

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAÏD

FACULTÉ DE MÉDECINE

DR. B. BENZERDJEB - TLEMCEM



DEPARTEMENT DE PHARMACIE

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

THÈME :

Evaluation de la teneur de l'iode du sel alimentaire consommé dans la wilaya de Tlemcen

Présenté par :

Benmansour Nihel

Kahouadji Zakaria

Soutenu le 30 juin 2020

Le Jury :

Présidente : Pr Chabni Nafissa.

Université ABB Tlemcen

Membres : Dr Nordine Zakaria.

Université ABB Tlemcen

Dr Benhadouche Imène

Université ABB Tlemcen

Encadreur : Dr Hadjila Amina, Maitre-assistante en Hydrobromatologie.

Remerciements :

On tient tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux ; de nous avoir donné la force, le courage et la patience d'accomplir ce travail.

En second lieu, on tient à remercier et rendre hommage à tous ceux qui de loin ou de prêt ont veillé à notre formation et à leur encadrement si agréable en l'occurrence :

Docteur Hadjila Amina ; maitre assistante en hydrobormatologie qui a eu l'amabilité de nous encadrer, et de nous avoir aider avec ses précieux conseils et son orientation prodiguée au cour de la réalisation de ce mémoire ; auquel elle a porté un grand intérêt, sa compréhension et sa constante sollicitude nous ont été d'un secours précieux ; Qu'elle soit rassurée de notre profonde gratitude.

Toute notre considération a :

Madame Chabni Nafissa ; professeur en épidémiologie à l'université Abou Bekr Belkaid, qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider le jury de la soutenance, nous lui exprimons nos sincères remerciements.

Aux membres du jury pour l'évaluation de notre travail.

Nos remerciements pour tous ceux et celles qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Mercie a tous nos confrères et consœurs, nos collègues et nos camarades de notre promotion 2014-2015 pharmacie ; pour ces six années d'études passées ensemble chargées d'émotions et de souvenirs inoubliables.

En guise de reconnaissance ; on dédie ce travail :

A nos très chères parents ; qui ont toujours cru en nous, merci pour votre patience, vos encouragements et surtout pour vos sacrifices déployés pour la réalisation de ce travail.

A nos familles ; nos frères « Ilyes », « Kheireddine », « Sidahmed » et à nos sœurs « Amina », « Wissem », « Aya ».

A ceux qui sont victimes de maladies dues à la carence, ou à l'excès en iode.

A nos amis et à tous ceux qui nous ont aidés ou ont contribué de loin ou de prêt.

A notre chère patrie « L'Algérie »

Tables de matière

liste des figures:	
listes des tableaux	
liste des abréviations	
Introduction Générale.....	1

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

I. Introduction :.....	3
II. Définition :	3
III. Origines :.....	4
• III.1.Alimentaires :.....	4
• III.2.Médicamenteuses :.....	5
• III.3.Les compléments alimentaires :	5
• III.4. Eau de boisson :	6
• III.5. Erythrosine :	6
• III.6. Antiseptiques iodés :.....	6
• III.7.Suppléments en alimentation animale:.....	7
• III.8. Préparations pour nourrissons :	7
IV. Cycle de l'iode :	8
IV.1. L'absorption	8
IV.2. Biodisponibilité :	8
IV.3. Métabolisme :	9
IV.4. Elimination :.....	10
V. Rôle et besoins en iode :	10
VI. Dosage de l'iode :.....	12
VI.1. Dans les milieux biologiques :	12
➤ Dosage de l'iode sérique total :.....	12
➤ L'iode urinaire :	12
VI.2. Dans les aliments :.....	14
Dans le sel alimentaire :	15
➤ Titrage iodométrique :	15
➤ La méthode du test rapide grâce au MBI- kits :.....	15

Validité des méthodes :	15
-------------------------------	----

CHAPITRE 2 : TROUBLES DUS A LA CARENCE IODEE TDCI

I. 1.Introduction :	16
I.2. les manifestations cliniques du TDCI :	16
I.2-A-Chez la femme enceinte :	16
I.2-B-chez le fœtus :	17
I.2-C chez l'enfant :	17
I.3-D chez l'adulte :	17
I.3. Le goître :	19
I.3.1. Définition :	19
I.3.2.Facteurs goitrigènes :	19
I.4.le crétinisme :	21
I.4.1. définition :	21
I.4.2. Etiologie :	21
I.4.3. Le crétinisme et l'hypothyroïdie congénitale par carence en iode :	22
I.5.Hypothyroïdie et risque cardiovasculaire :	23
II. Les Troubles dus à un excès d'iode :	24

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

I. Généralités :	26
II. Composition du sel alimentaire :	26
III. Généralités sur la production du sel :	27
IV. Caractères physico-chimiques du sel	28
IV.1. propriétés physiques :	28
IV.2. propriétés chimiques :	29
V. Composés et procédés pour l'iodation du sel :	30
V.1. Le choix de l'additif :	30
V.2. Différentes techniques d'iodation :	31
• Mélange à sec :	31
• Adjonction de l'iode par égouttement :	31
• Pulvérisation sur du sel fin :	31
VI. Les contaminants du sel :	32
VII. Contrôle de la qualité et surveillance de la teneur en iode du sel :	32
VIII. Besoins journaliers en sel iodé :	33

IX. Méthode de production du sel :	33
IX.1-Production par procédés traditionnels :	34
IX.2-Production par procédés récents :	35
X. Le sel en Algérie :	36
1-Le sel rocheux	36
2-Le sel solaire	37
XI. Le sel iodé :	38
XI.1. L'iodation universelle du sel :	39
XI.2. La stabilité du sel iodé :	40
XI.2.A. Influence de la nature du sel sur la stabilité de l'iode :	41
XI.2.B. Impact de l'emballage utilisé sur la déperdition d'iode :	42

PARTIE PRATIQUE

I. Problématique :	43
II. Objectifs de l'étude :	43
1. Objectif principal :	43
2. Objectif secondaire :	43
III. Matériel et Méthodes :	43
III.1. Type d'étude :	43
III.2. Lieu de l'étude :	43
III.3. Facteur étudié :	44
III.4. Critère de jugement :	44
III.5. La population étudiée :	44
➤ Pour l'enquête menée au niveau des ménages :	44
• Les critères d'inclusion :	44
• Les critères d'exclusion :	45
➤ Pour l'enquête menée au niveau du commerce :	45
III.6. Durée de l'étude :	45
III.7. Méthode de réalisation de l'étude :	45
III.7.1.Echantillonnage :	45
III.7.2. Prélèvement :	46
III.7.3. Transport et Conservation :	47
III.7.4.Analyse des échantillons :	47
III.7.4. A. Matériels et Réactifs utilisés:	48

III.7.4.B. Méthode d'analyse :	49
III .8.Traitement statistiques des données :	52
III.9.Considérations éthiques :	52

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.1.Résultats de l'étude menée au niveau du commerce :	53
IV.2. Résultats issus de l'étude menée au niveau des ménages :	61
IV.2.1. Description de l'échantillon étudié :	61
IV.2.2. Description des résultats de l'étude :	71
IV.2.3. Analyse des résultats de l'étude :	92

DISCUSSION

V.1. Discussion des résultats de l'étude menée au niveau du commerce :	98
V.2. Discussion des résultats l'étude menée au niveau des ménages :	100
CONCLUSION GENERALE	108

Liste des figures :

Figure N°1 : structure chimique de l'érythrosine.....	6
Figure N°2 : la synthèse biologique des Hormones Thyroïdiennes.....	10
Figure N°3 :l'axe thyroïdrotrope	25
Figure N°4 : les principales méthodes de production du sel	28
Figure N°5 : schéma de la structure cristalline du NaCl	30
Figure N° 6 : la formation du sel de roche (sel de gemme) par le soleil	35
Figure N° 7 : l'extraction du sel d'une roche salée	35
Figure N° 8 : production de sel dans un marais salant artisanale. A : séchage et récolte, B: à bord des cristalliseurs	36
Figure N° 9 : évaporation triple effet à co-courant	37
Figure N° 10 : la situation géographique de la wilaya de Tlemcen.....	44
Figure N° 11 : changement de la couleur au point équivalent	51
Figure N° 12: répartition des échantillons selon le type d'emballage utilisé	53
Figure N° 13: répartition des échantillons selon l'état d'emballage	54
Figure N°14 : pourcentage de conformité de la teneur en iode à la réglementation	58
Figure N° 15 : conformité de la teneur en iode à la réglementation	59
Figure N°16 : pourcentage de conformité par type de société productrice	60
Figure N°17 : répartition des échantillons selon le type de société productrice	63
Figure N°18 : répartition des échantillons selon le type d'emballage utilisé	64
Figure N°19 : répartition des échantillons selon la granulométrie	65

Figure N°20 : répartition des échantillons selon le mode de conservation au niveau des ménages	66
Figure N°21 : répartition des échantillons selon la durée de séjour au niveau des ménages...	67
Figure N°22 : répartition des échantillons selon l’emballage utilisé et la granulométrie du sel	68
Figure N°23 : répartition des échantillons selon la granulométrie et le mode de conservation au niveau des ménages	69
Figure N°24 :répartition des échantillons selon la durée de séjour au niveau des ménages et le mode de conservation	70
Figure N°25 : moyenne de la teneur en iode en ppm par type d’emballage	75
Figure N°26 : moyenne de la teneur en iode en ppm par granulométrie	76
Figure N°27 : moyenne de la teneur en iode en ppm par mode de conservation au niveau des ménages	77
Figure N°28 :moyenne de la teneur en iode en ppm par durée de séjour au niveau des ménages	78
Figure N°29 : moyenne de la teneur en iode en ppm par durée de séjour et par mode de conservation au niveau des ménages	79
Figure N°30 : moyenne de la teneur en iode en ppm par emballage et granulométrie	80
Figure N°31 : moyenne de la teneur en iode en ppm par mode de conservation au niveau des ménages et par granulométrie	81
Figure N°32 :moyenne de la teneur en iode en ppm par emballage et mode de conservation au niveau des ménages.....	82

Figure N°33 :pourcentage de conformité de la teneur en iode à la réglementation	83
Figure N°34 :pourcentage de conformité de la teneur en iode à la réglementation	84
Figure N°35 :répartition des échantillons selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et l'emballage	85
Figure N°36 :répartition des échantillons selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et la granulométrie	86
Figure N°37 :répartition des échantillons selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et le mode de conservation au niveau des ménages	87
Figure N°38 :répartition des échantillons selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et la durée de séjour au niveau des ménages	88
Figure N°39 : répartition des échantillons selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et la région de prélèvement	89
Figure N°40 :répartition de la conformité la société productrice	90
Figure N°41 : répartition de la conformité selon le type de société productrice	91

Liste des tableaux

Tableau n°1 : classification des halogènes selon le tableau périodique	4
Tableau n°2 : besoins journaliers en iode.....	11
Tableau n°3 : classification des critères épidémiologiques en nutrition en iodes selon l'iodurie moyenne chez les enfants d'âge scolaire adopté par l'OMS/UNICEF/ICCIDD	14
Tableau n°4 : spectre des troubles dus à la carence en iode (IDD)	19
Tableau n°5 : prévalence des stades de goitre par zone d'enquête	21
Tableau n°6 : la distribution du goitre sur le continent africain	21
Tableau n°7 : les principaux gisements de sel rocheux en Algérie	38
Tableau n°8 : les principaux gisements de sel solaire en Algérie	39
Tableau n°9 : solubilité dans l'eau à 20 °C des composés pour l'iodation	40
Tableau n°10 : caractéristiques des types de sels utilisés pour le suivi	41
Tableau n°11 : moyenne de la teneur en iode trouvée.....	55
Tableau n°12 :plage de la teneur en iode des échantillons analysés	56
Tableau n°13 :la moyenne de la teneur en iode par société productrice	57
Tableau n°14 :répartition des échantillons selon la région de prélèvement	61
Tableau n°15 : répartition des échantillons prélevés selon la société productrice	62
Tableau n°16 : statistiques descriptives de la teneur en iode des échantillons analysés	71
Tableau n°17 : teneur en iode des échantillons de sel analysés	72
Tableau n°18 : moyenne de la teneur en iode en ppm par région de prélèvement	73
Tableau n°19 : moyenne de la teneur en iode en ppm par société productrice	74

Tableau n°20 : la teneur moyenne en iode en ppm selon le type de société productrice..	75
Tableau n°21 :résultats de l'analyse univariée unifactorielle	92
Tableau n°22 : résultats de l'analyse univariée multifactorielle	94
Tableau n°23 : résultats de l'analyse de corrélation	95
Tableau n°24 : résultats du test de Khi Deux	96
Tableau n°25 : résultat du test T	97

Liste des abréviations :

COVID 19: Corona Virus 2019

HCG : Human Chronic Gonadotropin

ICCIDD : Conseil International pour la lutte contre les Troubles Dus à la Carence en Iode

IUS: Iodation Universelle du Sel

NIS : Symporteur Na⁺/I

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PEHD : Polyéthylène haute densité

PP : Poly propylène

ppm : partie par million

PVP: Polyvinylpyrrolidone

QI : Quotient intellectuel

TDCI : Troubles dus à la carence iodée

T4 : Tétraiodothyronine, thyroxine

T3 : Triiodothyronine

TRH : Thyreotropin releasing hormone

TSH: Thyroid stimulating hormone

UNICEF : Fonds des Nations Unies pour l'Enfance

Liste des annexes

Annexe 1 : Décret Exécutif N°90-40 du 30 Janvier 1990 rendant obligatoire la vente du sel iode pour la prévention de la carence iodée.

Annexe 2 : enquête menée au niveau des ménages

Annexe 3 : enquête menée au niveau du commerce

Annexe 4 : Journal Officiel N° 07 du 18 Rabie El Aouel 1434 correspondant au 30 Janvier 2013: La méthode de la détermination de la teneur en iode dans le sel alimentaire

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'iode est un oligo-élément indispensable à la synthèse des hormones thyroïdiens, celles-ci jouent un rôle capital dans le processus de croissance et de maturation de nombreux tissus notamment les tissus osseux et le système nerveux central.[1] Sa carence est responsable d'un ensemble d'anomalies qualifiées de troubles dus à la carence en iode « TDCI » qui regroupent le goitre endémique ; l'hypothyroïdie ; diminution du quotient intellectuel ; le crétinisme ,l'anémie , les avortements spontanés ,la mortalité infantile et la diminution de la fertilité.[2]

En 1990, selon l'organisation mondiale de la santé OMS ,30 % de la population mondiale (1.5 milliard d'individus) étaient exposés à un risque de carence en iode. [3]

L'Algérie a été classée par l'OMS dans les années 90 comme un pays endémique de goitre, ce dernier s'étend de l'est du pays à l'ouest.[4]

En 1991, la prévalence du goitre total palpable et visible était estimée à 8% en Algérie.[4] Le goitre endémique sévit principalement dans la région nord du pays, de Ténès aux montagnes de Ouarsenis jusqu' à la zone de Skikda et Constantine en passant par la petite et grande Kabylie. Une poche est également signalée à l'ouest dans la région de Tlemcen et Nedroma.[4]

Des études plus récentes indiquent que les zones où la carence en iode sévit, sont aussi bien situées au bord de la mer que dans les villages montagneux. La prévalence de goitre varie de 30 % à 70% et le crétinisme endémique de 1.1% à 1.8%[4]

Pour lutter contre ce véritable problème de santé public, l'OMS a recommandé la supplémentation du sel alimentaire en iode et l'Algérie a adhéré à ce programme en 1990.[4] Un décret officiel a été élaboré et qui rend obligatoire la vente du sel iodé à un taux variant de 30 à 50 ppm dans tout le territoire national. Ainsi l'Algérie a créé un programme national de lutte contre les TDCI. [5]

Plusieurs enquêtes nationales ont été menées par le ministère de la santé en collaboration avec l'OMS pour évaluer l'efficacité de ce programme et la couverture par le sel iodé de la population algérienne.

Un contrôle de qualité du sel iodé a été mis en place pour assurer des concentrations suffisantes en iode pour couvrir un apport alimentaire optimal en évitant les excès ou la carence.

INTRODUCTION GENERALE

A partir ce qu'on a développé se pose la question sur la situation actuelle à Tlemcen après 30 ans de l'adoption de la stratégie de l'iodation universelle du sel comme méthode de lutte contre les TDCI : **quelle est la teneur en iode du sel alimentaire consommé dans la wilaya de Tlemcen ?et quelle est la prévalence de la consommation du sel iodé par les ménages de cette région ?**

Pour répondre à cette question une étude descriptive transversale a été menée dans la wilaya de Tlemcen et qui a pour objectif l'étude de la qualité du sel alimentaire consommé par les ménages de cette région.

Notre travail comporte une partie théorique qui contient une revue de la littérature du métabolisme de l'iode et des TDCI et une partie pratique qui expose la méthodologie de l'étude, les résultats trouvés et leur discussion. En fin, une conclusion et des recommandations ont été élaborées pour améliorer la situation.

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

I. Introduction :

L'iode est un oligo-élément nécessaire à l'organisme, présent en petite quantité d'ordre 10 à 150mg chez l'être humain adulte. Son rôle principal est la coopération à la formation d'hormones thyroïdiennes : thyroxine :T4 et triiodothyronine :T3. En cas de déficience en iode, un dysfonctionnement de la glande thyroïdienne va apparaître et il diffère par la dimension de la carence iodée et selon l'âge des sujets.[6]

L'ensemble de ces complications est nommé par les Troubles Du à la carence iodée TDCI ; il s'agit d'une carence qui pose un véritable problème.[6]

C'est une limite considérable dans le développement économique, suite à la gravité des conséquences socio-économiques, diminution de la capacité physique et intellectuelle et perte de la production, prise en charge excessive et permanente par la famille et la collectivité des crétins et retardés mentaux et physiques, exclusions scolaires, coût psychologique et socio-économique de la mortalité infantile.[6]

II. Définition :

L'iode est un élément chimique de symbole *I*. Il appartient au groupe 7(ou VII) du tableau périodique, situé à côté des gaz nobles. [7,8] Il fait partie de la famille des halogènes dont les éléments par masse atomique croissante sont indiqués dans le **tableau 1**[7]. Il est majoritairement présent sous forme diatomique :I₂ ou diode. C'est un solide de couleur noir ivoire à température ambiante, appelé communément IODE. L'iode solide a un point de fusion de **113,5 °C** et **une densité égale à d₂₀=4,93**. L'isotope stable (¹²⁷I) est présent dans les milieux naturels dont la concentration moyenne est variable selon les milieux: **10ng/m³** (**3-20ng/m³**) dans l'atmosphère, **58µg/l (24-120µg/l)** dans les mers et océans qui constituent le réservoir principal d'iode sur le globe terrestre (**7,9 10¹⁶g**), **2,0 µg/l (1,5-2,5µg/l)** dans l'eau de pluie, **5 mg/kg (0,1-98 mg/Kg)** dans les sols, et (**0,1-400 mg/Kg**) dans les roches.[9]

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

Tableau1 : Classification des halogènes selon le tableau périodique [10]

Elément	Numéro atomique	Masse atomique (g/mole)
Fluor(F)	9	18,998
Chlore (Cl)	17	35,453
Brome (Br)	35	79,904
Iode (I)	53	126.905

III. Origines :

• III.1.Alimentaires :

La majeure partie des aliments à l'exception de ceux issus du milieu marin sont dépourvus de quantités importantes d'iode, et la couverture optimale des besoins en iode, en particulier lors de situations physiologiques entraînant leur augmentation (puberté, grossesse, allaitement), apparaît difficile à réaliser en l'absence de toute éducation nutritionnelle.[11]

Les concentrations en iode les plus élevées concernent les mollusques (moules, huîtres), les crustacés comestibles (crevettes, homards, langoustes) et les poissons d'origine marin.[11]

Les tissus animaux (viande de boucherie, volailles) sont naturellement pauvres en iode, ce dernier n'ayant pas d'espace de distribution intracellulaires. Les concentrations sont de même très réduites dans les végétaux et les fruits, et varient avec la teneur dans les sols et la durée du cycle végétal. Le lait (ainsi que les produits laitiers transformés) et les œufs sont devenus des sources essentielles en iode car on a tendance à utiliser des compléments alimentaires qui sont riches en iode et/ou de la contamination de la chaîne alimentaire par des substances iodées.[11]

Les algues constituent dans certaines régions du monde une source alimentaire en iode extrêmement importante. Leur consommation pouvant être à l'origine de pathologies de surcharge(Chine, Corée, Japon)[12]. En Corée du Sud, les algues représentent 66 % des apports en iode de l'adulte, loin devant le lait et les produits laitiers (11 %) et le poisson (9 %).[13]

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

Le sel iodé a été choisi comme vecteur de l'iode avec des taux d'enrichissement variables selon les pays (**5 à 100 mg/kg de sel**) pour assurer la prévention des risques liés à un déficit d'apport alimentaire en iode. Ce choix est lié au faible coût du sel, à son utilisation universelle, et à un risque limité de surconsommation pouvant être à l'origine d'une surcharge en iode.[11]

- **III.2.Médicamenteuses :**

L'injection d'huile iodée (**480 mgI/ml**) est utilisée par les vétérinaires dans les traitements des déficits sévères en iode, ainsi que pour soigner les mammites et l'actinomyose. De résorption lente, ces huiles iodées (Lipiodol®Ultra-Fluide) se traduisent par des concentrations en iode élevées dans le lait pendant plusieurs semaines après leur administration. En administration orale (190 mgI/capsule) ce vecteur a été largement utilisé dans le monde lors de campagnes de masse de traitement des carences sévères en iode. Chez l'homme, au-delà de 60 ans, l'amiodarone (Cordarone®) utilisé comme anti arythmique et antiangoreux est le produit responsable de la majorité des hyperthyroïdies induites par l'iode.

Un comprimé de 200 mg d'amiodarone (chlorhydrate d'amiodarone) contient 75 mg d'iode(37,3 %) et libère 6 mg d'iode dans le sang entraînant une surcharge importante persistant plusieurs mois après l'arrêt de la prise [14].

