

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

Faculté des Sciences

Département de Microbiologie & Biochimie

N° :.....



DOMAINE: Science de la Nature et de la vie

FILIERE: Sciences Alimentaires

OPTION: Nutrition et sciences des aliments

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: GUERRAS Ibrahim

Intitulé

**Contrôle de la teneur en iode du sel alimentaire
commercialisé sur le marché algérien**

Soutenu devant le jury composé de:

Dr. BENCHEIKH . D

Université de M'sila

Présidente

Dr. BENKHALED . A

Université de M'sila

Rapporteur

M^{me}. RABAH . N

Université de M'sila

Examinatrice

Année Universitaire : 2018 /2019

Remerciements

*Je tiens tout d'abord à remercier Allah le tout puissant et
miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir
Ce modeste travail.*

En second lieu, je tiens à remercier mon encadreur

Dr. BEN KHALED Abderrahim

Pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

*Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury,
Pour avoir examiné mon travail et de l'enrichir par leurs propositions.
Ce travail a été réalisé au laboratoire Doumi de contrôle de qualité et
conformité représenté par monsieur DOUMI Boubaker. De ce fait nos
remerciements vont aux membres du laboratoire pour leur conseil et
leurs aides.*

*Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes
qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste
travail.*

Dédicace

Je dédie ce travail à:

A mes très chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, et le respect que j'ai pour eux.

Ce travail est le fruit de vos efforts et de votre dévouement dans mon éducation et ma formation. J'espère de tout mon cœur qu'en ce jour vous êtes fières de moi.

A Mes Sœurs: RAZIKA, HAMAMA, HASSINA

A Mes frères: NOUREDDINE, ZAKARIA

et à les membres de la famille GUERRAS

A tous mes amis qui m'ont partagé les meilleurs moments et surtout: Houcine, Aissa belmadani, Khalil , Adel , Hakoo, Salim, Bassem, Omar

A mes collègues de la promotion NSA 2018-2019.

IBRAHIM

Résumé

L'objectif de cette étude a été d'évaluer la teneur en iode dans les sels alimentaires vendus sur le marché national représentés par 20 entreprises. La synthèse des résultats du dosage iodométrique des sels alimentaire pour les 68 échantillons étudiés indique qu'environ 17.65% de ces sels est conforme à la norme en vigueur. En moyenne, la valeur maximale est de 111.13 mg/kg et la valeur minimale est 0 mg/kg.

Parmi le sel des 20 entreprises analysées seulement deux échantillons de sel (le sel de l'ENASEL et le sel MAZA) étaient conformes à la réglementation algérienne.

Mots clés: Algérie; Contrôle de qualité; Iodate de potassium; Iode; Sel alimentaire.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the iodine content in the salts food sold in the national market represented by 20 companies. The summary of the results of the iodometric proportioning in salts food for the 68 samples studied indicates that approximately 17.65% of this salt are complies with the current standards. On average the maximum value is 111.13 mg/kg and the minimal value is 0 mg/kg.

Of the 20 companies analyzed, only two salt samples (ENASEL salt and MAZA salt) complied with Algerian regulation.

Keywords: Algeria; salts food iodine; Potassium iodate; quality control.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم محتوى اليود في الأملاح الغذائية التي تباع في السوق الوطنية ممثلة في 20 شركة. تشير النتائج المتحصل عليها لتحديد اليود الغذائي للأملاح الغذائية للعينات 68 التي شملتها الدراسة إلى أن حوالي 17.65% لهذه الأملاح تتوافق مع المعايير المعمول بها [50.55-84.25 ملغ من يودات البوتاسيوم / كلغ]. القيمة القصوى هي 111.13 مغ / كلغ ، والقيمة الدنيا هي 0 مغ / كلغ.

من بين العشرين شركة التي تمت دراستها، فقط عينتين (ملح ENASEL وكذا ملح MAZA) كانتا مطابقتين للقوانين الجزائرية المعمول بها.

الكلمات المفتاحية: الجزائر، الملح الغذائي، اليود، مراقبة الجودة ، يودات البوتاسيوم.

Sommaire

Résumé

Abstract

ملخص

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction

1

ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

2

1. Généralités sur le sel

2

1.1. Définition de sel alimentaire

2

1.2. Caractéristiques physico-chimiques des sels

2

1.3. Typologies des sels

4

1.6. Effet du sel sur la santé

9

2. L'iode et le sel iodé

9

2.1. Généralité sur L'iode

9

2.2. L'iode, besoins et sources alimentaires

10

2.3. Rôle et l'importance de l'iode

10

2.4. Les troubles dus à la carence en iode et les moyens de luttés

11

2.4.1. Les troubles dus à la carence en iode

11

2.4.2. L'iodation universelle du sel

11

2.5. Conséquences des carences iodées sur la santé (TDCI)

11

2.6. Techniques d'enrichissement en iode du sel

12

2.7. Critères de qualité de sel iodé

12

2.8. Le sel iodé en Algérie

13

MATÉRIEL ET MÉTHODES

14

1. Zone d'étude et échantillonnage

14

2. Analyse des échantillons

15

3. Méthode d'analyse

16

3.1. Objet et domaine d'application	16
3.2. Définition	16
3.3. Principe	16
3.4. Réactifs	16
3.5. Mode opératoire	18
3.6. Expression des résultats	18
RÉSULTATS ET DISCUSSION	19
1. Evaluation quantitative des taux d'iodate de potassium dans le sel	19
2. Comparaison des résultats par régions d'échantillonnage	20
3. La relation entre la date d'expiration de chaque échantillon et la teneur en iodate de potassium	22
4. Comparaison avec la norme algérienne	22
5. Comparaison avec la norme fixée par l'OMS et l'UNICEF et en Maroc	23
6. La relation entre Lot - Iodation	24
7. Rapport qualité/prix et leur impact sur le choix du consommateur algérien	25
8. La relation entre la qualité du sel et la nature de l'entreprise (privé ou étatique)	26
CONCLUSION	27
RÉFÉRENCES	
ANNEXES	

Liste des tableaux

Tableau 01. Principales caractéristiques du chlorure de sodium (Lozach, 2001).	3
Tableau 02. Les principaux gisements évalués (Rouabah et <i>al.</i> , 2018).	7
Tableau 03. Les principaux gisements connus (Rouabah et <i>al.</i> , 2018).	7
Tableau 04. Les consommations annuelles du sel alimentaire pour quelque wilaya (Isosel, 2005).	8
Tableau 05. La demande annuelle du marché algérien du sel alimentaire (Isosel, 2005).	8
Tableau 06. Besoins journaliers en iode recommandés (WHO, 2007).	10
Tableau 07. Solubilité dans l'eau à 20 °C de composés pour l'iode (Kaiho, 2017).	12
Tableau 08. Classification des sites d'échantillonnage.	15
Tableau 09. Teneur moyenne des échantillons de sel analysé en iodate de potassium (mg KIO ₃ /kg) à partir le nombre des échantillons collectés avec le nom de l'entreprise.	19
Tableau 10. Teneur moyenne en iodate de potassium dans le sel iodé en mg KIO ₃ /kg par nombre d'échantillons collectés par les régions.	21
Tableau 11. Répartition des échantillons et leurs teneurs moyenne en iode en fonction des intervalles de teneur en iode (mg KIO ₃ /Kg) préconisé par le décret (JO, 1990).	22
Tableau 12. Répartition des échantillons et leurs teneurs moyennes en iodate de potassium (mg KIO ₃ /kg) selon la norme fixée par l'OMS et l'UNICEF en 2015.	23
Tableau 13. Prix des marques du sels collectées sur le marché algérien.	25

Liste des figures

Figure 01. Cristaux de sel (Dupas-Langlet, 2013).	2
Figure 02. Le réseau cristallin du chlorure de sodium (Rouabah <i>et al.</i> , 2018).	3
Figure 03. Grains d'iode I ₂ (Rouabah <i>et al.</i> , 2018).	10
Figure 04. Zones d'étude et échantillonnage.	15
Figure 05. Teneur moyenne en iode dans le sel en mg KIO ₃ /kg par wilaya.	21
Figure 06. Teneur moyenne en iode dans les sels alimentaires analysés (mg KIO ₃ /kg).	26

Liste des abréviations

DCP	Direction de Concurrence et de Prix
ENASEL	Entreprise Nationale des Sels
EREM	Entreprise de Recherche et d'Evaluation Minière
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Point
IANOR	Institut Algérien de Normalisation
ISO	International Organization for Standardization
JO	Journal Officiel
MSPRH	Ministère de la Santé de la population et de la réforme hospitalière
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONS	Office National des Statistiques
Ppm	Partie par million
T moyenne	Teneur moyenne en iodate de potassium
T1, T2, T3	La teneur en iodate de potassium des essais (mg/Kg de sel)
T3	Triiodothyronine
T4	Tétraïodothyronine, thyroxine
TDCI	Troubles dus à la carence en iode
TVA	Taxe sur la valeur Ajoutée
UNICEF	Fonds des Nations Unies pour l'Enfance
WHO	World Health Organization

INTRODUCTION

Introduction

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

L'iode est un oligo-élément indispensable à la synthèse des hormones thyroïdiennes dans le corps humain, doit être apporté sous forme d'iodate de potassium, celles-ci jouant un rôle capital dans les processus de croissance, de différenciation et de maturation de nombreux tissus, notamment le tissu osseux et le système nerveux central. Les troubles dus à la carence iodée constituent un grand problème de santé publique dans la plupart des pays. Sur le plan mondial, on estime à plus de 2,2 milliards le nombre de personnes concernées soit 38% de la population, parmi les quelles on dénombre 30 à 70% de cas de goitre et 1 à 10% de crétinisme (Ogbera et Kuku, 2011). Les méthodes les plus utilisées pour une prophylaxie sont: le sel iodé, l'huile iodée, le pain iodé et l'eau iodée. Cependant, le sel iodé reste le vecteur de choix le plus recommandé en cette prophylaxie.

Il permet ainsi d'assurer la prévention des risques liés à une déficience d'apport alimentaire en iode.

L'Algérie comme tout les pays du monde n'est pas épargné des maladies dues à la carence en iode, elle est la principale cause du goitre; selon un article paru dans le journal officiel de la République Algérienne du 16 Juillet 2005 (Fofana, 2007), 51% du sel consommé en Algérie est douteux! Le plus grave est que ce sel entre dans la composition des produits alimentaires comme le pain. C'est dans cette optique que le thème de ce mémoire a été proposé, afin d'évaluer la teneur en iode du sel alimentaire (commercialisé) sur le marché national.

La mémoire est composée de trois parties, la première partie est consacrée à l'étude bibliographique et les deux parties sont dédiés à la partie expérimentale.

- La partie bibliographique se compose:
 - Généralités sur le sel.
 - L'iode et le sel iodé
- La partie expérimentale, il est composée de:
 - Matériel et méthodes.
 - Résultats et discussion.

**ÉTUDE
BIBLIOGRAPHIQUE**

Étude bibliographique

1. Généralités sur le sel

1.1. Définition du sel alimentaire

Le sel de qualité alimentaire est un produit cristallin se composant principalement de chlorure de sodium (NaCl) (99,9%) (Figure 01). Il est utilisé comme condiment ou comme agent de conservation ou de préparation dans l'industrie agroalimentaire (OMS, 2002). Il peut provenir de la mer, de gisement souterrains de sel gemme, ou encore de saumure naturelle (Zahidi, 2015).

Le sel de table ou sel alimentaire ou sel de cuisine relève le goût des aliments. Il est connu pour ses propriétés de conservation et d'assaisonnement des aliments. Le sel est produit par exploitation de gisements minéraux et par évaporation de l'eau de mer qui contient de 30 à 40 g/l. Il existe plusieurs types de sel, qui diffèrent par leur origine (sel de mer; sel gemme, provenant de gisements terrestres), leur degré de raffinement (raffiné, non raffiné) et la grosseur ou l'apparence de ses grains (gros, en cristaux, fins) (OMS, 2002).



