente) selon la table ci –dessous.
- Estimation de cout de l'iodation par tonne de sel iodé.
- Détails sur les achats et la distribution de l'iodate de potassium, avec quantités et prix
- Système de délivrance des permis aux producteurs, raffineurs et usines d'iodation, désignation de la régie d'état qui accorde les permis. [26]

Nom de l'usine d'iodation	Adresses	Types d'entreprise	Capacité de production (t /a)	Sel iodé Produit (t /a)

1-Raffinage du sel :

*- Procédée de Raffinage du sel :

Le sel raffiné est très pur (NaCl à 99,5 %), sec, blanc, et d'un grain uniforme (0,3 à 1,0 mm) selon l'usage, il est vendu avec ou sans additifs tels que :

Des agents anti agglomérant : pour empêcher les grains adjacents de se cimenter et de former une masse solide et dure ; agents communément utilisés : ferrocyanures de potassium ou de sodium, de l'ordre de 5 à 15 mg/kg.

Des agents d'écoulement : dont l'action mécanique de lubrification des cristaux facilite leur écoulement fluide et sans entrave, absorbent toute vapeur résiduelle après la fermeture étanche du sac ; agents communément utilisés : carbonate de magnésium, silicate de calcium, silico-aluminate de sodium et phosphate tri calcique, de l'ordre de 1 à 2%.

Des agents iodant : pour lutter contre les troubles de la carence en iode, notamment l'iodure ou l'iodate de potassium, de l'ordre de 30 à 170 mg / kg

Codex STAN 150 – 1985

a- Le sel de catégorie alimentaire est une substance cristalline principalement composée de chlorure de sodium.

Il est extrait de la mer, de gisements souterrains de sel gemme ou de saumures naturelles. Cette norme s'applique au sel utilisé comme ingrédient alimentaire, tant pour la vente directe aux consommateurs que pour la fabrication d'aliments.

Elle s'applique aussi au sel enrichi (additifs et / ou nutriments)

b- Sa teneur en Na cl ne sera pas inférieure à 97% de la substance sèche et à l'exclusion des additifs.

c- Il peut contenir les additifs alimentaires suivants qui figurent aux pages pertinentes de la division 3 tels qu'énumérés ci-dessous.

Agents antiaglonérants :**Max dans le produit fini**

- Carbonate de ca et / ou de Mg
- oxyde de Mg ; phosphate tri calcique
- Dioxyde de silicium, alumino-ca, mg.
- Na ; ou alumino- silicates de ca
- Sels de Al , ca , mg , K ou Na des acides myristique , palmitique ou stéarique .

20 g / kg seul ou combiné

Modificateurs de cristaux

10 mg / kg (seul ou combinaison)

de ferrocyanures de Na, K ou ca, exprimées comme $[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

*- Pour les ferrocyanure de Na et de K,

La teneur max peut être de 20 mg / kg

Dans la préparation de sel dendritique

Poly sorbate 80

10 mg / kg

Diméthyl polysiloxane

10 mg / kg résidus / kg.

d)- Contaminants :

Tolérance maximale

Arsenic

0,5 mg / kg

Cuivre

2 mg / kg

Plomb

2 mg / kg

Cadmium

0,5 mg / kg

Mercure

0,1 mg / kg

e) – Outre les exigences ces obligatoires que l'on retrouve dans la norme générale pour l'étiquetage des aliments conditionnés, les spécifications suivantes s'appliquent :

- Désignation à afficher : sel.

- Sel sera suivi de près de l'une des mentions suivantes : « catégorie alimentaire » de cuisine ou de table .

- Lorsque le sel contient un ou plusieurs sels de ferrocyanure ajoutés à la saumure durant l'étape de cristallisation, le qualificatif « dendritique » pourra être ajouté à la désignation.

- **une indication de l'origine ou de la méthode de production peut** figurer sur l'étiquette.

- Si le sel est porteur d'un ou plusieurs nutriments, et qu'il est vendu comme tel pour des raisons de santé publique, le nom du produit portera une indication à cet effet, ex : sel au fluore, sel enrichi au fer, etc. . , ainsi que la date (si l'additif à une durée de vie déterminée).

Tableau 07 : Spécification du codex en matière de sel de catégorie alimentaire .

Dans bien des pays, le sel brut est souvent broyé directement, mis dans des sacs et commercialisé, ou bien raffiné avant d'être mis en vente pour la consommation humaine ou animale.

Il existe plusieurs processus différents pour le raffinage du sel solaire brut. Dans certains pays, les raffineries ré dissolvent le sel cru et font évaporer la saumure sous vide pour obtenir une fine poudre pure recristallisée qui est séchée et emballée. un procédé plus courant, adopté de plus en plus à cause de sa faible consommation d'énergie, s'appelle l'hydro-concassage. [27]

2- Iodation du sel :

Tant le procédé que le produit fini de l'iodation du sel requièrent des contrôles. Pour dresser convenablement un plan exhaustif de contrôle, il est important de comprendre les procédures de base utilisées dans le processus d'iodation, ainsi que les différences dans les procédures utilisées par les petites, les moyens et les grands producteurs.

Le processus fondamental de fortification du sel avec de l'iode est relativement simple, mais un certain nombre d'étapes doivent être suivies pour s'assurer d'une bonne production de qualité constante.

2-1- Techniques d'iodation du sel :

L'iode est ajouté au sel sous forme d'iodate de potassium après raffinage et séchage et avant emballage. Souvent, l'iodation peut être liée aux lignes de production et (ou) raffinage existantes.

Il suffit d'ajouter une solution d'iodate de potassium au sel (méthode **humide**) ou de poudre sèche d'iodate de potassium (**méthode à sec**). Dans le premier cas, l'iodate est d'abord dissous dans de l'eau pour obtenir une solution concentrée. Cette solution est appliquée au sel à un rythme uniforme soit par égouttement, soit par aspersion. Dans la méthode à sec, l'iodate est d'abord mélangé avec une « charge » (carbonate de calcium et / ou sel sec) et la poudre est ensuite aspergée sur le sel sec. Dans les deux cas, il importe absolument de bien malaxer après adjonction de l'iodate pour s'assurer d'une répartition convenable, si le malaxage est insuffisant, certains lots contiendront trop d'iode et d'autres pas assez.

2-2- Teneurs en iode dans le sel :

La ration quotidienne minimale d'iode recommandée varie de **150 à 200mg** pour se faire une iodée de ce que représente cette quantité, une particule pas plus grosse d'une tête d'aiguille est suffisante pour une personne pour tout un mois.

Il n'y a pas de prescription universelle quant au niveau d'iode ajouté au sel pour obtenir cette ration recommandée. de nombreux facteurs influencent la sélection d'une teneur appropriée pour une population donnée :

- 1)-** Consommation de sel par tête dans la région ;
- 2)-**Degré de carence en iode dans la région.
- 3)-**Pertes en transit ; et
- 4)-**Durée de vie nécessaire à l'étalage.

La consommation de sel par tête dans différents pays varie énormément, de quelque 3 à 20g par jour.