- **III.3.Les compléments alimentaires :**

Les principales sources d'iode correspondent à des préparations à base d'algues (*Fucus vesiculosus*) ou de phytoplancton (compléments nutritionnels marins) traditionnellement utilisées comme adjuvants des régimes amaigrissants. Les gélules ou comprimés contiennent de 25 à 400 mg d'extraits secs de Fucus, approximativement de 25 à 600 µg d'iode. Les concentrations en iode des compléments alimentaires à base d'extraits d'algues (*Macrocystispyrifera*, Laminariacées) mesurées en Angleterre sont de 20 à 1200 µg/g (moyenne 191 µg/g) correspondant selon les conseils d'utilisation à une ingestion journalière de 45-5000µg d'iode. [15]

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

• III.4. Eau de boisson :

La concentration en iode (3-5 µg/l) des eaux est en corrélation étroite avec l'environnement géochimique des bassins de collecte ou de captage. Les eaux thermales à minéralisation forte associent des concentrations très élevées en iode à leurs propriétés curatives. [9]

• III.5. Erythrosine :

De structure chimique $C_{20}H_6I_4Na_2O_5$ (2',4',5',7'-tétraiodofluorescéine, I = 57,7 % du poids moléculaire), l'érythrosine est un colorant rouge orangé (E127) utilisé dans les industries pharmaceutiques comme excipient des comprimés enrobés et des enveloppes de gélules. Il est utilisé aussi en agroalimentaires comme additif alimentaire (céréales enrichies, desserts, fruits au sirop, fruits confits, crèmes et pâtisseries). La biodisponibilité de l'iode contenu dans l'érythrosine est très faible, elle est estimée à 0,5% chez l'homme.[16]

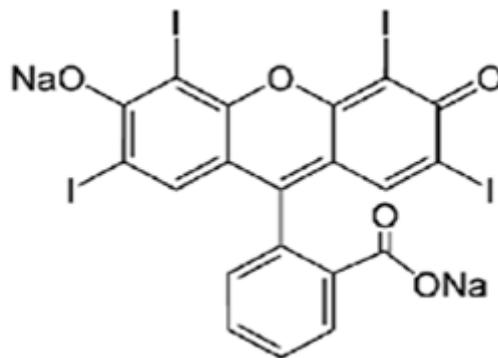


Figure N°1 : structure chimique de l'érythrosine[6]

• III.6. Antiseptiques iodés :

Certains dérivés iodés sont des antiseptiques très efficaces, ce sont des agents bactéricides et fongicides très puissants utilisés dans l'élevage et les industries laitières pour désinfecter les installations de recueil et de traitement du lait et de ses dérivés.

- ❖ Teinture d'iode (soluté alcoolique d'iode officinal à 5 %)
- ❖ Solutions aqueuses d'iode et d'iodure (solution de lugol), (Bétadine®, Poliodine®) qui associe l'iode à une substance tensioactive. Le complexe le plus utilisé est le povidone iodé : l'association iode-polyvinylpyrrolidone (PVP).

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

- ❖ Le triiodométhane (CHI_3) ou iodoforme utilisé en médecine vétérinaire.

A cause de la résorption transcutanée et transmuqueuse de l'iode disponible, une administration répétée et prolongée peut se traduire par une surcharge iodée qui peut entraîner un dysfonctionnement thyroïdien. C'est le cas également des iodophores largement utilisés durant la traite mécanique pour la stérilisation des manchons du gobelet trayeur, les lactoducs et les réservoirs de recueil de lait de vache. Ce pour cette raison qu'il y'a des concentrations élevés d'iode dans le lait [17].

- **III.7. Suppléments en alimentation animale:**

L'iode est un oligo-élément essentiel pour tous les animaux d'élevage (Mammifères, Oiseaux). La supplémentation systématique en iode des troupeaux est devenue importante car il y a de nombreux facteurs de risque exogènes tel que l'excès de Ca, de K ainsi que des substances goitrigènes dans les fourrages.

L'iode des iodures de sodium (NaI), de potassium (KI), et de l'iodate de calcium $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ utilisés dans l'alimentation des poulets, se retrouvent concentrés dans le jaune d'œuf, considéré comme une source essentielle en iode surtout pour les pays industrialisés[9]

- **III.8. Préparations pour nourrissons :**

Les réglementations européennes (directive 91/321/CEE, 14 mai 1991) imposent à toutes les préparations pour nourrissons (4 à 6 premiers mois) ou destinées aux enfants du premier âge (nourrissons de plus de 4 mois) une concentration minimale en iode de $5 \mu\text{g}/100 \text{ kcal}$ ($1,2 \mu\text{g}/100 \text{ kJ}$) ou ($3,4 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$) de façon à couvrir les besoins journaliers ($40 \mu\text{g}$ de la naissance à 6 mois, $50 \mu\text{g}$ de 6 à 12 mois) en l'absence de tout complément d'apports maternels.[18]

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

IV. Cycle de l'iode :

IV.1. L'absorption

La synthèse de la T3 et de la T4 se fait obligatoirement par l'iode. Ces hormones thyroïdiennes régulent le métabolisme cellulaire et jouent un rôle crucial dans le développement, en particulier celui de l'encéphale pendant la vie fœtale et les premières années de la vie. Il est apporté par l'alimentation et converti en iodure dans le tube digestif. Celui-ci diffuse rapidement dans la circulation. Sa concentration plasmatique est faible 0,4 à 5 µg/l. L'iodure est éliminé par voie urinaire puisque la fraction filtrée est indépendante de la concentration plasmatique, et qu'il n'existe pas d'autres sources d'élimination, l'iodurie des 24h fournit un bon reflet des apports iodés.

L'iodure circulant est capté au pôle basal des thyrocytes grâce à un transporteur actif (symporteur Na⁺/I⁻ ou pompe à iodure). Celui-ci est capable d'induire un important gradient de concentration, celle-ci étant 30 à 40 fois plus élevée dans le tissu thyroïdien que dans le compartiment plasmatique. Cette captation est régulée, elle s'accroît en cas de carence iodée et diminue en cas de surcharge. Les stocks d'iode intra thyroïdien atteignent une vingtaine de milligrammes.[11]

L'iode dans le sang se présente sous forme d'iodure ou d'iode inorganique. Ces iodures ont une concentration plus élevée dans les cellules thyroïdiennes (Thyreocytes) que dans le sang.

L'iode inorganique ainsi concentré dans les thyrocytes diffuse vers la lumière folliculaire et subit une oxydation pour donner l'iode moléculaire[19]

IV.2. Biodisponibilité :

Du fait de la compétition qui existe entre le rein et la thyroïde, seule une fraction de l'iodure plasmatique est susceptible d'être incorporée par la thyroïde. Le taux de fixation de l'iode par la thyroïde traduit la capacité du thyrocyte à transférer l'iodure à travers la membrane basolatérale grâce à un transporteur actif (Na⁺/I⁻ symporter, NIS). La quantité d'iode qui entre dans la thyroïde par unité de temps (24 heures) varie selon le statut iodé de la population.[9]

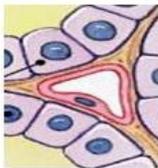
CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

IV.3. Métabolisme :

L'hormonosynthèse thyroïdienne comporte une série d'étapes :

- L'iodure est oxydé en iode organique sous l'action d'une thyroperoxydase.
- La synthèse de thyroglobuline, glycoprotéine dont les résidus tyrosyls seront iodés.
- Le couplage des iodotyrosines ainsi formées en iodothyronines et constitution sous cette forme d'une réserve hormonale au sein de la thyroglobuline qui forme la substance colloïde au centre des follicules thyroïdiens.
- Endocytose apicale et hydrolyse de la thyroglobuline pour libérer la T4 et la T3 dans la circulation. C'est surtout la T4 qui est libérée (80 %). Celle-ci étant secondairement convertie par le foie par une 5' désiodase en T3, l'hormone active.
- La fraction des iodotyrosines inutilisée est désiodée au sein des thyrocytes assurant ainsi une épargne par recyclage intracellulaire.

La biosynthèse des hormones thyroïdiennes est stimulée par la TSH qui est une glycoprotéine hypophysaire dont la production est placée sous un étroit rétrocontrôle négatif des hormones thyroïdiennes[11]



- 1°- Captation Iodure I⁻
- 2°- Oxydation et Organification: MIT-DIT
- 3°- Couplage MIT-DIT: T3-T4
- 4°- Protéolyse Tg: Libération HT

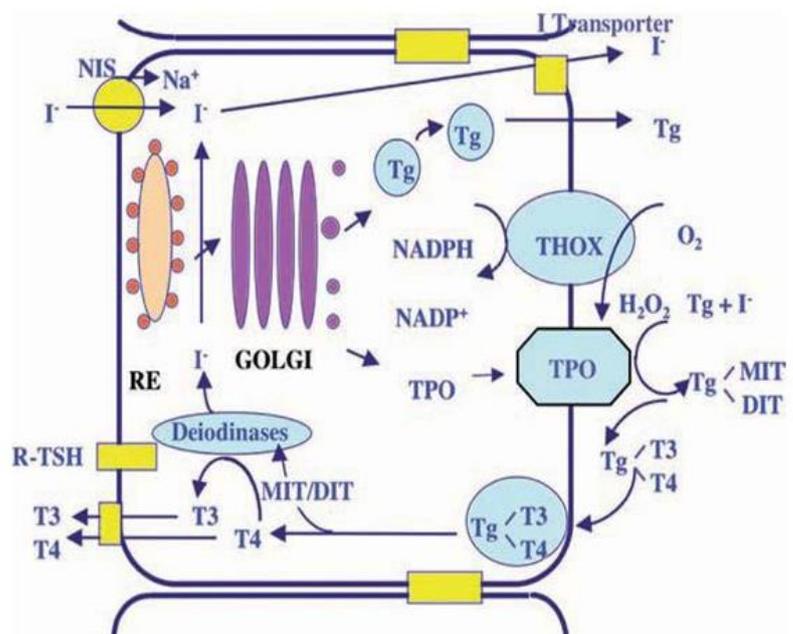


Figure 2 : La synthèse biologique des hormones thyroïdiennes[20]

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

IV.4. Elimination :

L'élimination de l'iode se fait généralement par les reins et la thyroïde. La clairance thyroïdienne change en fonction de l'iode apporté par l'alimentation alors que la clairance rénale est constante. En cas d'apport convenable et en iode, 10% de ce dernier absorbé est repris par la thyroïde.[21]

Dans des circonstances normales, l'iode plasmatique a une demi-vie de 10 heures, elle est réduite si la thyroïde est hyperactive, comme dans l'hypo ou l'hyperthyroïdie. Pendant la lactation, on a une concentration de l'iode par les glandes mammaires puis sa sécrétion dans le lait maternel.[6]

V. Rôle et besoins en iode :

L'iode est indispensable au bon fonctionnement du corps humain du fait de son intervention aux activités de la glande thyroïdienne par l'induction de la synthèse de la thyroxine et la triiodothyronine qui règlent le métabolisme de toutes les cellules et le développement précoce de la plupart des organes surtout le cerveau dans les premières années de vie particulièrement pendant la croissance du fœtus et de l'enfant. [22] Les besoins changent selon l'âge, le sexe et l'état physiologique.[6]

Tableau n°2: Besoins journaliers en iode. [23]

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

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

Les besoins physiologiques en iode sont élevés chez les femmes enceintes(150µg/j à 250 µg/j) et l'iodurie doit être comprise entre 150 et 250 µg/l.[23] Cette augmentation des besoins en iode est expliquée physiologiquement par plusieurs facteurs:

- ❖ L'élévation des taux circulants de la thyroxine binding-globulin qui favorise un abaissement de la fraction libre de la T4 (T4L).
- ❖ L'effet TSH-like de l'HCG (human Chorionic Gonadotropin) par similarité moléculaire de la sous-unité β de la TSH.
- ❖ L'élévation de la clairance rénale de l'iodure (controversée) et son transfert placentaire (50–75 µg/j).
- ❖ A la naissance, environ 40% de T4 d'origine maternelle se retrouve dans le sang de cordon fœtal.

Pour toutes ces raisons et pour se maintenir en euthyroïdie, la mère doit augmenter sa production de T4 de 40–50%, ce qui nécessite un apport d'iode supplémentaire de 50–100 µg/j.[3, 24]

Si cette quantité infinitésimale qui couvre les besoins de l'organisme en iode est absente dans notre alimentation, les conséquences sont néfastes pour la santé.

Une prise insuffisante d'iode provoque ce que l'on nomme : troubles dus à la carence iodée TDCI qui affecte des communautés entières dans le monde. On détaillera ces affections dans le prochain chapitre.

Une prise excessive d'iode cause aussi des problèmes de santé. Elle peut engendrer des anomalies telles que : l'hyperthyroïdie, le goitre, la thyrotoxicose, des maladies auto-immunes de la thyroïde et une allergie à l'iode.[23, 25]

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

VI. Dosage de l'iode :

VI.1. Dans les milieux biologiques :

➤ **Dosage de l'iode sérique total :**

Le dosage de l'iode sérique total(ou iode protéique) permet d'évaluer les différentes formes sériques. Il est effectué en deux temps : minéralisation conduisant à l'obtention d'ions iodures, puis réaction de Sandell et Kolthoff qui consiste à apprécier le pouvoir catalytique de l'iodure sur la réduction du sulfate de cérium par l'anhydride arsénieux. Cette méthode délicate était utilisée dans le but de mettre en évidence les surcharges iodées .Elle présente désormais moins d'intérêts ,depuis l'avènement de techniques fiables et précises de dosage des iodures urinaires.[26]

L'interprétation de l'iodémie totale doit tenir compte de l'intensité de l'hyperthyroïdie puisque c'est la somme des iodémies hormonales(principalement l'iode de T4) et non hormonales(iodure d'origine alimentaire).[26]

Les valeurs usuelles sont comprises entre 4et 9 µg /100ml).[26]

➤ **L'iode urinaire :**

Des études antérieures au Sénégal Oriental et en Casamance ont montré que l'évaluation de l'iodurie par la méthode de DUNN parait un excellent moyen de juger des apports en iode d'une population lors de grandes enquêtes épidémiologiques. L'étude montre que le statut en iode peut évoluer indépendamment de la prévalence des goitres.[27]

L'iode abondant dans le corps est excrété dans les urines, donc l'étude de la quantité d'iode ingérée est jugée par l'analyse d'iode urinaire. Une excrétion d'iode dans les urines de moins de 100 µg/l par jour signifie une carence en iode.[28]

Le dosage de l'iodurie est réalisé par conductimètre après séparation de l'iode par chromatographie sur résine échangeuse d'anions .Cette technique est spécifique et permet d'éviter les interférences (sulfures, cyanates.....) habituellement rencontrées avec une détection électrochimique directe. Maintenant, l'iode peut être dosé par ICP-MS qui est largement employée. [26] L'analyse par ICP-MS commence par la nébulisation, l'ionisation par le plasma de gaz comme l'argon, puis, le plasma entraîne les ions formés vers le spectromètre de masse. Même avec une très grande énergie d'ionisation, les échantillons doivent être réduits en fines gouttelettes appelées aérosol (de l'ordre du micron).

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

Ces derniers sont obtenus à l'aide d'un nébuliseur et cette opération est faite dans une chambre, en injectant directement les aérosols dans le plasma, permet de diminuer considérablement l'effet mémoire et de réduire le volume mort. On utilise le plasma à micro-ondes comme outil pour excitation qui favorise la diminution de la consommation d'énergie et de gaz, les ions formés passent dans un filtre quadripolaire (le plus répandu)[29]. On ne peut pas analyser directement l'urine, elle doit être centrifugée et filtrée à l'aide d'un filtre de porosité égale à 0,45µm. Cette étape réduit les facteurs qui altèrent l'analyse par la MS (la fraction de particules solides qui se déposent et la quantité de sel dissoute). Il est acceptable d'utiliser une solution de rinçage, après chaque analyse, afin de diminuer le risque de contamination inter-échantillons et l'effet de mémoire provoqué par des espèces chimiques volatiles comme l'iodure d'hydrogène.[29]

Parmi les inconvénients de cette technique, il y a la nécessité d'un utilisateur expérimenté pour le dosage ainsi que la difficulté d'interpréter les résultats et le coût élevé du matériel.[29]

Pour évaluer le statut épidémiologique d'iode d'une population, l'iodurie reste l'indicateur de référence qui représente le statut nutritionnel en iode. La classification adoptée par l'OMS/UNICEF/ICCIDD est rapportée dans le tableau suivant :

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

Tableau n°3: Classification des critères épidémiologiques en nutrition en iodes selon l'iodurie moyenne chez les enfants d'âge scolaire adopté par l'OMS/UNICEF/ICCIDD²⁴

Mediane UI ($\mu\text{g/L}$)	Apport d'iode	Statut nutritionnel en Iode
<20	Insuffisant	Déficit en Iode sévère
20-49	Insuffisant	Déficit en Iode modéré
50-99	Insuffisant	Déficit en Iode léger
100-199	Adéquat	Optimal
200-299	Surcharge modérée	Risque modéré d'induction de l'Hyperthyroïdisme
>300	Excessif	Risque sévère d'induction de divers troubles de santé

- ❖ L'iodurie normale chez l'homme adulte est comprise entre 100-200 $\mu\text{g/L}$
- ❖ L'iodurie normale chez la femme enceinte est entre 150-250 $\mu\text{g/L}$.

VI.2. Dans les aliments :

Des études antérieures ont montré que l'iode contenu dans les aliments est évalué par destruction catalytique du thiocyanate par le nitrate en présence de l'iode. On détermine la concentration d' iode dans l'eau par minéralisation puis colorimétrie, et du sel par titrimétrie.[31]

CHAPITRE 1 : METABOLISME ET INTERET DE L'IODE

Dans le sel alimentaire :

Ce dosage est réalisé par :

➤ Titration iodométrique :

Qui s'opère à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium. On dissout une masse dans une solution aqueuse qui contient un excès d'iodure de potassium acidifié, l'iodate agit sur l'iodure dans le but de libérer l'iode ensuite ce dernier sera titré par une solution de thiosulfate de sodium et enfin l'amidon est ajouté comme un indicateur coloré.[10]

Remarque : Avant le titrage, il faut procéder à l'étalonnage de la solution de thiosulfate de sodium par une solution d'iodate de potassium.[10]

➤ La méthode du test rapide grâce au MBI- kits :

Analyse qualitative qui permet de déterminer si le sel est iodé ou non.[10] Les réactifs utilisés étaient constitués de deux ampoules de solution test de 10mL, qui contiennent le KI : iodure de potassium, de l'amidon, l'acide sulfurique et une ampoule de solution de vérification. La détermination de l'iode était effectuée selon les recommandations du fabricant (D.Chandrasekhar, Chennai, 600017 Tamilnadu, India). Une échelle de couleur était fournie pour la comparaison visuelle et l'estimation de la teneur en iode du sel.[32]

Validité des méthodes :

L'application des deux méthodes citées est validée par l'OMS. L'adoption de l'une ou de l'autre devrait dépendre des circonstances et des moyens matériels des laboratoires d'analyses. Le Kit-MBI ne requiert pas d'équipement lourd, n'est pas coûteux et est d'un usage facile. Il peut être effectué sur le terrain en très peu de temps avec des résultats immédiats.[32] Néanmoins la méthode de référence est le titrage iodométrique.[32]

Selon les résultats d'une étude antérieure sur l'évaluation de la teneur en iode au Bénin, les deux méthodes avaient une très faible concordance et le Kit sur estime la teneur en iode des sels par rapport à l'iodométrie ce qui corrobore les travaux de Panda et al qui avaient conclu à la nécessité d'utiliser le dosage iodométrique pour la surveillance de la teneur en iode du sel à tous les échelons, depuis le producteur jusqu'au consommateur si on veut s'assurer de l'efficacité du programme d'iodation universelle du sel.[32]

CHAPITRE 2 : TROUBLES DUS A LA CARENCE IODEE TDCI

CHAPITRE 2 : TROUBLES DUS A LA CARENCE IODEE

I. 1. Introduction :

L'iode est l'oligo-élément clef dans l'organisme, il a une action sur le métabolisme des glucides et des protéines, participe au fonctionnement du cœur et des muscles, il est nécessaire à la bonne fertilité et stimule la lactation chez la femme allaitante.[33]

L'iode est indispensable pour la synthèse des hormones thyroïdiennes qui contrôlent le rythme des métabolismes cellulaires et la thermogénèse corporelle .Elles ont un rôle aussi dans le bon fonctionnement du cerveau .[7] Tout déficit en iode entraînera une diminution de la synthèse de ces hormones thyroïdiennes et par conséquent il y aura des troubles du métabolisme , l'apparition du goitre , le crétinisme et des effets dramatiques qui se retiennent sur le développement du cerveau .Ces troubles sont généralement appelés " Trouble dus à la carence en iode" TDCI apparus en 1983 dans l'article *du Lancet* et qui a convaincu le comité international à mettre des dispositions nécessaires pour la lutte contre les TDCI.

I.2. les manifestations cliniques du TDCI :

Les conséquences des TDCI se manifestent majoritairement chez, la femme enceinte, chez le fœtus, chez l'enfant et chez l'adulte :

I.2-A-Chez la femme enceinte :

- Apparition du goitre
- Souvent des avortements spontanés
- Des fausses couches à répétition

CHAPITRE 2 : TROUBLES DUS A LA CARENCE IODEE

I.2-B-chez le fœtus :

- une hypothyroïdémie (une baisse du taux de la T4) chez le fœtus à cause de la réduction de la synthèse de la T4 par la mère (T4 traverse le placenta).[6]
- mortalité périnatale et des anomalies congénitales.
- crétinisme et lésions cérébrales (T4 intervient dans le développement du cerveau pendant les premiers mois de la vie)[6]

I.2-C chez l'enfant :

- mortalité élevée à la naissance et en bas âge
- déficit pondérale à la naissance
- retard du développement physique
- baisse du quotient intellectuel QI

I.3-D chez l'adulte :

- Goitre
- retard mental et atteinte cérébrale
- manque d'initiatives et la prise de décision.