Figure 01. Cristaux de sel (Dupas-Langlet, 2013).

1.2. Caractéristiques physico-chimiques des sels

1.2.1. Caractéristique physique

Le sel est un composé ionique ayant un point de fusion relativement élevé. Il est conducteur d'électricité à l'état fondu ou en solution, et il a une structure cristalline à l'état solide. A des degrés divers, le constituant principal est le chlorure de sodium (Lozach, 2001). Les principales caractéristiques du chlorure de sodium sont résumées dans le tableau 01.

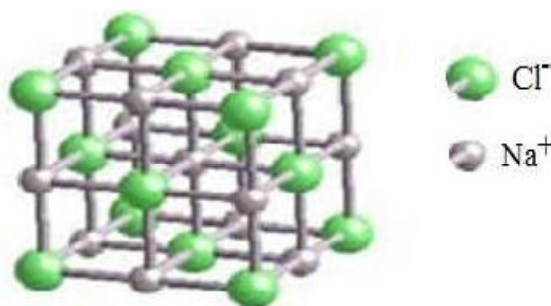
Tableau 01. Principales caractéristiques du chlorure de sodium (Lozach, 2001).

Nom minéralogique	Halite
Cristallisation	Cubique
Formule chimique	Na Cl
Indice de réfraction	1.544
Masse moléculaire	58.45
Densité du monocristal	2.165
A dureté (indice Mohs)	2 à 2.5
Chaleur spécifique	0.22kcal/kg/°C
Solubilité dans l'eau froide (0 °C)	357 g/1000 g d'eau
Solubilité dans l'eau chaude (100 °C)	391 g/1000 g d'eau
Température d'ébullition de la saumure saturée	108.8 °C
Température de fusion (*)	801 °C
Température d'ébullition du sel fondu (*)	1 449 °C
Chaleur latente de dissolution (à saturation)	7.8 kcal/kg
Chaleur latente de fusion	97 kcal/kg
Chaleur latente d'ébullition	698kcal/kg

(*) : À la pression atmosphérique.

1.2.2. Structure chimique

Le sel est un produit cristallin se composant principalement de chlorure de sodium (figure 02), il est constitué d'ions de sodium: Na^+ , et d'ions de chlorures: Cl^- qui occupent alternativement les sommets des cubes dans une structure cristallographique cubique à face centrée (figure 02) (Lozach, 2001). C'est un solide blanc, soluble dans l'eau à toute température (Hanitriniaina, 2009).

**Figure 02.** Le réseau cristallin du chlorure de sodium (Rouabah *et al.*, 2018).

1.3. Typologies des sels

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

1.3.1. 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 (Hanitriniaina, 2009). Il existe 4 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, qui est pompée de la mer, est dirigée dans des bassins peu profonds ou des plans d'eau artificiels. L'eau s'évapore petit à petit, augmentant la concentration en sel. Après retrait de l'eau résiduelle, si les conditions météorologiques le permettent, une très fine pellicule de sel se formant à fleur d'eau peut être récoltée manuellement. Le sel est stocké en tas ou sous hangar, pour le protéger des intempéries ensuite il est conditionné en fonction de son utilisation ultérieure (Hanitriniaina, 2009).

b. Le sel gemme (miniers salants)

La technique minière est choisie lorsque le gisement souterrain présente une couche de sel suffisamment épaisse pour en extraire des cristaux de sel gemme. Le sel gemme est le nom commun pour un minéral qui est une forme de chlorure de sodium (NaCl), appelé halite. Le sel est concassé, broyé, criblé et stocké en vrac ou conditionné (Hanitriniaina, 2009).

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.

d. Le sel ignigène

Cette technique est très ancienne, elle repose sur la cristallisation du sel par l'évaporation de saumure (à feu de bois) (Hanitriniaina, 2009).

1.3.2. 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 on distingue:

a. Le sel naturel ou le sel de table

Le sel naturel n'est pas raffiné et contient encore tous ses minéraux naturels. Les sels naturels ont donc des propriétés gustatives et un aspect différent suivant la quantité de minéraux qu'ils contiennent. Le sel non raffiné de mer est plus sain car plus riche en magnésium (sous forme de chlorure de magnésium), en oligo-éléments et en fer. Cependant, les sels naturels peuvent ne pas contenir suffisamment d'iode pour prévenir les maladies dues à des insuffisances d'iode comme le goitre (Dupas-Langlet, 2013).

b. Le sel raffiné

Le raffinage permet d'obtenir un sel de la couleur blanche jusqu'ici fréquemment préféré par le consommateur. Il est alors composé de NaCl pratiquement pur (99,9%), ceci au détriment de ses qualités alimentaires. Le sel du type raffiné reste le plus employé dans l'alimentation. Des agents antiagglomérants et de l'iodure de potassium sont généralement ajoutés au moment de la phase de séchage. Ces agents sont des produits chimiques hygroscopiques qui absorbent l'humidité évitant le colmatage des cristaux de sel. Les agents antiagglomérants utilisés sont le phosphate, les carbonates de calcium ou de magnésium, les sels d'acide gras (sels acides), l'oxyde de magnésium, le bioxyde de silicium, l'aluminosilicate de sodium et le silicate tricalcique d'alumino-calcium (Dupas-Langlet, 2013).

1.3.3. 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 sodium 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 nitrité:** 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 (CansoLobal, 2010).

1.4. Les signes de qualité du sel alimentaire

Seul un sel dépassant une pureté de 97% (minimum exigé sur extrait sec) est reconnu comme « alimentaire » au niveau international (Codex Alimentarius, 1985). L'utilisation dans les produits alimentaires d'un sel dont la pureté est inférieure à ce seuil n'est pas conforme à la réglementation et pourrait présenter un risque sanitaire. Seul un sel pur à 97% de NaCl sur extrait peut être iodé et fluoré (JORF, 2007).

Le sel prend la couleur des insolubles qu'il contient à l'état brut (argiles notamment, pour le sel de mer). Une fois que le sel est lavé, la blancheur du sel est un signe de qualité et de pureté. Pour être de qualité alimentaire, le sel doit par ailleurs répondre aux exigences suivantes (JORF, 2007):

- provenir de marais salants, de gisements souterrains de sel gemme ou de saumure obtenue par dissolution du sel gemme;
- être contrôlé à tous les stades de production jusqu'à la mise en rayon, en assurant sa traçabilité;
- être conditionné dans des emballages dont les matériaux répondent aux dispositions relatives aux denrées alimentaires et respectent l'environnement.

1.5. Le sel en Algérie

1.5.1. L'origine des sels

L'Algérie possède selon le ministère de l'énergie des potentialités importantes en sel, grâce notamment à la richesse de son sous-sol en sel rocheux (diapirs visibles ou cachés, couches souterraines) et aux conditions climatologiques très favorables pour la production de sel solaire dans les chotts ou lacs intra montagneux du Nord, chotts ou lacs des hauts plateaux et des hautes plaines et les chotts ou vastes dépression de la plateforme saharienne. Le potentiel des réserves de sel en Algérie est considérable et se compose de:

- Sel gemme avec des réserves évaluées à un Milliard de tonnes.
- Sel lagunaire avec des réserves évaluées à 1.5 Milliards de tonnes en apports annuels renouvelables dans les chotts du Sud Est Algérien.

Ce potentiel peut être largement augmenté grâce à l'évaluation détaillée des gisements connus (Rouabah et *al.*, 2018).

A. Le Sel Rocheux

Le sel gemme sous forme de roche, est disponible au Nord du pays et il forme de nombreux gisements visibles ou cachés. Les résultats de la recherche minière menée par l'Entreprise Nationale de Recherche et d'Evaluation Minière (EREM), durant la période 1984-1987, ont permis d'évaluer et de confirmer un potentiel de près d'un milliard de tonnes. Les principaux gisements évalués sont présentés dans le tableau 02:

Tableau 02. Les principaux gisements évalués (Rouabah et *al.*, 2018).

Lieu	Type de gisement	Réserves
Arbal (W. AïnTémouchent)	diapir souterrain	260 millions de tonnes
Guergour Lamri (W. Sétif)	couches souterraines	263 millions de tonnes
AïnNouissi (W. Mostaganem)	couches souterraines	400 millions de tonnes
El Outaya (W. Biskra)	diapir apparent	150 millions de tonnes
Rocher de sel (W. Djelfa)	diapir apparent	120 millions de tonnes
Kerakda (W. El Bayadh)	diapir apparent	45 millions de tonnes

B. Le Sel Solaire

Le sel solaire est produit dans des dépressions (chotts ou lacs), parfaitement isolées de la mer, au-dessous de son niveau et alimentées en sel par lessivage des terrains salifères antérieurs.

Du Nord au Sud du pays, on distingue tableau 03.

- a) Les lacs intra montagneux: Béthioua, Sidi Bouziane et Ouled Zouai.
- b) Les chotts des Hauts Plateaux: El Hodna, Zahrez Chergui et Zahrez Gherbi.
- c) Les chotts de la plateforme saharienne: Mérouane et Melghir.

Tableau 03. Les principaux gisements connus (Rouabah et *al.*, 2018).

Lieu	Type de gisement	Réserves
Béthioua (W. Oran)	Lac	7,2 millions de tonnes
Sidi Bouziane (W. Relizane)	Lac	6,4 millions de tonnes
OuledZouai (W. O.E.Bouaghi)	Lac	Apport annuel non évalué
El Hodna (W. M'sila)	Chott	Apport annuel non évalué
Zahrez cherqui et Gherbi (W. Djelfa)	Chotts	35 à 45 millions de tonnes
Mérouane (El Oued)	Chott	0,8 million tonnes/an
Melghir (W. El-Oued)	Chott	0,9 million tonnes/an

Parmi tous ces gisements de sel solaire, seuls les lacs salés de Béthioua, Sidi Bouziane, Ouled Zouai et le grand chott Mérouane, font l'objet actuellement d'exploitation. Unique en Algérie et en Afrique, la raffinerie d'El Outaya dans la région de Biskra (Sud-Ouest du pays), produit à partir de la roche de sel gemme, un sel raffiné de haute qualité (99,85 %) très prisé par les consommateurs (Rouabah et *al.*, 2018).

1.5.2. Le marché du sel alimentaire en Algérie

Selon une enquête nationale menée en 2003 par l'ONS pour le compte d'Enasel: Le ménage algérien consomme en moyenne 22 Kg de sel alimentaire par an (tableau 04) (Isosel, 2005).

Tableau 04. Les consommations annuelles de sel alimentaire pour quelque wilaya (Isosel, 2005).

La wilaya	Sel alimentaire en Kg/an	La wilaya	Sel alimentaire en Kg/an
Annaba	21	Oum el bouaghi	37
Skikda	10	Tébessa	42
Guelma	18	Bouira, Djelf	05
El tarf	18	M'sila, BBA	44
Souk ahrass	44	Moyenne nationale	22

La demande annuelle du marché algérien de sel alimentaire est de 134000 T. elle est entièrement satisfaite par Enasel à hauteur de 49% et la concurrence de 51%. Par région la situation est résumée dans le tableau 05 (Isosel, 2005):

Tableau 05. La demande annuelle du marché algérien de sel alimentaire (Isosel, 2005).

Région	Demande de Marché (Tonne)	ENASEL %	Concurrence %
EST	44000	46	54
CENTRE	50000	59	41
OUEST	28000	40	60
SUD	12000	29	71
TOTAL	134000	49	51

1.6. Effet du sel sur la santé

1.6.1. Effets négatifs

Une alimentation trop riche en sel constitue un des facteurs de risque d'hypertension artérielle et de maladies cardiovasculaires. L'excès de sel est également reconnu pour favoriser le cancer de l'estomac. De plus, il augmente l'élimination de calcium dans les urines, au bout de plusieurs années, cela peut se traduire par une diminution de la densité minérale osseuse et une aggravation de l'ostéoporose. Le manque de sel conduit souvent à un affaiblissement des muscles du corps, la nausée et le désir de vomir, perte générale d'appétit et troubles notables du système digestif, confusion et mauvais équilibre global dans le corps (avec des problèmes neurologiques et psychologiques), de gros maux de tête et des hallucinations (Dupas-Langlet, 2013).