Etant donné que les niveaux de consommation de sel varient et que la quantité d'iode qui se dissipera dépend du climat, du matériel d'emballage et de la durée d'entreposage, il ne serait pas réalisé.[27] d'établir une norme mondiale quant à la quantité d'iodate de potassium à ajouter au sel .

Les niveaux actuels d'iodation dans différents pays varient de 100g d'iode par Kilo de sel , soit 170 grammes d'iodate de potassium à la tonne(là ou la qualité du sel et de l'emballage est très médiocre et ou simultanément la consommation de sel est faible) à 20 mg / kg d'iode , ce qui est équivalent à 34 g à la tonne (sel de qualité supérieure , bon emballage , consommation élevée) .

La plupart des pays se sont fixés des niveaux qui se situent aux environs de 50 mg / kg d'iode (ce qui correspond à 85 mg / kg d'iodate de potassium) .

Les teneurs d'iode recommandées par l'OMS-UNICEF-ICCIDD pour différents niveaux de consommation de sel et selon diverses conditions environnementales et d'emballage sont résumées à la table suivante :

Climat et consommation quotidienne de sel(g/personne)	Conditionnement				
	Requis à l'usine (externe)		Requis chez les marchands		
	Gros sacs (vrac)	Sacs de plastique (détail)	Gros sacs (vrac)	Petits Sacs (détail)	
	Mg d'iode /kg de sel				
Chaud et humide :	5g				
	10g	100 50	80 40	80 40	60 30
Frais et sac:	5g	80	60	60	40
	10g	40	30	30	20

Teneurs en iode (sel) recommandées par l'OMS-UNICEF-ICCIDD exprimées en mg d'iode par kg de sel (mg/kg). [27]

2-3- Normes et caractéristiques du sel iodé :**1- Description :**

Le sel doit être fait de cristaux solides ou de poudre, de couleur blanche, sans résidus visibles d'argile, de sable, de gravier ou d'autres corps étrangers. Une solution à 10 % dans l'eau doit être claire, sans couleur, et sans réaction chimique évidente.

2- Humidité :

Le sel ne doit pas contenir plus de 4 % d'humidité (poids) lorsque analysé par les méthodes de dessiccation recommandés par l'OMS.

3- La taille des particules :

Pour ce qui est du gros sel, un minimum de 95 % du gros sel doit passer à travers un tamis standard de 4mm.

4- Substances insolubles dans l'eau :

Les substances insolubles dans l'eau ne doivent pas dépasser 0,2 % (poids).

5- Teneur en chlorure:

Au moins 97 % exprimée comme Na cl sur une base « humide » ou sur une bale « tel quel ».

6- Impuretés solubles :

Le magnésium exprimé sous forme de chlorure de magnésium, ne doit pas dépasser 0,5 %.

7- Teneur en iode :

Le composé utilisé devrait être de l'iodate de potassium (KIO₃) .l'écart prévu de 80-120 mg / kg à l'usine.

8- Conditionnement:

Le conditionnement doit se faire dans des sacs de polypropylène tissé ou dans des sacs de jute propres jamais utilisés. Toutefois, pour la vente au détail, le sel doit être mis dans des sacs de polyéthylène.

9- Etiquetage :

- Désignation : sel iodé (lettrage uniforme)
- Nom du fabricant ou de l'entreprise de conditionnement.
- Numéro du lot.
- Date d'expiration ou mention « meilleur avant » telle date.
- poids net.
- Composé d'iode utilisé : iodate de potassium.
- Teneur en iodate de potassium (mg / kg).

10- Entreposage et transport :

Pour réduire au minimum les pertes inévitables d'iode durant l'entreposage, le transport, ou la vente de gros ou au détail, le sel ne devrait pas être exposé aux conditions suivantes :

- Forte lumière ou soleil.
- Forte chaleur ou humidité élevée.
- Pluie

- Déverses formes de contamination (poussière et substances chimiques) .
- Mélange avec du sel non iodé.
- Mauvaise conditions d'entreposage (manque d'aération) ; veiller à un bon roulement des stocks. [26]

2-4- Pourquoi ioder le sel ? :

Dans les régions rurales de nombreux pays en développement, ou la carence en iode est particulièrement sévère, les populations dépendent essentiellement de nourritures de subsistance.

Leur régime alimentaire repose habituellement sur une ou deux céréales, des tubercules ou des légumineuses comme denrées de base

Quand un ménage possède des bestiaux, il lui arrive aussi de consommer des produits laitiers. C'est ce contexte diététique et économique qu'il faut considérer lorsqu'il s'agit de choisir un vecteur pour faire parvenir l'iode à de telles populations.

Au cours des 60 dernière années, dans le cadre des efforts déployés pour introduire un apport régulier d'iode dans l'alimentation quotidienne, plusieurs types de nourriture ont été pris en considération comme véhicules possibles- sel , pain , friandises , lait , sucre et eau . De ce nombre, le sel est devenu le vecteur le plus communément accepté pour toutes sortes de raisons :

- Il s'agit de l'une des rares denrées qui est presque universellement consommée par pratiquement tous les segments d'une population. riches et pauvres, .Normalement, le sel est consommé à peu micronutriment comme l'iode, lorsqu'il est introduit par l'intermédiaire du sel, rejoindra chaque individu en doses uniformes tout au long de l'année.

- Par comparaison à d'autres denrées dont la production est très espacée, la production du sel est ordinairement limitée à quelques centres. Dans bien des régions isolées du monde, le sel est l'une des rares denrées que l'on doit faire venir de l'extérieur, et il se prête ainsi à une transformation sur une échelle économique et dans des conditions contrôlées. En ajoutant une dose fixe d'un micronutriment comme l'iode au sel dans des lieux centralisés, on peut s'assurer qu'une majorité de la population répartie dans une région ou un pays donnée absorbera le nutriment en rations physiologiques continues sans effort additionnel.
- Le mélange d'un composé de l'iode avec du sel est une opération simple qui ne produit aucune réaction chimique nocive. L'équipement requis n'est pas complexe, et il est facile à opérer et à maintenir.
- Une proportion majeure du sel produit dans le monde est extraite de l'eau de mer. L'eau de mer contient de l'iode en plus du sel. Cependant, lorsque l'eau de mer s'évapore, une bonne partie de l'iode reste en solution ou est perdue par évaporation. Seule une petite portion de l'iode est retenue dans le sel. Par conséquent, l'iodation ne fait que restaurer un élément naturel du sel de mer.
- L'adjonction d'iode au sel (ordinairement sous forme d'iodure ou d'iodate de potassium ou de sodium) ne modifie en rien sa couleur, son goût ou son odeur. En fait, on ne peut pas distinguer le sel iodé du sel non iodé.
- Le coût de l'iodation est faible : normalement entre 2 et 7 cent US au kilo, ce qui représente moins de 5 % du prix du sel au détail dans la plupart des pays.