CHAPITRE 2 : TROUBLES DUS A LA CARENCE IODEE

Tableau 4 : Spectre des troubles dus à la carence en iode (TDCI).[6]

Fœtus	<ul style="list-style-type: none"> -Avortements -Mortalité intra-utérine -Anomalies congénitales -Crétinisme endémique neurologique - débilité mentale sévère - surdi-mutité - troubles spastiques -Crétinisme endémique myxœdémateux - arriération mentale ± sévère - retard staturo-pondéral -Retard du développement cérébral -défaut psychomoteur
Nouveau-né	<ul style="list-style-type: none"> -Mortalité néonatale -Faible poids de naissance -Goitre néonatal -Retard de développement physique et mental
Enfant et adolescent	<ul style="list-style-type: none"> -Mortalité infantile -Goitre simple -Hypothyroïdie -Retard de développement physique et mental
Adulte	<ul style="list-style-type: none"> -Goitre simple et complications ultérieures -Stimulation accrue de la glande thyroïdienne et développement de goitre chez la femme enceinte. -Altérations mentales et psychiques

CHAPITRE 2 : TROUBLES DUS A LA CARENCE IODEE

I.3. Le goitre :

I.3.1. Définition :

Le terme goitre désigne une glande thyroïdienne de volume élevée en dehors de toute lésions inflammatoires et de dégénérescences maligne[34]. Il est mentionné depuis longtemps dans la littérature, en Egypte ancienne (il y a 4000ans) et en Chine. Il est considéré en médecine générale comme un signe clinique et non une maladie en soi .[35]

Lorsqu' il y a une baisse des hormones T3 et T4, il y aura une sécrétion accrue de la TSH qui est responsable de l'augmentation du volume thyroïdien .Il existe 2 types de goitre : *le goitre endémique et le goitre sporadique*

Le goitre endémique : lorsque le goitre touche 10% de la population [7]. Il est le résultat de la carence en iode alimentaire .On parle de goitre endémique grave lorsque le goitre touche 50% de la population avec 15% de goitreux qui ont un goitre visible de loin et une excrétion urinaire en iode inférieure à 30 µg/ jour. Le crétinisme dans ce cas est fréquent .Il est intermédiaire lorsqu' il est de 10% à 50% de la population adulte avec moins de 15% de goitre visible et une excrétion urinaire d'iode de 30 à 60 µg/ jour avec absence de crétinisme[6].

Le goitre sporadique : quand moins de 10% des adultes sont atteints. Il domine dans les zones où les apports en iode quotidien sont supérieurs à 100µg/j. Ses causes sont génétiques, toxiques ou secondaires (grossesse, médicaments...etc.)

I.3.2.Facteurs goitrigènes :

Parmi ces facteurs, on trouve les facteurs génétiques et la malnutrition. En supprimant ce dernier, on réduira l'endémicité du goitre .[36]

Facteurs génétiques : le facteur génétique augmente le risque d' avoir des enfants goitreux quand les parents sont atteints du goitre [7] .

La malnutrition : la carence en iode est l'un des aspects de malnutrition. Des études faites à Tambacounda au Sénégal ont montré qu'il y a une large variation de la prévalence du goitre entre la zone urbaine qui a un accès facile à une alimentation diversifiée et riche y compris les poissons et la zone rurale où la malnutrition est plus ou moins remarquée.[27]

CHAPITRE 2 : TROUBLES DUS A LA CARENCE IODEE

Tableau 5: Prévalence des stades de goitre par zones d'enquête[27]

Zone d'enquête	Nombre de sujet	Absence de goitre
Tambacounda ville	936	85,6%
Tambacounda rurale	950	67,50%

Tableau 6 : la distribution du goitre sur le continent africain [11]

Pays	Région	Prévalence moyenne du goitre en %
Cameroun	Est ouest	49-75
Guinée	Nord-est (Fouta-Djalou)	70
Mali	Plateau Montaigne et falaise Bandiagara	20,90
Soudan	Darfour	67,5
République populaire de Congo (ex zaïre)	Nord-est et Nord-ouest	60
Tanzanie	Mbeya et Nkas	Plus de 47
Zambie	Nord ouest	50,5
Centre Afrique	Sud ouest	72
Sénégal	Sud est	62
Togo	Nord ouest	32
Cote d'ivoire	Ouest (man)	20-90
Ethiopie	-	78
Zimbabwe	-	25,5
Namibe	-	34,5
Nigeria	-	20
Ghana	-	65
Madagascar	-	48

CHAPITRE 2 : TROUBLES DUS A LA CARENCE IODEE

I.4.le crétinisme :

I.4.1. définition :

Le crétinisme est une maladie congénitale due à un manque d'hormones thyroïdiennes, qui se caractérise par un développement mental et physique limité, une dystrophie des os et un métabolisme de base diminué. D'autre part, le crétinisme est dû aussi à une carence d'iode surtout dans les régions montagneuses. En effet les vents chargés d'iode venant des mers et les océans sont stoppés par les premiers massifs rencontrés. L'air des montagnes est si pauvre en iode ce qui provoquera jusqu' au début du XXème siècle des carences chez certaines personnes impliquant chez elles la formation du goitre d'où l'expression "crétin des Alpes". Ce phénomène est de plus en plus rare aujourd'hui grâce au sel de table enrichi d'iode dans les régions à risque.[37]

I.4.2. Etiologie :

La grande fréquence du crétinisme myxœdémateux a comme cause à la fois la surcharge en thiocyanates et le déficit en sélénium[38]. Son déficit s'accompagne de celui de la glutathion peroxydase sérique et d'une toxicité lors de la stimulation de la thyroïde par la TSH[38]. Ce rôle du sélénium est si important que le déficit en peroxydase glutathion séléno-dépendante en zone de carence iodée peut conduire à des attitudes opposées : protéger la population générale et le fœtus face à la carence en iode et les altérations du système nerveux et d'un autre côté favoriser le processus dégénératif de la glande thyroïde conduisant au crétinisme myxœdémateux[38]. Cette double carence en iode et en sélénium en cas de supplémentation en sélénium peut aggraver l'hypothyroïdie en stimulant le métabolisme de la thyroxine par l'enzyme séléno-dépendant type l'iodothyronine 3'-déiodinase [38]. Il faut remarquer que la sédentarité fait que les Bantous vivant au village sont plus fréquemment goitreux que les Pygmées nomades (prévalence de goitre respectif de 42,9 % contre 9,4 %)[38]. Des goitrigènes naturels ajoutent leur rôle dans certains aliments : le lait, les galettes à base de manioc , le millet, les noix, des et des produits chimiques polluant l'eau [39]. Malgré d'éventuelles controverses, toute intervention devrait tenir compte de l'ensemble de ces facteurs [40]. Son efficacité pour prévenir non seulement tous les types de crétinisme mais aussi les goitres. Il doit se faire à raison d'un besoin de 100 microgrammes/jour pour l'adolescent et l'adulte, de 60 à 100 microgrammes/jour pour l'enfant entre 1 et 10 ans d'âge.

CHAPITRE 2 : TROUBLES DUS A LA CARENCE IODEE

I.4.3. Le crétinisme et l'hypothyroïdie congénitale par carence en iode :

Deux types de crétinismes endémiques sont classiquement connues ;*La forme neurologique décrite dans le Sud Est Asiatique et la chaîne himalayenne et la forme myxœdémateuse bien connue au Zaïre et en Chine* .Souvent on trouve chez ces sujets un retard intellectuelle, une surdité et une hypothyroïdie qui se manifeste par un visage bouffis et une peau sèche.[41]

le déficit en hormones thyroïdiennes durant la vie intra utérine , provoque des complications neurologiques et l'hypothyroïdie dans la période poste natale est due à la carence iodée parfois associée à des goitrigènes alimentaires ou à une carence en sélénium.[41]La carence en iode est 'l'une des cause de l'hypothyroïdie congénitale qui est l'un des problèmes de santé mondiale. Elle risque de conduire à des atteintes neurologiques réalisant le crétinisme endémique. Dans les pays ou la consommation de l'iode est faible , le taux des nouveaux cas atteints chaque année du crétinisme varie entre 1% et 5% bien qu' elle soit sous-évaluée à cause de la non systématisation des méthode de dépistage .Un besoin d'iode pour l'adolescent et l'adulte est de 100 microgrammes/jour, pour l'enfant il est de 60 à 100 microgrammes/jour, et pour les petits enfants de moins d'un an , il est de 35 à 40 microgrammes/jour.[38] Un milliard d'individus dont 50 à 100 millions en Europe ont une carence en iode, notamment les femmes enceintes, les f etus, les nouveau-nés, les jeunes enfants dont l'évolution et la maturité de leur système nerveux cérébral peut être endommagé durant la grossesse et pendant la vie fœtale et postnatale précoce. D'après certaines études, les malades atteints de crétinisme sont atteints de goitre dans plus de 20 % des cas. Des générations d'enfants sont victimes en Afrique, et de façon endémique de morbido-létalité liée à une mal nutrition. Par manque de moyens et à cause de la difficulté de l' application de la méthode de dépistage en Afrique, il était difficile de transposer des études avec rigueur sur des populations entières comme c'était le cas des enquêtes de dépistage de l'hypothyroïdie congénitale en Occident.[38]

Dans un cas, on a donné un traitement hormonal substitutif thyroïdien à une femme enceinte hypothyroïdienne (hypothyroïdie secondaire), l'enfant est né vivant et bien portant. Dans une autre étude, où l'hypothyroïdie était la conséquence d'une thyroïdectomie chez une femme enceinte atteint de la maladie de basedow, son enfant est né vivant avec hydrocéphalie, en l'absence de tout médicament substitutif.   la suite d'une seconde grossesse et sous traitement hormonal optimal, un autre enfant est né vivant et sans aucune atteinte cérébrale. Les conséquences résultant du manque sévère en iode ne concernent pas que ces deux cas. En effet

CHAPITRE 2 : TROUBLES DUS A LA CARENCE IODEE

sur 166 cas d'hypothyroïdie congénitale du nouveau-né, seuls deux cas avaient été accompagné d'anticorps antithyroïdiens maternels. Par ailleurs on a remarqué que chez 9 femmes hypothyroïdiennes ont eu 11 grossesses et avaient 9 enfants normaux, avec un prématuré chez une mère éclamptique et un autre avec un syndrome de Down et un déficit de l'Ostium prémium chez une mère âgée de 41 ans. Le développement de l'axe hypothalamo-hypophyso-thyroïdien du fœtus paraît jusqu'à nos jours se développer indépendamment de la mère en cas d'hypothyroïdie. Sans oublier le rôle important de l'enzyme qui catalyse la T4 en T3 de type III particulièrement active dans le placenta durant la grossesse avec le rôle majeur de la T3 sur des récepteurs nucléaires mais aussi mitochondriaux. La maturation de ces récepteurs est mal élucidé .[38]

I.5.Hypothyroïdie et risque cardiovasculaire :

L'hypothyroïdie est l'un des facteurs de risques majeurs pour la survenue des maladies cardiovasculaires car elle provoque une élévation du LDL et du cholestérol. Comme l'hypothyroïdie patente favorise l'hypertension artérielle , ce risque peut être majoré par le dérèglement du métabolisme de l'homocystéine dont les hormones thyroïdiennes ont une grande influence.[43]

On a montré dans une étude faite entre 2007 et 2017 sur des hypertendus (10 femme et 3 homme) hospitalisés et qui avaient une hyperhomocysteinémie modérée(46,15 %), intermédiaire (38,46 %) et sévère (15,38 %), que l'hyperhomocystéinémie était provoqué par un déficit vitaminiq ue sous-jacent et qu' elle augmente le risque d'atteinte vasculaire.[43]

L'hypothyroïdie patente favorise l'hypertension artérielle et modifie les composants lipidiques, les paramètres de coagulation et le système fibrinolytique. [44]

CHAPITRE 2 : TROUBLES DUS A LA CARENCE IODEE

II. Les Troubles dus à un excès d'iode :

La synthèse des hormones thyroïdiennes (T3,T4) est assurée par la glande thyroïdienne, qui dépend de la teneur en iodure dans le sang et la libération de l'hormone thyroïdostimuline (TSH) de l'hypophyse dans le sang elle-même contrôlée par la sécrétion de l'hormone thyroïdolibérine (TRH) hypothalamique.[45]

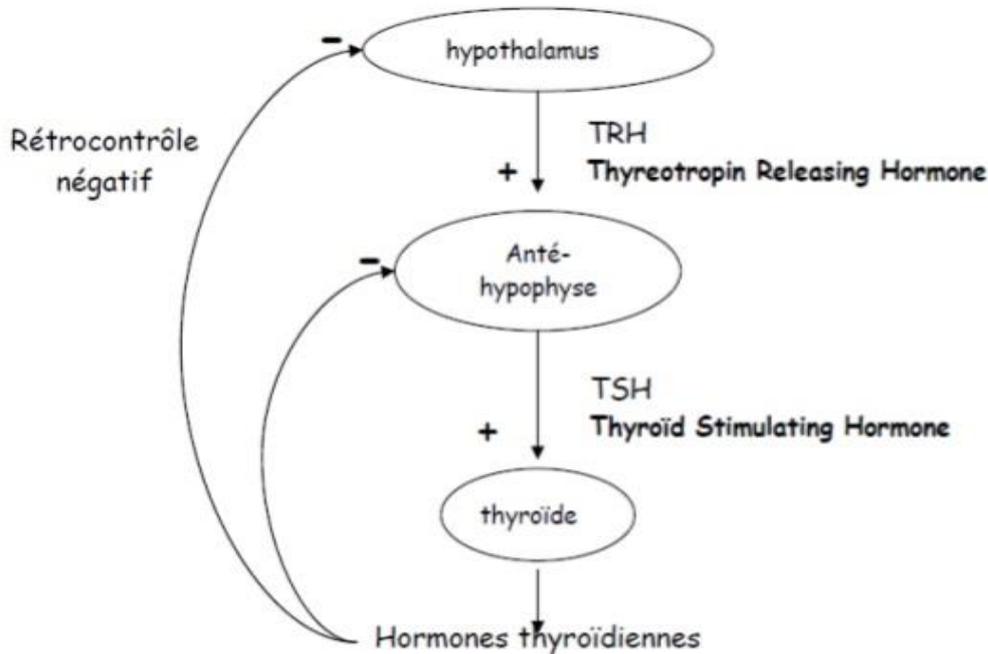


Figure 3 : l'axe thyroïdienne[45]

Un excès des hormones thyroïdiennes exerce un contrôle négatif sur la synthèse et la sécrétion de la TSH qui exerce à son tour un contrôle négatif sur la TRH et lorsque l' iode est en excès, il peut bloquer lui aussi l' hormonogénèse thyroïdienne ; c'est l'effet WOLFF-CHAIKOFF.[46]

Les dysthyroïdies induites par l'iode peuvent être de type hyper- ou hypothyroïdie.

Toutefois, l'excès d'apport en iode peut être à l'origine d'un contingent non négligeable d'un mauvais fonctionnement de la glande thyroïdienne, et les sujets qui ont une forte consommation des aliments riches en iode ou ceux qui ont des antécédents de thyroïdite

CHAPITRE 2 : TROUBLES DUS A LA CARENCE IODEE

auto-immune avec une teneur normale de T3 et T4 dans le sang, de maladie de Basedow traitée ou de thyroïdectomie partielle sont à fort risque d'hypothyroïdie. [47] Cette dernière provoque des infertilités, des fausses couches, des troubles du cycle menstruel et comme l'équilibre thyroïdien est indispensable au bon développement cérébrale fœtal. Des études ont montré que les enfants nées de mère en hypothyroïdie pendant la grossesse ont un quotient intellectuel (QI) inférieur à la population générale [48]. L'hypothyroïdie cause aussi des troubles psychiques tels que l'anxiété, les troubles somatoformes et la dépression [49]. Les signes cliniques de l'hypothyroïdie sont nombreux tels que l'hypométabolisme général

(asthénie physique et intellectuelle, somnolence et prise de poids par la rétention hydrique)
une hypotension et une bradycardie.[50]

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

I. Généralités :

Le sel de table ou sel alimentaire ou sel de cuisine est un condiment composé essentiellement de chlorure de sodium NaCl (99,9%). Il y a d'autres sels (comme le chlorure de potassium KCl, présent dans le sel de table non raffiné) qui sont un peu rares et plus chers [7]. Il est produit par exploitation de gisements minéraux et évaporation de l'eau de mer. Il est utilisé comme condiment ou comme agent de conservation ou de préparation dans l'industrie agroalimentaire. C'est l'un des éléments terrestres les plus abondants, l'eau de mer en contient de 30 à 40 g/l. Il existe plusieurs types de sel :

- ❖ **selon son origine** : sel de mer, sel gemme provenant de gisements terrestres,
- ❖ **son degré de raffinement** : raffiné, non raffiné
- ❖ **la grosseur ou l'apparence de ses grains** : gros, en cristaux, fins [51].

On a essentiellement 2 types de sel : le sel gemme (sel des mines) et le sel marin (sel solaire) [10].

Le sel raffiné est le plus utilisé dans l'alimentation et provient généralement du sel gemme (gisement). Le raffinage permet d'obtenir du sel de couleur blanche, composé de NaCl pratiquement pur. Il peut contenir des agents antiagglomérants (pour empêcher le colmatage des cristaux) et du sucre inverti afin d'empêcher le jaunissement à l'exposition solaire. [52]

II. Composition du sel alimentaire :

C'est un composé cristallin qui se constitue majoritairement de chlorure de sodium. Il peut être extrait de la mer, de gisement souterrain, de sel de gemme, ou même de saumure naturelle répondant aux exigences suivantes :

- ❖ **chlorure de sodium** : pas moins de 97 % de l'extrait sec, non compris les additifs. [33]

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

III. Généralités sur la production du sel :

Les sels se forment après l'élimination des eaux naturelles de diverses natures (océaniques, continentales, mixtes) ou de manière naturelle par la chaleur du soleil. Le principal minéral formé par évaporation est l'halite (NaCl), suivi de toute une panoplie d'autres minéraux évaporitiques qui se cristallisent selon un processus parfaitement défini.[53]

Il existe une autre façon de production du sel : industrielle par ébullition et assèchement. En provenant de cette source, il est quasiment dépourvu d'eau et est composé de tous petits cristaux semblables au sel fondu.[33]

Il existe 4 grands modes de production du sel qui aboutissent à la formation de sels très variés :

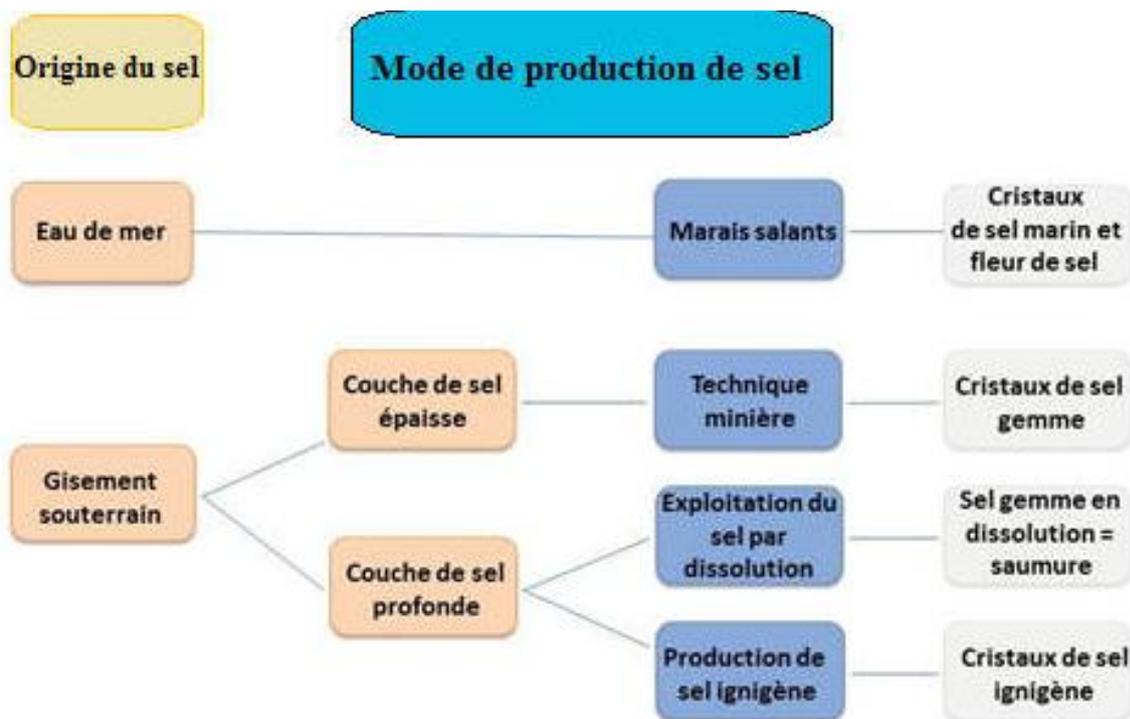


Figure 4 : Les principales méthodes de production du sel [52]

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

IV. Caractères physico-chimiques du sel

IV.1. propriétés physiques :

Cristallisation : Cubique-----[52]

Formule chimique : Na Cl-----[52]

Indice de réfraction : 1,544----- [52]

Masse moléculaire : 58,45-----[52]

Densité du monocristal : 2,165 -----[52]

Température de fusion : 801 °C [52]

Température d'ébullition du sel fondu : 1 449 °C[52]

Chaleur latente de dissolution (à saturation) : 7,8 kcal/kg [52]

Aspect : les cristaux de sel de roche sont d'aspect blanc laiteux, les facteurs environnementaux tels que les bactéries dans l'eau peuvent modifier la couleur du sel. Certaines variations de couleurs courantes sont par exemple : couleur rose, bleu, clair et noir et ces variations de couleur peuvent également changer la saveur du sel, ce qui rend certains sels de couleur plus souhaitable pour la cuisson que d'autres.[54]

Taille : bien que les cristaux de sel roches varient en taille, ils sont presque uniformément petits, avec une taille moyenne utilisable de 0,25 à 0,4 millimètres pour chaque cristal. [54]

Dureté : roches formées de sel dans un cristal souple qui peut être facilement broyée ou décomposée dans les cristaux les plus fins. Il est également dissout facilement dans l'eau ou autres liquides et fond lorsqu'il est chauffé. Les cristaux sont transparents, mais ont un aspect vitreux qui fait qu'il est difficile de voir directement à travers les cristaux et sont à texture granulaire. Le sel gemme est un cristal fragile, il se casse facilement, ce qui lui permet d'être écrasé avec un minimum d'effort. [54]

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

IV.2. propriétés chimiques :

Le sel est un produit cristallin constitué essentiellement de chlorure de sodium. Il est composé d'ions sodium : Na^+ , et d'ions chlorures : Cl^- qui occupent alternativement les sommets des cubes dans une structure cristallographique cubique à face centrée.[52]

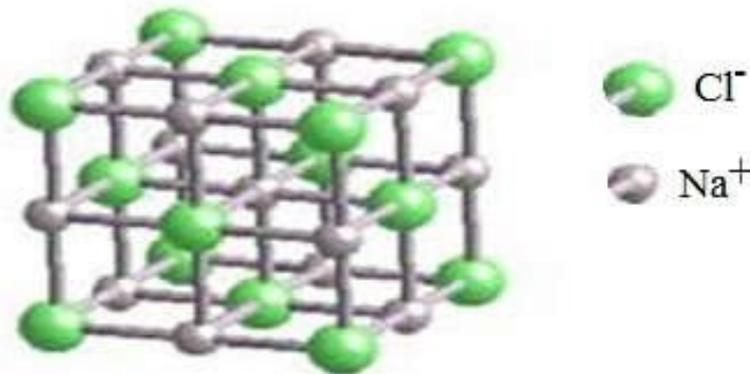


Figure N°5 : Schéma de la structure cristalline du NaCl

Le sel attire naturellement l'eau : on dit que c'est un élément hygroscopique à toute température. La pression ou la tension de vapeur d'eau d'une saumure, c'est à dire que la pression qui s'installe à l'équilibre dans un vase clos partiellement rempli de saumure et désaéré, est faible par rapport de la pression de l'eau pure.[52]

Le sel est totalement insoluble dans l'acide chlorhydrique (HCl), il est faiblement soluble dans l'alcool, légèrement soluble dans l'ammoniac et soluble dans la glycérine (93 g de sel par kg). La solubilité dans l'eau est considérable (environ 360 g de sel par kilogramme d'eau), la solubilité varie peu avec la température.[52]

Le sel est un électrolyte, en solution aqueuse, NaCl se dissocie, suivant l'équation :



Cette propriété importante est utilisée dans l'industrie productrice de chlore, de soude et de sodium. Les solutions salines favorisent les phénomènes de corrosion de certains métaux, en particulier le fer et l'acier.[52]

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

V. Composés et procédés pour l'iodation du sel :

Quatre composés inorganiques sont utilisés comme source d'iodure, selon le producteur :

1. l'iodate de potassium (KIO_3)
2. l'iodure de potassium (KI)
3. l'iodate de sodium ($NaIO_3$)
4. l'iodure de sodium (NaI).