1.6.2. Effets positifs

Le sel est nécessaire au bon fonctionnement de l'organisme: transmission des signaux nerveux, contraction musculaire et fonctionnement des reins en assurant une bonne hydratation. Le sel gouverne, avec le potassium, tout l'équilibre hydrique de l'organisme. Il règle la répartition de l'eau corporelle, les mouvements de cette eau dans l'organisme, les échanges entre l'eau intracellulaire (où se trouve le potassium) et l'eau extracellulaire. La totalité du sel apportée par l'alimentation est en permanence absorbée dans le tube digestif pour rejoindre le sang. Le surplus est filtré et éliminé par les reins en même temps que la quantité d'eau nécessaire (Dupas-Langlet, 2013).

2. L'iode et le sel iodé

2.1. Généralité sur L'iode

L'iode est un micronutriment de nature minérale (figure 03), utilisé par la glande thyroïde pour la production des hormones thyroïdiennes. Le principal réservoir naturel d'iode est constitué par les ions iodures présents en grande quantité dans l'eau des océans. Son apport est essentiellement alimentaire. Sa carence constitue un véritable problème de santé publique dans le monde (Zahidi, 2015; Mizéhoun-Adissoda et *al.*, 2016). L'ajout d'iode ne change ni l'aspect, ni la couleur, ni le goût du sel. La consommation journalière du sel iodé permet d'apporter régulièrement à l'organisme les petites quantités d'iode dont il a besoin pour assurer la prévention permanente des effets de la carence en iode. Il est considéré comme la mesure la plus appropriée pour la supplémentation en iode (ICCIDD et *al.*, 2001; Fofana, 2007).



Figure 03. Grains d'iode I_2 (Rouabah et *al.*, 2018).

2.2. L'iode, besoins et sources alimentaires

2.2.1. Les différentes Sources alimentaires d'iode

La source unique d'iode pour l'organisme est l'alimentation. Les aliments les plus naturellement riches en iode sont les poissons et les crustacés d'origine marine, ainsi que certains aliments d'origine végétale ayant une teneur en iode plus élevée comme les algues, les champignons, les poireaux, les carottes et les grains de soja. L'eau de boisson ne contient que 1 à 2 $\mu\text{g/L}$ d'iode et ne constitue qu'une très faible source d'apport (Lindien et *al.*, 2004; Housecroft et Sharpe, 2010).

2.2.2. Besoins en Iode

Les besoins en iode sont égaux aux quantités d'iode hormonal métabolisé et non recyclé par la thyroïde. Ils sont variables selon l'âge, le sexe et l'état physiologique:

Tableau 06. Besoins journaliers en iode recommandés (WHO, 2007).

90 μg	Nouveau Né, Nourrisson, Enfant en âge préscolaire (0 à 5ans)
120 μg	Enfant (6 à 12 ans)
150 μg	Adulte (>12 ans)
250 μg	Femme enceinte et allaitante

2.3. Rôle et l'importance de l'iode

Le rôle et l'importance de l'iode dans notre alimentation et notre corps, peuvent se résumer en (WHO, 2007):

- L'iode est nécessaire à la production des hormones thyroïdiennes T3 et T4;
- Il intervient dans la régulation de la température corporelle;
- Il a un rôle dans le métabolisme des glucides, des lipides et des protéines;

- L'iode a une action sur le système nerveux, cardiaque et digestif;
- Il favorise le développement et le fonctionnement des muscles et des os;
- L'iode est nécessaire à une bonne fertilité et stimule la lactation chez la femme allaitante;
- Il a une action positive sur le système tégumentaire (peau, cheveux, ongles...).

2.4. Les troubles dus à la carence en iode et les moyens de luttés

2.4.1. Les troubles dus à la carence en iode

Le terme de TDCI résume l'ensemble des anomalies apparaissant au sein d'une population carencée en iode. Ces anomalies diverses peuvent survenir à tous les âges depuis le fœtus jusqu'à l'adulte, constituant ainsi un obstacle sur la santé l'éducation et le développement socio économique d'un peuple (Mannar et Dunn, 1995).

La carence en iode est la cause la plus fréquente de retard mental évitable dans le monde, c'est pourquoi il y a un effort mondial pour l'éliminer à travers des stratégies très efficaces de supplémentation en iode et ou de fortification d'aliment. En 2007, l'OMS et l'UNICEF estiment qu'environ (Andersson et *al.*, 2010).

- 1 milliard et demi de personnes vivent dans les régions pauvres en iode et sont donc exposées à ce risque;
- 665 millions d'individus souffrent de troubles dus à la carence en iode;
- Au moins 118 pays sont touchés;
- 200 millions présentent un goitre;
- 20 millions souffrent d'un handicap mental sensible.

2.4.2. L'iodation universelle du sel

La principale stratégie de lutte contre les troubles dus à une carence en iode est l'iodation universelle du sel, il est considéré comme la mesure la plus appropriée pour la supplémentation en iode (ICCIDD et *al.*, 2001). Il a été choisi comme un véhicule pour la fortification en iode dans beaucoup de pays (Wang et *al.*, 2009). Le sel iodé est considéré comme la mesure la plus appropriée pour la supplémentation en iode (WHO et *al.*, 1994). Il présente tous les avantages d'un moyen de prévention de masse.

2.5. Conséquences des carences iodées sur la santé (TDCI)

Parmi les effets d'une carence en iode, on peut citer entre (Fofana, 2007):

- Chez la femme enceinte: Goitre, avortements spontanés à répétition et fausses couches.
- Chez l'enfant: Déficit pondéral à la naissance, prématurité, mortalité élevée à la naissance et en bas âge, anomalies congénitales (surdimutité, paralysie des membres...etc.), retard du

développement physique, baisse du quotient intellectuel, altération du développement mental, goitre et difficultés d'apprentissage...etc.

- Chez l'adulte: Goitre, asthénie, manque d'initiatives et diminution de la force de travail.

2.6. Techniques d'enrichissement en iode du sel

Tous les sels reconnus de qualité alimentaire (NaCl 97 %, poids sec, hors additifs, Codex alimentaires) peut être enrichi en iodures ou iodates, de sodium ou de potassium (NaI, NaIO₃, KI, KIO₃) (Scrimshaw et *al.*, 1953). Les solutions d'iodure (ou d'iodate) sont pulvérisées en continu sur le sel à enrichir qui est ensuite conditionné après séchage. Pour éviter une reprise en masse, les sels fins sont le plus souvent additionnés d'un produit antiagglomérant (carbonate de magnésium et/ou phosphate tricalcique) (Bürgi et *al.*, 2001). Les taux d'enrichissement (exprimés en composés iodés) sont très variables selon les pays, de 5 à 100 mg/kg de sel. Les teneurs en iode du sel sont calculées à partir des critères de sévérité de la déficience en iode, elles prennent en compte les pertes naturelles en iode avant consommation (qualité du sel, climat, conditionnement) et sont pondérées par la consommation individuelle (estimée) de sel (Bürgi et *al.*, 2001).

2.7. Critères de qualité de sel iodé

La stabilité du sel iodé a fait l'objet de nombreuses controverses, selon que les conditions de conservation soient optimales, ou qu'elles prennent en compte les conditions d'environnement de l'utilisation domestique usuelle. On constate une diminution de la concentration de l'iode après enrichissement, lorsque le sel est exposé à une humidité et une ventilation excessives, une température de stockage élevée, un pH acide, et qu'il renferme des traces d'oxydes métalliques (de fer et de cuivre). Ces pertes peuvent être ralenties, voire diminuées par l'utilisation d'iodates, moins solubles dans l'eau que les iodures (tableau 07).

Tableau 07. Solubilité dans l'eau à 20 °C de composés pour l'iodation (Kaiho, 2017).

Composés pour l'iodation	Solubilité dans l'eau à 20 °C (g/L)
NaIO ₃	90
KIO ₃	81,3
NaI	1790
KI	1270

L'origine du sel, la présence d'impuretés, la qualité de l'emballage et l'humidité relative sont les principaux facteurs affectant la stabilité de l'iode dans le sel iodé (Rouabah et *al.*, 2018).

2.8. Le sel iodé en Algérie

En 1995, 92% des ménages disposaient de sel adéquatement iodé (MSPRH et UNICEF, 1996). Ce pourcentage a chuté en 2000 puisqu'ils n'étaient plus que 69% à en disposer à cette période. Cette diminution de la disponibilité du sel iodé peut être expliquée par un relâchement des services de contrôle qui a permis la présence sur le marché de sel non iodé, avec un étiquetage frauduleux. Le pourcentage de ménages disposant de sel adéquatement iodé était plus élevé en milieu urbain (74%) qu'en milieu rural (60%). On constatait de grandes variations selon les régions. Ainsi, dans la région Sud, moins de la moitié des ménages en disposaient. Le décret de janvier 1990 rendait obligatoire, sur l'ensemble du territoire national, l'utilisation pour l'alimentation de sel iodé à raison de 30 à 50 ppm. Il abrogeait le décret de 1967 qui fixait des normes trop basses entre 10 et 15 ppm et n'imposait la vente de sel iodé que dans des zones à risque.

En 2005, on estime que plus de 96% du sel alimentaire est iodé. Le sel produit par certains producteurs ne correspond pas toujours aux normes des décrets en vigueur. L'huile iodée a également été utilisée comme alternative au sel iodé pour l'éradication rapide des troubles graves dus à la carence en iode mais son utilisation n'est plus pertinente si la consommation de sel iodé se généralise (FAO, 2005). Une étude menée par le ministère du Commerce, en 2015, a révélé que 90% des boulangers utilisent du sel non iodé dans la fabrication du pain (Rouabah et *al.*, 2018).

MATÉRIEL
ET
MÉTHODES

Matériel et Méthodes

1. Zone d'étude et échantillonnage

Le travail présenté dans ce mémoire, s'est concentré sur l'analyse de l'iode dans le sel de table disponible dans le commerce aux niveaux de six wilayas (figure 04) et (tableau 08). Les échantillons ont été achetés aux niveaux des magasins d'alimentation générale (vente en détail) à des dates citées dans l'annexe 01. La majorité des commerces avait une seule marque ou une seule variété de sel de table (en paquet) exposées sur leurs étalages. Nous avons collecté 22 marques de sel, représentant 20 entreprises de production de sel. Chaque échantillon contient trois lots sauf les deux échantillons (TAREK et MAZA) nous avons ajouté un lot à la fois, l'ensemble des échantillons est 68. La date entre chaque lot est au moins d'un mois. Les paquets achetés ont été contrôlés visuellement afin de vérifier que le paquet de sel était intact, fermé (rien ne garantit qu'il soit hermétiquement fermé) et qu'il porte les différents renseignements concernant l'entreprise productrice, la date de fabrication, la date de péremption...etc (Annexe 01). La collecte des échantillons s'est faite, de 20 février 2019 à 05 mai 2019. Les conditions de stockage et d'entreposage dans ces magasins ne sont pas connues. A l'ouverture des paquets de sel pour analyse, la majorité des échantillons était sous la forme de poudre blanche non agglomérée en masse. Ces échantillons sont immédiatement mis au dessiccateur durant 24 heures après ce délai, ils sont analysés selon la méthode référencée. Un code est attribué à la marque de sel, le nom de l'entreprise et le code du lot étudié x lui sera ajouté aussi le nom de l'entreprise-x exemple: ENASEL/1 échantillon acheté dans la wilaya de M'sila codé le nom de sel Chams Rafia Nos échantillons se répartissent comme indiqué dans la figure 04 et le tableau 08.

