

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Contrôle de Qualité et Analyse des Aliments



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Etude de la conformité de sel de table
commercialisé en Algérie**

Présenté par :

AIT AZZOUZ Sonia & NABTI Djihane

Soutenu le : **04/07/2024**

Devant le jury composé de :

Mr. BACHIR BEY M.	Professeur	Président
Mme. GUERFI F.	MCA	Encadreur
Mme. BRAHMI F.	Professeur	Examinatrice

Année universitaire : 2023 / 2024

Remerciements

Nous remercions Dieu qui nous a donné la force et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers Madame Guerfi Fatiha pour ses orientations précieuses et son soutien constant tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Son expertise et son dévouement ont été d'une aide inestimable pour nous.

Nous adressons également nos sincères remerciements à Monsieur Dali, Madame Kessi et Madame Adrar pour leur assistance précieuse au sein du laboratoire de contrôle de qualité et d'analyses des aliments. Leur expertise et leur disponibilité ont grandement contribué à la réussite de notre travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement tous les responsables du laboratoire d'analyses physicochimiques de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, ainsi que ceux du laboratoire des Génies des Procédés de la Faculté des Sciences Technologiques, pour leur soutien logistique et leur expertise qui ont été essentiels à la réalisation de cette recherche.

Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude envers les membres du jury pour leur présence et pour leur précieux temps consacré à évaluer notre travail.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance envers toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont apporté leur aide et leur soutien tout au long de ce projet.

Sonia & Djihane

Dédicace

À mes chers parents, votre amour et votre soutien sont mes fondations,
je vous aime infiniment.

Ma sœur Manel, complice de toujours, chaque instant partagé avec toi
est un trésor précieux. Ton sourire illumine ma vie, merci d'être ma sœur
et mon amie.

À mon frère Kiki, ta force et ton courage sont une inspiration constante
pour moi. Nos aventures ensemble sont mes souvenirs les plus chers.

Abdnour, tu es un pilier de soutien dans ma vie, je suis reconnaissante
de t'avoir à mes côtés. Ta gentillesse et ton optimisme sont un rayon de
soleil dans ma vie quotidienne.

Ma chère grand-mère Keltoum, tes histoires et ta sagesse font de toi un
trésor vivant dans notre famille.

À ma binôme Djihan, nos fous rires et nos confidences ont enrichi mon
expérience, merci pour tout. Ton soutien indéfectible et ta présence
fidèle sont précieux à mes yeux.

À mes tantes, votre amour et vos conseils bienveillants sont des
bénédictions que je chéris chaque jour.

Maria, Kenza, Amina, notre complicité est un trésor que je chéris
profondément, merci d'être mes sœurs de cœur. Chacun de nos
moments ensemble est une source de joie et de bonheur.

Loucif, Amine, vos rires contagieux et votre amitié sincère illuminent mes
journées.

Ibtissem, Lila, Linda, Saliha, Nassima, Aicha, Fouzia, chaque moment
passé avec vous est une bouffée de bonheur, merci d'être mes amies
exceptionnelles. Votre amitié est un cadeau précieux que je chéris, merci
pour votre soutien et votre amour inconditionnel.

Sonia

Dédicace

À ma mère Nedjoua, dont l'amour inconditionnel est le phare qui guide mes pas, peu importe où je me trouve dans ce monde.

À mon père Rachid, ta sagesse et ton soutien indéfectible sont les piliers sur lesquels je bâtis mes rêves et mes réussites.

À mes sœurs Rayene et Tasnim, votre soutien indéfectible et votre affection sincère illuminent chacune de mes journées.

À mon grand-père Mahfoud, tes récits captivants et ta bienveillance continuent d'inspirer ma quête de connaissance et de compréhension du monde qui nous entoure.

À ma grand-mère Fatiha, ton amour et ta douceur sont un réconfort constant, même lorsque nous sommes éloignés l'un de l'autre.

À mes tantes, en particulier à ma tante Narjisse, votre présence et vos conseils précieux ont été des soutiens inestimables dans les moments difficiles et les défis que j'ai affrontés.

À ma binôme Sonia, qui m'a accompagné avec dévouement et solidarité, nos échanges ont enrichi notre parcours commun, et resteront gravés dans ma mémoire.

À tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, votre influence positive a sculpté le chemin qui m'a mené jusqu'ici, et je vous en suis infiniment reconnaissant.

Et à l'âme de ma grand-mère Fatima, ton héritage de force et de bienveillance continue de nourrir mon âme, même au-delà des frontières de la vie terrestre.

Djihane

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Sel de table

1. Définition du sel	2
2. Caractéristiques physicochimiques	2
2.1. Caractéristiques physiques.....	2
2.2. Caractéristiques chimiques.....	2
3. Composition du sel.....	3
3.1. Chlorure de sodium.....	3
3.2. Agents antiagglomérants.....	3
3.3. Oligo-éléments.....	4
4. Fortification du sel.....	4
4.1. Définition de la fortification.....	4
4.2. Fortifiants ajoutés au sel.....	4
4.3. Cadre réglementaire de la fortification du sel.....	5
5. Différents type du sel.....	5
5.1. Selon l'origine.....	5
5.2. Selon le degré de raffinage.....	7
5.3. Selon la granulométrie	7
6. Usage du sel.....	8

7. Effet du sel sur la santé.....	9
-----------------------------------	---

Chapitre II : Conformité du sel

1. Définition de la conformité.....	10
2. Critères de conformité du sel.....	10
3. Définition des contaminants.....	11
4. Contaminants du sel.....	12
5. Limites maximales des contaminants dans le sel	13
6. Cadre règlementaire de la conformité du sel.....	14

Synthèse expérimentale

Chapitre I : Matériel / méthodes

1. Conduite expérimentale.....	15
2. Questionnaire	16
3. Analyse du sel.....	16
3.1. Perte de masse.....	17
3.2. Dosage d'Iode.....	18
3.3. Dosage de NaCl.....	19
3.4. Taux des matières insolubles.....	20
3.5. Analyse spectroscopique en infrarouge du sel.....	21

Chapitre II : Résultats et discussion

1. Questionnaire.....	22
2. Teneur en chlorure.....	24
3. Perte de masse.....	26
4. Taux des matières insolubles.....	27

5. Teneur en iode.....	28
6. Résultats de la caractérisation microscopique du sel.....	29
6.1. Caractéristiques optique.....	29
6.2. Caractéristiques microscopique en infrarouge.....	31
Conclusion.....	35

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des abréviations

ISO : L'Organisation Internationale de Normalisation.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

MS : Matière Sèche.

OMS : L'Organisation Mondiale de la Santé.

SRC : Sel de Roche Commercialisé.

SRN : Sel de Roche Naturel.

SM : Sel Marin.

UNICEF : Fonds des Nations Unies pour l'Enfance.

Liste des figures

Figure 01 : Structure d'un cristal de chlorure de sodium.....	1
Figure 02 : Marais salants (A), Tas du sel de mer (B).....	6
Figure 03 : Cristaux de sel de gemme.....	6
Figure 04 : Origine du sel consommé par la population étudiée.....	22
Figure 05 : Consommation moyenne mensuelle de sel pour la population étudiée.....	23
Figure 06 : Le savoir des sujets si le sel doit être iodé ou non.....	23
Figure 07 : Les différents sels consommés par la population étudiée.....	24
Figure 08 : Défauts observés par la population étudiée.....	24
Figure 09 : Spectre IR du sel SRC1 et SRC2.....	32
Figure 10 : Spectre IR du sel SRN1 et SRN2.....	32
Figure 11 : Spectre IR du sel SM1.....	33
Figure 12 : Plage d'absorbance du NaCl.....	33

Liste des tableaux

Tableau I : Propriétés physiques du sel.....	2
Tableau II : Norme autorisé des contaminants dans le sel.....	13
Tableau III : Exigences Réglementaires Algériennes pour la Conformité du Sel.....	14
Tableau IV : Teneur en NaCl des échantillons du sel.....	25
Tableau V : Taux d'humidité des échantillons du sel.....	26
Tableau VI : Taux des matières insolubles des échantillons du sel.....	27
Tableau VII : Teneur en iode des échantillons du sel.....	28
Tableau VIII : Filtres des échantillons du sel observés par un microscope optique adapté au caméra (CASA) G× 10	30

Introduction

Le sel, sous sa forme cristalline, solide et blanche, est bien plus qu'un simple condiment, il est essentiel à la vie humaine, jouant un rôle crucial dans les processus physiologiques tels que la régulation osmotique, la transmission nerveuse et le maintien de l'équilibre de la pression sanguine (Sigaux et al., 2017 ; Killer et al., 2018).

Historiquement, le sel a contribué des civilisations et des économies. Connu depuis l'Antiquité pour ses propriétés de conservation des aliments et son rôle dans la préservation de la santé, il a joué un rôle stratégique dans le commerce mondial, souvent qualifié d'or blanc en raison de sa valeur économique et culturelle (Venkatesh Mannar et Dunn, 1995).

Le sel, sous sa forme principale de chlorure de sodium, est une substance naturelle extraite par évaporation de l'eau de mer ou directement des mines, omniprésente dans notre alimentation. Mondialement, au cours de ces dernières décennies, la consommation du sel n'a cessé d'augmenter, dont l'apport moyen de sel se situe entre 9 et 12 grammes par jour, qui excède largement les besoins physiologiques (Brown et al., 2009).

Cette forte consommation est en rapport avec l'évolution des modes de vie et les habitudes alimentaires à travers la prédominance croissante des aliments transformés. Malheureusement, les aliments hautement transformés sont très riches en sel.