La procédure d'iodation du sel alimentaire doit répondre aux exigences réglementaires et normatives en vigueur dans le but d'assurer au consommateur un sel iodé de qualité.

V.1. Le choix de l'additif :

Le choix s'est porté sur l'iodate de potassium pour plusieurs raisons :

- ❖ Plus stable dans les conditions de stockage que l'iodure,
- ❖ Ne s'oxyde pas facilement,
- ❖ Ne nécessite pas de stabilisateurs ou d'agent fluidifiant,
- ❖ N'a pas d'effet hostile s'il est ajouté à un sel dont l'humidité est de l'ordre de 1 à 5%,
- ❖ Se dégrade rapidement dans le corps humain,
- ❖ N'est pas toxique et a été approuvé et recommandé par l'OMS.

La quantité d'iode véhiculée jusqu'au consommateur à travers le sel dépend de la quantité d'iode ajoutée au sel sur le site de production, la quantité perdue au cours du stockage (production, distribution, détaillants...) et la quantité perdue au cours de la cuisson.[6]

Des études ultérieures ont montré que 20% d'iode est perdu depuis la production jusqu'au consommateur et 20% de perte au cours de cuisson.

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

V.2. Différentes techniques d'iodation :

Les techniques d'iodation du sel alimentaire varient d'un pays à l'autre. Il existe plusieurs méthodes de mélange:

- **Mélange à sec :**

L'iodate de potassium est mêlé avec un antiagglomérant (carbonate de calcium, phosphate tricalcique, ou carbonate de magnésium). Cette mixture est ensuite mélangée au sel pour former le pré mélange qui est introduit sur un transporteur à un rythme constant et le mélange se fait à mesure que les substances se déplacent. C'est un procédé qui convient parfaitement au sel fin et à grains uniformes qui a été adopté dans plusieurs pays d'Amérique du Sud et centrale - Argentine, Bolivie, Guatemala et Pérou.[55]

- **Adjonction de l'iode par égouttement :**

Ce procédé est communément utilisé pour l'iodation du sel sous forme de cristaux, ces derniers sont manuellement introduits dans une trémie qui les libère à un rythme uniforme sur un tapis roulant d'environ 35 à 40 cm de largeur et de 5,5 m de longueur, incliné sur une pente d'environ 20 degrés.[55]

- **Pulvérisation sur du sel fin :**

Grâce à son efficacité, la méthode de pulvérisation est la plus utilisée. Celle-ci consiste à la pulvérisation d'iodate de potassium en solution au sel au moment de son déversement vers une vis sans fin.[6]

Il existe d'autres méthodes d'iodation : manuelle, par submersion.

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

VI. Les contaminants du sel :

Les contaminants en grande quantité ne doivent pas être trouvés dans le sel de qualité supérieur surtout les contaminants qui peuvent nuire à la santé du consommateur. En l'occurrence, les limites maximales suivantes, ne doivent pas être dépassées: [52]

ARSENIC < 0.5 mg/kg, exprimé en As

CUIVRE < 2 mg/kg, exprimé en Cu

PLOMB < 2 mg/kg, exprimé en Pb

CADMIUM < 0.5 mg/kg, exprimé en Cd

MERCURE < 0.1 mg/kg, exprimé en Hg

Il y a des produits secondaires et des contaminants naturellement présents en quantité variable selon l'origine et le procédé de production du sel tel que le sulfate, carbonate, bromure de calcium, de potassium, de magnésium et de sodium, ainsi que du chlorure de calcium, de potassium et de magnésium.[52]

VII. Contrôle de la qualité et surveillance de la teneur en iode du sel :

La surveillance de la teneur en iode du sel est importante pour plusieurs raisons :

- ✓ S'assurer que le sel fabriqué ou importé dans un pays respecte certaines normes d'exigence statutaire.
- ✓ Veiller à ce que le sel qui rejoint le consommateur contienne de l'iode pour assurer la prévention des TDCI.
- ✓ Vérifier si un certain laxisme ne s'est pas glissé au niveau de la production ou de l'importation.
- ✓ Garantir le maintien durable du programme, et pour veiller à ce que toute déviation par rapport aux niveaux prescrits soit immédiatement signalée pour que l'on prenne des mesures.

La surveillance continue de la teneur en iode est l'un des meilleurs et des plus simples moyens de surveillance globale du programme d'élimination des TDCI lorsque l'on a opté pour l'iodation du sel comme stratégie d'intervention.[55]

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

VIII. Besoins journaliers en sel iodé :

Le sel est essentiel pour notre organisme. Il maintient l'équilibre hydrique et assure le bon fonctionnement des nerfs et des muscles. Les quantités de sel consommées varient d'un pays à l'autre et le but consiste à consommer chaque jour moins de 1500 milligrammes (mg) de sodium et c'est la quantité de sodium contenue dans 2/3 d'une cuillerée à thé de sel de table[6].

La consommation moyenne journalière en sel est de 10g, alors qu'un apport de 2g semble suffisant. En effet la principale source du sel est l'alimentation dont le pain, les laitages, les fromages, les charcuteries et les plats cuisinés.[6]

IX. Méthode de production du sel :

Le sel provient de l'eau de mer, par évaporation de manière naturelle sous l'effet du soleil ; dans les marais salants ou d'une façon industrielle par ébullition et assèchement.

Le sel obtenu par évaporation de l'eau de mer se présente sous la forme de cristaux qui retiennent un résidu d'eau, mais quand il provient d'une évaporation plus industrielle, il est pratiquement dépourvu d'eau et il est composé de tous petits cristaux semblables au sel fondu. Comme il provient de l'eau de mer, qui constitue le milieu originel de la vie organique, le sel contient lui aussi un peu de ce liquide marin si important pour les êtres vivants.[52]

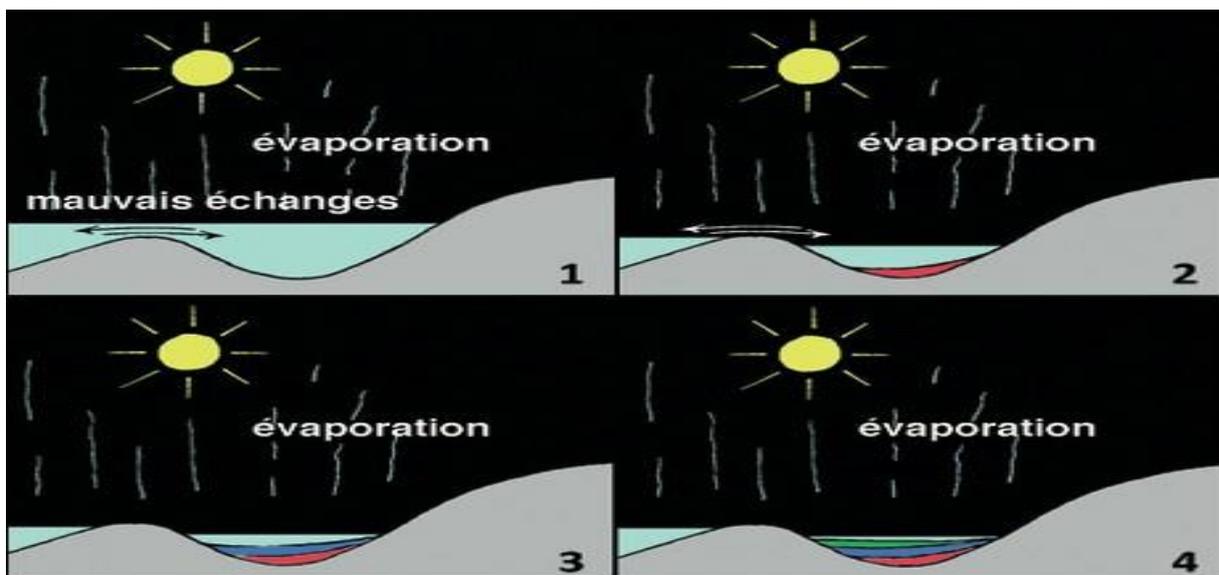


Figure 6 : La formation du sel de roche (sel de gemme) par le soleil

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

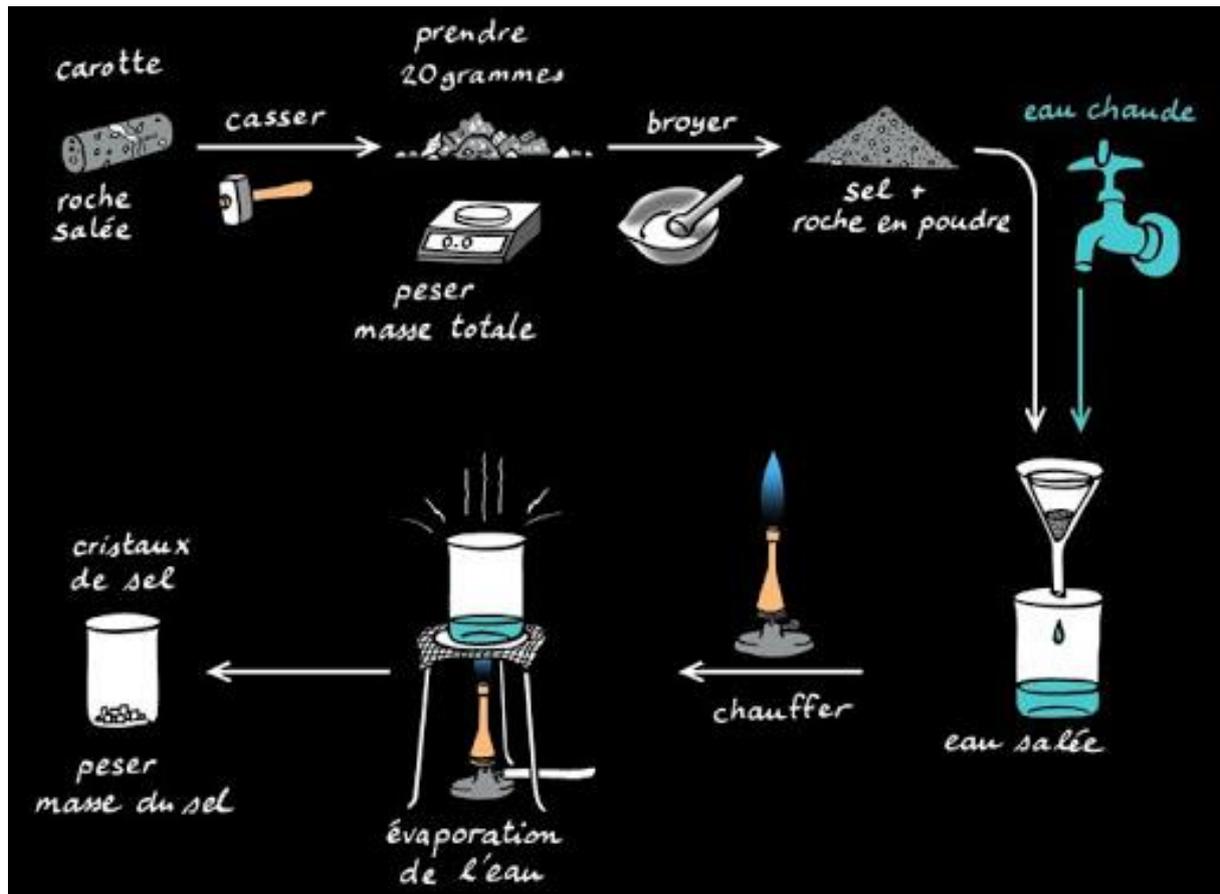


Figure 7 : L'extraction du sel d'une roche salée

Il existe deux procédés pour la récolte du sel :

IX.1-Production par procédés traditionnels :

Dans les marais salants artisanaux, la collecte du sel (figure 8) se déroule dans des cristalliseurs ou dans des condenseurs. Le sel trouvant sur le sol des cristallisoirs est très consistant et dure. Lors de la récolte, il doit être fractionné et lavé [56]. Le sel récolté est entassé sur des planches de bois à côté du bassin de cristallisoir et laissé à l'air libre pour le séchage. Ces marais, forment également la fleur de sel qui donne un sel riche en minéraux, avec un arôme particulier et une grande valeur marchande [56]. Ce sel se produit à la surface de l'eau des bassins (sel flottant) quand le volume d'eau est inférieur à la fraction 1/40 de la saumure. Il ne subit aucun traitement, il est directement conditionné et commercialisé.[33]

Le souci rencontré avec ce type de processus est la faible qualité de l'eau de mer brute, la pénétration de l'eau pré-cristallisée dans le sol des bassins, et la discontinuité du processus qui est souvent lent.[33]

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

A B



Figure 8 : production de sel dans un marais salant artisanale. A : séchage et récolte, B: à bord des cristalliseurs .[56]

La pureté de chlorure de sodium détermine sa valeur. La grande fraction du chlorure de sodium de qualité supérieure est produite à partir de mines de sodium, car les saumures extraites sont souvent plus pures que celles qui proviennent de l'eau de mer.[56]

Toutefois , le sel de mer solaire est généralement produit en grande quantité et impose une demande exponentielle dans le temps à un prix supérieur .[56] De ce fait, l'évaporation solaire dans les zones chaudes et arides est généralement considérée comme le procédé le plus rentable pour la production du sel (une méthode qui nécessite cependant une grande superficie terrestre) [56].

IX.2-Production par procédés récents :

Alors que l'évaporation solaire ne vaut pratiquement pas en termes d'énergie, les processus industriels comme la distillation à membrane, l'électrodialyse et la cristallisation sous vide coutent chères et consomment beaucoup d'énergie.[56]

La demande d'énergie par tonne de sel élaboré a été évaluée à 500–900 kWh/tonne dans les processus de traitement qui nécessitent un prétraitement par électrodialyse pour traiter la saumure des mines [56].Par ailleurs, les méthodes industrielles peuvent produire une gamme avec une qualité de produits supérieures [56]. Pratiquement, les systèmes d'évaporation et de cristallisation sous vide utilisé pour la production du sel ont le privilège dans l'obtention des cristaux purs et bien formés [56]. Étant donné que la température n'influence pas beaucoup sur

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

la solubilité du sel, la méthode de production se fait par la cristallisation et l'évaporation. Dans le cas de la production de sel de roche, l'eau est mise dans le lit de sel dans la roche.[56]

La dissolution du sel permet d'obtenir la saumure qui est directement soumise à une série de procédures de filtration et de purification. La saumure purifiée est mise dans des évaporateurs multi effets et jusqu'à ce que les noyaux commencent à apparaître, puis atteignent les tailles voulues dans les liqueurs mère, centrifugation ou filtration sépare les cristaux de la solution seront séchés par la suite.[56]

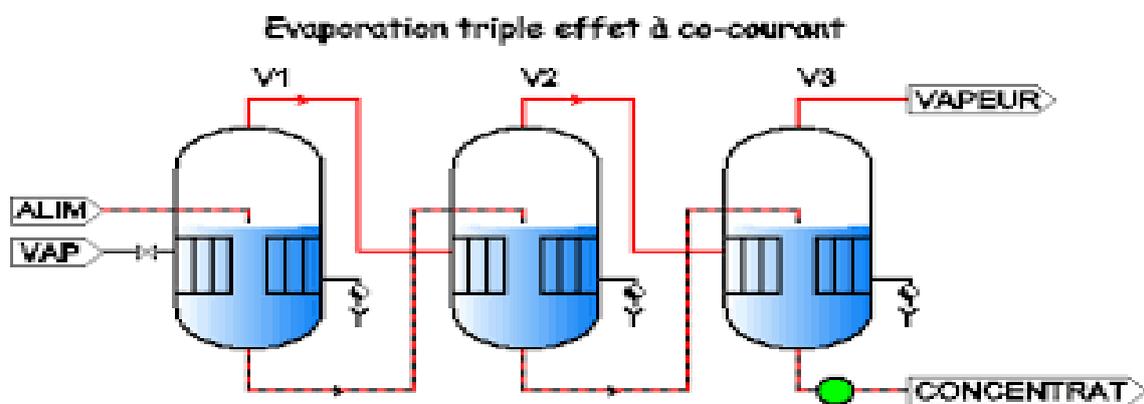


Figure 9 : évaporation triple effet à Co-courant [56]

X. Le sel en Algérie :

L'Algérie dispose de grandes réserves en sel, grâce à de son sous-sol riche en sel rocheux et aux conditions climatiques extrêmement favorables pour la formation de sel solaire dans les chotts de la plateforme saharienne, les chotts ou lacs intra montagneux du Nord, les lacs des hauts plateaux et des hautes plaines. Les gisements de sel en Algérie se distinguent en deux catégories :[56]

1-Le sel rocheux : les roches de sel gemme se trouvent au nord du pays et elles forment de nombreux gisements visibles ou cachés. Les principaux gisements sont énumérés dans le Tableau 8. Les résultats de la recherche minière approuvée par l'Entreprise Nationale de Recherche et d'Evaluation Minière (EREM), durant la période 1984-1987, ont permis d'évaluer et de certifier un potentiel de près d'un milliard de tonnes.[56]

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

Tableau 7 : les principaux gisements de sel rocheux en Algérie[56]

Lieu	Type de gisement	Réserve (million de tonnes)
Arbal (Ain Témouchent)	Diapir souterrain	260
GuergourLamri (Sétif)	Couches souterraines	263
AiNouissi (Mostaganem)	Couches souterraines	400
El Outaya (Biskra)	Diapir apparent	150
Rochet de sel (Djelfa)	Diapir apparent	120
Kerakda (El Bayadth)	Diapir apparent	45

2-Le sel solaire : Il se trouve dans des dépressions (chotts ou lacs), parfaitement séparé de la mer, au-dessous de son niveau et alimentées en sel par lessivage des terrains salifères antérieurs.[56]

Les principaux gisements rencontrés sont présentés dans le Tableau 9, on distingue ;

- a) **Les lacs intra montagneux**: Béthioua, Sidi Bouziane et OuledZouai.
- b) **Les chotts des Hauts Plateaux**: El Hodna, Zahrez Chergui et ZahrezGherbi.
- c) **Les chotts de la plateforme saharienne**: Mérrouane et Melghir.

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

Tableau 8 : Les principaux gisements de sel solaire en Algérie[56]

Lieu	Type de Gisement	Réserves (million de tonnes)
Bithioua (Oran)	Lac	7.2
Sidi Bouziane (Rélizane)	Lac	6.4
Oueld Zouai (O.E.Bouaqui)	Lac	Non évalué
El Hodnae (M'sila)	Chott	Non évalué
Zahraz Chergui et Gharbi)	Chotts	35-45
Marouan El Oued	Chott	0.8 par an
Malghir (El Oued)	Chott	0.9 par an

En tenue compte de tous ces gisements de sel solaire, les lac de Bithioua, Sidi Bouziane, Ouled Zouai et le grand chott Marouane, sont les seuls lacs salés qui font l'objet actuellement d'exploitation.[56]

Si unique soit elle, la raffinerie d'Algérie et d'Afrique 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 .[33]

XI. Le sel iodé :

L'ajout d'iode ne change ni l'aspect, ni la couleur, ni le goût du sel. La consommation quotidienne du sel iodé permet de procurer régulièrement à l'organisme les petites quantités d'iode nécessaire 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 .[7]

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

XI.1. L'iodation universelle du sel :

La meilleure disposition à prendre en compte pour la lutte contre les TDCI est l'iodation universelle du sel. Il est considéré comme l'initiative la plus adaptée et adéquate pour la fortification en iode.[33] Il a été le moyen le plus privilégié pour la supplémentation en iode dans beaucoup de pays .[6] Il englobe tous les avantages d'un moyen de prévention de masse. [22]

Tous les sels reconnus de qualité alimentaire (NaCl 97 %, poids sec, hors additifs, Codex alimentaires) peuvent être enrichis en iodures ou iodates, de sodium ou de potassium

((Na⁺ I⁻),(Na⁺,IO₃⁻),(K⁺,I⁻), (K⁺IO₃⁻)).[58] 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).[33]Les taux d'enrichissement (exprimés en composés iodés) sont très variables selon les pays, de 5 à 100 mg/kg de sel. A partir des critères de sévérité de la déficience en iode, on calcule les teneurs en iode du sel. Ces teneurs prennent en considération le déficit naturel en iode avant consommation (qualité du sel, climat, conditionnement) et sont pondérées par la consommation individuelle (estimée) de sel .[33]

Tableau 9 : Solubilité dans l'eau à 20 °C de composés pour l'iodation .[33]

Composé pour l'iodation	Solubilité dans l'eau à 20 °C (g/l)
NaIO₃	90
KIO₃	81,3
NaI	1790
KI	1270

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

XI.2. La stabilité du 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 considération les conditions d'environnement, de l'utilisation domestique usuelle.[52]

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, la présence de traces d'oxydes métalliques (de fer et de cuivre). Ces pertes peuvent être réduites et ralenties par l'utilisation d'iodates, moins solubles dans l'eau que les iodures. (Tableau 9).