Le travail expérimental sur ces échantillons a été réalisé au laboratoire Doumi de contrôle de qualité et conformité représenté par monsieur DOUMI Boubaker. Le laboratoire situé à cité 500 logement wilaya de M'sila.

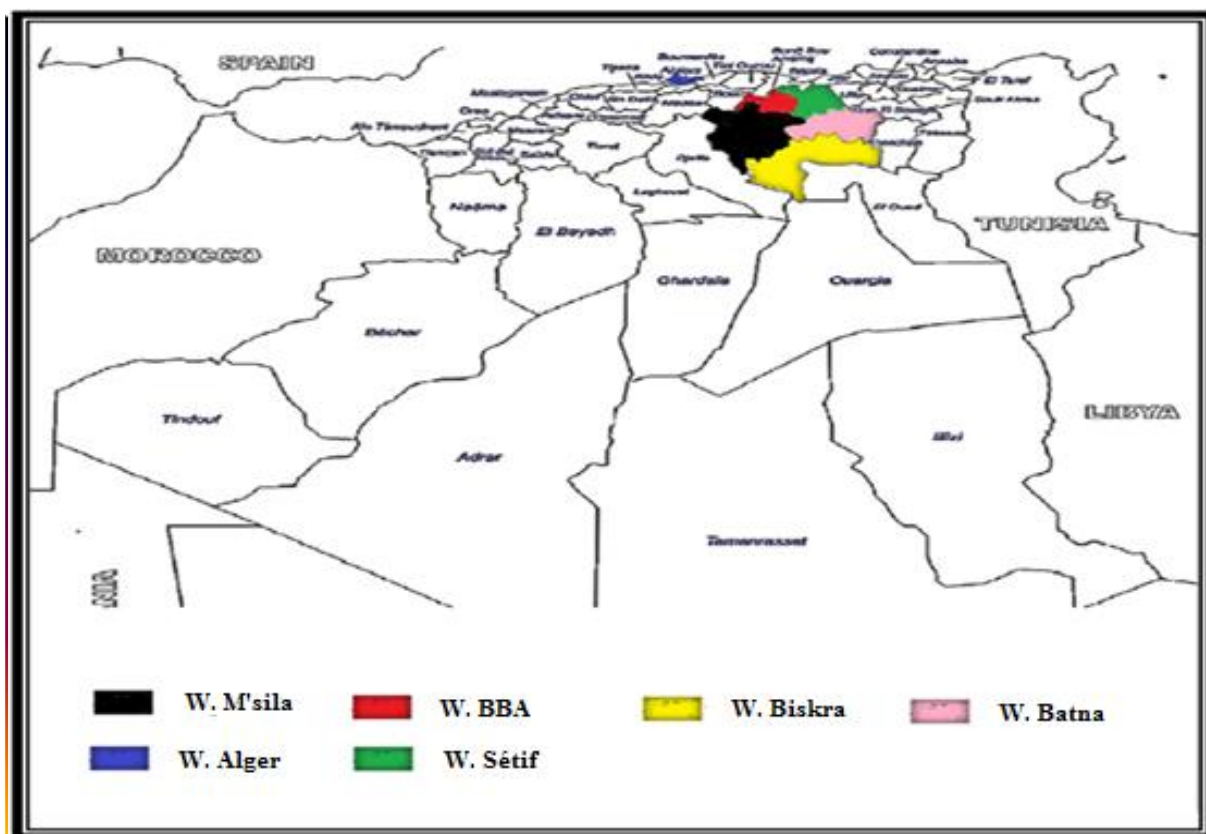


Figure 04. Zones d'étude et échantillonnage.

Tableau 08. Classification des sites d'échantillonnage.

Wilayas	Code	Population (*)	Superficie (km ²) (*)	Nombre d'échantillons
Batna	5	1119791	12192	13
Biskra	7	721356	20986	7
Alger	16	2988145	1190	7
Sétif	19	1489979	6504	10
M'sila	28	990591	18718	21
BBA	34	628475	4115	10
Total		7938337	63705	68

(*): (Liste des communes, 2019)

2. Analyse des échantillons

L'objectif de cette étude est d'évaluer par rapport aux recommandations du décret exécutif n°90-40 du 30/01/1990 (JO, 1990), la teneur en iode des sels de cuisine vendus et consommés par les ménages. Le décret cité stipule que: « Le sel iodé doit comporter nécessairement 50,55 mg d'iodate par kilogramme de sel, pour le dosage minimum et de 84,25 mg d'iodate par kilogramme de sel, pour le dosage maximum. Cet iode doit être apporté

sous forme d'iodate de potassium ». Cette étude a débuté par la mise en place du plan d'échantillonnage et de localisation de la zone d'étude, suivi par l'achat des échantillons de sel. Ces échantillons ont été analysés chimiquement par la méthode iodométrique référencée et les résultats obtenus ont été étudiés statistiquement.

3. Méthode d'analyse

La méthode iodométrique qui sera décrite ci-dessous a été publiée dans le Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire dans l'annexe de l'arrêté 1 (Annexe 02) sous le titre «Méthode de détermination de la teneur en iode dans le sel alimentaire » (JO, 2013).

3.1. Objet et domaine d'application

La présente méthode détermine le dosage de la teneur en iode dans le sel alimentaire.

3.2. 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.

3.3. Principe

a) Par addition d'un Acide acétique glacial (CH_3COOH) et d'iodure de potassium (KI), l'iodate de potassium (KIO_3) contenu dans le sel est réduit en iode moléculaire (I_2). Cette quantité d'iode I_2 est équivalente à la quantité d'iodate dans le milieu (sel).

b) L'iode libéré est titré par une solution de thiosulfate de sodium standard ($Na_2S_2O_3$). L'amidon est utilisé comme indicateur de fin de titrage.

3.4. Réactifs

Réactifs purs pour analyser.

Eau distillée: laisser bouillir pendant 5 mn, la refroidir, la conserver dans des flacons bruns à l'abri de la lumière, de l'oxygène, de l'air et du froid.

Thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, 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 , PM = 214)

- Solution étalon à 0,050 g/l.

Iodure de potassium (KI) à 10% (p/v)

Acide acétique glacial (CH_3COOH) ou acide sulfurique (H_2SO_4) 2N

Solution d'amidon à 0,25% (p/v).

3.4.1. Préparation des réactifs de Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

Solution mère: 0,1 M (ou 0,1 N ou M/10 = N/10)

Dissoudre 24,82 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Sigma-Aldrich) dans une fiole jaugée avec de l'eau distillée, compléter le volume à 1 litre.

Solution de dosage: (0,002 N ou N/500)

Pipeter 20 ml de la solution mère 0,1 N dans une fiole jaugée de 1000 ml, compléter le volume à 1000 ml.

Solution étalon de KI_3 à 0,05 g/l

Solution mère de KI_3 à 10 g/l

Dissoudre 10 g de KI_3 (Sigma-Aldrich) dans 1 litre d'eau distillée. Solution de dosage: introduire 5 ml de solution mère dans une fiole jaugée de 1000 ml, compléter le volume à 1000 ml.

Solution de KI à 10 %: dissoudre 10 g de KI (Sigma-Aldrich) dans une fiole de 100 ml, compléter le volume à 100 ml. 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 de KCN, faire bouillir pendant 5 minutes puis en ajouter 1 g d'acide salicylique, refroidir et boucher.

Acide acétique glacial ou bien acide sulfurique 2 N.

Dans une fiole jaugée de 100 ml, introduire 80 ml d'eau distillée, y ajouter avec précaution 5,56 ml de H_2SO_4 concentré (Sigma-Aldrich), compléter le volume avec de l'eau distillée à 100 ml.

3.4.2. Etalonnage de la solution de thiosulfate (0,002 M ou N/500)

Dans un erlenmeyer contenant environ 800 ml d'eau distillée, Introduire 5 ml de la solution étalon de KI_3 (à 0,05 g/l) puis Ajouter 5 ml de solution de KI à 10 % et 5 ml d'acide acétique pur. Boucher et laisser reposer 5 minutes à l'obscurité, ensuite titrer par la solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,002N) jusqu'à obtention d'une couleur jaune pâle, puis on ajoute 5 ml de la solution d'amidon, on obtient une coloration bleue. Donc continuer titrer par le thiosulfate jusqu'à la disparition de la couleur bleue (répétez le processus d'étalonnage cinq fois), soit V =volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilise et N =Normalité de la solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Calcul: $N = 0,007/V$.

On a trouvé: V moyenne = 3.45 ml Donc $N = 0.007/3.45 = 0.00204$ N

3.5. Mode opératoire

Peser 10g de sel à tester à l'aide d'une balance de paillasse (METTLER TOLEDO), préalablement desséché au dessiccateur pendant 24 heures, introduire le sel dans un erlenmeyer de 250 ml avec bouchon et le dissoudre dans 100 ml d'eau distillée, bouillie et refroidie, ajouter aussi 1 ml d'acide acétique glacial et 1 ml de KI à 10 % (Sigma-Aldrich), on obtient une coloration jaune, boucher et laisser reposer pendant 5 minutes à l'obscurité puis titrer avec la solution de thiosulfate 0,002 N (Sigma-Aldrich) jusqu'à obtention d'une coloration jaune pâle puis ajouter 5 ml de solution d'amidon, on obtient une coloration bleue. Continuer à titrer avec la solution de thiosulfate jusqu'à la disparition de cette coloration bleue ; noter le volume de solution de thiosulfate nécessaire au dosage (V1).

Parallèlement faire un témoin dans les mêmes conditions, sur 100 ml d'eau distillée, bouillie et refroidie et noté le volume (V2).

Dans notre étude chaque échantillon de sel a été dosé trois fois (3 essais): T1, T2 et T3, la teneur en iodate de potassium est la moyenne (T) de ces 3 essais. Il faut noter que la température ambiante au laboratoire se situe entre 19 et 22°C.

3.6. Expression des résultats

Le calcul de la teneur en iode en Iodate de potassium (KIO_3) en mg/kg a été exprimé par la formule générale suivante:

$$[KIO_3] = (V1 - V2) \times \frac{N \times Eq. mg KIO_3 \times 1000}{10g} = (V1 - V2) \times 7,1387$$

V1 présente le volume de $Na_2S_2O_3$ nécessaire au titrage de l'iode dans le sel; V2 présente le Volume de $Na_2S_2O_3$ nécessaire pour le témoin. N est la normalité de la solution $Na_2S_2O_3$; les 10 grammes est la prise d'essai; l'équivalent en milligramme (Eq. mg) de KIO_3 a été calculé à partir de:

- $I = 127/6 = 21,16$
- $KIO_3 = 214/6 = 35,66$

RÉSULTATS

ET

DISCUSSION

Résultats et discussion

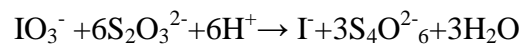
Les échantillons collectés au niveau des magasins ont été analysés par la méthode iodométrique décrite dans l'annexe de l'arrêté 1 (JO, 2013). L'étalonnage de la solution de thiosulfate de sodium utilisée pour le dosage de l'iodate de potassium dans les échantillons de sel alimentaire nous a permis de déterminer son titre réel qui est égale à 0,002N. Cette valeur est le résultat de cinq mesures répétées. L'équation de calcul de la teneur en iode en Iodate de potassium (mg/kg sel) devient:

$$T = (V1-V2) \times 7.1387$$

V1 = Volume de Na₂S₂O₃ nécessaire au titrage de l'iode dans le sel.

V2 = Volume de Na₂S₂O₃ nécessaire pour le témoin.

La réaction de dosage de l'iodate de potassium dans le sel est la suivante:



1. Evaluation quantitative des taux d'iodate de potassium dans le sel

Pour une question de fiabilité des résultats, 3 essais ont été effectués pour chaque échantillon. Ce qui nous a permis d'obtenir pour un même échantillon des teneurs différentes. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 09.