Etant donné que l'iode n'est requis qu'en quantités infimes, de l'ordre de 150 à 200 microgrammes par personne par jour, le dosage de l'iode dans le sel est extrêmement petit. La consommation de sel se situe à entre 5 et 20 grammes par jour dans une région ou un pays donné. Normalement, la concentration

d'iode dans le sel est fixée à entre 30 et 100 microgrammes d'iode dans un gramme de sel . Ce dosage est déterminé en tenant compte des éventuelles pertes d'iode durant le transport et l'entreposage. Le sel iodé doit être mis dans des sacs ou des contenants étanches sur lesquels seront inscrits le nom et l'adresse du producteur ainsi que la date de fabrication pour permettre des contrôles efficaces.

Dans certaines parties du monde, il y a des populations qui ne consomment pas de sel provenant d'une source de production régulière. Elles recueillent sur place du sel gemme ou des brindilles salines dont on extrait le sel par ébullition, Parfois, elles font bouillir des saumures pour produire de petites quantités de sel qui suffisent aux besoins du ménage .Il est donc difficile de rejoindre de telles populations au moyen du sel , mais une éventuelle amélioration de leur situation en termes de commercialisation et d'approvisionnement au niveau des denrées alimentaires devrait les encourager à acheter du sel .

Une fois qu'un programme permanent et efficace d'iodation du sel prend pied dans un pays, la carence en iode est éliminée et la ration quotidienne pour tous est assurée, ce qui prévient la récurrence des TCI. En moins d'un an d'approvisionnement répandu en sel contenant la concentration requise d'iode et de consommation généralisée au niveau des collectivités , il cesse d'y avoir des naissances d'enfants souffrant de crétinisme ou des cas d'arriération mentale et de débilité physique attribuables à la carence en iode . Les goitres , chez les petits écoliers et les jeunes adultes , auront commencé à se résorber et parfois même à disparaître complètement . Les enfants seront plus actifs et auront une meilleure performance scolaire. La tuméfaction de la thyroïde chez les adultes cessera de s'aggraver.

L'introduction de l'iode par l'intermédiaire du sel a réussi à éliminer le problème de la carence dans plusieurs pays ou les programmes se poursuivent depuis plus d'une soixantaine d'années. Le défi aujourd'hui consiste à appliquer les connaissances disponibles à la création de systèmes d'approvisionnement en iode à l'ensemble de la population sur une base autonome et durable. [26]

2-5- Surveillance de la teneur en iode du sel :

La surveillance de la teneur en iode est importante à plusieurs égards :

- Pour s'assurer que le sel fabriqué ou importé dans un pays respecte certaines normes-exigence statutaire.
- Pour veiller à ce que le sel qui rejoint le consommateur contienne de l'iode pour assurer les préventions des TCI-exigence physiologique.
- Pour garantir le maintien durable du programme, et pour veiller à ce que toute déviation par rapport au niveau se présente soit immédiatement signalée pour que l'on prenne des mesures.
- La surveillance continue de la teneur en iode est l'un des meilleurs et des plus simples moyens de surveillance globale du programme d'élimination des TCI lorsque l'on a opté pour l'iodation du sel comme stratégie d'interventions
- L'omission de contrôles convenables a toujours été la principale cause de défaillance des programmes de lutte contre les TCI dans le passé.

3- contrôles de qualité du sel :

Les contrôles livrent l'information nécessaire aux décisions sur certaines activités des programmes, ex rajustement de la teneur en iode et changement de méthode d'entreposage. Bien que certains indicateurs cliniques ou biologiques. Classement des goitres thyroïdienne ou TSH, et iode urinaire – puissent servir à mesurer l'impact et des activités du programmes, de bons contrôles sur

le processus d'iodation du sel, suivis de décisions appropriées pour remédier aux problèmes, garantiront un impact positif.

Les contrôles s'exerceront à un certain nombre de niveaux et devront être intégrés à d'autres activités . sans égard à l'étape où se trouve le programme ou au facteurs politiques et culturels qui influent sur sa mise en œuvre , les contrôles sur les activités sont critiques pour en assurer la qualité , la réussite et l'application soutenues .

3-1- Contrôles au point de production :

Les contrôles sur le sel au point de production représentent l'étape la plus importante du plan de surveillance et on les exerce par une série de mesures internes d'assurance de la qualité conjuguées à des inspections externes .

Le fabricant doit procéder à ses propres contrôles, et les moyens et grands producteurs doivent être encouragés à recruter quelqu'un spécifiquement responsable de l'assurance de la qualité interne . si un lot n'est pas adéquatement iodé au niveau de la production , il doit-être ré-iodé avant la distribution. [27]

3-2-les Contrôles au niveau des ménages :

Lorsque les contrôles au niveau de la production révèlent que l'on produit du sel iodé en quantités suffisantes , il devient capital de s'assurer que le produit qui atteint les ménages contient toujours suffisamment d'iode .Il ya essentiellement deux méthodes et objectifs pour les contrôles sur le sel dans les ménages .

. les enquêtes de dissémination : servent à établir la proportion des ménages qui reçoivent du sel adéquatement iodé ; elles sont ordinairement menées au niveau provincial ou national.

.les contrôles continus : Servent à identifier les localités à risque élevé (ex . « situations critiques », ou trop peu de ménages obtiennent du sel adéquatement

iodé ; ils sont ordinairement effectués au niveau des districts pour obtenir l'information sur village individuels. [26]

4- Assurance de qualité du sel :

En principe, l'assurance de la qualité adopte une approche plus vaste, et elle porte sur certains concepts de gestion et d'organisation qui influencent le fonctionnement du laboratoire tout entier .Les exigences minimales requises pour assurer la qualité de toutes les analyses font l'objet d'une discussion détaillée ci-dessous .à la figure n°2 , on trouvera certains des éléments clés de l'assurance de la qualité en laboratoire pour l'analyse de l'iode dans le sel .

Figure n°2 : éléments clés de l'assurance de la qualité totale en laboratoire pour l'analyse de l'iode dans le sel .

- . Consignation des échantillons de sel .
- .Vérifications des stocks de réactif
- .Vérifications de l'équipement.
- .validation de la méthode.
- Sensibilité, rectification, contre-vérification.
- contrôle de la qualité interne.
- Etablir le matériel de CQ
- Tests de routine de CQ.
- Contrôle de la précision des tests
- Contrôle de la qualité externe
- Etablir un réseau de laboratoires
- Mettre en lien les labos de l'industrie et ceux de l'état .

4-1- Assurance de la qualité interne :

En matière de contrôles internes , il est essentiel d'apprendre ce qui suit :

- Si les mesures de contrôle de la qualité interne garantissent que les normes de l'industrie sont satisfaites , et si le procédé d'iodation du sel se déroule efficacement .
- si la production est adéquate pour garantir que les besoins en sel iodé sont satisfait dans l'agrégat de la population globale.

- Indicateurs clés :

- Nombre de tonnes de sel produites.
- Nombre de tonnes de sel iodé produites .
- Chiffres sur les ventes de sel iodé.
- Pourcentage du sel alimentaire qui est réputé iodé
- Pourcentage du sel alimentaire qui est effectivement iodé (conformément aux normes de l'industrie externes de teneur en iode , de conditionnement et d'étiquetage)
- efficacité du processus des contrôles internes .