Afin d'apprécier au mieux les facteurs de déperdition d'iode, une enquête scientifique au Sénégal est faite sur la stabilité d'iode en fonction de la nature du sel et l'emballage utilisé. Cette étude pour deux grands intérêts : d'une part, il est primordial que le sel iodé renferme la teneur en iode absolue recommandée par les autorités médicales afin de prévenir les troubles dues à la carence en iode. D'autre part, les producteurs doivent certifier que leurs produits répondent aux exigences établies par le gouvernement au sujet du taux d'iodation [59]. La teneur en eau détermine la stabilité de l'iode dans le sel, ainsi que l'acidité et de la pureté du sel auquel l'iode est ajouté. Pour diminuer la perte d'iode pendant le stockage, le sel iodé doit être aussi pur et sec que possible et il doit être convenablement emballé.[59]

Pour cette étude, l'intérêt a été mis sur les paramètres suivants :

- **la nature du sel**: pour ce paramètre, la stabilité de l'iode en fonction de la granulométrie et la pureté du sel a été évaluée.

- **l'emballage** : il s'agit de suggérer un nouveau modèle d'emballage au cas où l'emballage utilisé présenterait un facteur de déperdition d'iode.

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

XI.2.A. Influence de la nature du sel sur la stabilité de l'iode :

La pratique de cette méthode consiste à faire un suivi de l'iode sur trois modèles de sels iodés dont les caractéristiques sont déjà établies comme le montre le Tableau 10 ci-dessous :

Tableau 10 : Caractéristiques des types de sels utilisés pour le suivi.[59]

Type de sel Paramètre	Sel fin	Sel criblé	Sel tout venant
Teneur en NaCl (%)	100,00	100,00	100,00
Humidité (%)	2.38	0.14	3.11
Matières insolubles (%)	0.03	0.01	0.08
Oxydabilité (mg/g)	0.05	0.01	0.03
Calcium (%)	$0.65 \cdot 10^{-4}$	$0.93 \cdot 10^{-4}$	$0.79 \cdot 10^{-4}$
Teneur en iode	140.85	115.06	128.15

Les trois catégories de sels sont : le sel fin, le sel criblé et le sel tout venant. Le sel tout venant est un sel qui n'a subi aucune manipulation (lavage, raffinage, broyage, etc.) avec une granulométrie dissemblable ou variée. Le sel criblé est constitué de cristaux de taille diverse, obtenu par tamisage après broyage au moment de la production de sel fin. La procédure a été suivie pendant 3 mois (12 semaines) par intervalle d'une semaine. Pour chaque type, le sel est mis dans des sachets de 25 grammes de PP (polypropylène). Les échantillons de sel sont mis sur le marché dans des conditions similaires que ceux destinés à la vente. Chaque semaine, le dosage de l'iode a été effectué sur trois échantillons de chaque catégorie de sel, avec réalisation de l'analyse en double donc 18 analyses par semaine. [59]

L'étude a montré que le sel fin à une déperdition d'iode égale à 4,73 % ; le sel criblée 10.04% et le sel tout venant d 9.60 %.

Le taux de diminution en iode obtenu prouve que le changement de la teneur en iode est plus significatif pour le sel criblé et le sel tout venant en comparant avec le sel fin.

CHAPITRE 3 : LE SEL ALIMENTAIRE

XI.2.B. Impact de l'emballage utilisé sur la déperdition d'iode :

4 types d'emballages ont été utilisés: PEHD : polyéthylène haute densité, du PP : polypropylène conseillé pour le sel iodé, le TRIPLEX et le DUPLEX. Le TRIPLEX recommandé pour le lait en poudre, formé d'une couche de PET (polyéthylène), de PEHD plus un film métallisé. On utilise Le DUPLEX pour l'eau de javel.

La répartition est faite dans des sachets de 25 grammes pour les quatre types d'emballage. L'étude a été faite sur trois lieux : un marché à Dakar(le dosage de l'iode s'effectuait chaque semaine), un marché à Matam(le dosage s'effectuait chaque mois) et le laboratoire (le dosage s'effectuait chaque semaine) dans des conditions de température et de luminosité bien contrôlées. [59]

L'étude a conclu que la déperdition de l'iode correspondant à l'emballage en TRIPLEX est de 4,1 % ; pour l'emballage en DUPLEX est de 4.4 % ; PPHD est de 4.60% et l'emballage en PP est de 4.48%.

Cette étude a montré que durant trois mois, la variation du taux d'iode par rapport à la teneur initiale égale de 140,85 ppm n'est pas aussi importante. L'iode a conservé sa stabilité dans le sel quel que soit le type d'emballage utilisé (TRIPLEX, le DUPLEX, le PEHD et le PP).

on a conclu que le PEHD et le PP sont bien appropriés et ne causent pas la perte d'iode si ce dernier est du KIO_3 [19]. Une étude ultérieure au Cameroun a prouvé que la conservation du sel iodé se fait mieux dans la bouteille en verre qu'en plastique qui conserve mieux que le sac standard.[19] Ils ont confirmé également dans leur étude que la majorité des sels de cuisine mis dans des flacons en verre, la teneur moyenne en iode était plus élevée que celle des sels en sachet en plastique. Enfin d'autres études[60] ont affirmé que le meilleur récipient est celui fait en verre avec un couvercle adapté.

En conclusion, l'origine du sel, les impuretés, le type d'emballage et l'humidité relative sont les principaux facteurs affectant la stabilité de l'iode dans le sel iodé. [52]

PARTIE PRATIQUE

PARTIE PRATIQUE

I. Problématique:

Quelle est la teneur en iode du sel alimentaire consommé dans la wilaya de Tlemcen ? et quelle est la prévalence de la consommation du sel iodé par les ménages de cette région ?

II. Objectifs de l'étude :

1. Objectif principal :

Evaluer la teneur en iode dans le sel alimentaire consommé dans la wilaya de Tlemcen.

2. Objectif secondaire :

Déterminer la prévalence de l'utilisation du sel iodé dans la région de Tlemcen.

III. Matériel et Méthodes :

III.1. Type d'étude :

Notre étude est descriptive transversale expérimentale qui vise à évaluer la teneur de l'iode dans le sel alimentaire commercialisé et consommé au niveau de la wilaya de Tlemcen.

Nous avons commencé l'étude par l'analyse des échantillons de sel provenant du commerce ensuite on a analysé des échantillons de sel provenant des ménages.

III.2. Lieu de l'étude :

Le travail présenté dans ce mémoire s'est concentré sur l'analyse de l'iode dans le sel de table disponible dans le commerce et consommé par les ménages au niveau de la wilaya de Tlemcen. Tlemcen est une wilaya située dans le nord-ouest d'Algérie, elle a une superficie de 9 017 km² la population de la wilaya de Tlemcen est estimée à de 949 000 habitants, elle compte 20 daïras, chacune constituée de plusieurs communes pour un total de 53 communes. [61]

PARTIE PRATIQUE

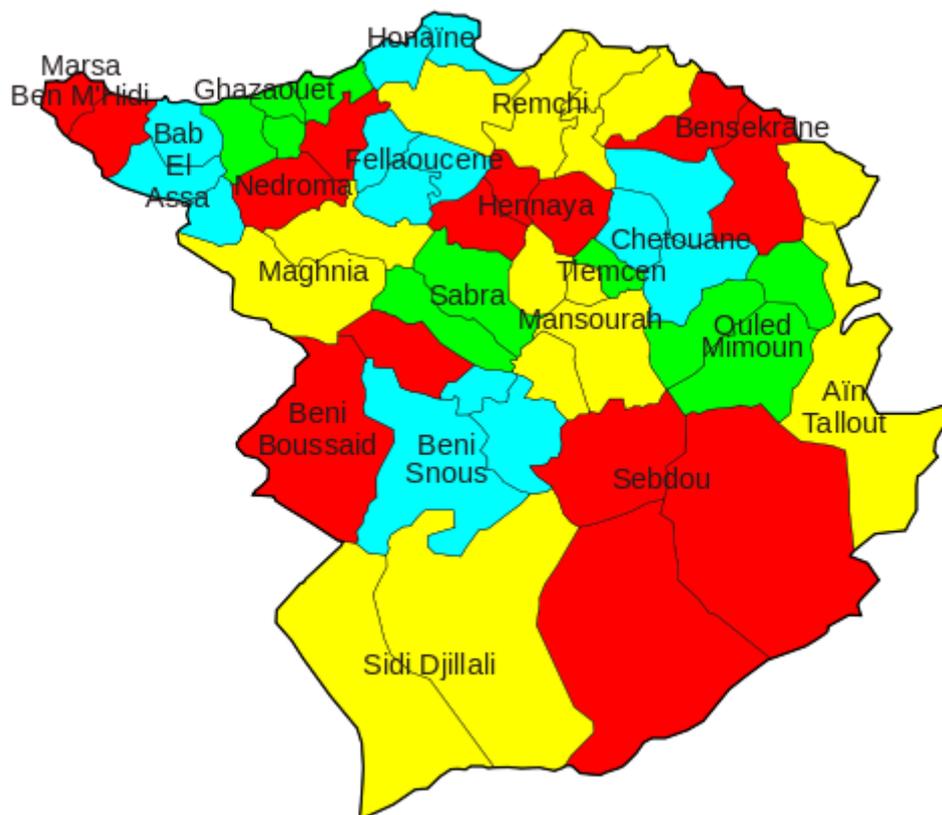


Figure 10 : La situation géographique de la wilaya de Tlemcen.

III.3. Facteur étudié :

Dans le cas de notre étude, c'est la teneur en iode dans le sel alimentaire.

III.4. Critère de jugement :

Nous avons jugé la teneur de l'iode dans le sel alimentaire en comparant la valeur trouvée avec les normes algériennes figurant dans le journal officiel. (**voir annexe 1**)

III.5. La population étudiée :

➤ Pour l'enquête menée au niveau des ménages :

• Les critères d'inclusion :

La population étudiée est celle habitant à la wilaya de Tlemcen. Nous avons collecté un seul échantillon par ménage. On a inclus les personnes qui ont gardé l'emballage du sel afin qu'ils puissent nous fournir des informations sur la marque, la date d'ouverture, la date de production et la date d'expiration.

PARTIE PRATIQUE

- **Les critères d'exclusion :**

Nous avons exclu de l'étude toutes les personnes qui ont fourni une quantité insuffisante de sel pour l'analyse, et qui ne gardent pas l'emballage du sel.

- **Pour l'enquête menée au niveau du commerce :**

Nous avons collecté des échantillons de sel correspondant à des marques différentes (un échantillon par marque). Ces derniers ont été achetés aux niveaux des magasins d'alimentation générale (vente en détail) à Tlemcen. Les lieux d'achats ont été choisis au hasard.

Au total 18 marques de sel différentes ont été recensées et analysées. La totalité des paquets achetés ont été contrôlés visuellement afin de vérifier que l'emballage était intacte, fermé et qu'il porte les différents renseignements concernant l'entreprise productrices, la date de péremption, etc.

Les échantillons ont été analysés selon la méthode iodométrique officielle qui figure dans le journal officielle de la république algérienne N° 7 du **30 janvier 2013**[62]. Le délai entre l'achat des échantillons et l'analyse est de 4 jours en moyenne.

III.6. Durée de l'étude :

L'étude s'est étendue sur 4 mois. Nous l'avons entamée le 7 Novembre 2019 et a pris fin le 12 Mars 2020.

III.7. Méthode de réalisation de l'étude :

III.7.1.Echantillonnage :

- a. Pour l'enquête menée au niveau du commerce :**

On a prélevé un échantillon par marque de sel commercialisé dans la wilaya de Tlemcen de la période allant de Novembre 2019 jusqu'au Mars 2020 ce qui nous a permis de collecter 18 échantillons correspondants à 18 marques différentes appartenant à 8 sociétés productrices différentes.

PARTIE PRATIQUE

b. Pour l'enquête au niveau des ménages :

Les échantillons sont prélevés aux niveaux des ménages de la wilaya de Tlemcen.

On a calculé la taille de notre échantillon en utilisant la formule suivante :

$$n = t^2 \times p \times (1-p) / e^2$$

Avec:

- **n** : Taille d'échantillonnage.
- **t**: 1,96 pour un niveau de confiance de 95%
- **p** : Proportion des ménages utilisant le sel iodé.

Dans notre cas $p = 9,8\%$ (qui correspond à une étude antérieure effectuée au niveau du Maroc et qui a conclu que 9,8% des échantillons analysés ont été correctement iodés) [6]

- **e** : Précision qui est de 5 %.

Selon la formule et les données ci-dessus, la taille d'échantillon minimale à prendre est de **138**.

Le nombre des échantillons collectés dans notre étude est de **167**.

Pour toucher les différentes régions de Tlemcen, nous avons choisi de charger les étudiants de la faculté de médecine de Tlemcen auxquels nous avons expliqué notre étude, et qui ont bien voulu nous apporter des échantillons de sel utilisés dans leurs ménages ou les ménages de leurs parents.

III.7.2. Prélèvement :

Se fait dans des sachets en plastique menés d'une fiche de prélèvement ou sont mentionnées les informations relative à l'échantillon du sel.

Une quantité minimale de 50g de sel a été exigée lors du prélèvement ce qui correspond à 5 cuillères à soupe. **(Voir annexe 2)**

En ce qui concerne l'enquête menée au niveau du commerce le prélèvement est constitué par le sachet (boite) de sel accompagné de fiche de prélèvement indiquant son origine.

(Voir annexe 3)

PARTIE PRATIQUE

III.7.3. Transport et Conservation :

Les échantillons de sel fermés sont transportés aussi rapidement que possible après le prélèvement et sont conservés au niveau du laboratoire d'hydro-bromatologie de la faculté de médecine de Tlemcen dans des conditions optimales de température, d'humidité et à l'abri de lumière. L'analyse est faite immédiatement après le prélèvement dès que l'échantillon est parvenu au laboratoire (on n'a pas mis un délai entre le prélèvement et l'analyse).

III.7.4. Analyse des échantillons :

La méthode utilisée pour le dosage de l'iode dans le sel est la méthode de titrage iodométrique officielle qui figure au niveau du **JORDP N° 7 du 30 janvier 2013**. [62]

(Voir annexe 4)

III.7.4. A. Matériels et Réactifs utilisés:

Tout le matériel utilisé a été soigneusement nettoyé avant chaque utilisation afin de limiter les risques d'erreur ainsi que chaque réactif a été bien conservé et renouvelé chaque mois.

Les réactifs sont préparés avec de l'eau distillée bouillie et refroidie. Celle-ci a été aussi utilisée pour réaliser les dosages.

Matériel utilisé:

- Fioles jaugées de 50, 100, 200, 250 et 1000 ml
- Ballons en pyrex de contenance 1L
- Béchers,
- Erlenmeyer,
- Burette graduée, de capacité 25ml,
- Pissettes,
- pipettes de 1ml, 2ml, 5ml, 10ml
- Capsule en porcelaine ou verre de montre,
- cristallisoirs
- Spatules en inox,
- Balance analytique de précision,
- Etuve
- Support universel.

PARTIE PRATIQUE

- barreau magnétique
- plaque chauffante

Réactifs utilisés :

- Thiosulfate de sodium anhydre ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
- Acide sulfurique pur (H_2SO_4)
- Iodure de potassium (KI)
- Iodate de potassium (KIO_3)
- Amidon
- Acide salicylique
- Cyanure de potassium (KCN)
- Eau distillée bouillie et refroidie

Préparation des réactifs : (voir annexe 4)

-Préparation de la solution mère de KIO_3 à 10g/l :

Dissoudre 10g de KIO_3 dans 1L d'eau distillée ; cette solution est utilisable pendant 1 mois.

-Préparation de la solution de dosage de KIO_3 à 0,05 g/l:

Introduire 5ml de la solution mère de KIO_3 dans une fiole jaugée de 1000ml, puis on complète avec l'eau distillée bouillie et refroidie jusqu'à trait de jauge.

-Solution de KI à 10 % :

Dissoudre 10g de KI dans une fiole de 100 ml puis on complète avec de l'eau distillée bouillie et refroidie jusqu'au trait de jauge. **Cette solution est utilisable pendant 24h.**

-Solution d'amidon à 0.25 % :

Dissoudre 2,5g d'amidon soluble dans 100 ml d'eau distillée puis on ajoute 900 ml d'eau distillée chaude et 5mg de KCN. On fait bouillir la solution pendant 5min et on ajoute 1g d'acide salicylique. On la laisse refroidir et on la conserve à l'abri de la lumière.

-Acide sulfurique 2N (H_2SO_4) :

Introduire 80ml d'eau distillée dans une fiole de 100ml puis on ajoute 5,56ml d'acide sulfurique pur et on complète à 100ml avec de l'eau distillée.

-Préparation de la solution mère de Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1M(ou 0.1N) :

dissoudre 15,811g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ anhydre dans une fiole jaugée de 1000 ml contenant un certain volume d'eau distillée et on complète à 1l avec de l'eau distillée.

PARTIE PRATIQUE

-Solution de dosage de Na₂S₂O₃ à (0,002N ou N/500) :

On met 20ml de la solution mère à 0,1N dans une fiole jaugée de 1000ml et on complète avec de l'eau distillée jusqu'à 1L.

Ces solutions sont à renouveler chaque mois.

III.7.4.B. Méthode d'analyse :

➤ Principe de la méthode de dosage :

Il s'agit d'un dosage titrimétrique.

L'iode présent dans le sel sous forme d'iodate de potassium (KI03) est converti en milieu acide et en présence d'un excès d'iodure de potassium (KI) en iode (I₂). Le (I₂) libéré (apparition de la couleur jaune dans la solution) est dosé par une solution de thiosulfate de sodium Na₂S₂O₃ de normalité connue en présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré de fin de dosage (couleur bleu-violette en présence d'I₂, incolore à l'état libre). Le point équivalent est marqué par le virage de l'indicateur coloré du bleu-violet à l'incolore.

➤ Les réactions mises en jeu :



➤ Mode opératoire: (voir annexe 4)

A. Etalonnage de la solution de thiosulfate Na₂S₂O₃ :

Dans un erlenmeyer de 1L, contenant 800ml d'eau distillée, on introduit 5ml de la solution étalon de KIO₃ à (0,05g/l), on ajoute 5ml de la solution de KI à 10% et 5ml acide sulfurique 2N. On laisse reposer pendant 5 min à l'obscurité et on ajoute 5ml de la solution d'amidon (la solution devient bleu-violette). On titre ensuite l'iode libéré par la solution de Na₂S₂O₃. Le titrage s'arrête jusqu'à la disparition de la couleur violette (point équivalent).

Deux déterminations sont effectuées pour chaque étalonnage.

Soit V = volume de Na₂S₂O₃ utilisé et N = Normalité de la solution Na₂S₂O₃.

$$\mathbf{N=0.007/V}$$

Cette procédure est faite à chaque fois qu'une solution de thiosulfate est préparée c'est-à-dire chaque mois.

PARTIE PRATIQUE

B. Dosage des échantillons de sel :

L'analyse a été entamée par la détermination des caractères organoleptiques qui sont :

- la granulométrie du sel (fin, moyen, gros)
- la couleur du sel (blanc, blanc-grisâtre, blanc-jaunâtre)
- l'aspect : la présence ou l'absence d'impuretés

Après l'examen physique des échantillons, ils sont séchés dans l'étuve pendant 45 minutes à une température de 100 °C. Une prise d'essai de 10g de chaque échantillon a été pesée et elle est dissoute dans 100ml d'eau distillée bouillie et refroidie. On ajoute ensuite les réactifs suivants :

- 1ml de la solution d'acide sulfurique 2N

- 1ml de KI à 10%. On obtient alors une coloration jaune. On bouche et on laisse reposer pendant 5min à l'obscurité. Ensuite :

-ajouter 5ml de solution d'amidon ; on obtient alors une coloration bleue

-titrer avec la solution thiosulfate jusqu'à la disparition de la couleur bleue

-noter le volume de la solution de thiosulfate nécessaire au dosage (**V1**)

-parallèlement on a fait un témoin dans les mêmes conditions sur 100ml d'eau distillée bouillie et refroidie. Soit **V2** le volume de thiosulfate nécessaire.

- pour chaque échantillon de sel on a fait **2 déterminations**.

-le volume équivalent utilisé pour le calcul de la teneur en iode dans le sel est la moyenne des 2 volumes équivalents issus des 2 déterminations.