Tableau 09. Teneur moyenne des échantillons de sel analysé en iodate de potassium (mg KIO₃/kg) à partir le nombre des échantillons collectés avec le nom de l'entreprise.

Entreprise	Teneur iodate de potassium (mg/Kg) de sel par lot					
	1	2	3	4	5	6
ENASEL	73,53 ±3,27	56,63 ±2,70	62,34 ±2,70	63,06 ±3,37	<u>85.90±2.18</u>	<u>78.05 ±0.82</u>
HAFRI	<u>95.18±0.82</u>	<u>86.85±1.80</u>	<u>100.66±0.71</u>	13,56±0,71	10,95±0,41	6,66±0,82
MAZA	57,11±0,71	44,50±2,51	64,96±0,71	60,68±0,71	-	-
TAREK	36,65±0,82	45,21±1,09	52,83±1,89	41,17±1,09	-	-
Elmourdjane	2,86±0,71	7,85±0,71	00	-	-	-
RISSASEL	14,28±0,71	3,81±0,41	00	-	-	-
SAMIR	14,75±0,41	10,71±0,71	00	-	-	-
ZROU SEL ETABLISSEMENT A.H	69,01±0,82	<u>99.94±0.71</u>	<u>111.13±0.41</u>	-	-	-
ELHAMRAIA	00	9,99±0,71	7,14±0,71	-	-	-
Chamsseddine	5,24±1,09	9,76±1,09	12,61±0,82	-	-	-
Kouifer	7,14±0,71	12,61±0,41	14,28±0,71	-	-	-
Crikosel	<u>98.99±0.82</u>	<u>93.52±2.14</u>	44,26±1,24	-	-	-
Tari	8,33±0,41	18,56±1,43	12,37±0,41	-	-	-
Mouad Adnane	52,4±2,84	69,00±1,65	23,08±1,80	-	-	-
	00	23,56±0,71	9,52±1,09	-	-	-

EXTRA	00	00	12,61±0,41	-	-	-
ESSAIDA	20,7±0,71	36,41±0,71	25,46±0,82	-	-	-
DJAOUHAR	00	7,85±0,71	4,52±0,82	-	-	-
SEL ELHAMRAIA	23,08±0,41	28,55±0,71	21,18±0,41	-	-	-
SETTOU	13,8 ±0,41	6,90±1,09	27,60±1,49	-	-	-

Le tableau 09 révèle en générale une teneur moyenne du sel en iodate de potassium 32.82 ± 0.97 mg/kg de sel.

Le tableau montre également qu'il existe une différence de rapport d'iodate de potassium KIO_3 d'un échantillon à l'autre pour la même marque.

Dans le cas des échantillons dont la teneur d'iodate de potassium est faible ou nulle tableau 09, cela dénombre la fraude délibérée de certains entreprises ou leur incapacité d'utiliser ou bien contrôler les nouvelles technologies en termes d'enrichissement de cette dernière en iodate de potassium. de même les conditions défavorables de stockage sont l'une des principales causes des faibles teneur en iodate de potassium dans le sel. Il ne faut pas oublier que les effets climatiques, qui varient d'une région à une autre (Centre, Est, Ouest, Nord et Sud) permet également influencer la teneur du sel en iodate de potassium.

Les échantillons qui sont conformes a la réglementation algérienne nous indiquent que ces entreprise qui se trouvaient principalement dans l'entreprise de l'ENASEL et certains entreprises des biens fonctionnement conformément aux conditions et aux réglementations fournies par législateur algérien et ce dans des conditions que nous connaissons plus tard.

L'étape de malaxage lors de l'iodation est très importante pour s'assurer d'une répartition convenable. Si le malaxage, après adjonction de l'iodate de potassium, est insuffisant alors certains lots contiendront trop d'iode 08 marques (tableau 09) la teneur d'iodate de potassium supérieure à a la norme, c'est parce que ces entreprises ne peuvent pas contrôler les techniques de production.

2. Comparaison des résultats par régions d'échantillonnage

Les résultats de la moyenne des teneurs d'iodate de potassium en mg KIO_3 /kg dans différentes région montre une grande variabilité tableau 10 et la figure 05.

Tableau 10. Teneur moyenne en iodate de potassium dans le sel iodé en mg KIO_3/kg par nombre d'échantillons collectés par les régions.

Région d'échantillonnage (Wilayas)	Nombre d'échantillons analysés	Teneur moyenne en iodate de potassium (mg/kg de sel)
M'sila	21	32,98±1,08
BBA	10	34,79±1,01
Alger	7	58,47±1,48
Batna	13	18,28±0,71
Biskra	7	32,19±0,71
Sétif	10	34,63±0,96

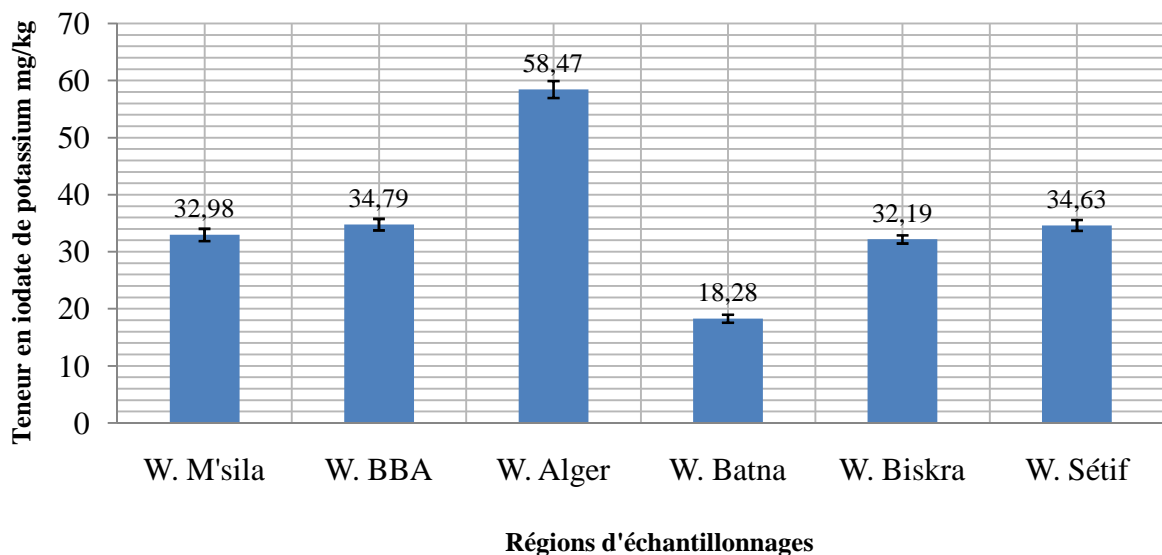


Figure 05. Teneur moyenne en iode dans le sel en mg KIO_3/kg par wilaya.

Les résultats de la teneur moyenne d'iodate de potassium en mg KIO_3/kg dans les différentes régions montrent une grande variabilité, la majorité des échantillons analysés avaient une teneur en iodate de potassium inférieur aux valeurs exigés par le décret exécutif (JO, 1990), ce que nous pouvons constater aussi sur la figure 05. La région d'Alger arrive en tête avec une teneur moyenne en iode dans le sel de $58,47 \pm 1$ mg KIO_3/kg taux le plus élevé, alors que pour la région de Batna, la teneur en iode ne dépasse pas $18,28 \pm 0,71$ mg KIO_3/kg , c'est pour ça dans cette région la carence en iode est sévère. Pour les autres wilayas qui sont toutes des wilayas d'intérieur, la teneur en iodate varie de 32.19 (Wilaya de Biskra) à 34.79 mg/kg (Wilaya de BBA).

Les wilayas intérieures souffrent du manque de consommation des poissons et fruits de mer par rapport aux régions côtières, c'est-à-dire ils n'ont pas une autre source d'iode à part le sel. Le déséquilibre que nous avons trouvé dans les teneurs d'iode dans la plupart des échantillons, qui ne sont pas conformes aux normes algériennes, reflète l'impact négatif de la consommation de sel faiblement iodé sur la santé des consommateurs, en particulier dans ces régions.

3. La relation entre la date d'expiration de chaque échantillon et la teneur en iodate de potassium

Les résultats précédents montrent qu'il existe une relation entre la date d'expiration de chaque échantillon et la teneur en iodate de potassium par exemple, on prélève des échantillons fabriqués par l'entreprise HAFRI (HAFRI/4, HAFRI/5, HAFRI/6) on a trouvé des variations dans la teneur en iodate de potassium, 13.56 mg/kg pour le lot HAFRI/4 et 10.95mg/kg dans le lot HAFRI/5 et 6.66mg/kg pour le lot HAFRI/6. Cette différence est due à la technique de fabrication, ainsi qu'aux conditions de stockage et d'autres facteurs tels que les conditions de transport et de distribution ainsi que le lieu de stockage. Il existe d'autres facteurs, à savoir la zone de distribution de plus, et aussi les facteurs climatiques tels que l'humidité et la chaleur.

4. Comparaison avec la norme algérienne

Tableau 11. Répartition des échantillons et leurs teneurs moyennes en iode en fonction des intervalles de teneur en iode (mg KIO₃/Kg) préconisé par le décret (JO, 1990).

	Valeurs nulles	<50,55 mg KIO ₃ /kg	50,55 - 84,25 mg KIO ₃ /Kg	> 84,25 mg KIO ₃ /Kg
Nombre d'échantillons	08	40	12	08
Pourcentage %	11,76	57,35	17,65	11,76
Teneur Moyenne en mg KIO₃/kg	00	17,50±0.84	63,30±1.84	96,52±1.19

A partir des résultats cités dans le tableau 11, on constate qu'environ 17.65% des échantillons analysés ont montrés une teneur en iodate de potassium supérieur ou égale aux valeurs exigés par le décret exécutif n°90-40 du 30/01/1990 (JO, 1990). La teneur moyenne est 63.30 ± 1.84 mg/kg de sel.

Pour les autres échantillons, nous avons trouvé 08 échantillons ne contient aucune proportion d'iodate de potassium ce qui correspond à 11.76% des échantillons analysés. De plus, 57.35% des échantillons ont montré une teneur inférieure au dosage minimum exigé dans le décret cité. Par contre 11.76% des échantillons ont une teneur supérieur au dosage maximum exigé dans le décret (JO, 1990). La teneur moyenne pour ces derniers est de 96.5 ± 1.192 mg/kg de sel.

5. Comparaison avec la norme fixée par l'OMS et l'UNICEF et en Maroc

Les résultats obtenus moins de 50.55mgKIO₃/kg sont sujets à plusieurs divisions selon le tableau 12.

Tableau 12. Répartition des échantillons et leurs teneurs moyennes en iodate de potassium (mg KIO₃/kg) selon la norme fixée par l'OMS et l'UNICEF en 2015.

	Valeurs nulles	<25,3 mg KIO ₃ /kg	25,3-50,55 mg KIO ₃ /kg	>50,55mgKIO ₃ /kg
Nombre d'échantillons	08	31	09	20
Pourcentage %	11,76	45,59	13,24	29,41
Teneur Moyenne en mg KIO₃/kg	0	$11,94 \pm 0.75$	$36,65 \pm 1.16$	$71,72 \pm 0.82$

Les résultats obtenus moins de 50.55mg/kg sont sujets à plusieurs divisions si l'on se base sur la norme fixée par l'OMS et l'UNICEF en 2015 pour évaluer la teneur en iode des sels prélevés où il est stipule que: 90 % des ménages doivent disposer de sel ayant une teneur en iode ≥ 15 ppm (25,3 mg d'iodate de potassium par kilogramme de sel) (WHO, 2007). En effet et selon cette norme, environ 42.65% (13.24%+29.41%) des échantillons étudiés sont aussi adéquatement iodés car leur teneur en iodate de potassium (KIO₃) >25.3 mg KIO₃/Kg de sel. Donc au total, 13.24% du sel disponible en magasin dans les wilayas étudiées est dans les normes de l'OMS, mais selon les normes Algérienne, il n'est pas conforme.