- Collecte , Analyse et signalement des données (rapports) :

- Rapports de routine : contrôles de qualité continus
- Registres ouverts aux inspecteurs du gouvernement .

- Mesures de suivi :

- Définition de lignes directrices pour les procédures de contrôles internes .
- affectation d'effectifs aux tâches de contrôle de la qualité .

- Définition de lignes directrices relatives aux mesures correctrices .
- Amélioration des procédés de production , y compris les méthodes d'iodation , le conditionnement et l'étiquetage .

- Secteurs impliqués :

- Secteur privé : dans la plupart des cas, les producteurs individuels assument cette responsabilité. Les petits producteurs pourraient former des coopératives et confier par contrat à des services compétents la tâche de contrôler leur sel .

4-2- Assurance de la qualité externe :

En matière de contrôles externes , il est essentiel de savoir ce qui suit :

- Si les contrôles de qualité interne se déroulent convenablement .
- Si les registres indiquent que les paramètres sont régulièrement validés et que les normes de l'état sont toujours satisfaites
- Si des tests indépendants confirment les rapports du producteur .
- Si l'équipement est convenablement maintenu pour assurer une iodation adéquate .

- Indicateurs clés :

- Proportion de sel adéquatement iodé à l'inspection externe
- Présence de sel iodé sur le marché.
- Efficacité du processus des contrôles externes.

- Collecte, Analyse et signalement des données (rapports) :

- Inspection externe des usines.

- évaluation des ventes et rapports commerciaux .
- examens réguliers des rapports périodiques des producteurs .
- Analyses périodiques des échantillons des producteurs .

- Interventions et suivi :

- formulation (en collaboration) ou application de règlements d'assurances de la qualité externe .
- Apposition d'un sceau ou d'un logo de conformité comme indice d'une assurance de qualité adéquate.
- Application exécutoire des règlements lorsque les normes ne sont pas satisfaisantes .

- secteurs intéressés :

- Bureau de norme
- Ministère de la santé ou de l'agriculture (bureau de la sûreté des aliments) [26].

5- Différence entre assurance de la qualité et contrôle de la qualité :

- L'assurance de la qualité : Est un concept très vaste qui couvre toutes les questions qui influencent individuellement ou collectivement la qualité d'un produit .Elle s'applique à l'équipement , à la conception du produit , aux fournitures et à la logistique , à la gestion et au perfectionnement des ressources humaines , et à tous les éléments destinés à garantir que les produits sont d'une qualité qui correspond à l'utilisation qui leur est destinée .

- Le contrôle de la qualité : Représente l'aspect des bonnes pratiques de fabrication qui concerne l'échantillonnage , les spécifications et les tests , ainsi que l'organisation , la documentation , et les procédures d'autorisation qui garantissent que les tests nécessaires et pertinents sont réellement effectués et

que l'on n'autorise pas l'utilisation de matières, ni la vente ou la fourniture de produits, sans avoir établi que leur qualité est jugée satisfaisante. Le contrôle de la qualité ne se limite pas à des opérations de laboratoire, mais il doit plutôt intervenir dans toutes les décisions pouvant concerner la qualité du produit.

6- Le mécanisme de l'assurance de la qualité :

La réglementation dicterait que des activités spécifiques d'AQ soient consacrées à qui suit :

- **Le niveau d'iodate de potassium :** s'assurer d'une teneur appropriée de KIO_3 dans le sel au niveau de la fabrication, importation, et commerce de gros et de détail, ainsi que de la qualité globale du sel iodé.

- **Conditionnement :** s'assurer que le sel est convenablement emballé dans des sacs faits de matières non poreuses, doublés de polypropylène à haute densité, et dans des formats convenables pour la vente au détail.

- **Étiquetage :** s'assurer que l'étiquette contient l'information stipulée dans la loi, à savoir :

- teneur en iode (exprimée en mg/kg) et présence quantifiée des autres principaux ingrédients.

- numéro de lot.

- dates de fabrication et d'expiration du sel.

- poids net.

- prix

- **Désignation et numéro de permis** du fabricant, importateur, grossiste et détaillant afin que l'on puisse remonter la filière lorsque le sel n'est pas conforme.

- usage autorisé d'un logo

- instructions d'entreposage.

- Entreposage, transport, et mise en étalage du sel : réduire au minimum les pertes d'iode en évitant une lumière directe ou trop forte, chaleur excessive, humidité ou eau, contamination, mélange avec du sel non iodé, aération inadéquate, fréquence de roulement insuffisante à l'entreposage, présence de crochets ou autres instruments acérés , ou empilement sur une quelconque surface située à moins de 4 pouces du sol .

La loi doit également autoriser le ministère comparent à définir des règles pour les rapports d'AQ (ex. registre des tests d'échantillons) En outre, elle devra habiliter le ministère à décider de la manière de disposer du sel qui n'aura pas été convenablement entreposé afin de le retirer du marché pour qu'il ne puisse servir à la consommation humaine ou animale.

Des activités précises d'AQ pourraient être énumérées dans des lignes directrices préparées par les autorités en collaboration avec l'industrie. Initialement, la loi pourrait se contenter d'obliger l'industrie à exercer des contrôles sur ses propres activités de production, conditionnement, étiquetage et entreposage, sans préciser leur nature .Ultérieurement lorsque l'industrie et les autorités auront eu le temps de s'ajuster techniquement et financièrement, des exigences d'AQ plus sévères pourraient être énoncées dans des règlements statutaires. L'apport de l'industrie à ce niveau garantira que les exigences d'AQ seront réalistes et efficaces. [26]

Partie

expérimentale

Contrôle de qualité du sel :**I- Contrôle physique :**

- poids
- date
- soudure
- marquage
- aspect
- dimension

Equipe A						
Heures	Poids	Date	Soudure	marquage	Aspect	Dimension
05 ^H : 30 →	960	P	S	P	B	16
	985	P	S	P	B	16
	975	P	S	P	B	16
06 ^H : 30 →	970	P	S	P	B	16
	1000	P	S	P	B	16
	990	P	S	P	B	16
07 ^H : 30 →	980	P	S	P	B	16
	990	P	S	P	B	16
	985	P	S	P	B	16
08 ^H : 40 →	1010	P	S	P	B	16
	995	P	S	P	B	16
	1000	P	S	P	B	16
10 ^H : 00 →	1030	P	S	P	B	16
	1000	P	S	P	B	16
	1040	P	S	P	B	16
11 ^H : 20 →	990	P	S	P	B	16
	1000	P	S	P	B	16
	950	P	S	P	B	16

II- Contrôle chimique :**1- Analyse du KIO_3 :****- Objet et domaine d'application :**

Le présent mode opératoire a pour objet la description de l'iodate de potassium (KIO_3) dans le sel alimentaire.