PARTIE PRATIQUE

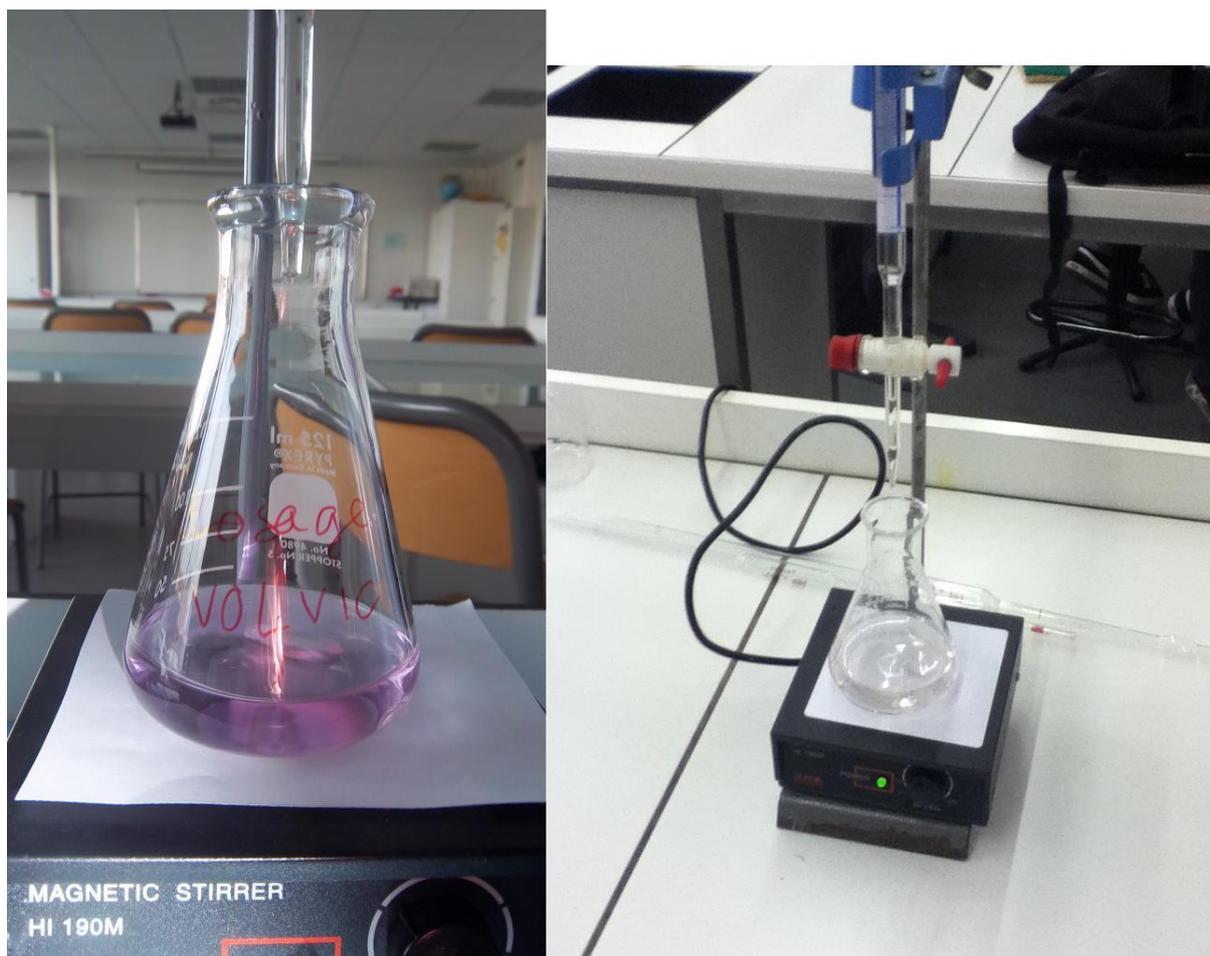


Figure 11 : changement de la couleur au point équivalent

➤ Expression des résultats :

Calcul de la teneur en iode :

$$\text{Iode (mg/kg sel) ou (ppm)} = (V1-V2) \times 4,232$$

$$\text{Iodate de potassium en (mg/Kg sel)} = (V1-V2) \times 7,1387$$

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

V2=volume de Na₂S₂O₃ nécessaire pour l'essai à blanc.

Les résultats du dosage ont été comparés aux normes fixées par la législation algérienne dans le décret exécutif n°90-40 du 30 janvier 1990 (**Annexe 1**). Ce décret stipule que: « Le sel iodé doit comporter nécessairement entre **30 et 50 ppm** d'iode ce qui correspond à une teneur en KIO₃ comprise entre **50,55 et 84,25** exprimée en mg d'iodate de potassium par kilogramme de sel.

PARTIE PRATIQUE

III.8.Traitement statistique des données :

Pour l'analyse des résultats et la présentation des données, on a utilisé le logiciel de traitement statistique **IBM SPSS version 26**. Les données quantitatives ont été présentées sous forme de moyenne \pm écart-type. Tandis que les données qualitatives ont été présentées sous forme d'effectifs et de pourcentages. Les tests statistiques appliqués ont été utilisés après avoir vérifié leurs conditions d'utilisations.

III.9.Considérations éthiques :

- Nous avons collecté les échantillons de sel des ménages après avoir expliqué le but et l'intérêt de cette étude afin d'avoir le consentement et l'accord verbal de leurs propriétaires.
- absence de conflits d'intérêt.

RESULTATS DE L'ETUDE

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.1.Résultats de l'étude menée au niveau du commerce :

18 échantillons correspondant à 18 marques différentes de sel ont été prélevés à partir des magasins de la wilaya de Tlemcen de la période allant d'octobre 2019 à Mars 2020.

IV.1.1. Description de l'échantillon selon le type d'emballage utilisé :

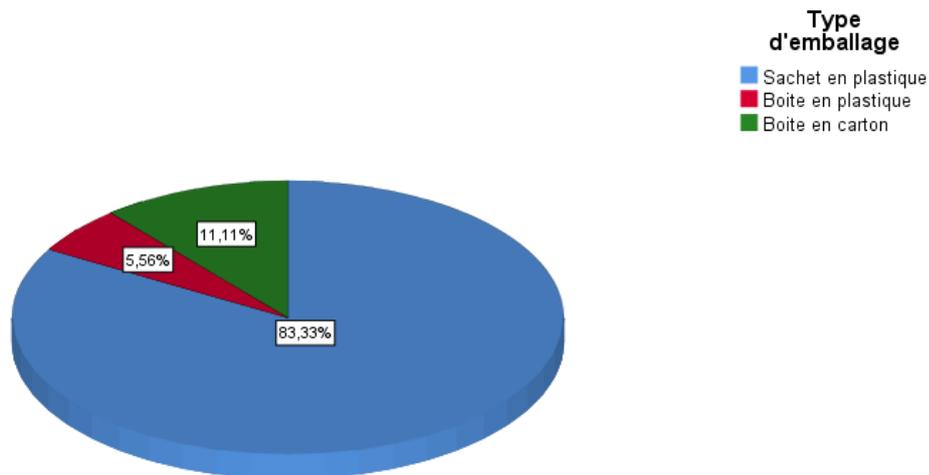


Figure12 : répartition des échantillons selon le type d'emballage utilisé

La majorité des échantillons sont emballés dans des sachets en plastique (**83,33%**). Une minorité sont emballés dans des boîtes en cartons (**11,11%**) et dans des boîtes en plastiques (**5,56 %**).

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.1.2. Description des résultats selon l'état d'emballage :

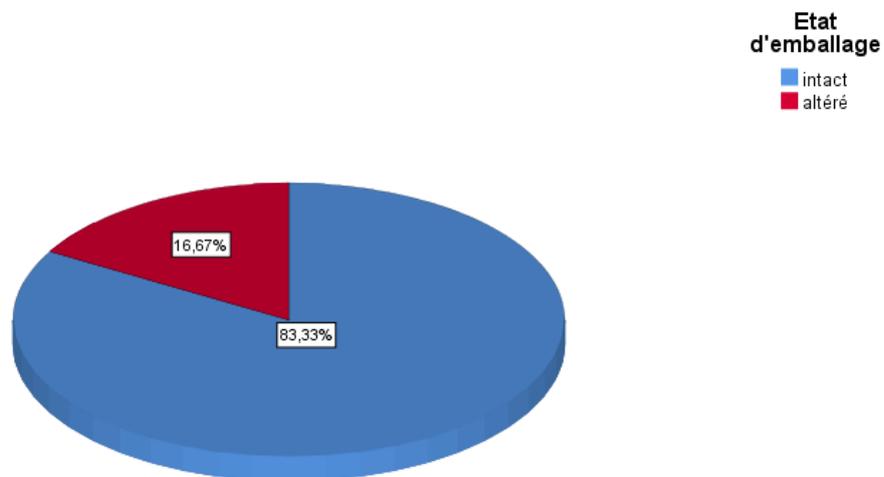


Figure 13: répartition des échantillons selon l'état d'emballage

La majorité des échantillons commercialisés ont un emballage intact (83,33 %)

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.1.3.Description des résultats de l'étude selon la teneur de l'iode trouvée :

Tableau 11 : moyenne de la teneur en iode trouvée

	Chute de burette	Teneur en iode en ppm	Teneur en iode en mg/kg de KIO ₃
Moyenne	8,49	36,51	59,96
Médiane	8,77	36,69	61,94
Mode	1,90	7,61	12,84
Ecart-type	4,02	17,02	28,73
Minimum	1,90	7,61	12,84
Maximum	17,70	74,30	125,60
Quartiles 25	6,12	25,52	43,25
50	8,77	36,69	61,94
75	10,23	42,87	72,33
90	15,18	63,79	107,64

La moyenne de la teneur en iode des échantillons collectés du commerce est de **36,51ppm**. La valeur minimale retrouvée est de **7,61 ppm**, la valeur maximale est de **74,30 ppm**. **25%** des échantillons ont une teneur inférieure à **25,52 ppm**, **50%** ont une teneur inférieure à **36,69 ppm**, **75%** ont une teneur inférieure à **42,87 ppm** et **90%** ont une teneur inférieure à **63,79 ppm**.

RESULTATS DE L'ETUDE

Tableau12 : plages de la teneur en iode des échantillons analysés

Teneur en iode en ppm	Nombre d'échantillons	Pourcentage %
0 à 10	2	11,1
10 à 20	1	5,6
20 à 30	5	27,8
30 à 40	2	11,1
40 à 50	5	27,8
50 et plus	3	16,7
Total	18	100

44,5% de nos échantillons possèdent une teneur inférieure à **30 ppm**, **38,9 %** ont une teneur comprise entre **30 et 50 ppm** et **16,7%** ont une teneur supérieure à **50 ppm**.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.1.4. Description des résultats selon la teneur en iode trouvée par société productrice :

Tableau 13 : La moyenne de la teneur en iode par société productrice

Société productrice	Type de société	Nombre d'échantillons	Pourcentage %	Moyenne de la teneur en iode en ppm
Société 1	Privée nationale	2	11,1	13,11
Société 2	Privée nationale	8	44,4	39,44
Société 3	Etatique	2	11,1	33,90
Société 4	Privée étrangère	1	5,6	38,90
Société 5	Privée nationale	1	5,6	34,49
Société 6	Privée nationale	2	11,1	52,56
Société 7	Privée nationale	1	5,6	22,00
Société 8	Privée nationale	1	5,6	29,20

La plupart des échantillons sont issus de la société 2 (8 échantillon) contre une minorité issue des sociétés : 4, 5, 7 et 8 (un seul échantillon de chaque société), trois échantillons issus de la société 3 et deux échantillons issus des sociétés 1 et 6.

La moyenne de le teneur en iode en ppm pour la société 1 est de : **13,11**

La moyenne de le teneur en iode en ppm pour la société 2 est de : **39,44**

La moyenne de le teneur en iode en ppm pour la société 3 est de : **33,90**

RESULTATS DE L'ETUDE

La moyenne de le teneur en iode en ppm pour la société 4 est de : **38,90**

La moyenne de le teneur en iode en ppm pour la société 5 est de : **34,49**

La moyenne de le teneur en iode en ppm pour la société 6 est de : **52,56**

La moyenne de le teneur en iode en ppm pour la société 7 est de : **22**

La moyenne de le teneur en iode en ppm pour la société 8 est de : **29,20**

IV.1.5. Description des résultats selon la conformité à la réglementation :

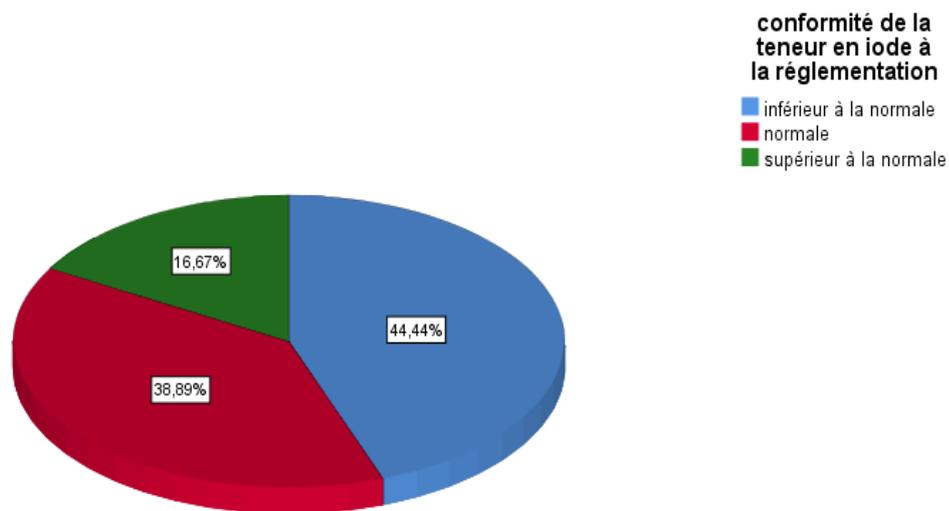


Figure 14 : pourcentage de conformité de la teneur en iode à la réglementation

Selon la réglementation algérienne, la plupart des échantillons analysés issus du commerce ont une teneur en iode inférieure à la normale avec un pourcentage de **44,44%**, le pourcentage des échantillons avec une teneur dans les normes est de **38,89%**. **16,67 %** ont un taux d'iode supérieur à la normale.

RESULTATS DE L'ETUDE

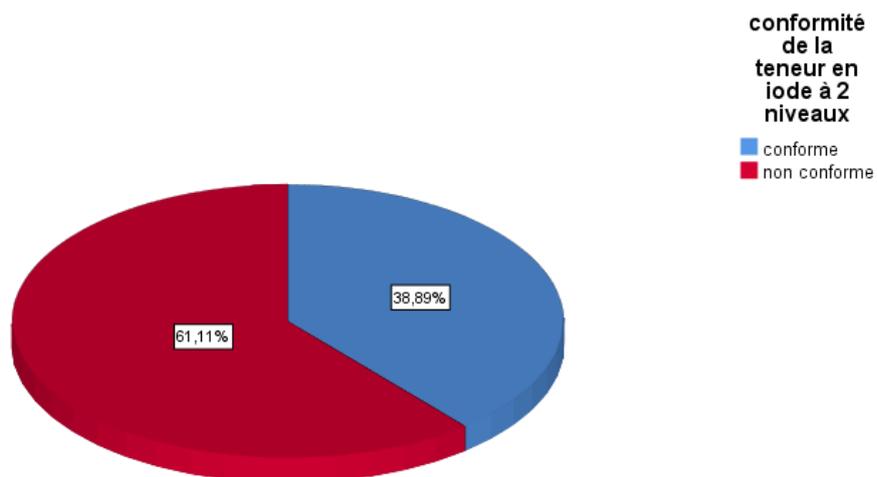


Figure 15 : conformité de la teneur en iode à la réglementation

Plus de la moitié des échantillons analysés sont non conformes avec un pourcentage de **61,11%**(soit supérieurs soit inférieurs aux normes) .**38, 89%** sont conformes.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.1.6. Description des résultats selon la conformité à la réglementation et le type de société productrice :

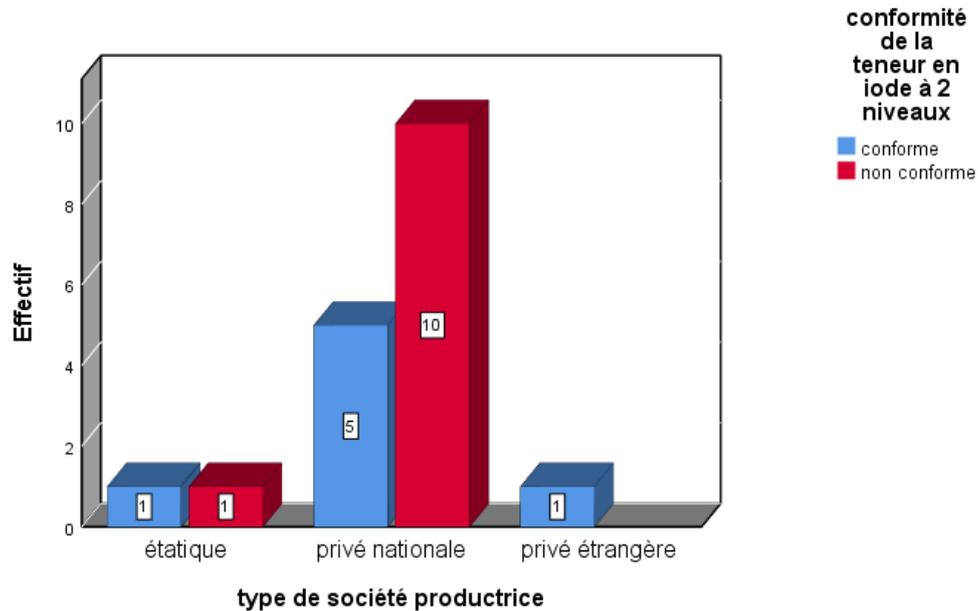


Figure16: répartition de la conformité par type de société productrice

Plus de la moitié des échantillons analysés sont issus des sociétés privées nationales et **sont non conformes (n=10)** 5 échantillons issus de ces sociétés sont **conformes**.

Pour les échantillons issus de la société étatique, **un échantillon est conforme** et **un autre non conformes**.

Pour le sel importé, tous les échantillons analysés sont **conformes**.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2. Résultats issus de l'étude menée au niveau des ménages :

IV.2.1. Description de l'échantillon étudié :

Nous avons collecté 167 échantillons de sel à travers les ménages de la wilaya de Tlemcen.

IV.2.1.1. Description de l'échantillon selon la provenance :

Tableau 14 : Répartition des échantillons selon la région de prélèvement.

Région	Nombre d'échantillons	Pourcentage %
Bab el assa	1	0,6
Bensekrane	3	1,8
Chetouane	5	3,0
Hennaya	5	3,0
Maghnia	2	1,2
Mansourah	22	13,2
Ouled Mimoun	3	1,8
Remchi	1	0,6
Sebdou	3	1,8
Tlemcen	122	73,1
Total	167	100

Les daïras de Tlemcen et Mansourah constituent la majeure partie de nos échantillons (122 pour Tlemcen et 22 pour Mansourah).

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.1.2. Description selon la société productrice :

Tableau 15 : Répartition des échantillons prélevés selon la société productrice

Société	Nombre d'échantillons	Pourcentage %
Société 1	8	4,8
Société 2	27	16,2
Société 3	72	43,1
Société 4	2	1,2
Société 9	1	6
Société 5	1	6
Société 6	40	24
Société 7	4	2,4
Société 8	12	7,2
Total	167	100

La société 3 suivie de la société 6 et la société 2 représentent la majeure partie de nos échantillons avec des pourcentages respectifs de **43,1%** ,**24%** et **16,2%**. La société 8 représente **7,2%**, les sociétés 9 et 5 représentent **6%**, la société 1 représente **4,8%**, la société 7 représente **2,4%** et la société 4 , **1, 2%**.

RESULTATS DE L'ETUDE

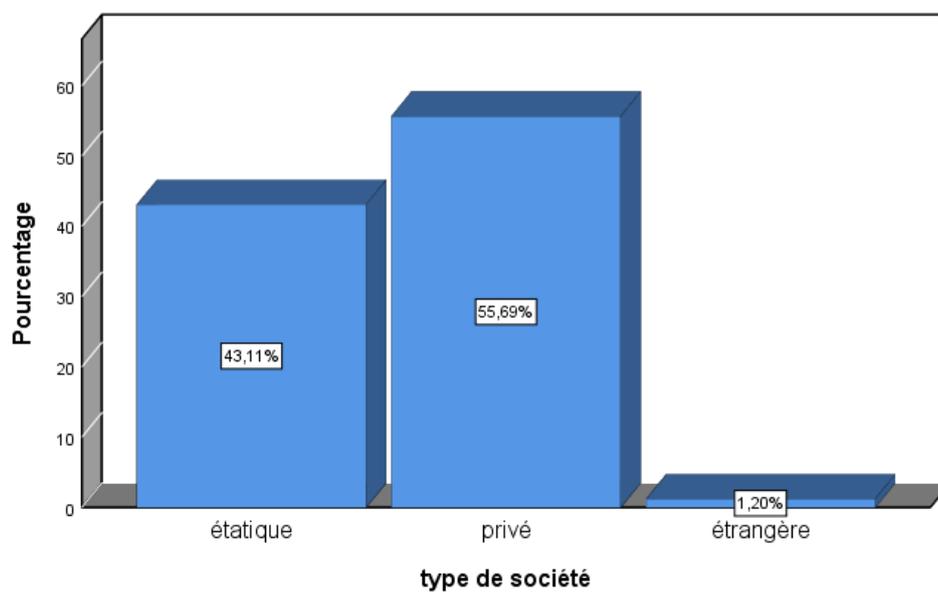


Figure 17 : répartition des échantillons selon le type de société productrice

Plus de la moitié des échantillons analysés (**55,69%**) proviennent de sociétés privées algériennes contre **43,11%** des échantillons sont fabriqués par des sociétés étatiques.

1, 20% seulement proviennent de sociétés étrangères (sel importé).

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.1.3. Description de l'échantillon selon l'emballage utilisé :

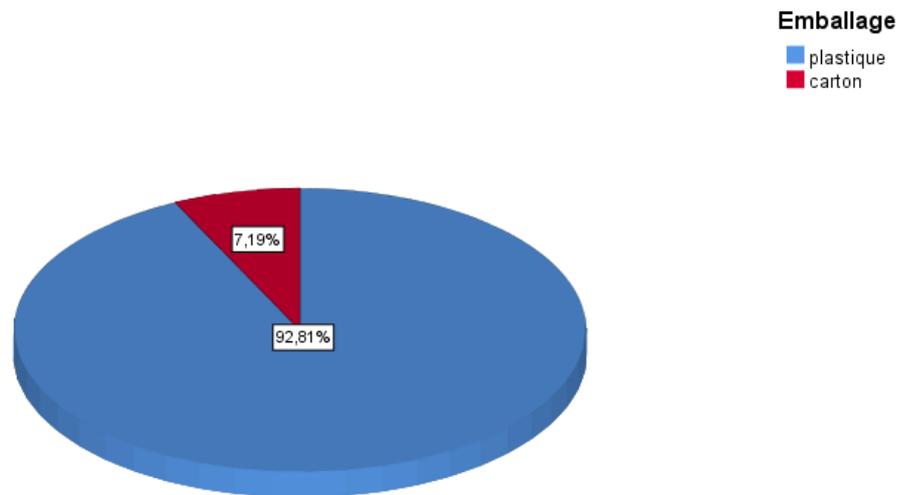


Figure 18 : répartition des échantillons selon le type d'emballage utilisé

La majorité des échantillons sont emballés dans des sachets en plastique (avec un pourcentage de **92,81%**), et une minorité sont emballés dans des cartons (avec un pourcentage de **7,19%**).