Au Maroc, le taux réglementaire d'iode dans le sel alimentaire est passé de 30 mg/kg à 80 mg/kg \pm 10 mg/Kg d'iode soit un apport de 33,7 mg/kg à 67,5 mg/kg d'iodate de potassium par kg de sel. De plus, lors de la distribution, la teneur minimale de l'iode constatée lors de l'analyse du sel iodé ne doit pas être inférieure à 15 mg/Kg. Ce décret n° 2-08-362 (3 jourada II 1430) du 28 mai 2009, suivie par un arrêté conjoint n° 1486-09 (29 choul 1430) du 19 octobre 2009 (BO, 2010). Donc l'iodation de sel alimentaire en Maroc moins qu'en Algérie.

Toutes les réglementations Algérienne a pour but de mieux protéger le consommateur en lui offrant un sel iodé conforme aux critères requis de qualité, d'iodation et de conservation. L'existence d'un cadre réglementaire a eu des effets bénéfiques en amenant le gouvernement, en même temps que l'industrie du sel, à s'impliquer plus étroitement dans la politique d'iodation du sel, mais sur le terrain, nous trouvons la négligence de la DCP dans les contrôles du sel alimentaire qui est un produit de prix bas, malgré son influence directe sur la santé publique.

6. La relation entre Lot - Iodation

Chaque entreprise adopte des techniques spéciales dans l'iodation du sel, la teneur d'iode ou d'iodate de potassium varie d'un lot à l'autre en fonction des techniques utilisées ou d'autres facteurs tels que la méthode de stockage ainsi que les facteurs environnementaux.

Pour confirmer la relation entre chaque lot et la teneur en iode nous étudions les deux exemples suivants: Pour les lots de sel MAZA nous avons trouvé deux échantillons selon les normes algérienne (57.11mg/kg et 64.96mg/kg) et un lot inférieure a la norme (44.50mg/kg). Donc la valeur 44.50mg/kg n'est pas vraiment loin de la norme, l'entreprise peut rectifier la teneur. Ce résultat peut être dû aux conditions de stockage, climatique... etc.

Pour les lots de sel de TAREK nous avons trouvé deux échantillons loin de la norme (36.65mg/kg, 45.21mg/kg) et un échantillon conforme mais à la marge inférieure à (50.55mg/kg-84.25mg/kg) c'est-à-dire les résultats dépendent directement des conditions de fabrication.

7. Rapport qualité/prix et leur impact sur le choix du consommateur algérien

Le prix est un des critères de base pour l'achat d'un produit, la comparaison des produits de même type ou de même utilisation participe au choix au moment de l'achat.

Dans cette partie, on a divisé les échantillons collectés par prix comme indiqué dans le tableau 13.

Tableau 13. Prix des marques du sels collectées sur le marché algérien.

Nom commercial	Prix (DA)
Shams Rafia	60
Shamsi	30
Kouisel	25
MAZA	25
Tarek	25
Khadija	25
Sosel	25
Sel Salado	25
Safir	25
Rouyel Sel	25
Eljawhara	15
Elmaurdjane	15
Elaures	15
Sel Extra	15
Chamson	20
Sel El-Acil	20
Sel Samir	20
Rissasel	20
Acil Sel	20
Cricosel	20

A travers le tableau 09 et le tableau 13, nous avons constaté que les échantillons de sel, qui coûtent entre 30 et 60 DA appartenant à l'ENASEL sont de bonne qualité et conformes à la législation en vigueur. Contrairement aux autres échantillons, compris dont leur prix est

entre 15 DA et 25 DA qui appartiennent à des sociétés privés. La majorité des ces échantillons ne répondent pas aux critères en vigueur en Algérie. La question du prix est donc due au coût de la production: plus le cout de production est bas plus la qualité de sel est mouvaise.

Au cours de l'échantillonnage, il a été constaté que la majorité des prix d'un sac de sel d'un kg variaient de 15 à 25 DA, et peu de marques commercialisées à des prix atteignant les 60 DA. Cela, est probablement attribué au choix du consommateur qui préfère le bas prix au détriment de la qualité.

8. La relation entre la qualité du sel et la nature de l'entreprise (privé ou étatique)

La quasi-totalité des entreprises productrices de sel iodé citées dans le figure 06 sont de nature privé à l'exception de l'entre prise ENASEL qu'est étatique. La teneur en iode du sel commercialisé par **ZROU SEL** est la plus élevée ($93,36 \pm 0.65$ mg/Kg) d'un côté. D'un autre côté, **Elmourdjane** présente la teneur en iode la plus faible ($3,57 \pm 0.48$ mg/Kg).

Malgré que le processus de l'iodation du sel n'est pas onéreux, certaines entreprises privées de production de sel ont recourt à la diminution des concentrations de l'iode ajouté à leurs produit pour plus de bénéfices. En revanche, il a été constaté que l'entreprise étatique ENASEL n'a pas recourt à ces pratiques frauduleuses au détriment de la santé du consommateur (Isosel, 2005). Les résultats affichés par la figure 6 renforcent ce constat, tout en signalant que certaines entreprises privées respectent quand même les teneurs en iodates de potassium exigées par la réglementation algérienne.

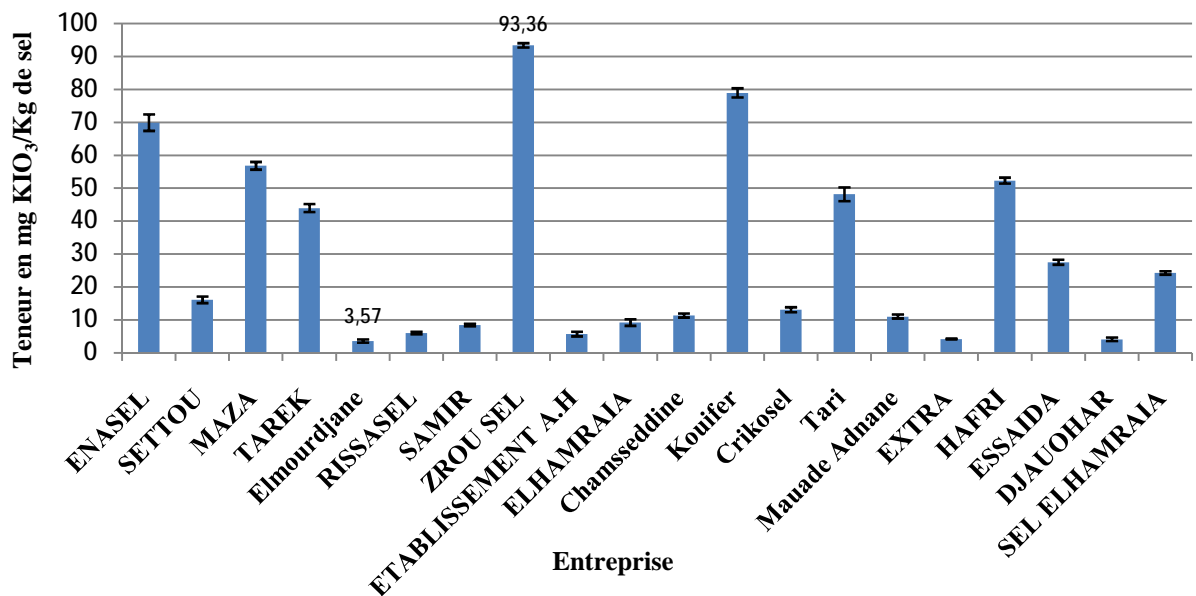


Figure 06. Teneur moyenne en iode dans les sels alimentaires analysés (mg KIO₃/kg).

CONCLUSION

Conclusion

L'objectif de cette étude a été d'évaluer la teneur en iode dans les sels alimentaires vendus dans le commerce (en paquet) et consommés par les ménages. Cette étude a débuté par la mise en place du plan d'échantillonnage et par la collecte des échantillons de sel. Ces échantillons ont été analysés chimiquement par la méthode iodométrique référencée. Le travail présenté s'est concentré sur le sel alimentaire disponible dans le marché algérien produit par 20 entreprises. Le nombre d'échantillons analysés est de 68.

Les résultats ont montré que 12 étaient conformes soit un taux de 17,65% et 56 étaient non-conformes soit un taux de 80,87% dont 48 présentaient des teneurs inférieures à 50.55 mg/kg (69.11%) et 08 avaient des teneurs supérieures à 84.25 mg/kg (11.76%). L'analyse de ces sels a révélé la consommation de sel sur-iodé peut occasionner des signes d'hyperthyroïdie.

Les résultats du dosage iodométrique des sels alimentaire vendu dans la wilaya d'Alger indiquent une iodisation adéquate du sel hauteur de ≈ 58 mg/kg. La wilaya de Batna est plus touchée par le manque d'iode suivie par la wilaya de Biskra, M'sila, Sétif et BBA.

Cette étude a permis de mettre en évidence la non application des bonnes techniques d'iodation dans les entreprises productrices de sel. Ces résultats recommandent donc la poursuite et le renforcement des activités de lutte pour atteindre tous les critères d'élimination des TDCI.

De plus, connaissant les conséquences non négligeables de la commerce des sels alimentaires en iode sur la santé publique, nous formulons les recommandations suivantes:

- Contrôler la qualité du sel avant distribution et consommation sur toute l'étendue du territoire national;
- Veiller à l'organisation des unités de fabrication de sel iodé et leur suivi en vue d'une bonne iodation;
- Former les petits producteurs sur les bonnes techniques d'iodation.

Références

- Andersson, M., Benoist, B., Rogers, L., (2010).** Epidemiology of iodine deficiency: salt iodisation and iodine status. *Best Practices and Research Clinical Endocrinology and Metabolism*, 24(1), 1-11.
- BO., (2010).** Arrêté n°863- 10 du 24 rabii I 1431 (11 mars 2010) définissant les caractéristiques auxquelles doit répondre le sel destiné à l'alimentation humaine. Page 1332.
- Bürgi, H., Schaffner, T., & Seiler, J., (2001).** The toxicology of iodate: a review of the literature. *Thyroid*, 11(5), 449-456.
- CansoLobal., (2010).** L'encyclopédie du développement durable. Le sel; [en ligne] 2010; Disponible sur : <http://www.encyclo-ecolo.com/Sel>. (Consulte le 5/04/2019).
- Codex Alimentarius., (1985).** Norme Codex pour le sel de qualité alimentaire. CODEX STAN150-(1985) Rev.1-1997; Amendé 1-1999, Amendé 2-2001, Amendé 3-2006.
- Dupas-Langlet, M., (2013).** De la déliquescence au montage des poudres cristallines : cas du chlorure de sodium. Thèse de Docteur de l'UTC. Université de technologie Compiègne ; 251p.
- FAO., (2005).** Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Profil Nutritionnel de l'Algérie Division de l'Alimentation et de la Nutrition
- Fofana, M. F., (2007).** Contrôle de qualité du sel iode consomme au mali. Thèse Docteur en pharmacie, Université de Bamako ; 114p.
- Hanitriniaina, R. H., (2009).** Valorisation rationnelle de la qualité du siratany dans la région de Bezà Mahafaly pour promouvoir son marché. Mémoire du Diplôme d'Ingénieur. Université D'Antananarivo, 2014; 111p.
- Housecroft, C. E., & Sharpe, A. G., (2010).** Chimie inorganique: De Boeck Superieur.
- ICCIDD, UNICEF, WHO., (2001):** Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. Geneva, WHO Publication.
- Isosel., (2005).** Journnée d'étude sur le sel de qualité alimentaire hôtel seybous- Annaba.
- JO., (1990).** Décret exécutif n° 90-40 du 3 Rajab 1430 correspondant au 30 janvier 1990 rendant obligatoire la vente du sel iodé pour la prévention de la carence en iode, P180.
- JO., (2013).** Arrêté du 21 novembre 2011 rendant obligatoire la méthode de détermination de la teneur en iode dans le sel alimentaire.
- JORF., (2007).** Arrêté du 24 avril 2007 relatif aux substances d'apport nutritionnel pouvant être utilisées pour la supplémentation des sels destinés à l'alimentation humaine.