- Définition :

L'iodation du sel alimentaire se fait par addition d'iodate de potassium KIO_3 . La teneur en iode du sel iodé est déterminée par une méthode volumétrique : L'iodométrie.

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

- Réactifs :

Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); $\text{PM}=248,2$ – solution mère= 0.1 M ou 0.1 N

Solution de dosage = 0.002 M ou 0.002 N

- iodate de potassium (KIO_3 ; $\text{PM}=214$) – solution étalon à 0.05 g/l.
- iodure de potassium (KI) à 10% (P/V).
- Acide acétique glaciale (CH_3COOH) ou acide sulfurique (H_2SO_4) 2N.
- Acide d'amidon à 0.25 % (P/V).

- Recommandations :

- Utiliser des réactifs purs.
- Utiliser de l'eau distillée bouillie et refroidie. A conserver dans des flacons bruns à l'abri de la lumière, de l'oxygène e de l'air et du froid.

- Préparation des réactifs :**- Solution de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) :**

Solution mère = 0.1 M (ou 0.1 N)

Dissoudre 24.82 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, dans une fiole jaugé de 1000ml et compléter le volume jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée

Solution de dosage :

Pipeter 2 ml de la solution mère 0.1 N dans une fiole jaugé de 1000 ml et compléter le volume jusqu'au trait de jauge.

- Solution étalon de KIO_3 à 0.05 g/l :

Solution mère de KIO_3 à 10 g/l :

Dissoudre 10g de KIO_3 dans 1 litre d'eau distillée

Solution de dosage :

Introduire 5 ml de la solution mère dans une fiole jaugée de 1000 ml et compléter le volume jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.

- Solution de KI à 10% :

Dissoudre 10 g de KI dans une fiole jaugée de 100ml et compléter le volume jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.

Cette solution doit être préparée au moment de l'emploi.

- Solution d'amidon à 0.25 % (P/v) :

Dissoudre 2,5 g d'amidon soluble dans 100 ml d'eau distillée .Ajouter 900 ml d'eau distillée chaude et 5 mg de HGI_2 ou KCN. Faire bouillir 5 minutes.

Ajouter 1 g d'acide salicylique. Refroidir et boucher.

- Acide acétique glaciale (concentré) ou bien acide sulfurique 2N :

Dans une fiole jaugée de 100 ml introduire 80 ml d'eau distillée .y ajouter avec précaution 5.56 ml de H_2SO_4 ($d=1.83$ à 96 %) ; compléter le volume avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

- Etalonnage de la solution de thiosulfate (0.002 N ou N/500) :

Dans une fiole contenant environ 80 ml d'eau distillée introduire 5ml de la solution étalon de KIO_3 (à 0.05 g/l). Ajouter 5 ml d'acide acétique pur et 5 ml de la solution de KI à 10%. Boucher et laisser reposer 5 minutes à l'obscurité. titrer par la solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0.002 N) jusqu'à l'obtention de couleur jaune pale

.Ajouter 5 ml de la solution d'amidon. On obtient une couleur bleue, continuer à titrer par solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (002 N) jusqu'à la disparition de la couleur bleue. Soit V : volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilisée et N : la normalité de la solution $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$$N = 0.007/V$$

- Mode opératoire :

- Pèse 10g + 0.01 de sel a testé.
- Introduire le sel dans une fiole de 250 ml.
- le dissoudre dans 100ml d'eau distillé ; bouillie et refroidie
- Ajouter 1mL d'acide acétique glacial.
- Ajouter 1ml de KI à 10%, on obtient une coloration jaune, boucher et laisser reposer 5 minutes à l'obscurité.
- Titrer avec la solution de thiosulfate 0.002 M jusqu'à l'obtention d'une coloration jaune pale.
- Ajouter alors 5 ml de solution d'amidon, on obtient une coloration bleue.
- Continuer à titrer avec la solution de thiosulfate jusqu'à la disparition de la couleur bleue. Noter le volume (v_1) de thiosulfate déversé nécessaire au dosage . Parallèlement faire un témoin dans les mêmes conditions sur 10ml d'eau distillée, bouillie et refroidie sans sel. Noter le volume (v_2) de thiosulfates déversé, dosé chaque échantillon à deux reprises.

- Précaution :

Ne pas ajouter l'amidon trop tôt car il se forme un complexe iode-amidon qui réagit trop lentement avec le thiosulfate et donne des résultats faussement élevés.

- Expression des résultats :

La formule générale :

$$\text{Iodate de potassium (KIO}_3\text{) ppm} = \frac{(v_1 - v_2) \times N \cdot eq \text{ mg (KIO}_3\text{)} \times 1000}{10g (\text{prise d'essai})}$$

$$= (v_1 - v_2) \times 7.1387$$

v_1 : volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ nécessaire au titrage de l'iode dans le sel.

v_2 : volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ nécessaire pour le témoin

N : la normalité de la solution

eq mg (KIO_3): $214/6=33.66$

2- Méthode d'analyse de sel

Objet et domaine d'application:

Cette méthode spécifie la détermination et le dosage des éléments constituant le chlorure de sodium à usage industriel-y comprise les industries alimentaires :

Éléments à déterminer :

1-La perte de masse à 100°C (humidité)% H_2O :

Selon la norme algérienne NA 735 ;

Principe :

Dessiccation à l'étuve à la température de $(105-110)^\circ\text{C}$ jusqu'à la masse constante.

Mode opératoire:

Par séchage d'une prise d'essais à 1mg près environ 10g de sel humide (P.E) dans une capsule tarée à vide P_0 pendant deux heures à $(105-110)^\circ\text{C}$ après refroidissement, pesez la capsule jusqu'à un poids constant P_2 .

- Expression des résultats :

P_1 : $P_0 + 10\text{g}$ (sel avant séchage)

P_2 : $P_0 + P$ (poids de sel séché)

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

$(P_1 - P_2) = 10 - p = \Delta P$ (perte de H_2O).

Donc : % $\text{H}_2\text{O} = \Delta P \times 10/PE$

2- Matières insolubles dans l'eau% insolubles : selon la norme algérienne NA 70360.

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'exécution des dosages (solution A).

Mode opératoire :

Dissoudre une prise d'essais à 0.01 g près, environ 100gde sel dans environ 400ml d'eau distillée , filtrer un papier filtre rapide préalablement et peser (po) , plissé dans un entonnoir , le filtrat est récupéré dans une fiole jaugée de 1000ml laver les insolubles porter l'entonnoir à l'étuve préalablement réglée à une T° de (15-110)°c pendant 01 heure faire le refroidir dans le dessiccateur et peser le filtre avec les insolubles (P) : compléter le volume dans le fiole avec l'eau distillée jusqu'à trait de jauge et homogénéiser (solution A)

- Expression des résultats :

$\% \text{ insolubles : } (P - P_0) \times 100 / P.E.S$

P.E.S: $PE - PE \times \% H_2O = PE (1 - \% H_2O)$

- Calcium et magnésium % Ca^{2+} et Mg^{2+} complexométrique à l'EDTA Bi sodique, selon la norme Algérienne NA 7039 :

Principe :

Titration du calcium d'une part et de la somme (calcium + magnésium) d'autre part à l'aide de l'EDTA bi sodique en présence de l'indicateur glyoxal-bis (2-hydroxyamil GBHA ou le calcium pour le dosage de calcium et érichrome noir T pour le dosage de la somme de (Ca^{2+} et Mg^{2+})

Mode opératoire :

Dosage de calcium :

Titration à blanc :

Dans une fiole conique de 500ml introduire 200ml de l'eau distillée ajoutée 2ml de la solution tri éthanol amine à 25%, ajoutée 10 à 15 ml de KOH solution à 28 % et une pincée de l'indicateur calcium.