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.1.4. Description de l'échantillon selon la granulométrie du sel :

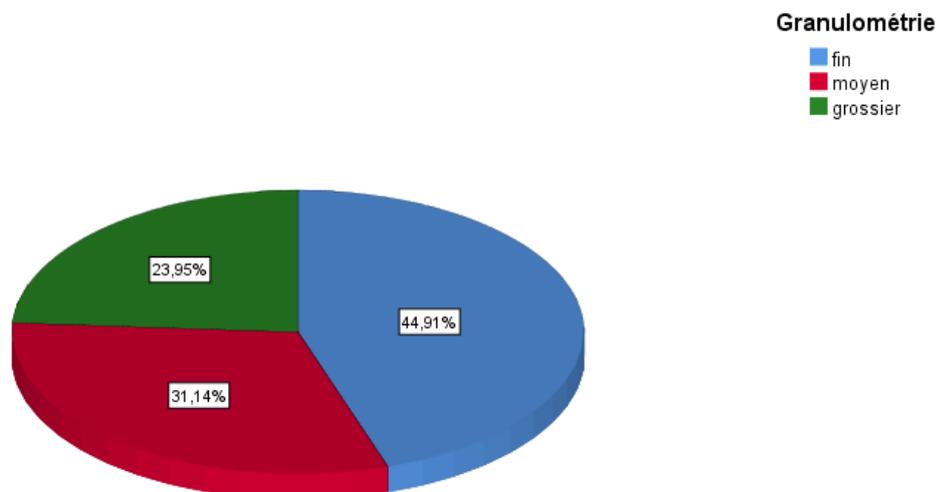


Figure 19 : répartition des échantillons selon la granulométrie

La plus grande partie de notre échantillon ($p= 44,91\%$) est un sel fin.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.1.5. Description de l'échantillon selon le mode de conservation au niveau des ménages :

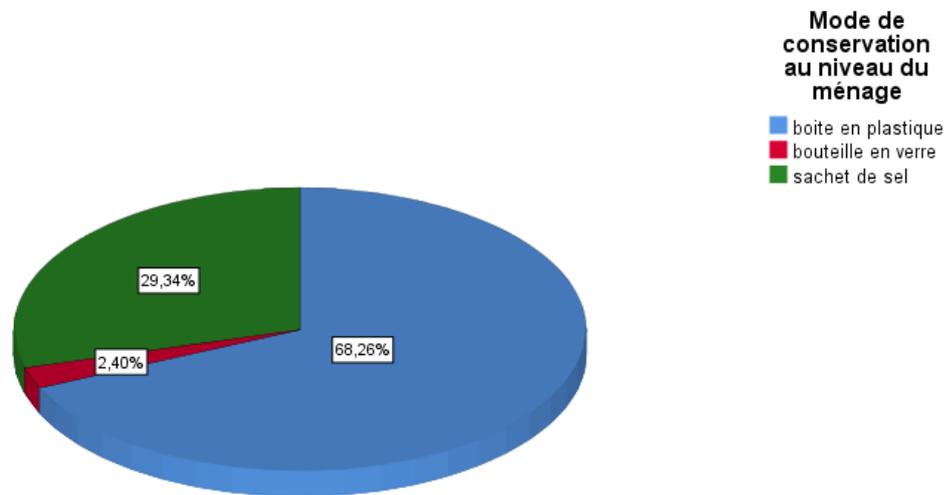


Figure 20 : répartition des échantillons selon le mode de conservation au niveau des ménages.

La plus grande partie des ménages conservent le sel dans des boites en plastique (**68,26%**) avec une minorité qui le conservent dans des bouteilles en verre (**2,4%**).

Une proportion non négligeable garde le sel dans l'emballage original (**29,34%**).

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.1.6. Description de l'échantillon selon la durée de séjour au niveau des ménages :

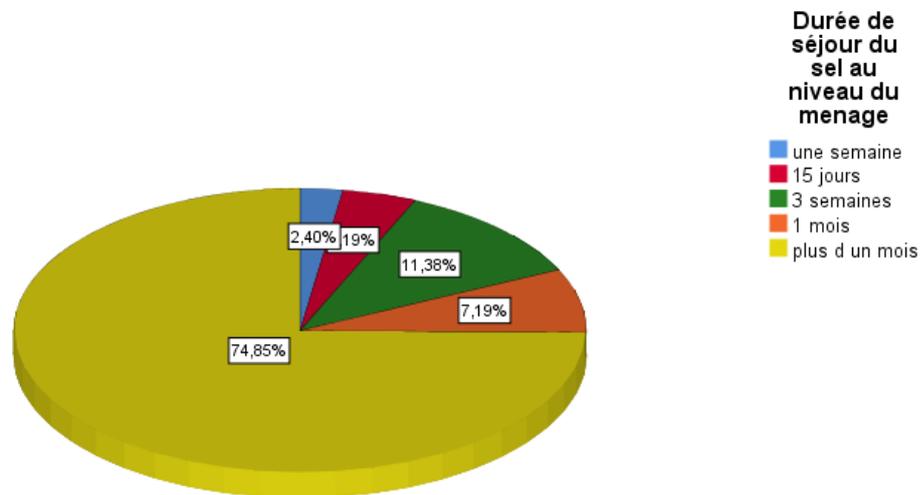


Figure 21: répartition des échantillons selon la durée de séjour au niveau des ménages

La majorité des échantillons analysés (**74,85%**) ont séjourné **plus d'un mois**, **19%** ont séjourné **15 jours**, **11,38%** ont séjourné **3 semaines**, **7,19%** ont séjourné **1 mois** et **2,4%** ont séjourné **une semaine**.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.1.7. Description de l'échantillon selon le type d'emballage utilisé et la granulométrie du sel :

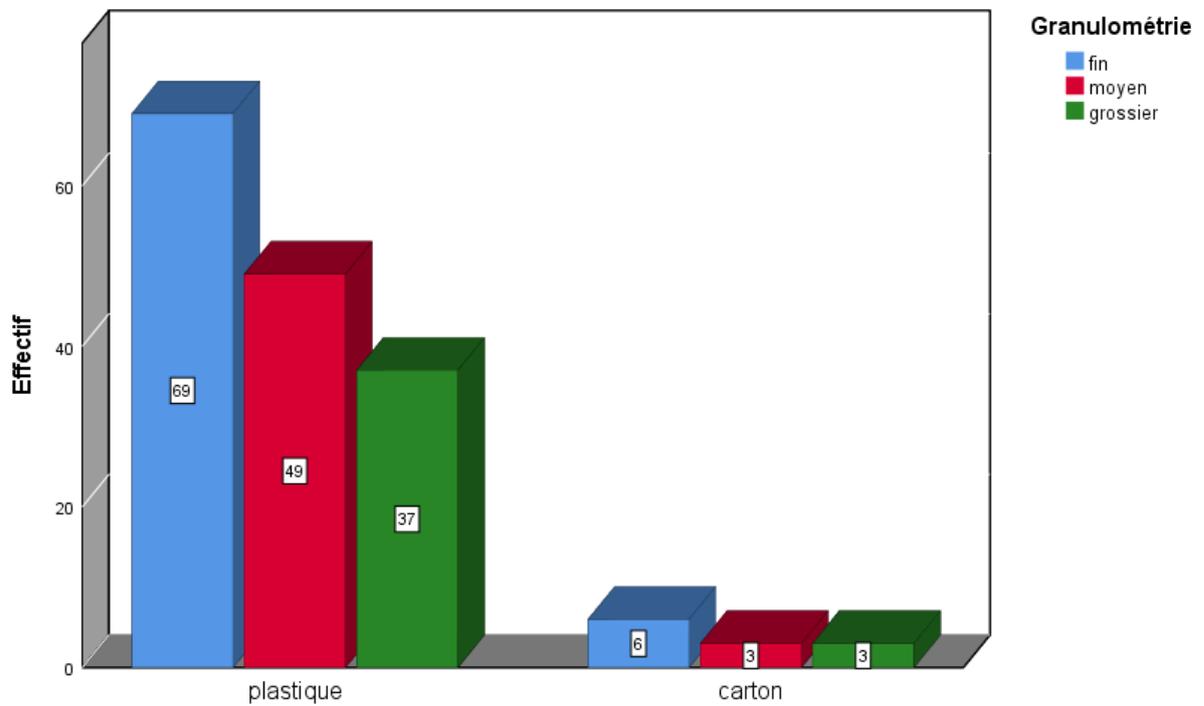


Figure 22 : répartition des échantillons selon l'emballage utilisé et la granulométrie du sel

La plus grande partie des échantillons analysés ($n=69$) étaient conservés dans des sachets en plastique et sont fins.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.1.8. Description de l'échantillon selon le mode de conservation au niveau du ménage et la granulométrie du sel :

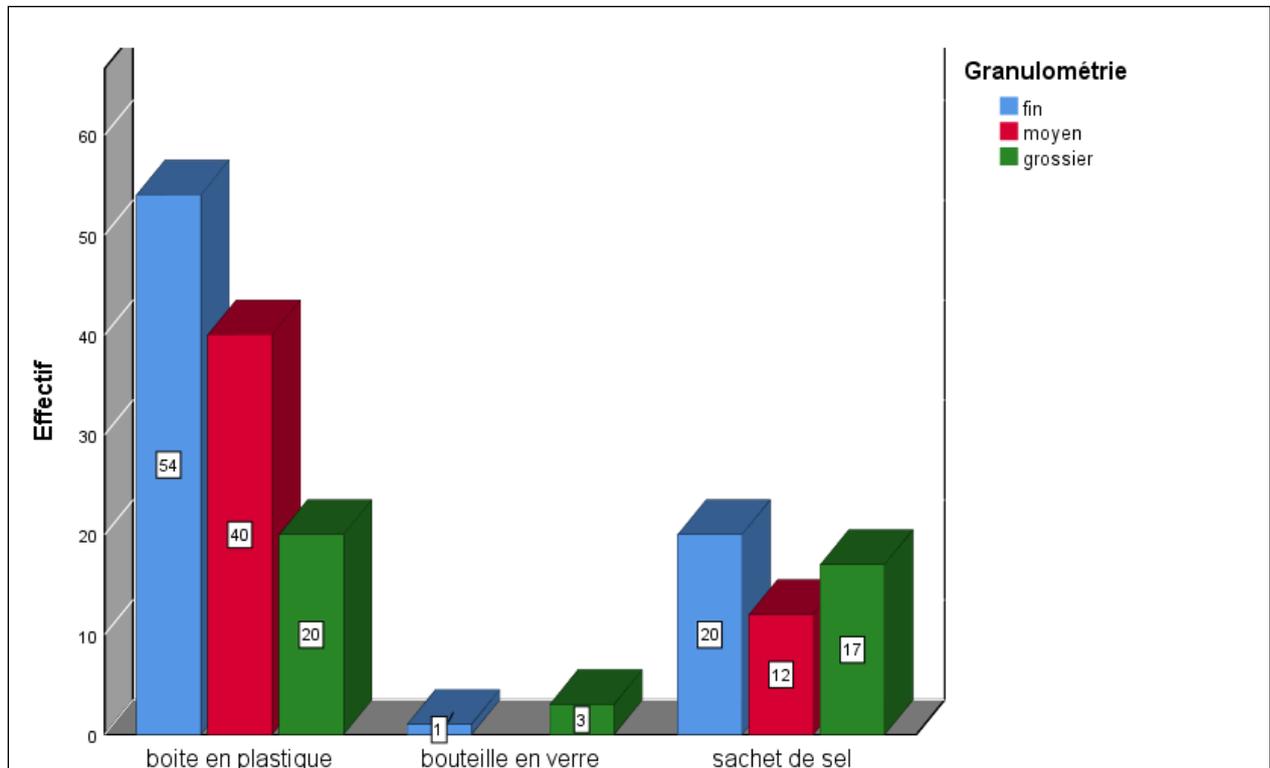


Figure 23: répartition des échantillons selon la granulométrie et le mode de conservation au niveau des ménages

La majorité des échantillons analysés étaient conservés au niveau des ménages dans des boîtes en plastiques et avaient une granulométrie fine ($n=54$) alors qu'une minorité était conservée dans des bouteilles en verre ($n=4$).

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.1.9. Description de l'échantillon selon la durée de séjour au niveau des ménages et le mode de conservation au niveau de celles-ci :

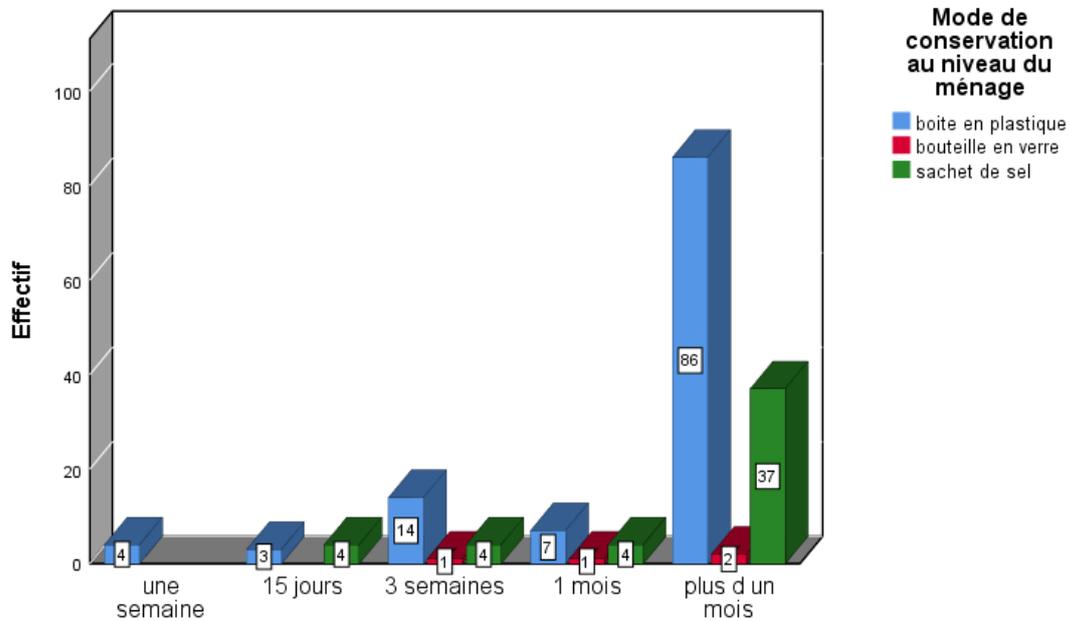


Figure 24 : répartition des échantillons selon la durée de séjour au niveau des ménages et le mode de conservation

La plupart des échantillons analysés ($n=86$) ont séjourné plus d'un mois au niveau des ménages et ont été conservés dans des boîtes en plastique.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2. Description des résultats de l'étude :

IV.2.2.1. Description des résultats selon la teneur en iode trouvée dans notre échantillon :

Tableau 16: statistiques descriptives de la teneur en iode des échantillons analysés

		chute de burette ml	Teneur en iode en ppm	Teneur en iode en mg/kg
Moyenne		8,07	34,16	57,62
Médiane		7,80	33,01	55,68
Mode		9,30	39,35	66,38
Ecart type		4,07	17,24	29,06
Variance		16,60	297,39	844,71
Minimum		0	0	0
Maximum		18,90	79,98	134,92
Percentiles	25	5,45	23,06	38,90
	50	7,80	33,01	55,68
	75	10,45	44,22	74,59
	90	13,68	57,88	97,65

La moyenne de la teneur de l'iode dans les échantillons analysés est de **34,16 ppm**, **25%** des échantillons ont une teneur inférieure à **23,06ppm**, **50%** des échantillons ont une teneur inférieure à **33,01 ppm** et **90%** des échantillons ont une teneur inférieure à **57,88ppm**. La teneur minimale en iode retrouvée est de **0ppm** par contre la valeur maximale retrouvée est **79,98 ppm**. La teneur en iode la plus retrouvée dans notre échantillon est **39,35 ppm**.

RESULTATS DE L'ETUDE

Tableau 17 : teneur en iode des échantillons de sel analysés

Teneur en iode dans le sel	Nombre d'échantillons	Pourcentage
0 à 10	13	7,8%
10 à 20	20	12%
20 à 30	39	23,4%
30 à 40	42	25,1%
40 à 50	25	15%
50 et plus	28	16,8%
TOTAL	100	100%

72 échantillons (43,2%) ont une teneur en iode inférieure à **30 ppm** avec **02 échantillons (1,2%)** qui ont une teneur nulle (**0 ppm**). **67 échantillons (40,1%)** ont une teneur comprise entre **30 et 50 ppm** et **28 échantillons (16,8%)** ont une teneur supérieure à **50 ppm**.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.2 Description des résultats selon la teneur en iode trouvée dans chaque région de prélèvement :

Tableau 18 : moyenne de la teneur en iode en ppm par région de prélèvement

Daïra de prélèvement	Moyenne de la teneur en iode en ppm
Bensekrane	33,28
Chetouane	39,32
Hennaya	22,04
Maghnia	56,49
Mansourah	33,39
Ouled Mimoun	25,52
Sebdou	24,04
Tlemcen	34,96
Bâb el Assa	32,37
Remchi	4,23

RESULTATS DE L'ETUDE

La daïra de Remchi marque la teneur la plus faible en iode retrouvée dans notre étude

(**4,23 ppm**) suivie par la daïra de Hennaya(**22,04ppm**) et celle de Sebdou (**24,04 ppm**) ensuite celle de Ouled Mimoun(**25,52 ppm**).

Par contre la daïra de Maghnia marque la teneur la plus élevée en iode (**56,49 ppm**).

IV.2.2.3. Description des résultats selon la teneur en iode trouvée par société productrice :

Tableau 19: moyenne de la teneur en iode en ppm par société productrice

Nom de société productrice	Moyenne de la teneur en iode en ppm
Société 1	34,96
Société 2	32,77
Société 3	36,41
Société 4	49,29
Société 6	30,71
Société 7	33,37
Société 5	34,70
Société 9	47,82
Société 8	31,37

Les moyennes de la teneur en iode retrouvées pour chaque société productrice varient entre **30 et 50 ppm**.

RESULTATS DE L'ETUDE

Tableau 20 : La teneur moyenne en iode en ppm selon le type de la société

Type de société	Teneur en iode moyenne ppm
Etatique	36,41
Privée algérienne	32,10
Etrangère	49,29

Le sel provenant des sociétés étrangères (sel importé) a la teneur en iode la plus importante : **49,29ppm** suivi de celui provenant des sociétés étatiques (**36,41ppm**) et en dernier lieu viennent les sociétés privées algériennes avec une teneur moyenne de **32,10 ppm**.

IV.2.2.4. Description des résultats selon la teneur en iode trouvée pour chaque type d'emballage utilisé :

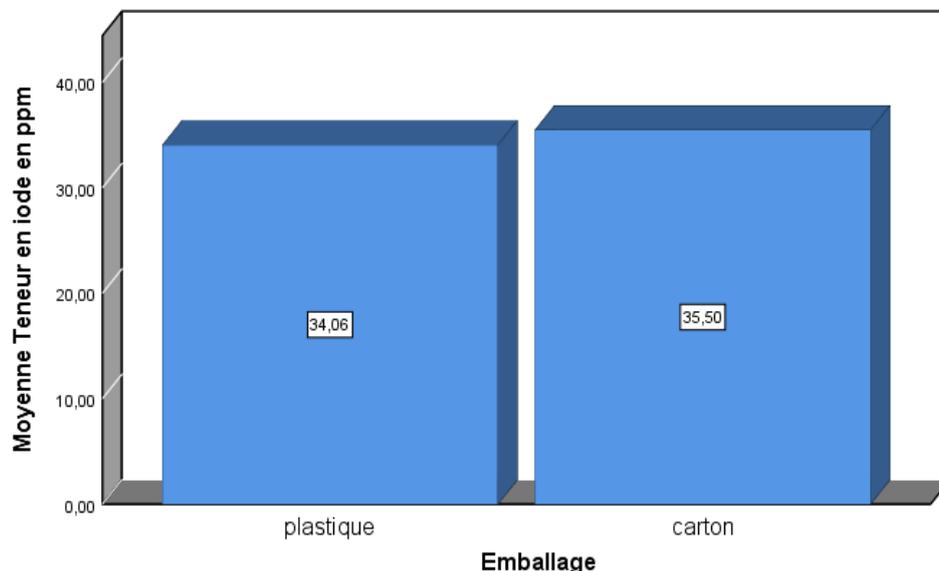


Figure 25 : moyenne de la teneur en iode en ppm par type d'emballage

La teneur moyenne de l'iode pour le sel emballé en carton est légèrement supérieure à celle retrouvée pour le sel emballé en plastique.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.5. Description des résultats selon la teneur en iode trouvée pour chaque granulométrie :

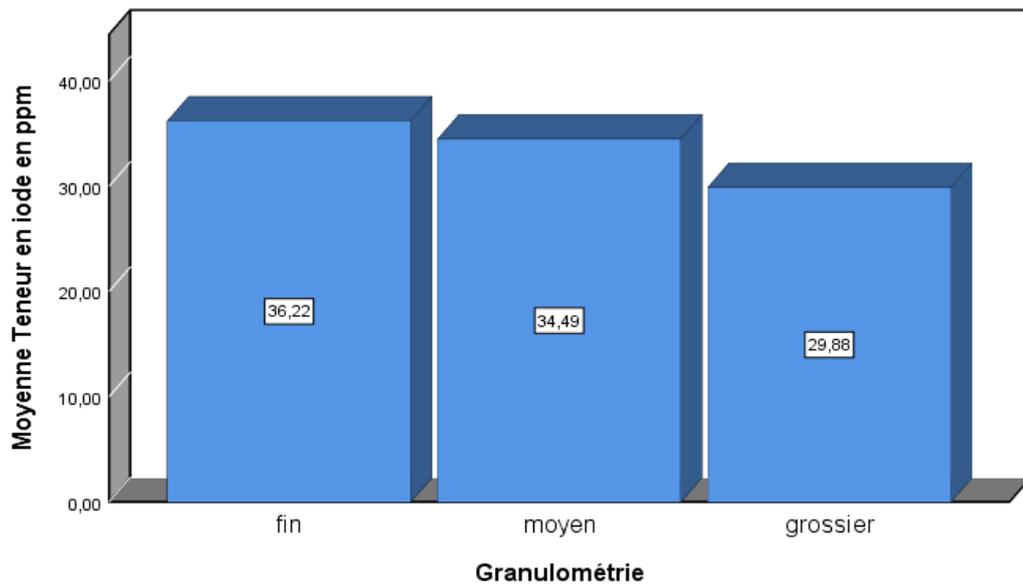


Figure 26 : moyenne de la teneur en iode en ppm par granulométrie

Les échantillons de sel fin ont la teneur en iode la plus élevée (**36,22ppm**) suivis de ceux de granulométrie moyenne (**34,49ppm**) et en dernier lieu les échantillons de granulométrie grossière (**29,88 ppm**).