- Lindien, G., Alais, C., & Miclo, L., (2004).** Biochimie alimentaire. 5e éd. (15 janvier 2004). Paris; 250p.
- Liste des communes., (2019).** Liste des communes d'Algérie Disponible sur: [//fr.wikipedia.org/wiki/Liste des communes_d%27Alg%C3%A9rie](http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_communes_d%27Alg%C3%A9rie). (Consulté le 14/05/2019).
- Lozach, E., (2001).** Le sel et les microorganismes. Thèse de Doctorat en Sciences vétérinaire, Ecole nationale vétérinaire de maison Alfort, 48-51.
- Mannar M.G et Dunn J.T., (1995).** Iodation du sel pour l'élimination de la Carence en iode. ICCIDD/IM/UNICEF/OMS.
- Mizéhoun-Adissoda, C., Agueh, V., Yemoa, A., Sègla, B. I., Alihonou, F., Jossè, R. G., Desport, J.C., (2016).** Évaluation de la teneur en iode des sels alimentaires dans les communes de Glazoué et de Ouidah (Bénin) et comparaison aux recommandations. Nutrition clinique et métabolisme, 30(1), 38-44.
- Ogbera, A. O., & Kuku, S. F., (2011).** Epidemiology of thyroid diseases in Africa. Indian journal of endocrinology and metabolism, 15(Suppl2), S82.
- Organisation mondiale de la Santé (OMS), (2002).** Rapport sur la santé dans le monde 2002: réduire les risques et promouvoir une vie saine. Genève ; 262 p.
- Rouabah, W., Tahri, A., & Hazourli, A., (2018).** Analyse de la teneur en iode dans le sel de table consommé dans quelques villes de l'Est Algérien, mémoire Master en chimie Option: Chimie des matériaux, 76 p.
- Scrimshaw, N., Cabezas, A., Castillo, F., & Méndez, J., (1953).** Effect of potassium iodate on endemic goitre and protein-bound iodine levels in school-children. Lancet, 265, 166-168.
- Tatsuo Kaiho. Iodine Made Simple., (2017).** Includes bibliographical references and index; 661p.
- Wang, T., Zhao, S., Shen, C., Tang, J., & Wang, D., (2009).** Determination of iodate in table salt by transient isotachopheresis–capillary zone electrophoresis. Food chemistry, 112(1), 215-220.
- WHO., (2007).** Assessment of the iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: Geneva: WHO.
- WHO, UNICEF, ICCIDD., (1994).** Indicators for assessing iodine deficiency disorders and their control through salt iodization Nutrient series.
- Zahidi, M., (2015).** La Teneur en iode dans le sel alimentaire au niveau des ménages au Maroc. Thèse de Doctorat en pharmacie, Faculté de médecine et de pharmacie-Rebat; 124p.

Annexes

Annexe 01. Différents renseignements concernant l'entreprise productrice dans l'Algérie.

Entreprises	Nom commercial	W d'échantillonnage	pooids indiqué sur l'emballage kg	pooids vérifiée	Date de fabrication	Date DLC	Date d'achat	Date d'analyse	Code lot	Code d'échantillon
ENASEL	shams raïfa	M'sila	1	0,99	décembre-18	décembre-20	24-févr.-19	2-avr.-19	361	ENASEL/1
		Alger	1	1,35	juillet-18	juillet-20	24-févr.-19	2-avr.-19	207	ENASEL/2
		Séif	1	0,99	janvier-19	janvier-21	18-mars-19	2-avr.-19	1,00	ENASEL/3
	Shamsi	M'sila	1	1,35	janvier-19	janvier-21	23-févr.-19	2-avr.-19	10	ENASEL/4
		Bordj Bou Arreridj	1	1,20	février-19	février-21	26-févr.-19	2-avr.-19	41	ENASEL/5
		Biskra	1	1,30	novembre-18	novembre-20	18-mars-19	2-avr.-19	45	ENASEL/6
EURL SETTOUCOURDA HAMRAIA ELOUAD	Sosel	Batna	1	0,94	janvier-18	janvier-21	28-févr.-19	4-avr.-19	6	SETTOU/1
		M'sila	1	0,91	mai-18	mai-20	28-févr.-19	4-avr.-19	1	SETTOU/2
		Bordj Bou Arreridj	1	1,01	avril-18	avril-20	04-mars-19	4-avr.-19	2	SETTOU/3
	MAZA Stil	M'sila	1	1,00	novembre-18	novembre-20	26-févr.-19	4-avr.-19	1	MAZA/1
		Batna	1	0,99	janvier-19	janvier-21	26-févr.-19	4-avr.-19	1	MAZA/2
		Séif	1	1,00	février-19	février-21	28-févr.-19	4-avr.-19	2	MAZA/3
SEL TAREK EL HAMRAIA	SEL TAREK	M'sila	1	0,98	juillet-18	juillet-20	05-mai-19	6-mai-19	1	MAZA/4
		M'sila	1	1,40	février-19	février-21	17-mars-19	3-avr.-19	10	TAREK/1
		Alger	1	1,35	novembre-18	novembre-20	25-févr.-19	3-avr.-19	12	TAREK/2
	Elmaurdjane stil	Bordj Bou Arreridj	1	1,13	janvier-19	janvier-21	25-févr.-19	3-avr.-19	9	TAREK/3
		M'sila	1	1,10	mars-19	mars-21	05-mai-19	6-mai-19	11	TAREK/4
		Batna	1	1,04	janvier-19	janvier-21	23-févr.-19	4-avr.-19	13	Elmaurdjane/1
RISSASEL STIL ELOUED	RISSASEL	M'sila	1	1,02	novembre-18	novembre-20	26-févr.-19	4-avr.-19	A10	Elmaurdjane/2
		Biskra	1	0,99	septembre-18	septembre-20	23-févr.-19	4-avr.-19	B09	Elmaurdjane/3
		M'sila	1	1,08	novembre-18	novembre-20	24-févr.-19	3-avr.-19	1A245	RISSASEL/1
	Entreprise samir eloued	Séif	1	1,02	janvier-19	janvier-21	02-avr.-19	3-avr.-19	2B325	RISSASEL/2
		Bordj Bou Arreridj	1	1,00	septembre-18	septembre-20	13-mars-19	3-avr.-19	13N010	RISSASEL/3
		Batna	1	0,80	novembre-17	novembre-19	22-févr.-19	4-avr.-19	1	SAMIR/1
SARL ZROU SEL AIN DABA BISKRA	Sel Samir	M'sila	1	0,98	décembre-17	décembre-19	25-févr.-19	4-avr.-19	2	SAMIR/2
		M'sila	1	0,91	janvier-18	janvier-20	20-févr.-19	4-avr.-19	A01	SAMIR/3
		Alger	1	0,97	septembre-18	septembre-20	26-févr.-19	7-avr.-19	9	ZROU SEL/1
	Etablissement A.H STILL ELOUED	M'sila	1	1,14	décembre-18	décembre-20	24-févr.-19	7-avr.-19	12	ZROU SEL/2
		Bordj Bou Arreridj	1	0,90	novembre-18	novembre-20	22-févr.-19	7-avr.-19	13	ZROU SEL/3
		Batna	1	0,92	mars-18	mars-20	02-mars-19	7-avr.-19	BL004L	ETABLISSEMENT A.H/1
EL HAMRAIA Eloued	sel El-Acil	M'sila	1	0,96	avril-18	avril-20	27-mars-19	7-avr.-19	BL0104L	ETABLISSEMENT A.H/2
		Séif	1	1,01	septembre-18	septembre-20	04-mars-19	02-avr.-19	BL012L	ETABLISSEMENT A.H/3
		Biskra	1	1,03	juin-18	juin-20	10-mars-19	2-avr.-19	1	ELHAMRAIA/1
	Safir	Batna	1	1,05	avril-18	avril-20	24-mars-19	2-avr.-19	2	ELHAMRAIA/2
		M'sila	1	1,05	septembre-18	septembre-20	29-mars-19	2-avr.-19	3	ELHAMRAIA/3

Entreprise Chamsseddine EL HAMRAIA -EL OUED	Bordj Bou Arreridj	1	1,00	octobre-17	octobre-19	18-mars-19	8-avr.-19	1	Chamsseddine/1
				septembre-17	septembre-19	20-mars-19	8-avr.-19	1	Chamsseddine/2
				décembre-17	décembre-19	20-mars-19	8-avr.-19	3	Chamsseddine/3
EKOSSEL-Entreprise Kouifer sel Hamraia Eloued -Algeria	Biskra	1	1,07	décembre-17	décembre-19	18-mars-19	7-avr.-19	2	Kouifer/1
				novembre-17	novembre-19	25-mars-19	7-avr.-19	3	Kouifer/2
				février-19	février-21	28-mars-19	7-avr.-19	5	Kouifer/3
Etablissement crikosel conditionnement de sel	M'sila	1	0,90	novembre-18	novembre-20	25-mars-19	8-avr.-19	014A525	Crikosel/1
				septembre-18	septembre-20	24-mars-19	8-avr.-19	014B525	Crikosel/2
				janvier-19	janvier-21	12-mars-19	8-avr.-19	010A101	Crikosel/3
Etablissement Tari youcef sidi aich bejaia	M'sila	1	1,00	février-19	février-21	25-mars-19	3-avr.-19	4	Tari/1
				janvier-19	janvier-21	24-mars-19	3-avr.-19	1	Tari/2
				mars-19	mars-21	25-mars-19	3-avr.-19	8	Tari/3
Conditionnement des produits alimentaires mouad Adnane-biskra	Bordj Bou Arreridj	1	1,05	janvier-19	janvier-21	25-mars-19	4-avr.-19	1	Mouad Adnane/1
				février-19	janvier-21	25-mars-19	4-avr.-19	2	Mouad Adnane/2
				septembre-18	septembre-20	28-mars-19	4-avr.-19	3	Mouad Adnane/3
Etablissement EXTRA sifi Eloued	Biskra	1	1,03	mars-18	mars-20	22-mars-19	8-avr.-19	1	EXTRA/1
				mai-18	mai-20	19-mars-19	8-avr.-19	10	EXTRA/2
				septembre-18	septembre-20	25-mars-19	8-avr.-19	2	EXTRA/3
Conditionné par HAFRI Mohamed Sayah Hamraia	M'sila	1	1,09	mai-18	mai-20	22-mars-19	2-avr.-19	1	HAFRI/1
				mars-18	mars-20	26-mars-19	4-avr.-19	2	HAFRI/2
				novembre-18	novembre-20	21-mars-19	4-avr.-19	3	HAFRI/3
Produit ESSAIDA Ain arnet Séif	Séif	1	0,99	janvier-19	janvier-21	25-mars-19	3-avr.-19	1	ESSAIDA/1
				novembre-18	novembre-20	20-mars-19	3-avr.-19	2	ESSAIDA/2
				mars-18	mars-20	03-avr.-19	3-avr.-19	4	ESSAIDA/3
Entreprise Djaouhar	Séif	1	0,66	juillet-18	juillet-20	21-mars-19	3-avr.-19	1	DJAOUHAR/1
				novembre-18	novembre-20	18-mars-19	3-avr.-19	2	DJAOUHAR/2
				septembre-18	septembre-20	01-avr.-19	3-avr.-19	1	DJAOUHAR/3
Conditionné par sels EL-Hamraia wilaya de loued	Batna	1	0,99	février-18	février-20	28-févr.-19	8-avr.-19	2	SEL ELHAMRAIA/1
				avril-18	avril-20	24-févr.-19	8-avr.-19	A01	SEL ELHAMRAIA/2
				janvier-17	janvier-19	15-mars-19	8-avr.-19	2	SEL ELHAMRAIA/3
Hafr conditionnement de produits alimentaires Hamraia El-oued	M'sila	1	0,91	novembre-18	novembre-20	28-févr.-19	2-avr.-19	1	HAFRI/4
				septembre-18	septembre-20	25-févr.-19	2-avr.-19	2	HAFRI/5
				décembre-17	décembre-19	20-févr.-19	2-avr.-19	1	HAFRI/6

Annexe 02. Arrêté du 25 Dhou El Hidja 1432 correspondant au 21 novembre 2011 rendant obligatoire la méthode de détermination de la teneur en iode dans le sel alimentaire.