Titrer avec une solution standard de l'EDTA Bi sodique 0.05 N Jusqu'à virage de vert fluorescent au rose, noter le volume V_1

Dosage de calcium :

Prélever 50 ml de la solution A, volume (v aliquote) ajouter 2ml de la solution tri éthanol amine à 25 %, ajouter 10-15 ml de KOH solution à 28 % et une pincée de l'indicateur calceine. Titrer avec une solution standard de l'EDTA bi sodique 0.05 N jusqu'au virage du vert fluorescence au rose noter le volume V_2

Calcul :

$$\% \text{ Ca}^{2+} = \frac{(v_2 - v_1) \times N \text{ EDTA} \times \text{eq g Ca}^{2+} \times V_t \times 100}{1000 \times v \text{ aliq} \times \text{P.E.S}}$$

Dosage du magnésium :

Titration à blanc :

Dans une fiole conique de 500ml introduire 200ml de l'eau distillée, ajouter 2ml de la solution tri éthanol amine à 25%.

Pour masquer le fer laisser agir 05 mn ajouter 10ml de PH 10 solution et une pincée de l'indicateur NET. Et titrer avec une solution standard de l'EDTA Bi sodique 0.05 N Jusqu'à virage de rouge vineux au bleu franc. Noter le volume V_3 (volume utilisé pour le dosage de Ca et Mg en même temps)

Dosage de magnésium :

Prendre le même volume d'aliquote 50ml prisé pour le calcium (volume aliquote) ajouter 2ml de la solution tri éthanol amine à 25 % ajouter 10ml de PH 10 solution et une pincée de l'indicateur noire erichrome T et Titrer avec une

solution standard de l'EDTA bi sodique 0.05 N jusqu'au virage du rouge vineuse au bleu franc. Noter le volume V_4 (volume utilisé pour le dosage de ca et mg en même temps)

Calcul:

$$mg^{2+} = \frac{\Delta v_{EDTA} \times N_{EDTA} \times eqg_{mg^{2+}} \times VT \times 100}{1000 \times v_{aliq} \times P.E.S}$$

$$\Delta v_{EDTA} = (v_4 - v_3 - v_2).$$

- Dosage de sulfates méthodes gravimétrique % SO_4^{2-} :

Principe :

Précipitation des ions sulfates à l'état de sulfate de Baryum, en milieu acide et à l'ébullition, filtration, lavage et calcination du précipité peser du sulfate de Baryum.

Mode opératoire :

A élever 100 ml de la solution principale A, l'introduire dans un bécher de 250 ml ajouter 2ml de HCL 6N, et quelques gouttes de méthyle orange chauffer jusqu'à l'ébullition, agiter continuellement et ajouter goutte à goutte 10ml de la solution de chlorure baryum ($BaCl_2$) 10% prolonger l'ébullition pendant quelques minutes en agitant continuellement.

laisser reposer pendant 12 h environ à la température ambiante, filtrer le précipité à travers un papier filtre sans cendres et le laver à l'eau bouillante introduire soigneusement le papier filtrer et son contenu dans le creuset en porcelaine préalablement tarer après avoir été porter au rouge et refroidir dans le dessiccateur et le placer dans une étuve à la température de $110 \pm 20^\circ C$ jusqu'à dessiccation complète, le reporter au four et calciner à nouveau à $800 \pm 25^\circ C$ jusqu'à dessiccation complète, le reporter au four et calciner à nouveau $800 \pm 25^\circ C$ pendant 15 mn. Laisser refroidir dans le dessiccateur jusqu'à température ambiante et peser à 0.1mg près.

$$\text{SO}_4^{2-} = \frac{(p-p_0) \times vT \times 100 \times M_{\text{SO}_4^{2-}}}{\text{P.E.S} \times v_{\text{aliqu}} \times M_{\text{Ba SO}_4}}$$

p₀: poids initial de creuset

p: poids final de creuset

VT: volume total de la solution A

P.E.S: prise d'essai sec

M SO₄²⁻: masse moléculaire de SO₄²⁻

M Ba SO₄ : masse moléculaire de Ba SO₄

3- Méthodes d'analyses des saumures :

I- Domaine d'application:

La méthode est applicable aux solutions d'essai, dont la concentration en ion chlorures, exprimée en g/l ou en Be° une saumure contient des matières insolubles et d'autres qui sont soluble Na cl, Mg cl₂ ca cl₂, Mg SO₄, ca SO₄, ca cl₂, Na₂ CO₃, Na H CO₃, etc....

1- détermination des matières insolubles:

Filtrer volume d'aliquote de 100 ml avec un filtre rapide préalablement pesé (P₁), viner le avec l'eau distillée chaude le sécher dans une étuve à 110°C pendant 2 h, refroidir et peser (P₂).

Calcul :

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

2- détermination des sulfates SO_4^{2-} :

Par analyse gravimétrique, précipitation les ions de sulfate SO_4^{2-} comme sulfate de Baryum $BaSO_4$. Dans un Becher de 500 ml par l'addition de 20 ml de $BaCl_2$ solution à 10% sur un volume d'aliquote de 50 ml dans un milieu acide. Ajouter 2 gouttes de l'indicateur méthyle orange la couleur est jaune suivie par l'addition de quelques gouttes solution HCl (1 : 1) (changement de couleur jaune en rose). Ajouter ensuite 2 ml d'acide HCl (1 : 1) faire bouillir pendant 2 minutes, laisser refroidir durant 24 heures.

Filtrer avec filtre lent ; rincer avec l'eau chaude, transformer le filtre dans un creuset préalablement calciné et pesé à vide (P_1) calciner le creuset à $850^\circ C$ dans un four à moufle pendant 45 minutes refroidir dans un dessiccateur pendant 30 minutes peser (P_2).

Calcul :

$$SO_4^{2-} = \frac{(P_2 - P_1) \times 1000 \times M \text{ mol } (SO_4^{2-}) \times n}{V \text{ (aliquot)} \times M \text{ mol } (BaSO_4^{2-})}$$

3- détermination des chlorures total :

Par analyse argentimétrique, dosage par 0.1 N solution de $HgNO_3$ utilisant l'indicateur chromate de potassium K_2CrO_4 .