C'est pourquoi, plusieurs organismes à travers le monde (World Health Organization, Food standard Agency, European Food Safety Authority) et les pays du monde sont confrontés à différents défis de la sécurité sanitaire et alimentaire pour accéder à un sel de haute qualité, allant de l'accessibilité à la disponibilité en passant par la contamination. L'Algérie à l'instar des autres pays a adhéré au programme de la production et la commercialisation sanitaire du sel. Cependant, la publication de la norme Algérienne pour le sel de qualité alimentaire NA 6351 de l'année 1993 consolide cette politique sanitaire.

Dans ce contexte, plusieurs études menées par les chercheurs Algériens sont focalisées sur la définition de la qualité du sel en se référant à cette politique sanitaire (Seid Ali et al., 2015 ; Yabrir et al., 2018) en revanche, il n'existe aucune information disponible sur type de sel consommé en Algérie, sa qualité et sa conformité. Ainsi, ce mémoire se propose d'explorer en profondeur la question de la conformité des sels commercialisés en Algérie, en examinant les normes existantes, les pratiques de production et les défis associés à la gestion de cette ressource vitale pour la société algérienne contemporaine.

Ce mémoire est composé 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.

- la conformité du sel.

La partie expérimentale, est composée de :

- Matériel et méthodes.

- Résultats et discussion.

Partie bibliographique

Chapitre I : Sel de Table

1. Définition du sel

Le sel est un produit cristallin principalement composé de chlorure de sodium. Il est extrait de différentes sources comme les marais salants, le sel gemme ou le saumures provenant de la dissolution de sel gemme, il doit être enrichi en iode pour répondre aux normes de santé publique (JORA N°01, 2019).

2. Caractéristiques physicochimiques

2.1. Caractéristiques physiques

Le sel présente plusieurs propriétés physiques parmi elles celles qui sont synthétisées dans le tableau I.

Tableau I : Propriétés physiques du sel (Kaufmann, 1960).

Formule chimique	NaCl
Apparence	Cristallin cubique
Masse moléculaire	58,45 g. mol
Densité du NaCl	1,549
Température de fusion	801 °C
PH (50g/L d'eau à 20 °C)	6

2.2. Caractéristiques chimiques

Le sel est composé essentiellement de chlorure de sodium (NaCl), est un composé ionique, qui se présente sous forme d'un réseau cristallin (figure 01) d'ions chlore (Cl⁻) et sodium (Na⁺) régulièrement disposés dans l'espace les uns par rapport aux autres (Testaniere, 2001).

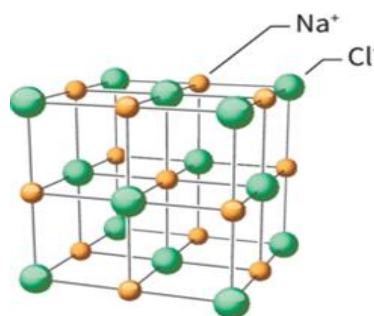


Figure 01 : Structure d'un cristal de chlorure de sodium (Testaniere, 2001).

Chaque ion sodium est entouré par six ions chlorure et réciproquement, assurant une organisation géométrique précise et une symétrie cubique dans les trois dimensions de l'espace.

3. Composition du sel

Les composants principaux du sel commercialisé sont :

- **Chlorure de sodium**

C'est le composant essentiel du sel, représentant environ 97 % du poids total du sel.

- **Agents antiagglomérants**

Sont des additifs couramment ajoutés au sel pour éviter qu'il ne s'agglomère ou ne forme des grumeaux.

➤ Les principaux antiagglomérants ajoutés au sel sont (Codex STAN 150 – 1985) :

- **Carbonate de calcium (SIN170)**

Ce composé est largement utilisé comme antiagglomérant dans le sel. Il est efficace pour absorber l'humidité et prévenir la formation de grumeaux.

- **Dioxyde de silicium (SIN551-SIN559) ou Silicates**

Connu sous le nom de silice, le dioxyde de silicium est un autre antiagglomérant couramment utilisé dans le sel. Il agit en absorbant l'humidité et en empêchant les particules de sel de s'agglutiner.

- **Tricalcium phosphate (SIN341 (iii))**

Ce composé est également utilisé comme antiagglomérant dans le sel. Il agit en recouvrant les particules de sel pour empêcher leur adhérence les unes aux autres.

- **Ferrocyanure de sodium (SIN535-SIN538)**

Bien que moins courant, le ferrocyanure de sodium peut également être utilisé comme antiagglomérant dans le sel. Il agit en formant des complexes avec les ions métalliques présents dans le sel, ce qui aide à prévenir la formation de grumeaux.

- **Oligo-éléments**

Un oligo-élément est un élément minéral essentiel pour la vie, nécessaire en quantité très faible, inférieure à 1 ppm.

Parmi les oligo-éléments présents dans le sel, on trouve notamment : Iode, Fer, Fluor, Sodium...etc.

4. Fortification du sel

Le sel de qualité alimentaire peut également être enrichi en éléments nutritifs essentiels, dans le cadre de la fortification, pour répondre aux besoins nutritionnels de la population (JORA N°01, 2019).

4.1. Définition de la fortification

Selon l'UNICEF est le processus d'ajout intentionnel d'éléments nutritifs à un aliment, qu'ils soient normalement présents ou non, dans le but de prévenir ou de corriger une carence démontrée en ces éléments nutritifs au sein de la population générale ou de groupes spécifiques. Le terme "enrichissement" peut être utilisé sur l'étiquetage à la place de "fortification". L'UNICEF recommande cette pratique comme une mesure efficace pour améliorer la nutrition, en particulier pour les populations vulnérables comme les enfants et les femmes enceintes.

4.2. Fortifiants ajoutés au sel

Le sel blanc de qualité alimentaire peut être utilisé comme support d'un ou plusieurs éléments nutritifs pour répondre aux besoins de santé publique (JORA N°01, 2019).

Parmi les oligoéléments abondamment ajoutés :

- **Iode** : est ajouté au sel ordinaire pendant sa production sous forme d'iodate ou d'iodure de potassium. Cette pratique de fortification n'altère ni l'apparence, ni la couleur, ni le goût du sel. La consommation quotidienne de 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 (Ministère de la Santé, 2009).
- **Fluor** : est essentiel pour les os et l'émail dentaire, est largement utilisé pour prévenir les caries dentaires. En France et dans d'autres pays d'Europe, le sel est parfois fluoré à raison de 250 mg/kg pour compenser les carences en fluor dans l'eau

potable. Cette mesure a significativement réduit la prévalence des caries sans présenter de risque de toxicité aiguë selon les études disponibles (Whitford, 2005).

4.3. Cadre réglementaire de la fortification du sel

A travers l'article (1) du décret exécutif n° 90-40 du 30 janvier 1990 rendant obligatoire la vente du sel iodé pour la prévention de la carence en iode, il ne peut être vendu du territoire national, pour les usages alimentaires, que du sel iodé répondant aux caractéristiques suivantes :

- Le sel iodé doit comporter, au moins trois (3) parties d'iode pour 100.000 parties du sel et au plus, cinq (5) parties d'iode pour 100.000 parties du sel.
- L'iode utilisé pour la fortification du sel doit être apporté sous d'iodate de potassium.
- Les quantités nécessaires de ce composé sont de 50,55 milligrammes d'iodate par kilogramme de sel, pour le dosage minimum et de 84,25 milligrammes d'iodate par kilogramme de sel, pour le dosage maximum.
- Le sel iodé doit être conditionné et commercialisé à la sortie de l'usine, sous emballage consistant en des sachets, boîtes, flacons ou tout autre emballage conforme, scellé, imperméable et surtout chimiquement stable (JORA N°05, 1990).

L'article (5) de l'arrêté interministériel du 28 Moharram 1440 correspondant au 8 octobre 2018 stipule aussi que le sel de qualité alimentaire doit être fortifié par l'iode. Cette fortification est importante dans la définition du règlement technique relatif aux spécifications du sel commercialisé en Algérie.

5. Différents types du sel

Il existe plusieurs types du sel qui sont classés selon leur origine, degré de raffinage et l'apparence.

5.1. Selon l'origine

- **Sel marin**

Il est obtenu à partir de l'eau de mer, par un processus d'évaporation, soit naturellement grâce à l'action du soleil et du vent, soit de manière industrielle par ébullition et assèchement dans des marais salants (Hoet-van Cauwenberghe et al., 2017). (Figure 02-A).

Le processus de production implique le pompage de l'eau de mer, dirigée vers des bassins peu profonds ou des plans d'eau artificiels, où elle s'évapore progressivement, augmentant ainsi la concentration en sel. Une fois que l'eau résiduelle est retirée, une fine pellicule de sel peut se former à la surface de l'eau dans des conditions météorologiques favorables et être récoltée manuellement.



Figure 02 : marais salants (A), Tas du sel de mer (B).

Le sel est ensuite stocké en tas (Figure 02-B) ou sous un hangar pour le protéger des intempéries, avant d'être conditionné en fonction de son utilisation future (Hanitriniaina, 2009).

- **Sel de gemme**

Le sel gemme est extrait des couches de roche souterraines, formées il y a des millions d'années par l'évaporation des mers anciennes. Ces couches de sel se sont cristallisées et sont restées intactes sous la terre, soit à ciel ouvert soit enfouies sous d'autres couches de roches et de sédiments.



Figure 03 : cristaux de sel de gemme.

Le sel gemme peut avoir différentes couleurs selon les composés chimiques présents. Par exemple, la présence de sylvinite peut lui donner une teinte bleue, tandis que la présence d'oxyde de fer peut le teinter en rose, comme le célèbre sel rose de l'Himalaya. Ces sels sont riches en oligo-éléments tels que le fer, le zinc, le magnésium, le potassium, le calcium et le manganèse (Hanitrianiaina, 2009).