18 Rabie El Aouel 1434
20 janvier 2013

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 07

31

Arrête :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 26 du décret exécutif n° 05-303 du 15 Rajab 1426 correspondant au 20 août 2005, susvisé, un concours national est ouvert, au niveau de l'école supérieure de la magistrature, pour le recrutement de quatre cent soixante-dix (470) élèves magistrats, au titre de l'année 2013.

Art. 2. — La période des inscriptions au concours est fixée du 3 au 21 février 2013.

Les épreuves d'admissibilité débiteront le 26 mars 2013.

Art. 3. — Le présent arrêté sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 2 Rabie El Aouel 1434 correspondant au 14 janvier 2013.

Mohammed CHARFI.

MINISTERE DU COMMERCE

Arrêté du 25 Dhou El Hidja 1432 correspondant au 21 novembre 2011 rendant obligatoire la méthode de détermination de la teneur en iode dans le sel alimentaire.

Le ministre du commerce,

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 90-39 du 30 janvier 1990, modifié et complété, relatif au contrôle de la qualité et à la répression des fraudes ;

Vu le décret exécutif n° 90-40 du 30 janvier 1990 rendant obligatoire la vente du sel iodé pour la prévention de la carence en iode ;

Vu le décret exécutif n° 02-453 du 17 Chaoual 1423 correspondant au 21 décembre 2002 fixant les attributions du ministre du commerce ;

Vu le décret exécutif n° 05-465 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'évaluation de la conformité ;

Arrête :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 19 du décret exécutif n° 90-39 du 30 janvier 1990, modifié et complété, susvisé, le présent arrêté a pour objet de rendre obligatoire la méthode de détermination de la teneur en iode dans le sel alimentaire.

Art. 2. — Pour la détermination de la teneur en iode dans le sel alimentaire, les laboratoires du contrôle de la qualité et de la répression des fraudes et les laboratoires agréés à cet effet doivent employer la méthode décrite en annexe.

Cette méthode doit être également utilisée par le laboratoire lorsqu'une expertise est ordonnée.

Art. 3. — Le présent arrêté sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 25 Dhou El Hidja 1432 correspondant au 21 novembre 2011.

Mustapha BENDADA.

ANNEXE

**METHODE DE DETERMINATION
DE LA TENEUR EN IODE DANS LE SEL
ALIMENTAIRE**

1. OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente méthode détermine le dosage de la teneur en iode dans le sel alimentaire.

2. DEFINITION

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.

3. PRINCIPE

a) Par addition d'un acide et d'iodure de potassium (KI), l'iodate de potassium (KIO_3) contenu dans le sel est réduit en iode moléculaire (I_2). Cette quantité d'iode I_2 est équivalente à la quantité d'iodate dans le milieu (sel) ;

b) L'iode libéré est tiré par une solution de thiosulfate de sodium standard ($Na_2S_2O_3$).

L'amidon est utilisé comme indicateur de fin de titrage.

4. REACTIFS

— Réactifs purs pour analyser ;

— Eau distillée : laisser bouillir pendant 5 min, la refroidir, la conserver dans des flacons bruns à l'abri de la lumière, de l'oxygène, de l'air et du froid.

Thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, 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 , PM = 214)

— solution étalon à 0,050 g/l.

Iodure de potassium (KI) à 10% (P/V)

Acide acétique glacial (CH_3COOH) ou acide sulfurique (H_2SO_4) 2N

Solution d'amidon à 0,25% (P/V).

4.1 Préparation des réactifs

Thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3$)

Solution mère : 0,1 M (ou 0,1 N ou M/10 = N/10)

Dissoudre 24,82 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dans une fiole jaugée avec de l'eau distillée, compléter le volume à 1 litre.

Solution de dosage : (0,002 N ou N/500)

Pipeter 20 ml de la solution mère 0,1 N dans une fiole jaugée de 1000 ml, compléter le volume à 1000 ml.

Solution étalon de KIO_3 à 0,05 g/l

Solution mère de KIO_3 à 10 g/l : dissoudre 10 g de KIO_3 dans 1 litre d'eau distillée.

Solution de dosage : introduire 5 ml de solution mère dans une fiole jaugée de 1000 ml, compléter le volume à 1000 ml.

Solution de KI à 10 % : dissoudre 10 g de KI dans une fiole de 100 ml, compléter le volume à 100 ml.

Note : 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 de KCN .

- faire bouillir pendant 5 minutes ;
- ajouter 1 g d'acide salicylique ;
- refroidir, boucher.

Acide acétique glacial ou bien acide sulfurique 2 N.

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 56,3 %), compléter le volume avec de l'eau distillée à 100 ml.

4.2. Etalonnage de la solution de thiosulfate (0,002 M ou N/500)

Dans un erlenmeyer contenant environ 800 ml d'eau distillée :

- introduire 5 ml de la solution étalon de KIO_3 (à 0,05 g/l) ;
- ajouter 5 ml de solution de KI à 10 % et 5 ml d'acide acétique pur ;
- boucher et laisser reposer 5 minutes à l'obscurité ;
- titrer par la solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,002N) jusqu'à obtention d'une couleur jaune pâle ;
- ajouter 5 ml de la solution d'amidon, on obtient une coloration bleue ;
- continuer à titrer par le thiosulfate jusqu'à la disparition de la couleur bleue, soit V = volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilisé et N = Normalité de la solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Calcul : $N = 0,007/V$.

5. APPAREILLAGE

Matériel courant de laboratoire.

6. ECHANTILLONNAGE

L'échantillonnage se fait selon les normes en vigueur.

7. MODE OPERATOIRE

- peser $10 \pm 0,01$ g de sel à tester, préalablement desséché au dessiccateur ;
- introduire le sel dans un erlenmeyer de 250 ml ;
- le dissoudre dans 100 ml d'eau distillée, bouillie et refroidie ;
- ajouter 1 ml d'acide acétique glacial ;
- ajouter 1 ml de KI à 10 %, on obtient une coloration jaune, boucher et laisser reposer pendant 5 minutes à l'obscurité ;
- titrer avec la solution de thiosulfate 0,002 m jusqu'à obtention d'une coloration jaune pâle ;
- ajouter alors 5 ml de solution d'amidon, on obtient une coloration bleue ;
- continuer à titrer avec la solution de thiosulfate jusqu'à la disparition de cette coloration bleue ;
- noter le volume de solution de thiosulfate nécessaire au dosage : (V_1) ;
- parallèlement faire un témoin dans les mêmes conditions, sur 100 ml d'eau distillée, bouillie et refroidie. noter le volume (V_2) ;
- doser chaque échantillon à deux reprises.

8. EXPRESSION DES RESULTATS

Calcul de la teneur en Iode

Formule générale :

$$\text{Iode (mg / kg sel)} = (V_1 - V_2) \times 4,232.$$

$$\text{Iodate de potassium en (mg/kg sel)} = (V_1 - V_2) \times 7,1387$$

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.







$$(\text{Eq. mg}) \text{ I} = 1276 = 21,16$$

$$(\text{Eq. mg}) (\text{KIO}_3) = 2146 = 35,66$$

Annexe 03. Différents marques des sels sur le marché Algérien.

Marque de sel	Nom de marque	Concentration mg KIO ₃ /kg de sel indiqué sur l'emballage
	Sel Samir	Il n'y a pas des valeurs spécifiques
	Sel Safir	Il n'y a pas des valeurs spécifiques
	Sel Shams Rafia	50,55mg/kg-84,25mg/kg de sel
	Sel Khadidja	50,55mg/kg-84,25mg/kg de sel
	Sel Kouisel	50,55mg/kg-84,25mg/kg de sel

	<p>Sel Elaures</p>	<p>Il n'y a pas des valeurs spécifiques</p>
	<p>Sel Royal</p>	<p>50,55mg/kg-84,25mg/kg de sel</p>
	<p>Crikosel</p>	<p>Il n'y a pas des valeurs spécifiques</p>
	<p>Sel Tarek</p>	<p>50,55mg/kg-84,25mg/kg de sel</p>
	<p>Acel sel</p>	<p>Il n'y a pas des valeurs spécifiques</p>
	<p>Chemsou</p>	<p>Il n'y a pas des valeurs spécifiques</p>

	<p>Sel Chamsi</p>	<p>50,55mg/kg-84,25mg/kg de sel</p>
	<p>Sel Maza</p>	<p>50,55mg/kg-84,25mg/kg de sel</p>
	<p>Sosel</p>	<p>50,55mg/kg-84,25mg/kg de sel</p>
	<p>Sel Elmaurdjane</p>	<p>Il n'y a pas des valeurs spécifiques</p>
	<p>Sel Eldjauhara</p>	<p>Il n'y a pas des valeurs spécifiques</p>
	<p>Sel Essaida</p>	<p>50,55mg/kg-84,25mg/kg de sel</p>

	<p>Sel Salado</p>	<p>50,55mg/kg-84,25mg/kg de sel</p>
	<p>Sel Rissasel</p>	<p>Il n'y a pas des valeurs spécifiques</p>
	<p>Sel Oasisel</p>	<p>50,55mg/kg-84,25mg/kg de sel</p>
	<p>Sel El-acil</p>	<p>Il n'y a pas des valeurs spécifiques</p>

Résumé

L'objectif de cette étude a été d'évaluer la teneur en iode dans les sels alimentaires vendus sur le marché national représentés par 20 entreprises. La synthèse des résultats du dosage iodométrique des sels alimentaire pour les 68 échantillons étudiées indique qu'environ 17.65% de ces sels est conforme à la norme en vigueur [50.55-84.25 mg d'iodate de potassium/kg]. En moyenne, la valeur maximale est de 111.13 mg/kg et la valeur minimale est 0 mg/kg.

Parmi le sel des 20 entreprises analysées seulement deux échantillons de sel (le sel de l'ENASEL et le sel MAZA) étaient conformes à la réglementation algérienne.

Mots clés: Algérie; Contrôle de qualité; Iodate de potassium; Iode; Sel alimentaire.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the iodine content in the salts food sold in the national market represented by 20 companies. The summary of the results of the iodometric proportioning in salts food for the 68 samples studied indicates that approximately 17.65% of this salt complies with the current standards. On average the maximum value is 111.13 mg/kg and the minimal value is 0 mg/kg.

Of the 20 companies analyzed, only two salt samples (ENASEL salt and MAZA salt) complied with Algerian regulation.

Keywords: Algeria; salts food iodine; Potassium iodate; quality control.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم محتوى اليود في الأملاح الغذائية التي تباع في السوق الوطنية ممثلة في 20 شركة. تشير النتائج المتحصل عليها لتحديد اليود الغذائي للأملاح الغذائية للعينات 68 التي شملتها الدراسة إلى أن حوالي 17.65% لهذه الأملاح تتوافق مع المعايير المعمول بها. القيمة القصوى هي 111.13 مغ / كغ ، والقيمة الدنيا هي 0 مغ / كغ.

من بين العشرين شركة التي تمت دراستها، فقط عينتين (ملح ENASEL وكذا ملح MAZA) كانتا مطابقتين للقوانين الجزائرية المعمول بها.

الكلمات المفتاحية: الجزائر، الملح الغذائي، اليود، مراقبة الجودة، يودات البوتاسيوم.