Dans une fiole de jauge de 500ml, faire diluer 2 ml de la saumure avec l'eau distillé, pipeter 20 ml d'aliquote dans une erlenmeyer conique de 250 ml, ajouter 3-5 gouttes de l'indicateur chromate de potassium K_2CrO_4 , titrer avec 0.1 N solution de $HgNO_3$ jusqu'à premier changement de couleur jaune au jaune.

Calcul :

$$Cl - total (g/l) = \frac{v \text{ HgNo}_3 \times N \text{ HgNo}_3 \times eq \text{ g Cl} - \times n}{V \text{ (aliquot)}}$$

4- détermination des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} :

Par analyse volumétrique (complexation avec le sel bi sodique de l'EDTA) utilisant l'indicateur calcium pour Ca^{2+} et l'erichrome noir T (E.N.T) pour Mg^{2+} , dans un milieu basique.

- détermination des ions Ca^{2+} :

Pipeter 20 ml d'aliquote dans une erlenmeyer conique de 250 ml, en ajout 20ml de KOH à 10% solution et une pince de l'indicateur calceine, titrer avec 0.05 N solution de l'EDTA jusqu'à changement de couleur florescence au rose, noter le volume V_1 .

Calcul :

$$Ca^{2+} (g/l) = \frac{v \text{ EDTA} \times N \text{ EDTA} \times eqg \text{ } Ca^{2+} \times n}{v \text{ (aliquote)}}$$

- détermination des ions Mg^{2+} :

Pipeter 20 ml d'aliquote dans une erlenmeyer conique de 250 ml, en ajout 20ml de solution tampon PH 10 et une pincé de l'indicateur ENT, titrer avec 0.05 N solution de l'EDTA jusqu'à changement de couleur violet au bleu, noter le volume V_2 .

Calcul :

$$Mg^{2+} (g/l) = \frac{(v_2 - v_1) \text{ EDTA} \times N \text{ EDTA} \times eqg \text{ } Mg^{2+} \times n}{v \text{ (aliquote)}}$$

II- détermination de la densité en °Be :

Prélever environ 1 litre de saumure au milieu du lac ou de la table salante, en utilisant un récipient préalablement rincer avec la saumure elle –même plonger l'aréomètre dans le récipient. La densité de la saumure est mesurée directement en °Be par simple lecture sur l'aréomètre

3- Méthode d'analyse de la granulométrie :**- équipement :**

- Vibreur avec minutie

-Série des tamis standard ISO

10mm	500 micron
8mm	315 micron
4 mm	200 micron
3,15 mm	100 micron
2 mm	plat
1,6 mm	
1 mm	

***- Mode opératoire :**

1- Deviser l'échantillon pour obtenir **250g** (sel raffiné) et **500 g** (sel traité) .

2- Assemble les tamis en ordre convenable et placer l'échantillon sur la partie supérieure de l'unité.

3- Placer l'ensemble des tamis sur le vibreur et régler la minuterie pour 15 minutes.

4- Quand la minuterie s'arrête, en lever les tamis et poser leur contenu, noter chacun des poids obtenue.

5- calculer comme suit.

- Total des poids de chacun des tamis.

Noter ce total comme (poids d'échantillon)

$(\text{Poids des tamis individuel} / \text{poids d'échantillon}) \times 100 = \% \text{ d'échantillon}$
--

Additionner le % de chacun des tamis pour donner (% cumulatif)

Résultat :

Poids des tamis individuel	poids d'échantillon	% d'échantillon
1,6	10.33	2,09 %
1	65	13,12 %
03.5	320	64,60 %

Résumé :

Le sel iodé est un sel de table mélangé avec une faible quantité de sel d'iode, de façon à diminuer les risques de déficiences en iode dans l'organisme, déficiences qui sont à l'origine de problèmes au niveau de la glande thyroïdienne. Près de 800 millions de personnes dans le monde sont affectées par la carence en iode et sa conséquence la plus visible, le goitre endémique. Cette situation concernerait 20% de la population du globe, ce qui constitue un vrai problème de santé publique. L'objectif de ces travaux scientifiques consiste à étudier la stabilité de l'iode par rapport à la nature du sel et l'emballage utilisé pour mieux appréhender les sources de déperdition pendant la durée de stockage du sel iodé ainsi que le comportement de l'iode lors de la cuisson. L'influence de la nature du sel a été étudiée par le suivi de l'iode pendant trois mois à intervalle d'une semaine sur trois types de sel. Le suivi de l'impact de l'emballage utilisé sur la déperdition d'iode a été effectué sur quatre types d'emballage durant la même période. Les effets de la température et de la durée d'exposition ont également été étudiés pendant la cuisson. Au terme des résultats de cette étude, il ressort que la déperdition d'iode dans le sel est liée à la granulométrie des cristaux et à la présence des matières insolubles. Par rapport à l'impact de l'emballage utilisé, l'iode est quasiment resté stable dans le sel.

Abstract :

Iodized salt is table salt mixed with a small amount of iodine salt in order to reduce the risk of iodine deficiency in the body, deficiencies that are causing problems at the thyroid gland. Nearly 800 million people worldwide are affected by iodine deficiency and its most visible result, endemic goitre. This would cover 20% of the world population, which is a real public health problem. The purpose of this scientific work is to study the stability of iodine in relation to the nature of the salt and the packaging used to better understand the sources of loss during the period of storage of iodized salt and the behavior of the iodine during cooking. The influence of the nature of the salt was investigated by monitoring the iodine for three months at weekly intervals on three types of salt. Monitoring the impact of packaging used on the iodine loss was performed on four types of packaging in the same period. The effect of temperature and duration of exposure have also been studied during cooking. After the results of this study, it appears that the loss of iodine in the salt is related to the particle size of the crystals and to the presence of insolubles. With respect to the impact of the packaging used, the iodine remained almost stable.

Conclusion

L'iode est un micronutriment indispensable à l'organisme humain. C'est une substance fondamentale pour l'élaboration des hormones thyroïdiennes et il suffit pour cela, de disposer de petites quantités d'iode. Le déficit d'apport alimentaire quotidien en iode est responsable d'une série d'anomalies qualifiées de «troubles dus à la carence en iode» (TDCI). C'est notamment l'hypothyroïdie, le goitre, l'arriération mentale (crétinisme), l'anémie, etc....alors L'iodation du sel étant le meilleur moyen de corriger Une carence en iode, elle doit conserver une place Centrale, grâce à des programmes durables, dans la Lutte contre les troubles dus à la carence en iode(TDCI). Le degré d'iodation doit être ajuste pour fournir l'apport alimentaire recommande (AAR) d'iode dans la quantité de sel habituellement Consommée.