5.2. Selon le degré de raffinage

- **Sel raffiné**

Le sel raffiné est un produit obtenu par un processus de purification appelé raffinage, qui vise à produire un sel de couleur blanche, largement préféré par les consommateurs.

Ce sel raffiné est principalement composé de chlorure de sodium pratiquement pur, à hauteur de 99,9%, bien que cette purification puisse entraîner une perte de certaines qualités nutritionnelles du sel brut. Malgré cela, le sel raffiné demeure le type de sel le plus utilisé dans l'alimentation.

Pendant la phase de séchage, des agents antiagglomérants tels que le phosphate, les carbonates de calcium ou de magnésium, les sels d'acide gras, l'oxyde de magnésium, le bioxyde de silicium, l'aluminosilicate de sodium et le silicate tricalcique sont généralement ajoutés pour empêcher les cristaux de sel de s'agglutiner en absorbant l'humidité (Dupas-Langlet, 2013).

- **Sel non raffiné**

Appelé sel brut, est du sel qui n'a pas été soumis à un processus de purification ou de raffinage. Contrairement au sel raffiné, qui est traité pour éliminer les impuretés et les minéraux autres que le chlorure de sodium, le sel non raffiné conserve souvent sa couleur et sa texture naturelle. Il peut également contenir des traces d'autres minéraux et composés présents dans les gisements salins ou dans l'eau de mer d'où il est extrait.

Cette forme de sel est parfois appréciée pour ses saveurs plus riches et son caractère plus naturel.

5.3. Selon la granulométrie

- **Gros sel**

Le gros sel est une forme de sel caractérisée par des cristaux plus gros que ceux du sel de table standard, au moins 95 % de ce dernier doit pouvoir traverser un tamis standard de 4mm.

- **Sel fin**

Le sel fin se distingue par ses cristaux plus petits et plus délicats que ceux du sel de table ordinaire. Sa texture fine permet une dissolution rapide et uniforme, est largement utilisé en cuisine pour saler les aliments pendant la cuisson ou à table, ainsi que dans la fabrication de divers produits alimentaires comme le pain et la pâtisserie.

6. Usage du sel

Le sel remplit plusieurs fonctions dans l'alimentation :

- Il agit comme un exhausteur de goût en renforçant les saveurs et en mettant en valeur le goût naturel des aliments. Par exemple, il élimine la fadeur du pain et accentue la saveur des fromages et des yaourts (Labouret, 2002).
- Il joue un rôle de révélateur de couleur, en particulier dans l'industrie de la charcuterie. L'utilisation de grandes quantités de sel nitraté confère aux produits de charcuterie (pâté, jambon, saucisson) leur couleur rose caractéristique et stable, très appréciée des consommateurs (Labouret, 2002).
- Le sel régule la fermentation dans la fabrication de certains produits alimentaires, influençant la vitesse et la constance du processus de fermentation. Par exemple, dans la production de Lanhouin, le taux de concentration en sel contrôle la vitesse de fermentation (Dossou-Yovo, 2002).
- En tant que conservateur, le sel est utilisé depuis des siècles pour préserver les aliments en ralentissant la croissance des microorganismes responsables de leur détérioration. Bien qu'il ne détruise pas complètement les bactéries, il limite leur prolifération à des concentrations suffisantes. Cela permet de réduire la nécessité de traitements physiques agressifs et préserve les qualités nutritionnelles et organoleptiques des produits conservés (Mescle, 2002 ; Clinquart, 2005).

7. Effet du sel sur la santé

Les effets, qu'ils soient positifs ou négatifs (selon la consommation des individus), sont présentés dans le tableau II, offrant ainsi une vision claire et organisée des différentes implications de la consommation de sel sur notre santé et notre bien-être.

Tableau II : L'effet de sel sur la santé.

<p style="text-align: center;">Effets néfastes</p> <p style="text-align: center;">Selon l'OMS ,2013</p>	<p style="text-align: center;">Effets bénéfiques</p> <p style="text-align: center;">Selon Dupas-Langlet ,2013</p>
<ul style="list-style-type: none"> - L'hypertension artérielle - Maladies cardiovasculaires - Cancer gastrique - L'obésité - L'ostéoporose - Maladies de ménières - Maladies rénales <p>➤ 1.89 million de décès chaque année sont associés à une consommation excessive de sodium</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission des signaux nerveux - Contraction musculaire - Fonctionnement des reins en assurant une bonne hydratation. - Règle la répartition de l'eau corporelle. - Gère les échanges entre l'eau intracellulaire (où se trouve le potassium) et l'eau extracellulaire

Chapitre II :
Conformité du sel

1. Définition de la conformité

La conformité alimentaire est un ensemble de normes et de réglementations qui garantissent la sécurité et la qualité des aliments destinés à la consommation humaine. Elle vise à protéger la santé des consommateurs en vérifiant que les produits alimentaires répondent à des critères spécifiques de pureté, de composition et de fabrication.

Les non-conformités peuvent entraîner des risques pour la santé humaine et des conséquences économiques importantes. Les entreprises agroalimentaires doivent donc s'assurer de respecter les normes et les réglementations en vigueur pour protéger les consommateurs et préserver leur réputation.

2. Critères de conformité du sel

Le sel destiné à l'usage alimentaire doit répondre à des normes spécifiques pour garantir sa qualité et sa sécurité. Voici les principaux critères de conformité :

- **Aspect**

Le sel doit être sous forme de cristaux solides ou de poudre blanche, sans présence visible de particules étrangères telles que l'argile, le sable ou le gravier. De plus, une solution contenant 10% de sel dans l'eau doit être transparente, sans couleur apparente et ne montrer aucun signe évident de réaction chimique.

- **Taille des particules**

Concernant le gros sel, il est requis qu'au moins 95% de sa composition puisse traverser un tamis standard de 4mm. Cela garantit une granulométrie appropriée pour son utilisation, assurant une distribution uniforme lorsqu'il est utilisé dans diverses applications culinaires ou industrielles.

- **L'humidité**

Le sel doit respecter une limite d'humidité de 3% (en poids) lorsqu'il est analysé selon les méthodes de dessiccation recommandées par l'OMS. Cette spécification garantit une qualité et une stabilité appropriées du sel pour diverses utilisations, en évitant une humidité excessive qui pourrait compromettre sa conservation et sa manipulation.

- **Matières insolubles dans l'eau**

Les substances insolubles dans l'eau dans le sel ne doivent pas dépasser 0,2% (en poids). Cette spécification assure que le sel reste principalement soluble dans l'eau, garantissant sa pureté et sa qualité pour diverses applications culinaires et industrielles (JORA N°01, 2019).

- **Teneur en chlorure**

Le sel doit contenir au moins 97% de chlorure de sodium (NaCl) exprimé en pourcentage de l'extrait sec (JORA N° 01, 2019).

Cette spécification garantit un niveau élevé de pureté du sel (CODEX STAN 150, 1985).

- **Impuretés solubles**

La présence de magnésium, exprimée sous forme de chlorure de magnésium, ne doit pas dépasser 0,5% dans le sel (CODEX STAN 150, 1985).

- **Teneur en iode**

Le sel devrait être enrichi en iodate de potassium (KIO_3) (OMS, 1993).

- **Conditionnement**

Le sel doit être conditionné dans des sacs en polypropylène tissé ou des sacs en jute propres et non utilisés auparavant, conformément aux directives de l'UNICEF (UNICEF, 1994).

- **Contaminants**

Le sel destiné à la consommation alimentaire doit être exempt de contaminants en concentrations significatives et dans des formes susceptibles de porter préjudice à la santé des consommateurs.

3. Définition des contaminants

Toute substance qui se trouve dans un aliment sans y avoir été ajoutée intentionnellement, mais qui est présente en raison de la production, de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement, de l'emballage, du transport, de la distribution ou du stockage de cet aliment, ou à cause de la contamination par l'environnement. Cette expression n'inclut pas les débris d'insectes, les poils de rongeurs et autres matières étrangères (CODEX STAN 193-1995).

4. Contaminants du sel

Le sel peut être contaminé par :

- **Arsenic**

L'arsenic est un métal lourd toxique qui peut être présent dans l'environnement en raison de l'activité humaine, et sa consommation à des niveaux élevés peut être nocive pour la santé.

- **Cuivre**

Le cuivre est un oligo-élément essentiel nécessaire en petites quantités, une exposition excessive peut être toxique.

- **Plomb**

Le plomb est un métal lourd toxique qui peut être présent dans l'environnement en raison de diverses activités industrielles et peut avoir des effets néfastes sur la santé, en particulier chez les enfants.

- **Cadmium**

Le cadmium est un autre métal lourd toxique qui peut être présent dans l'environnement en raison de l'activité humaine, et une exposition excessive peut entraîner des problèmes de santé graves.

- **Mercure**

Le mercure est un métal lourd toxique qui peut avoir des effets néfastes sur le système nerveux et d'autres systèmes du corps humain, en particulier lorsqu'il est consommé régulièrement à des niveaux élevés.

5. Limites maximales des contaminants dans le sel

Les valeurs maximales des limites de certains métaux lourds autorisés dans le sel sont indiquées dans le tableau II.

Tableau II : Norme autorisé des contaminants dans le sel.

Contaminants	Limite maximale (LM) (mg/kg)	Source
Arsenic	0,5	CODEX STAN 150-1985.
Cuivre	2	
Plomb	2	
Cadmium	0,5	
Mercure	0,1	

Ces limites sont établies pour protéger la santé publique en garantissant que les niveaux de métaux lourds dans le sel restent en dessous des seuils considérés comme sûrs pour la consommation humaine. Les fabricants de sel sont tenus de respecter ces limites et de suivre les réglementations en vigueur pour garantir la sécurité des produits alimentaires.

6. Cadre réglementaire de la conformité du sel

La réglementation algérienne exige certaines obligations qui doivent être appliqués pour tous les sels commercialisés sur le territoire national.

Tableau III : Exigences Réglementaires Algériennes pour la Conformité du Sel

Références	Exigences
Décret exécutif n° 90-40 du 30 janvier 1990	<ul style="list-style-type: none"> • Vente du sel iodé pour la prévention de la carence en iode
Décret exécutif n° 14-366 du 15 décembre 2014 fixant les conditions et les modalités applicables en matière de contaminés tolérés dans les denrées alimentaires.	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminants dépassant les limites maximales tolérées ne doivent pas être mises à la consommation.
Décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaâda 1426 correspondant au 6 décembre 2005	<ul style="list-style-type: none"> • Composition en chlorure de sodium (NaCl) à un taux supérieur ou égal à 97% de l'extrait sec, non compris les additifs. -Le sel de qualité alimentaire ne doit présenter aucun risque pour la santé du consommateur -Doit répondre aux exigences réglementaires relatives aux additifs alimentaires, aux contaminants, aux objets et aux matériaux destinés à être mis en contact avec les denrées alimentaires. -Le sel de qualité alimentaire peut être utilisé comme support d'un ou de plusieurs éléments nutritifs et vendu comme tel pour des raisons de santé publique. -Le sel de qualité alimentaire iodé ne doit pas être exposé à la pluie, à l'humidité excessive ou à la lumière du soleil directe, à tous les stades de son entreposage, de son transport ou de sa vente. -Le sel de qualité alimentaire iodé emballé doit être entreposé dans des entrepôts suffisamment aérés et ventilés

Partie expérimentale

Chapitre I :

Matériel / méthodes

1. Conduite expérimentale

La conduite expérimentale proposée pour étudier la conformité du sel de table commercialisé dans la wilaya de Bejaia est subdivisé en trois phases :

1-Phase « A » : Réalisation d'une enquête :

L'enquête porte sur une étude descriptive et évaluatif de la consommation du sel, a été effectuée dans quelques ménages d'une des salines de la wilaya de Bejaia et au niveau de la communauté universitaire entre les enseignants, étudiants et les ingénieurs des laboratoires.

La première phase du travail a été consacrée pour visiter les points de vente du sel dans l'objectif de récolter des informations sur l'état de la vente du sel en termes de marque, de disponibilité et de prix. C'est à partir de ces données que le questionnaire a été rédigé tout en focalisant sur les exigences règlementaires à la consommation du sel. L'enquête sur terrain a été réalisée durant le mois avril de l'année 2024.

2-Phase « B » : Choix de la matrice d'étude

Le choix du type de sel à étudier a été fixé en réponses à des critères bien défini, à savoir :

- Disponibilité ;
- Prix ;
- Accessibilité ;
- Forte utilisation.

La zone d'échantillonnage sélectionnée pour cette étude est circonscrite aux trois communes suivantes de la wilaya de Béjaïa :

- Commune de Béjaïa
- Commune de Feraoune
- Commune d'Ighil Alil

3-Phase « C » : Etude de la conformité :

Le contrôle de la qualité des sels choisis a été réalisé au niveau du laboratoire de contrôle de qualité et analyses des aliments « **DALI** » c'est un laboratoire agréé et il est situé sur la route de Boukhalfa, d'Amizour de la wilaya de Bejaia.

Les référentiels du JORA (JORA N°1, 2019) ont été utilisés pour étudier la conformité des sels sélectionnés.

D'autres analyses de caractérisation approfondie ont été effectuées au sein de l'université Abderrahmane Mira Bejaia dans deux facultés : faculté des sciences de la nature et de la vie et la faculté des sciences technologiques.

2. Questionnaire

Deux types d'informations ont été l'objet de recherche :

1. Information socioprofessionnelle ;
2. Information sur la consommation du sel.

Le questionnaire élaboré est donné en annexe II.

3. Analyse du sel

3.1. La perte de masse

➤ Principe

Dessiccation à l'étuve à la température de (105-110) °C jusqu'à la masse constante (ISO 2483 :1973)

➤ Mode opératoire

- Sécher une capsule à 110°C, puis la refroidir et la tarer.
- Peser environ 10g de l'échantillon dans la capsule.
- Mettre la capsule avec l'échantillon dans une étuve à 110°C pour le séchage.
- Après séchage, placer l'échantillon dans un dessiccateur pour refroidissement.
- Une fois refroidi, peser l'échantillon.
- Répéter ces étapes jusqu'à obtenir une masse constante, où deux pesées successives, effectuées à environ 1 heure d'intervalle, ne diffèrent pas de plus de 0,2mg.

➤ **Expression des résultats**

$$\text{Humidité (\%)} = 100 - \text{MS}$$

$$\text{MS (\%)} = \frac{pf - pcv}{p_0} \times 100$$

- ❖ Pf : poids finals
- ❖ Pcv : poids de la capsule vide
- ❖ P0 : poids de la prise d'essai du sel

3.2. Dosage d'iode

➤ **Principe**

En ajoutant de l'acide et de l'iodure de potassium (KI) à une solution contenant de l'iodate de potassium (KIO_3) issu du sel, le KIO_3 est réduit en iode moléculaire. L'iode ainsi libéré est ensuite titré à l'aide d'une solution standard de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). L'amidon est employé comme indicateur de la fin du titrage (JORA, 2013).

➤ **Préparation des solutions**

- Eau distillée

- Faire bouillir pendant 5 minutes.

- Refroidir et conserver dans des flacons bruns à l'abri de la lumière, de l'oxygène, de l'air et du froid.

- Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 5\text{H}_2\text{O}$)

- Solution mère 0,1 M (ou 0,1 N) : Dissoudre 24,82 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 5\text{H}_2\text{O}$ dans une fiole jaugée avec de l'eau distillée et compléter le volume à 1 litre.

- Solution de dosage : (0,002 N) : Prélever 20 mL de la solution mère 0,1 N et les placer dans une fiole jaugée de 1000 mL, puis compléter le volume à 1000 mL.

- Iodate de potassium (KIO_3)

- Solution étalon à 0,050 g/L : Dissoudre 10 g de KIO_3 dans 1 litre d'eau distillée (solution mère).

-Prélever 5 mL de cette solution mère et les placer dans une fiole jaugée de 1000 mL, puis compléter le volume à 1000 mL.

- Iodure de potassium (KI) à 10% (P/V)

- Dissoudre 10 g de KI dans une fiole de 100 mL, puis compléter le volume à 100mL (à préparer 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 et boucher.

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

- Dans une fiole jaugée de 100 mL, introduire 80 ml d'eau distillée et ajouter avec précaution 5,56 mL d'acide sulfurique ($d = 1,83$ à 96,3 %), puis compléter le volume avec de l'eau distillée à 100 mL.

➤ **Mode opératoire**

- Peser 10g de sel à tester, préalablement desséché au dessiccateur

- Introduire le sel dans un erlenmeyer de 250ml

- Le dissoudre dans 100mL d'eau distillée, bouillie et refroidie.

- Ajouter 1mL d'acide acétique glacial

- Ajouter 1mL de KI à 10%, on obtient une coloration jaune, boucher et laisser reposer pendant 5 minutes à l'obscurité

- Titrer avec la solution thiosulfates 0,002N jusqu'à obtention d'une coloration Jaune pâle
- ajouter alors 5mL de solution d'amidon, on obtient coloration bleue
- continuer à titrer avec la solution de thiosulfates jusqu'à la disparition de cette coloration bleue
- Noter le volume de solution de thiosulfates nécessaire au dosage (V1)
- parallèlement faire un témoin dans les mêmes conditions, sur 100mL d'eau distillée, bouillie et refroidie. Noter le volume (V2)
- Doser chaque échantillon à deux reprises

➤ **Expression des résultats**

$$\text{Iodure de potassium (KIO}_3\text{) en mg /kg} = (V1-V2) \times 7,1387$$

- ❖ V1 : chute de burette de thiosulfate 0,02N
- ❖ V2 : volume de Na₂S₂O₃ nécessaire pour le témoin

3.3. Dosage NaCl

➤ **Principe**

Le dosage du sel (NaCl) permet de déterminer la concentration des ions chlorures CL⁻, il se réalise par précipitation en milieu neutre, à l'aide d'une solution titrée de nitrate d'argent et d'un indicateur de fin de réaction au chromate de potassium (ISO 6227 :1982).

➤ **Mode opératoire**

- Dissoudre 0.584g de NaCl dans une fiole jaugée de 100mL d'eau distillée pour préparer la solution standard du NaCl.
- Peser 1.669g de AgNO₃ pour le dissoudre dans 100mL d'eau distillée.
- Peser 5g de chromate de potassium et le dissoudre dans 100mL d'eau distillée.

-Faire réagir 10 mL de l'échantillon (10g du sel + 100mL d'eau) avec 1 mL de chromate de potassium et les ions chlorures sont doser par rapport à la solution d'étalon préparer dans les mêmes conditions.

➤ **Expression des résultats**

La teneur en NaCl est déterminée selon la formule suivante :

$$\text{NaCl (\%)} = \frac{V \times 0,0972 \times 58,45}{m \times 0,1} \times 100$$

- ❖ V : Volume de la solution de nitrate d'argent (AgNO_3) utilisée lors du titrage, en litres
- ❖ 0,0972 : Normalité de la solution de nitrate d'argent (AgNO_3).
- ❖ 58,45 : Masse molaire du NaCl (chlorure de sodium), en grammes par mole.
- ❖ m : Prise d'essai, en grammes.
- ❖ 0,1 : Volume de la solution d'échantillon prise pour le titrage, en litres.