Bibliographie :

- 1-Mlle Fatoumata FO FANA ;[2007] ;contrôle de qualité du sel iode consomme au mali ;thèse en vue de l'obtention du grade de docteur en pharmacie(diplôme d'état) , faculté de médecine de pharmacie et D'ODONTOSTOMATOLOGIE ;114P.
 2. **Sel alimentaire**- [http : // fr.wikipedia.org/wiki/sel_alimentaire](http://fr.wikipedia.org/wiki/sel_alimentaire)
 3. Ministère de l'éducation de la recherche et de la jeunesse (Académie bordeaux), [2002] ; Le sel ; [en ligne] ; cité le 06/04/2014 sur <http://www.google.mg/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=36&cad=rja&uact=8&ved=0CE8QFjAFOB4&url=http%3A%2F%2Fwww.futurasciences.com%2Fgetpdf%2Fdossier>
 4. COLIN C. et TEISSIER T. ; [2004] ; Le sel dans les industries alimentaires ; [en ligne] ; cité le 05/02/14 sur <http://www.salines.com/producteur/securite.htm>
 5. *DUMONT M.*, [2009]; Annuaire des minéraux du Canada (AMC) ; [en ligne] ; cité le 25/06/2014 sur www.nrcan-rncan.gc.ca/mms-smm/busi-indu/cmy-amc/com-fra.htm
 6. LOZACH E., [2001] ; Le sel et les microorganismes ; Thèse pour le doctorat vétérinaire, La faculté de médecine de Créteil, Ecole Nationale Vétérinaire De Maison Alfort ; 146pages ; [en ligne] ; cité le 06/04/2014 sur <http://theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=273>
 - 7 . **Chlorure de sodium** -https://fr.wikipedia.org/wiki/Chlorure_de_sodium
 8. Anonymes, [1999] ; Sels minéraux ; [en ligne] ; cité le 06/04/2014 sur http://www.sciencesalecole.org/documentsSAE/olympiades_internationales/IESO/prepa_francaise_geologie/Mineraux_roches_sedimentaires.pdf
 9. Anonyme ; Les minéraux et oligo-éléments ; cité le 06/04/2014 sur http://umvf.univ-nantes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_11/site/html/cours.pdf
 10. ROUSSEL A. et HININGER-FAVIER I., [2009] ; Éléments-trace essentiels en nutrition humaine : chrome, sélénium, zinc et fer, EMC (Elsevier Masson SAS, Paris); [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur <http://www.em-consulte.com>
 11. HAUCHARD D. ; Le sel ; [en ligne] ; cité le 17/03/2014 sur http://www.google.mg/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCsQFjAB&url=http%3A%2F%2Fartic.acbesancon.fr%2Fsvt%2Ffra_com%2Fexp_mus%2Fyc%2Fsel.pdf&ei=tzwoU4fRMOF0QXLIYGQDA&usg=AFQjCNFFmhoFpDkHhRG4YbxjaCcR2oWmdg&bvm=bv.62922401,d.d2k
-

12. AFSSA (, [2001] ; Les minéraux et oligo-éléments ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://ww.afssa.fr/ouvrage/fiche_généralités_minéraux.html
 13. AFSSA, [2004] ; Rapport du groupe de travail sur le sel ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur <http://www.afssa.fr/ftp/basedoc/rapportselnet2.pdf>
 14. CODEX STAN, [1985] ; Norme codex pour le sel de qualité de sel alimentaire[en ligne] ; cité le 06/04/2014 sur http://www.google.mg/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&cad=rja&uact=8&ved=0CFwQFjAI&url=http%3A%2F%2Fwww.ysonut.fr%2Fpdf%2FYsodoc%2FD030102.pdf&ei=vdIDU_nNN4qbtQakyYGoBg&usg=AFQjCNFu7bOfwEl_Arxla0Tue9PF5IX6nQ&bvm=bv.64367178,d.Yms
 15. CHARBOTEL B. ; NORMAND J.C. ; BERGERET A. ; [2007] ; Cancers professionnels ; [en ligne] ; cité le 17/03/2014 sur http://omer7.sedoo.fr/fiches/POLLUANTS/P12_Res_Metaux_lourds.pdf
 16. Anonyme ; Le sel : c'est quoi ? Sa composition, des dénominations, les besoins ; [en ligne] ; cité le 06/04/2014 sur <http://www.renif.fr/espace-patient-detail.php?PHPSESSID=b035a8dfbdc79ec93f114a475676eb6b&bas=.RENItool02&id=471&mit=4e51e2d2db3fa&tool=PUBLICATION&ref=DIET/5GRAINDESEL&PHPSESSID=b035a8dfbdc79ec93f114a475676eb6b>
 17. Comité des salines de France (CSF), [2011] ; Charte de qualité du sel alimentaire ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur <http://www.saloin.es.com.pdf>
 18. BERGER Y., [2010] ; Les Additifs alimentaires. Utilisations et législation; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://ge.ch/dares/SilverpeasWebFileServer/Les_additifs_alimentaires.pdf
 19. Commission du, Codexalimentarius [2010] ; rapport de la quarante-deuxième session du comité du codex sur les additifs alimentaires, Beijing en chine ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.Codexalimentarius.org%2Finput%2Fdownload%2Freport%2F737%2Fal33_12f.pdf
 20. Anonyme ; Sel : différents mode de production ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur <http://www.salines.com/un-sel-des-sels/les-différents-modes-de-production/>
 21. RAPHANOËL M., [2006] ; Contribution à la valorisation du sel de Morondava (Madagascar) en vue de l'élaboration de sel pour régime cardiovasculaire et hypertension, Mémoire de fin d'étude, Option chimie minérale, Facultés des sciences d'Antananarivo, Université d'Antananarivo ; 73 pages ;
-

[en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.bu.univ-antananarivo.mg/pdfs/raphanoel_pc_m2_06.pdf.

22. Wikipédia ; Typologies et définitions légales du sel de qualité alimentaire ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur <http://fr.wikipedia.org/wiki/Sel>

23. RAVALITIANAHENDRY M., [2008] ; Projet de création d'un centre salinier dans la région sud-ouest de Madagascar, Mémoire de fin d'étude, Option finances et comptabilité, Facultés des sciences économiques et de gestion, Université de Toamasina ; 135pages ; [en ligne] ; cité le 10/08/2014 sur http://www.bu.univ-antananarivo.mg/pdfs/ravalitianahendryMarcella%20_GES_M1_08.pdf .

24. L'encyclopédie du développement durable, [2010] ; Le sel ; [en ligne] ; cité le 25/06/2014 sur <http://www.encyclo-ecolo.com/Se>

25. ONG Trans-Mad'Développement, [2005-2007] ; Rapport final - 1ère phase d'appui du 15 juin 2005 au 15 juin 2007 production salicole artisanale - Tuléar ville ; [en ligne] ; cité le 25/08/2014 sur http://www.google.mg/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCwQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.transmad.org%2FIMG%2Fdoc%2FRapport1S.doc&ei=aoxwU4u_Gaia0QXx1YGYBQ&usg=AFQjCNGsNNXBSnOxUgFJuS_XxZsW0EYojA&bvm=bv.66330100,d.d2k.

26. Kevin M. Sullivan, Robin. Houston, Johan. GORRSTEIN et al, contrôles des programmes universels, 101p

27 .MG .venkatesh Mannar, john T .Dunn ,iodation du sel pour l'élimination de la carence en iode , Pays-Bas,1995 ,151p