3.4. Taux des matières insolubles

➤ **Principe**

La méthode implique de dissoudre un échantillon dans de l'eau, de filtrer pour retirer les particules insolubles, de sécher le résidu et de le peser (ISO 2479 :1972).

➤ **Mode opératoire**

- Dans une fiole de 50ml peser 10g du sel, compléter avec l'eau distillée jusqu'à trait de jauge et homogénéiser (solution A)
- Sécher les filtres dans l'étuve ($T=110^\circ\text{C}$) puis les refroidir dans le dessiccateur
- Noter (P0) le poids du filtre vide
- Faire passer la solution A à travers un filtre dans un entonnoir et récupérer le filtrat dans une fiole de 100 ml
- Porter le filtre à l'étuve préalablement réglée à une T° de 110°C pendant 01 heure faire le refroidir dans le dessiccateur et peser le filtre avec les insolubles (P1)
- Refaire la dernière étape jusqu'à que le poids stabilise (PF)

➤ **Expression des résultats**

$$\text{Matières insolubles (\%)} = \frac{\text{PF} - \text{P0}}{\text{PE}} \times 100$$

- ❖ PF : poids final du filtre +insolubles
- ❖ P0 : poids du filtre vide
- ❖ PE : la prise d'essai =10g du sel

3.5. Analyse spectroscopique infrarouge du sel

➤ **Principe**

Le principe fondamental de la spectroscopie infrarouge repose sur l'absorption de rayonnement par les molécules lorsque l'énergie du faisceau lumineux est proche de leur énergie de vibration moléculaire. Cette absorption se traduit par une diminution de l'intensité de réflexion ou de transmission de la lumière. La gamme infrarouge de 4000 cm^{-1} à 400 cm^{-1} correspond aux différentes énergies de vibration moléculaire. Les bandes d'absorption observées dépendent de la symétrie et de la forme moléculaire, ce qui est déterminé par la théorie des groupes. Ces bandes sont influencées par la différence d'électronégativité et de masse des atomes constitutifs, ce qui permet d'identifier spécifiquement la composition chimique et la structure des matériaux. L'analyse est réalisée à l'aide d'un spectromètre à transformée de Fourier, qui mesure précisément la longueur d'onde et l'intensité du rayonnement infrarouge absorbé par les échantillons préparés en plaquettes de KBr (Aline Gratien, 2013).

➤ **Mode opératoire**

- Peser 0.9g de sel.
- Broyer l'échantillon en poudre fine pour assurer une homogénéité et une reproductibilité des mesures.
- Utiliser une presse de laboratoire pour comprimer le mélange en une plaquette solide et uniforme.
- S'assurer que la plaquette est transparente pour garantir une bonne transmission de la lumière infrarouge.
- Placer la plaquette dans le spectromètre FTIR et mesurez le spectre infrarouge.
- Analyser les spectres pour identifier les bandes d'absorption et interpréter la composition chimique de l'échantillon

Chapitre II :
Résultats et discussion

1. Questionnaire

Soixante (60) questionnaires sont retenus en raison de la réponse positive de la consommation du sel. Dont 66 % sont des femmes.

Cette population est représentée en majorité par des sujets qui ont un niveau universitaire (73,33%).

L'origine du sel

La majorité des sujets consomment du sel local

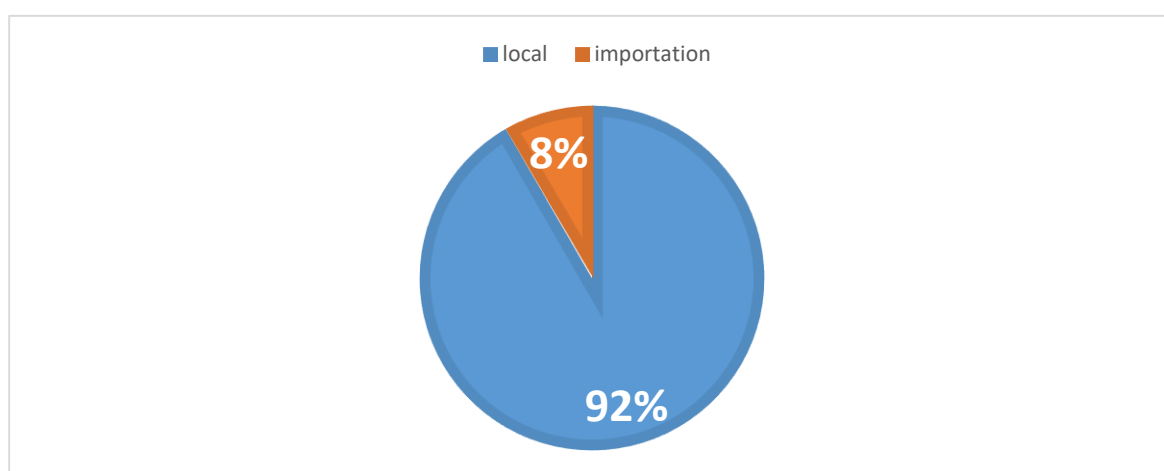


Figure 04 : Origine du sel consommé par la population étudiée.

➤ Estimation de la consommation du sel

La quantité du sel consommée en Algérie de chaque individu par jour a été déduite des données recueillies sur la consommation mensuelle de sel de chaque famille (Figure05).

La quantité moyenne de sel consommée par la majorité est estimée à 4,6 g/individu/jour, qui est conforme à la quantité recommandée par l'OMS, qui est inférieure à 5 à 6 G/individu/jour (Zandstra, 2016).

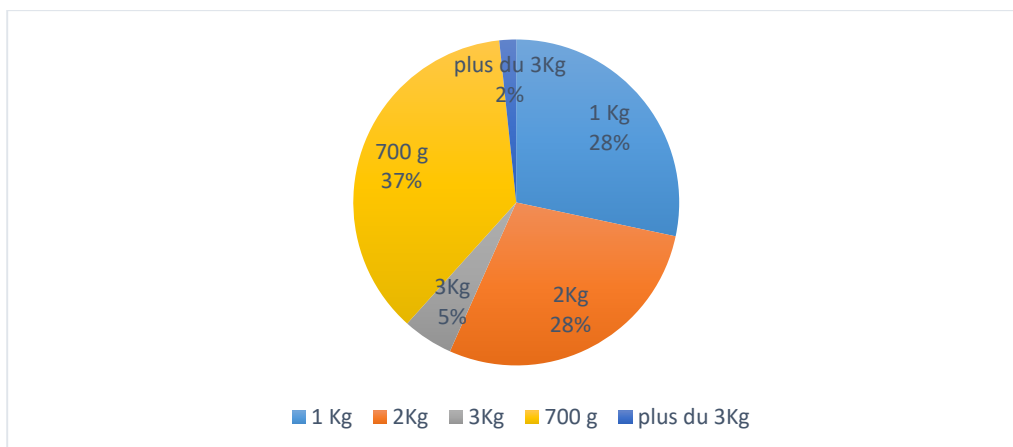


Figure 05 : Consommation moyenne mensuelle de sel pour la population étudiée.

➤ Iodation du sel

La majorité des consommateurs de la population étudiée savent que le sel doit être iodé (**figure 06**).

Cette opération doit être effectuée par rapport aux recommandations du décret exécutif N°90-40(commerce, 1990), le décret stipule que : « Le sel iodé doit comporter nécessairement entre 50,55 et 84,25 mg d'iodate par kilogramme de sel. Cet iode doit être apporté sous forme d'iodate de potassium », et par rapport aux recommandations de l'OMS afin de lutter contre les troubles liés à la carence en iode.

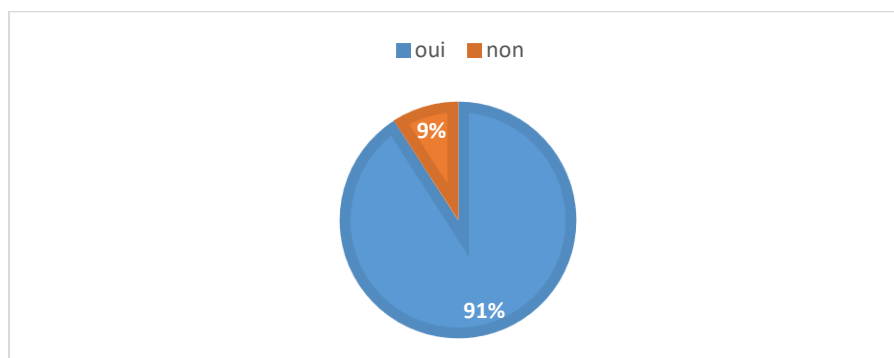


Figure 06 : Le savoir des sujets si le sel doit être iodé ou non.

➤ **Identification de la marque la plus consommée**

D’après la population étudiée la marque du sel la plus consommée par cette dernière est SRC2 (figure 07).

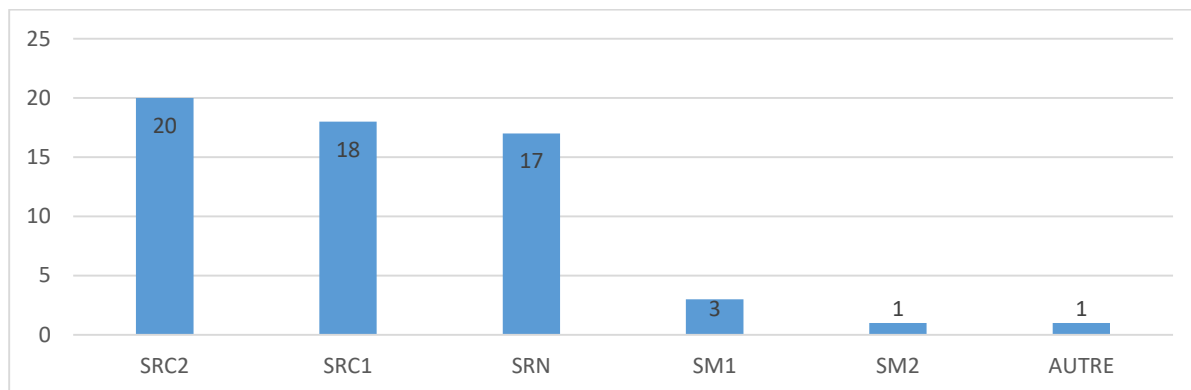


Figure 07 : Les différents sels consommés par la population étudiée.

Cette question nous a aidé bien identifier et choisir les marques de sel à analyser.

➤ **Défauts observés par les consommateurs**

Lors de la collecte et de traitements du sel plusieurs substances étrangères peuvent être inclure dans ce dernier pour cela la réglementation algérienne a autorisé un taux d’impuretés qui ne doit pas dépasser 0.5% (Directive 93/34 version mai 2024).

Certaines de ces impuretés sont visibles à l’œil nu par les consommateurs, parmi eux des tâches noirs, pierres et une décoloration du produit (figure 08)

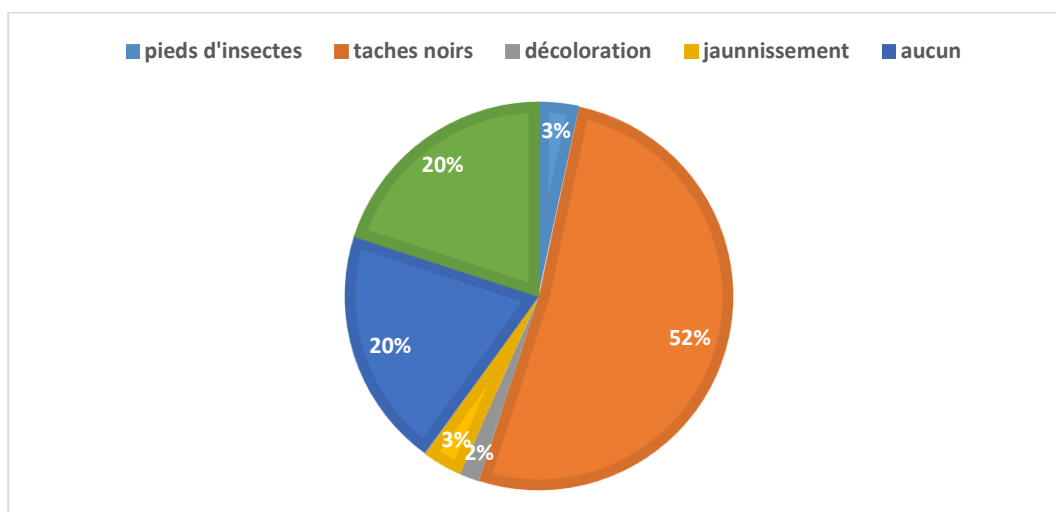


Figure 08 : Défauts observés par la population étudiée.

2. Teneur en chlorure

Le tableau ci-dessous représente la teneur en NaCl pour chaque échantillon en mg/kg.

Tableau VII : Teneur en Nacl des différents échantillons du sel.

Echantillons du sel	Chlorure de sodium (%)	Conformité Selon (JORA N°01, 2019) et (Codex Stan 150-1985 amendé en 2012)
SRC1	97,78±0,01	Conforme
SRC2	96,38 ±0,45	Non conforme
SRN1	95,67±0,05	Non conforme
SRN2	94,47 ± 0,19	Non conforme
SM1	93,63±0,09	Non conforme
SM2	94,32 ±0,29	Conforme

D'après, la notification du 19 décembre 2005 du conseil européen suivant la directive 98/34 du parlement européen, l'agence Française de la sécurité sanitaire des aliments (2006) ainsi que la législation Algérienne, qui se concertent sur la conformité du sel de qualité alimentaire ayant un taux du chlorure de sodium pas moins de 97 %, nous pouvons conclure que seulement SRC1 est conforme.

Dans la réglementation Algérienne aucune indication n'a été trouvée concernant le sel d'origine marin, en revanche, le décret N° 2007-588 du 24 avril 2007 relatif aux sels destinés à l'alimentation humaine, stipule que le sel marin de qualité alimentaire provenant exclusivement de marais salants doit contenir pas moins de 94 % (JO N° 97, 2007). Sur cette base le sel type SM2 est conforme.

3. Perte de masse

Il s'agit du pourcentage de perte de masse qui se calcule par la méthode de perte par séchage. Les résultats obtenus sont présents dans le tableau (V) :

Tableau V : Taux de perte de masse des échantillons du sel.

Marque du sel	Perte de masse (%)	Conformité
SRC1	0,080 ± 0,01	Conforme
SRC2	0,275 ± 0,015	Conforme
SRN1	0,075 ± 0,005	Conforme
SRN2	2,360 ± 0,001	Conforme
SM1	0,025 ± 0,005	Conforme
SM2	0,300 ± 0,001	Conforme

Les résultats montrent que tous les échantillons de sel respectent la réglementation algérienne qui stipule un taux de perte de masse $\leq 3\%$ (OMS).

Cela indique que, du moins en termes de perte de masse, ces marques de sel sont toutes conformes aux normes établies, garantissant ainsi leur qualité et leur sécurité pour la consommation.

Les échantillons sont classés selon le taux de perte de masse comme suit :

SRN2 > SM2 > SRC2 > SRC1 > SRN1 > SM1

En classant les résultats, on peut observer que certaines marques de sel ont des taux de perte de masse plus faibles que d'autres.

- Le sel algérien commercialisé locale SRC1 présente un taux de perte de masse plus faible par rapport à SRC2.
- Le sel traditionnel non traité de saline SRN1 présente un taux de perte de masse plus faible comparé à celui de SRN2.

- Le sel marin d'importation SM1 présente un taux de perte de masse faible en comparaison avec SM2.
- Le sel qui présente un taux de perte de masse qui surpasse les autres est SRN2.
- Le sel qui affiche le taux de perte de masse le plus bas est SM1, ce qui peut indiquer une meilleure stabilité et une moindre propension à absorber la perte de masse par rapport aux autres marques.

Cette variabilité est significative ($p < 0.05$) elle peut être attribuée à plusieurs facteurs tels que la composition chimique du sel par la présence ou non des additifs, les méthodes de production, le conditionnement et le stockage (JORA N°01, 2019).

Bien que tous les échantillons soient conformes aux normes réglementaires, des différences dans les taux de perte de masse peuvent avoir des implications sur la qualité perçue du produit. Par exemple, un taux de perte de masse plus élevé pourrait être associé à un sel plus humide, ce qui pourrait affecter sa texture, sa saveur ou sa facilité d'utilisation dans certaines applications culinaires.

4. Taux des matières insolubles

Le taux des matières insolubles caractéristiques de chaque échantillon est présente dans le tableau (VI).

Tableau VI : Taux des matières insolubles des échantillons du sel.

Echantillons du sel	Taux de matières insolubles	Conformité selon (Directive 93/34 version mai 2024)
SRC1	0,1315±0,13	Conforme
SRC2	0,1190±0,08	Conforme
SRN1	0,1005±0,09	Conforme
SRN2	0,1278±0,002	Conforme
SM1	0,1039±0,001	Conforme
SM2	0,1142±0,0002	Conforme

Selon la directive européenne 93 /34 de l'année 2024, les sels examinés présentent des taux en matières insolubles inférieurs à 0.20 %. SRC1, présente un taux légèrement plus élevé de matières insolubles par rapport aux autres types de sel. Les sels SRN1, SM1, SM2, SRN2 et SRC2 ont toutes des taux de matières insolubles faibles les plaçant ainsi dans la catégorie des sels conformes.

Ces résultats indiquent que la qualité des marques de sel examinées est généralement satisfaisante, mais qu'il peut y avoir des variations mineures dans les taux de matières insolubles entre les différentes marques.

5. Teneur en iode

Le tableau ci-dessous représente la teneur en iode pour chaque échantillon en mg/kg.

Tableau VII : Teneur en iode des échantillons du sel.

Marque du sel	Iode (mg/kg)	Conformité (JORA N°01, 2019)
SRC1	53,76 ±0,31	Conforme
SRC2	41,01 ±0,71	Non conforme
SRN1	19,08±0,83	Non conforme
SRN2	4,12±0,26	Non conforme
SM1	1,56 ± 0,24	Non conforme
SM2	55,73±0,08	Conforme

D'après les résultats de la teneur en iode pour chaque échantillon de sel :

- SRC1 : La teneur en iode est de 53,76 mg/kg, ce qui est supérieur à la limite de conformité. Cela signifie que ce sel respecte les normes de teneur en iode.
- SRC2 : La teneur en iode est de 41,01 mg/kg, cette valeur est au-dessus de la limite de conformité. Ce sel ne répond pas aux normes établies pour la teneur en iode.

- SRN1, SRN2 et SM1: Ces échantillons présentent tous une teneur en iode très inférieure à la norme. Ils sont donc non conformes aux normes qui exigent une teneur minimale en iode de 50,55mg/kg dans le sel.
- La carence en iode pour SRN2 et SRN1 est justifiée par le fait qu'ils sont non traités, ne subissant aucun ajout d'iode au cours du processus de production.
- SM2: Ce sel a une teneur en iode de 55,73 mg/kg, ce qui est conforme aux normes établies. Cela signifie que ce sel respecte les exigences de teneur en iode.

En résumé, les échantillons SRC2, SRN1, SRN2 et SM1 ne respectent pas les normes du décret exécutif N°90-40 qui exigent une teneur en iode de 50,55 à 84,25 mg/kg tandis que l'échantillon SCR1 et SM2 qui sont conformes aux normes.

Pour justifier le déficit en iode dans le sel plusieurs hypothèses peuvent être avancées :

- Diversité des sites de production et variété des types de sel disponibles sur le marché.
- Manque de contrôle pendant la production et avant la mise en vente du sel.
- Défauts dans les techniques d'iodation qui peuvent entraîner une absorption d'humidité et une migration de l'iode par suintement (Mannar, 1995).





6. Résultats de la caractérisation microscopique du sel



6.1. Caractérisation optique

Pour une meilleure identification des matières insolubles une observation microscopique directe des filtres a été effectuée avec un microscope optique adapté au caméra (CASA)

•Les résultats de l'observation microscopique des filtres sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau VIII : Filtres des différents échantillons du sel observés par un microscope optique adapté au caméra (CASA) G×10

Marque	Photo prise avec microscope (G×10)	Remarques
SRC1		- présence des cubes du sel non solubles
SRC2		-Présence des débris du sel -Présence d'une forme triangulaire donne l'aspect du verre
SRN1		-Présence des débris du sel non solubles -Présence des cheveux
SRN2		-Présence des petites taches noires

SM1		<ul style="list-style-type: none">-Présence des débris du sel non solubles-Présence d'une pierre
SM2		<ul style="list-style-type: none">-Présence d'un objet qui donne l'aspect d'un ver-Présence des petites taches noires

Les photos prises par camera montrent la présence de différents types des matières étrangères dans toutes les marques des sels étudiés sauf le SRC1, parmi ces matières on a trouvé :

- Verre
- Cheveux
- Taches noires
- Pierres
- Ver

6.2. Caractérisation microscopique en infra rouge

Les résultats de l'analyse du sel en spectroscopie d'infrarouge sont exprimés en termes d'absorbance en fonction des longueurs d'ondes.

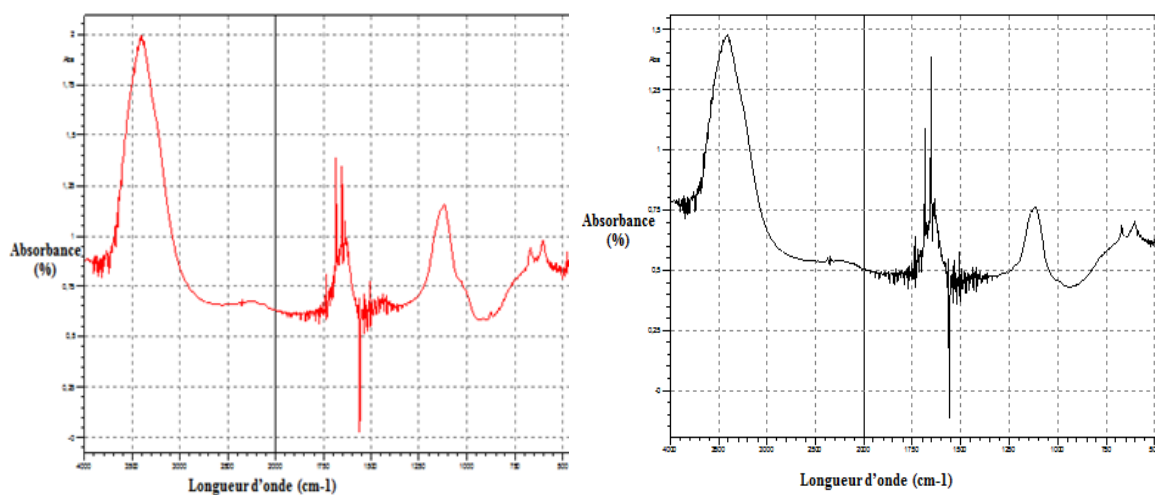


Figure 09 : Spectre IR du sel SRC1 et SRC2

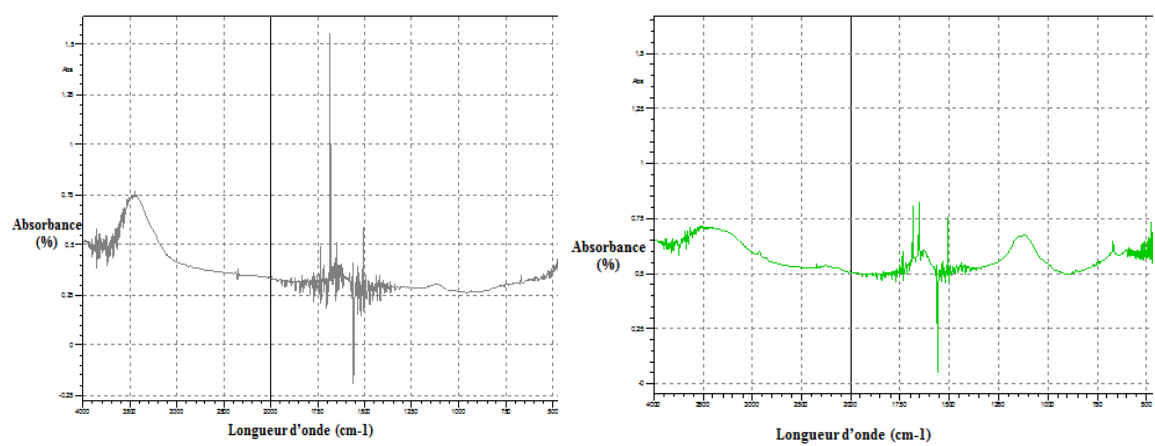


Figure 10 : Spectre IR du sel SRN1 et SRN2

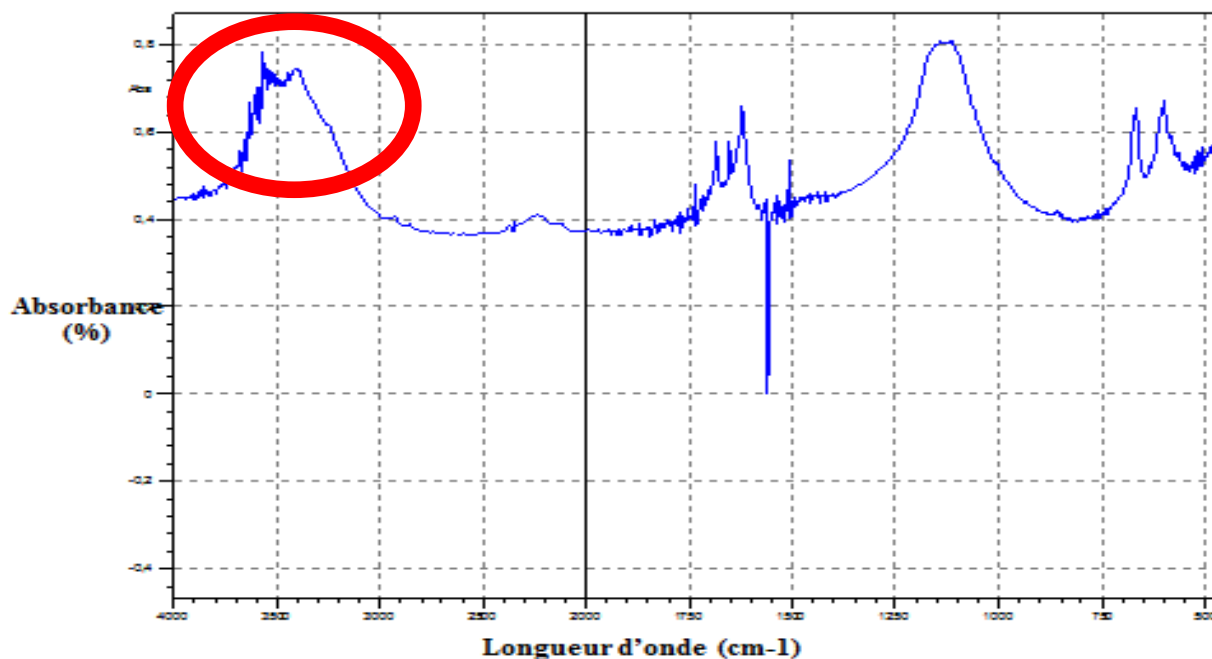


Figure 11 : Spectre IR du sel SM1.

Les spectres de la spectroscopie infrarouge obtenus d l'absorption du sel nous montrent les zones d'aborbances.

En se référant aux travaux de GALVIS-SÁNCHEZ. (2011) et CHILDERS E., STRUTHERS (1995) la zone d'absorbance du chlorure de sodium se situe dans la plage 3000 à 3500 cm⁻¹.

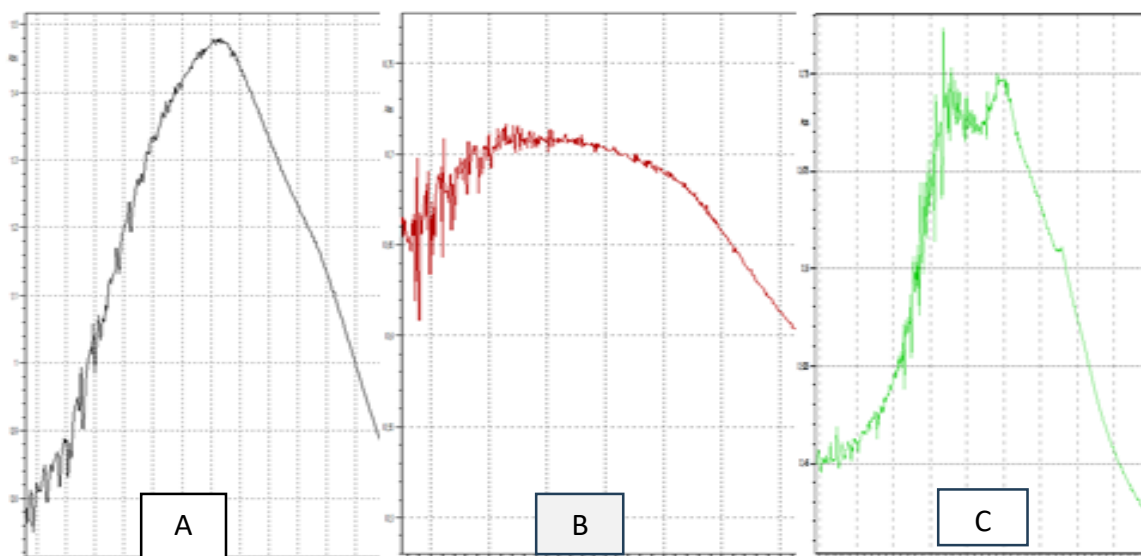


Figure 12 : Plage d'absorbance du NaCl.

Il ressort de nos résultats que la pureté et l'état de la cristallinité du sel peut être déduite à partir de cette zone d'absorbance selon la longueur du pic ainsi de l'état d'allongement.

A : Sel conforme.

B : Sel non conforme

C : Sel non conforme et contaminé.

Conclusion

La présente étude est consacrée pour enquêter l'état de la consommation du sel de table et pour étudier la conformité du sel de table.

Le sel, qui est consommé universellement en petites quantités quotidiennes et qui pourrait être utilisé efficacement pour distribuer des micronutriments comme l'iode afin de prévenir les carences.

Les résultats obtenus montrent que tous les échantillons sont conformes en termes d'humidité et des matières insolubles et pour la teneur en NaCl et en iode uniquement 2 échantillons sont conformes.

L'examen des avis du consommateur sur la qualité du sel mène à conclure que 55% ignorent les exigences de qualité du sel par contre seulement 45% déclarent que la définition de la qualité est cruciale car une non-conformité aux normes peut présenter un risque pour la santé

C'est sous cette base que nous nous sommes concentrées sur l'évaluation de la qualité de divers types du sel (sels du commerce les plus consommés, sel brut non traité et sel de mer).

Les résultats de la présente étude confirment que les sels analysés sont conformes aux normes en termes des exigences édictées dans le journal officiel de la république Algérienne (2019) de perte de masse et des matières insolubles, par contre la conformité concernant la teneur en NaCl et en iode est étroitement liée à l'origine du sel et son conditionnement.

Les résultats de l'observation microscopique et spectroscopique en IR permis de conclure que la conformité du sel doit être orientée vers l'étude et l'identification des matières insolubles y compris les contaminants possibles de l'environnement. Cette constatation soulève des préoccupations majeures quant à la conformité du produit aux normes de qualité établies et à ses implications pour la santé publique.

Pour compléter la présente étude nous soulignons l'urgence d'actions régulatrices strictes pour assurer la sécurité sanitaire des sels alimentaires consommés et surtout des sels alimentaires importés en terme : -d'augmenter le nombre d'échantillons d'enquête et de faire une enquête nationale sur terrain et électronique,

-de définir les contaminants métalliques et de chercher et quantifier les micro-plastes,

Et enfin, nous appuyant ces résultats obtenus et ces suggestions pour prévenir tout risque pour la santé publique à court et à long term

Références bibliographiques

- **CHILDERS E., STRUTHERS G.W. (1995).** Infrared evaluation of sodium salts of organic acids. *Analytical Chemistry*, 27(5): 737-741.
- **DRAOUA I. et al . (2015).** Enquête alimentaire sur la consommation de sel chez des hypertendus à Oran (Algérie) en 2014. *Nutr. Santé*, (04) 02 : 69-75.
- **GALVIS-SÁNCHEZ A.C. et al. (2011).** Fourier Transform Near Infrared spectroscopy application for sea salt quality evaluation. *J. Agric. Food Chem.*, 59 : 11109-11116.
- **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE (1990).** Décret exécutif rendant obligatoire la vente du sel iodé pour la prévention de la carence en iode. N° 90-40, p. 180, publié dans JORA N°05 le 31 janvier 1990.
- **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE (2014).** Décret exécutif n° 14-366 du 15 décembre 2014 fixant les conditions et les modalités applicables en matière de contaminants tolérés dans les denrées alimentaires, publié dans JORA N°74 le 25 décembre 2014.
- **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE (2019).** Arrêté interministériel portant le règlement technique relatif aux spécifications du sel de qualité alimentaire 2018, publié dans JORA N°01 le 6 janvier 2019.
- **MANNAR V.M.G. (1995).** Iodation du sel pour l'élimination de la carence en iode. IDRC Librairie, ISBN 90-707851-37, 143p.
- **ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE, OMS (2002).** Réduire les risques et promouvoir une vie saine. Rapport sur la santé dans le monde. Genève, 262 p.
- **SEID ALI M. et al . (2015).** Etude de la stabilité de l'iode dans le sel iodé. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, (9)5 : 2719-2734.
- **SIGAUX J. et al. (2017).** Sel, rhumatismes inflammatoires et auto-immunité. *Revue du rhumatisme*, 85 : 19-24.
- **YABRIR B. et al. (2018).** Teneur en iode et qualité des sels alimentaires commercialisés dans la région de Djelfa. *Nutr. Santé*, (07)02 : 54-62.
- **ZANDSTRA E.H.L. et al. (2016).** Salt reduction: Moving from consumer awareness to action. *Food Quality and Preference*, 48 : 376 - 381.

Résumé

Cette étude se concentre sur l'évaluation de la conformité des sels alimentaires disponibles dans la wilaya de Béjaïa, à travers une méthodologie rigoureuse et expérimentalement validée. Un échantillon représentatif de 13 échantillons a été collecté, incluant 7 produits locaux et 2 importés disponibles dans les grandes surfaces locales. De plus, deux échantillons traditionnels ont été prélevés respectivement des salines de Belaguel à et de la commune de Feraoun. Les analyses ont été menées selon les protocoles officiels décrits dans le journal officiel, avec une validation par répétition triple pour assurer la fiabilité et la précision des résultats. Les méthodes analytiques comprenaient le titrage iodométrique pour l'iode, la Méthode de Mohr pour le chlorure de sodium (NaCl), et l'analyse par infrarouge pour les éléments chimiques, ainsi que des tests spécifiques pour évaluer la perte de masse et les impuretés. Les résultats ont indiqué que 2 échantillons étaient conformes pour la teneur en iode et en chlorure de sodium (NaCl), ainsi que pour les critères d'humidité et d'impuretés. Cependant, les autres échantillons présentaient des niveaux non conformes pour la teneur en iode et en chlorure de sodium (NaCl).

Mot clé : Sel, Conformité, NaCl, journal officiel

Abstract

This study focuses on evaluating the compliance of dietary salts available in the wilaya of Béjaïa through a rigorous and experimentally validated methodology. A representative sample of 13 samples was collected, including 7 local products and 2 imported ones available in local supermarkets. Additionally, two traditional samples were taken respectively from the Belaguel salt flats in Ighil Ali and from the municipality of Feraoun. Analyses were conducted according to official protocols described in the official journal, with validation through triple repetition to ensure reliability and accuracy of results. Analytical methods included iodometric titration for iodine, Mohr method for sodium chloride (NaCl), and infrared analysis for chemical elements, along with specific tests to assess moisture and impurities. Results indicated that 2 samples were compliant with iodine and sodium chloride (NaCl) content, as well as moisture and impurity criteria. However, the other samples showed non-compliant levels for iodine and sodium chloride (NaCl).

Key words : Salt, compliance, NaCl, Official Gazette entries

Annexe 01 : Les échantillons collectés.



Annexe 02 : Questionnaire

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires



Questionnaire sur l'évaluation de la consommation du sel.

I- Situation socioprofessionnelle :

Q1 : Veuillez sélectionner votre:

Tranche d'âge : < 25 ans 25 à 40 ans plus de 40 ans

Sexe : Homme Femme

Niveau d'instruction : Primaire Secondaire Universitaire Aucun

II- Informations sur la consommation du sel

Q2 : consommez vous du sel? Oui Non

Q3 : Veuillez nous indiquer les caractéristiques du sel?

Local Importation.

Fin Gros Peu importe

Brillant Moins brillant Peu importe

Q4 : Saviez-vous qu'il existe du sel raffiné ?

Oui Non Je ne sais pas

Q5 : Saviez-vous que le sel doit être iodé ?

Oui Non Je ne sais pas

Q6 : Quelle marque du sel consommez-vous ?

Enasel Oasis Baleine Autre

Q18 : Indiquez type de défaut que vous avez observé dans le sel durant l'utilisation :

Pied d'insectes. Taches noirs. Décoloration Jaunissement

Pierres. Autres

III- : Commentaire :

Souhaitez-vous ajouter d'autres commentaires ?

« **Merci pour votre Coopération** »

Annexe 03 : Appareillage et matériels

- Balance analytique.
- Balance de précision.
- Hôte.
- Etuve.
- Dessiccateur.
- Refractomètre.
- Microscope optique adapté au caméra (CASA) G×10.
- Huile d'immersion pour la microscopie.
- Micropipette.
- Pissette d'eau.
- Bécher de 100 ml.
- Erlenmeyer de 250 ml.
- Capsule.
- Burette.
- Statif.
- Poire.
- Pipette.
- Fiole jaugée (1l /100ml).
- Flacons Bruns.
- Papier filtre.
- Boîte de Pétri.
- Spatule.
- Eprouvette graduée.