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.6. Description des résultats selon la teneur en iode trouvée pour chaque mode de conservation au niveau des ménages :

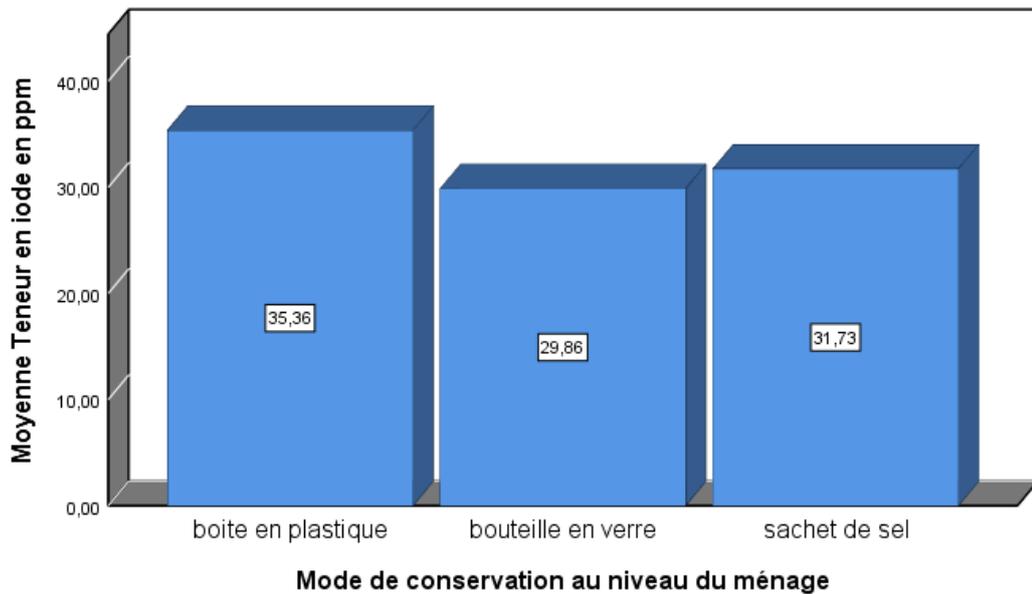


Figure 27 : moyenne de la teneur en iode en ppm par mode de conservation au niveau des ménages

Les échantillons qui sont conservés dans des boîtes en plastique ont la teneur en iode la plus élevée (**35,36ppm**) suivis de ceux qui sont conservés dans les sachets de sel (**31,73ppm**) et en dernier lieu ceux qui sont conservés dans des bouteilles en verre (**29,86ppm**).

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.7. Description des résultats selon la teneur en iode trouvée pour chaque durée de séjour au niveau des ménages :

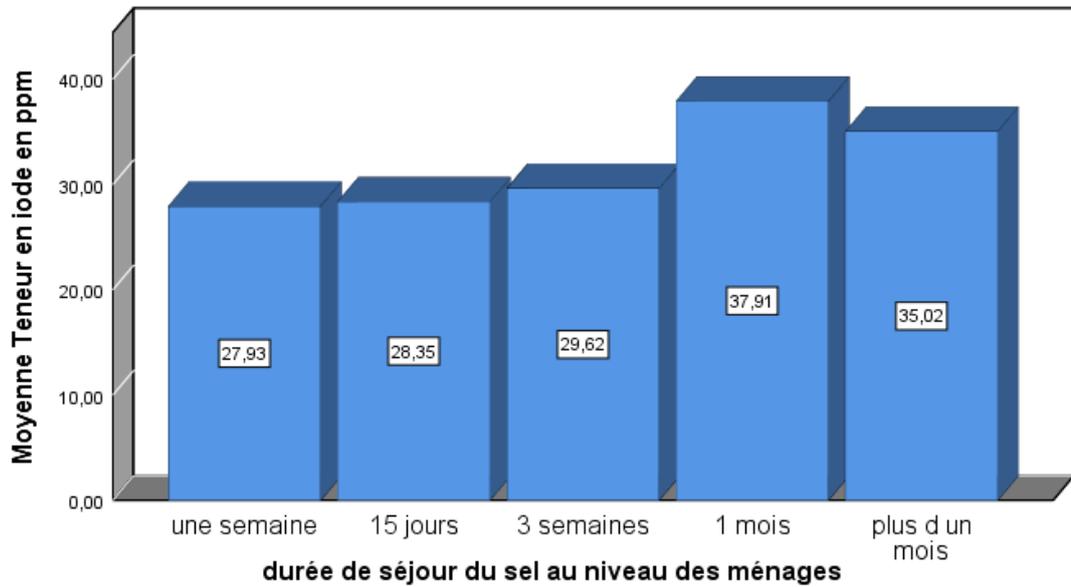


Figure 28 : moyenne de la teneur en iode en ppm par durée de séjour au niveau des ménages.

Les échantillons qui ont séjourné au niveau des ménages pendant un mois ont la teneur en iode la plus élevée (**37,91ppm**) alors que les échantillons qui ont séjourné une semaine ont la teneur en iode la plus faible (**27,93ppm**).

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.8. description des résultats selon la teneur en iode trouvée en fonction de la durée de séjour et le mode de conservation au niveau des ménages :

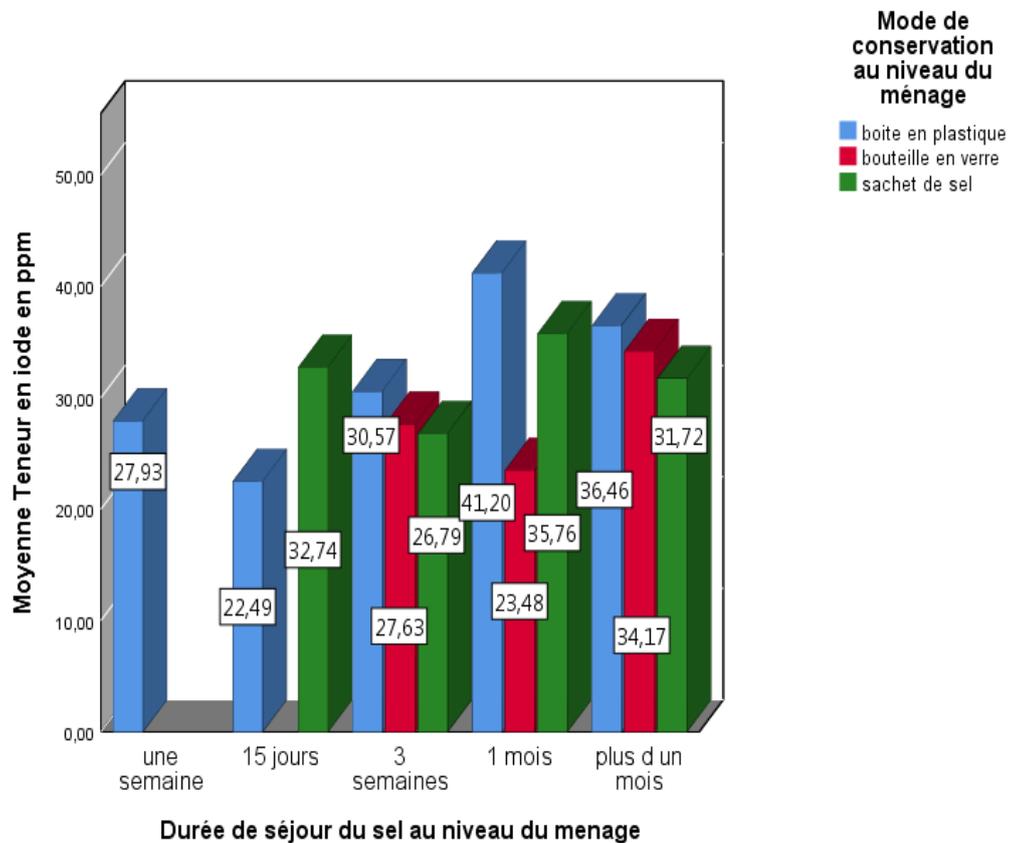


Figure 29: moyenne de la teneur en iode en ppm par durée de séjour et par mode de conservation au niveau des ménages.

Les échantillons qui ont séjourné pendant **une semaine**, ont été tous conservés dans des boites de plastiques au niveau des ménages et leur teneur moyenne en iode est de **27,93ppm**.

Pour les échantillons qui ont séjourné **15 jours au niveau des ménages**, ils ont été conservés soit dans des boites en plastique soit dans leur sachets initiaux de conditionnement. Leurs teneurs moyennes en iode sont respectivement **22,49ppm** et **32,74ppm**.

Pour les échantillons qui ont séjourné pendant **3 semaines au niveau des ménages**, ils étaient conservés dans des boites en plastique, dans des bouteilles en verre ou dans leurs sachets de conditionnements. Leurs teneurs moyennes en iode sont respectivement **30,57ppm**, **27,63ppm** et **26,79ppm**.

RESULTATS DE L'ETUDE

Pour les échantillons qui ont séjourné pendant **1mois** au niveau des ménages, on voit qu'ils ont été conservés dans des boites en plastique, dans des bouteilles en verre et dans leurs sachets de conditionnements. Leurs teneurs moyennes en iode sont respectivement **41,20ppm, 23,48ppm et 35,76ppm**.

Quant aux échantillons qui ont séjourné **plus d'un mois** au niveau des ménages, ils ont été conservés dans des boites en plastique, dans des bouteilles en verre et dans leurs sachets de conditionnements. Leurs teneurs moyennes en iode sont respectivement **36,46ppm, 34,17ppm et 31,72ppm**.

IV.2.2.9. Description des résultats selon la teneur en iode trouvée en fonction de l'emballage utilisé et la granulométrie du sel :

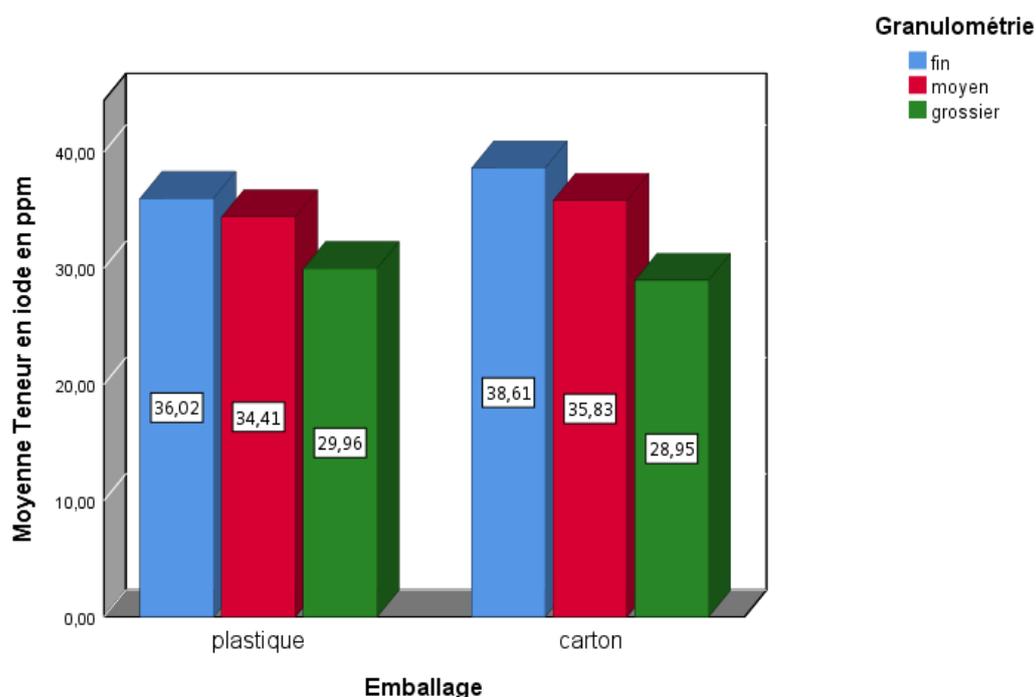


Figure30: moyenne de la teneur en iode en ppm par emballage et par granulométrie.

Pour les échantillons qui ont été emballés dans des sachets en plastique, la teneur moyenne en iode est de **36,02ppm** pour le sel fin, **34,41ppm** pour le sel moyen et **29,96ppm** pour le sel grossier.

Pour les échantillons qui ont été emballés dans des boites en carton, la teneur moyenne en iode est de **38,61ppm** pour le sel fin, **35,83ppm** pour le sel moyen et **28,95ppm** pour le sel grossier.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.10. Description des résultats selon la teneur en iode trouvée en fonction du mode de conservation et la granulométrie du sel :

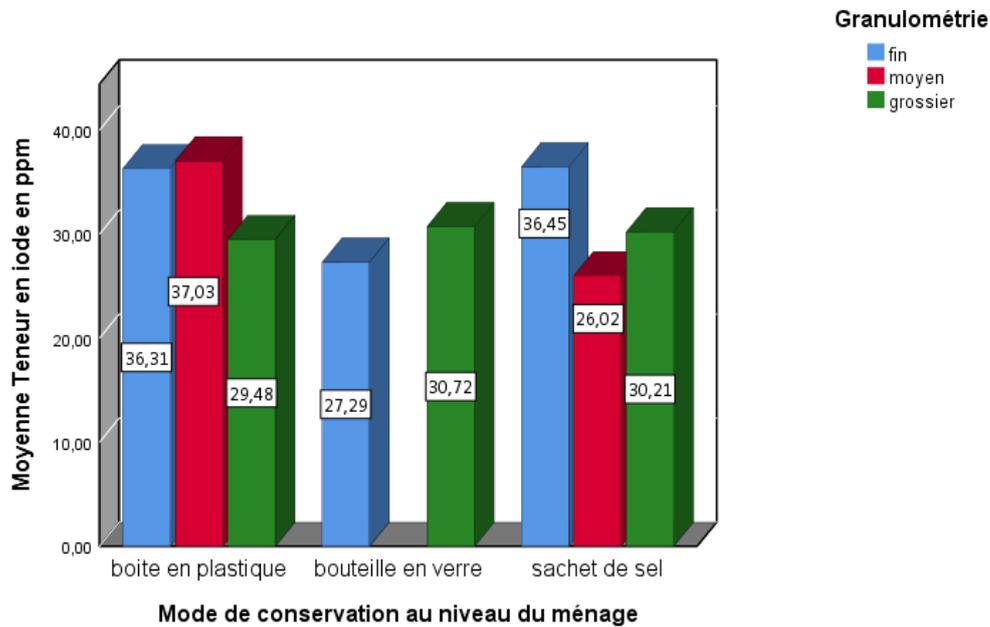


Figure 31 : moyenne de la teneur en iode en ppm par mode de conservation au niveau des ménages et par granulométrie

Pour les échantillons qui ont été conservés dans des boîtes en plastique au niveau des ménages, la teneur moyenne en iode est de **36,31ppm** pour le sel fin, **37,03** pour le sel moyen et **29,48ppm** pour le sel grossier.

Pour les échantillons qui ont été conservés dans des bouteilles en verre, la teneur moyenne en iode est de **27,29ppm** pour le sel fin et **30,72ppm** pour le sel grossier.

Pour les échantillons qui ont été conservés dans leurs sachets de sel, la teneur moyenne en iode est de **36,45ppm** pour le sel fin, **26,02ppm** pour le sel moyen et **30,21ppm** pour le sel grossier.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.11. Description des résultats selon la teneur en iode trouvée en fonction du mode de conservation au niveau des ménages et l'emballage utilisé :

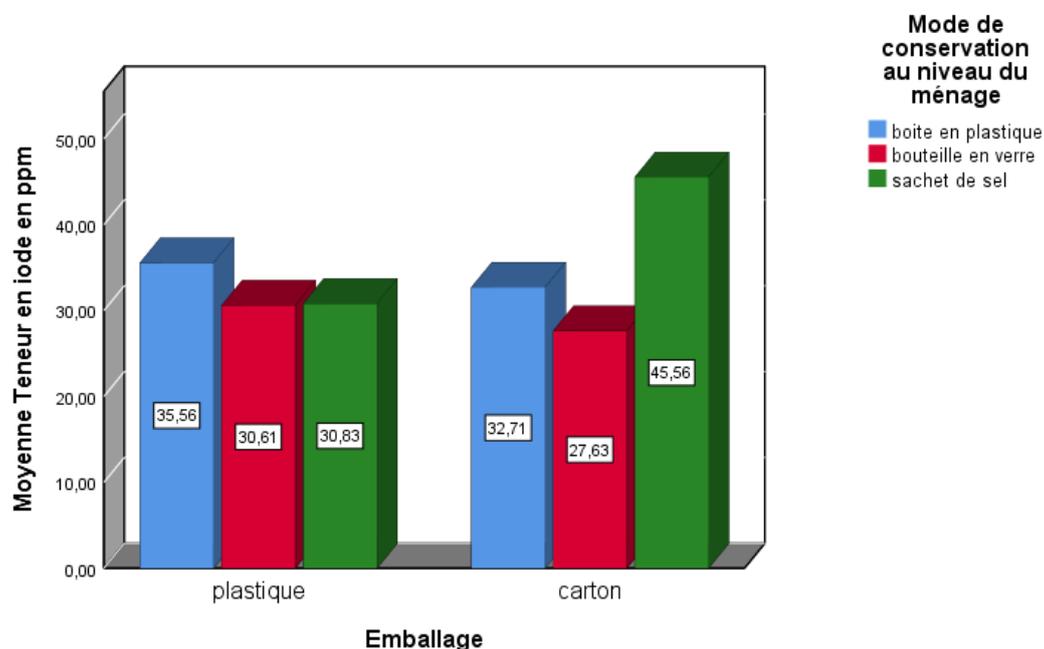


Figure 32: moyenne de la teneur en iode en ppm par emballage et par mode de conservation au niveau des ménages.

Pour les échantillons qui ont été conservés au niveau des ménages dans des boites en plastiques la teneur moyenne en iode était plus élevée pour le sel dont l'emballage original est en plastique par rapport au sel dont l'emballage original est en carton. La même remarque est faite pour le sel conservé dans des boites en verre. Par contre, pour le sel conservé dans le sachet original, la teneur moyenne en iode était plus élevée pour le sel dont l'emballage initial était en carton par rapport à celui dont l'emballage original était en plastique.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.12. Description des résultats selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation :

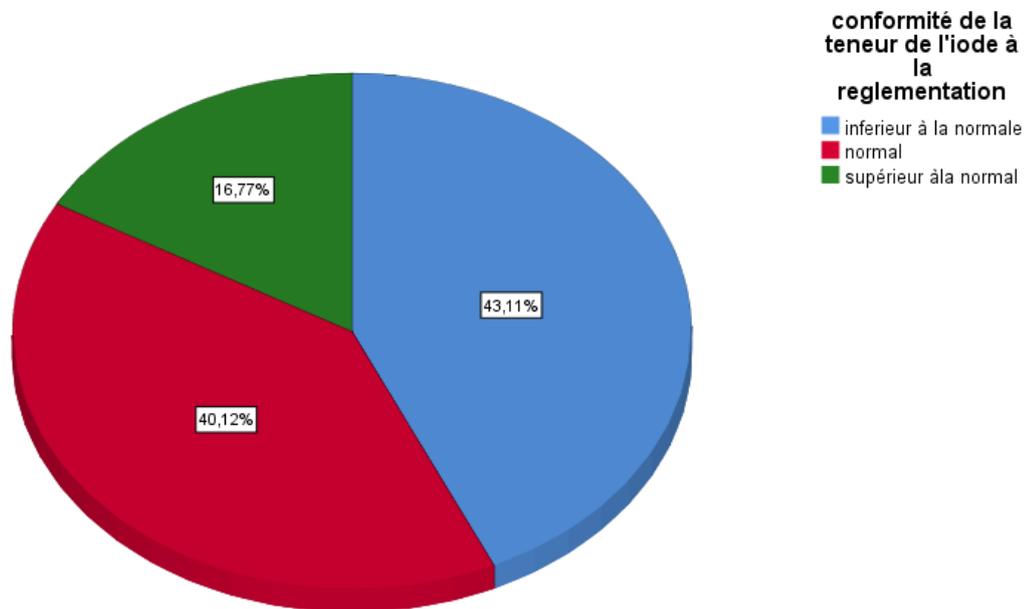


Figure 33 : pourcentage de conformité de la teneur en iode à la réglementation

Selon la réglementation algérienne, on remarque que **40,12%** des échantillons analysés ont une teneur en iode comprise dans **l'intervalle normal**, **16,77%** des échantillons analysés ont une teneur en iode **supérieure à la normale** et **43,11%** des échantillons analysés ont une teneur en iode **inférieure à la normale**.

RESULTATS DE L'ETUDE

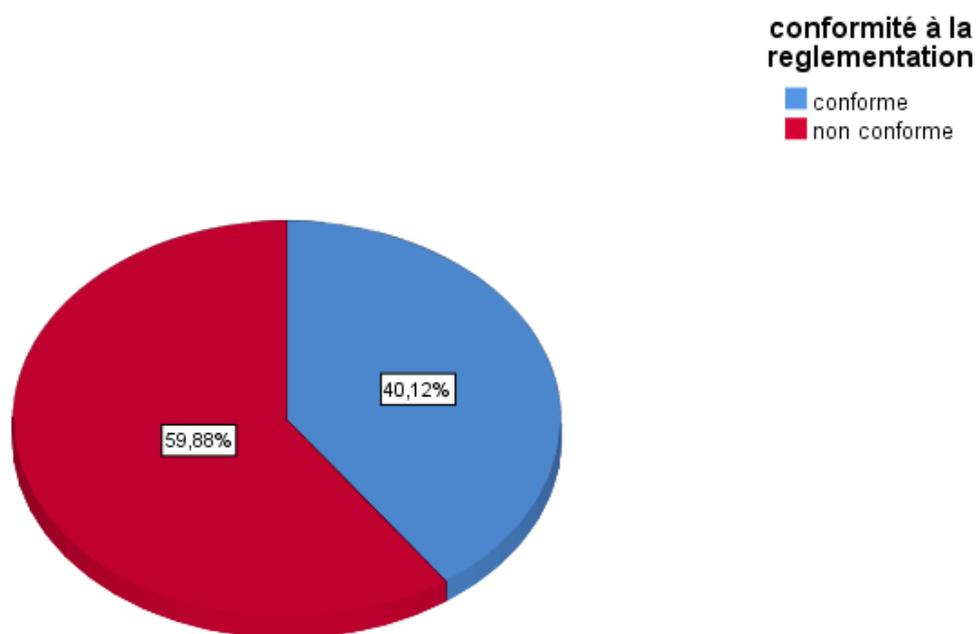


Figure 34 : pourcentage de conformité de la teneur en iode à la réglementation

40,12% des échantillons sont conformes à la réglementation et **59,88%** des échantillons sont non conformes (soit inférieurs à la normale soit supérieurs à la normale).

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.13. Description des résultats selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et l'emballage :

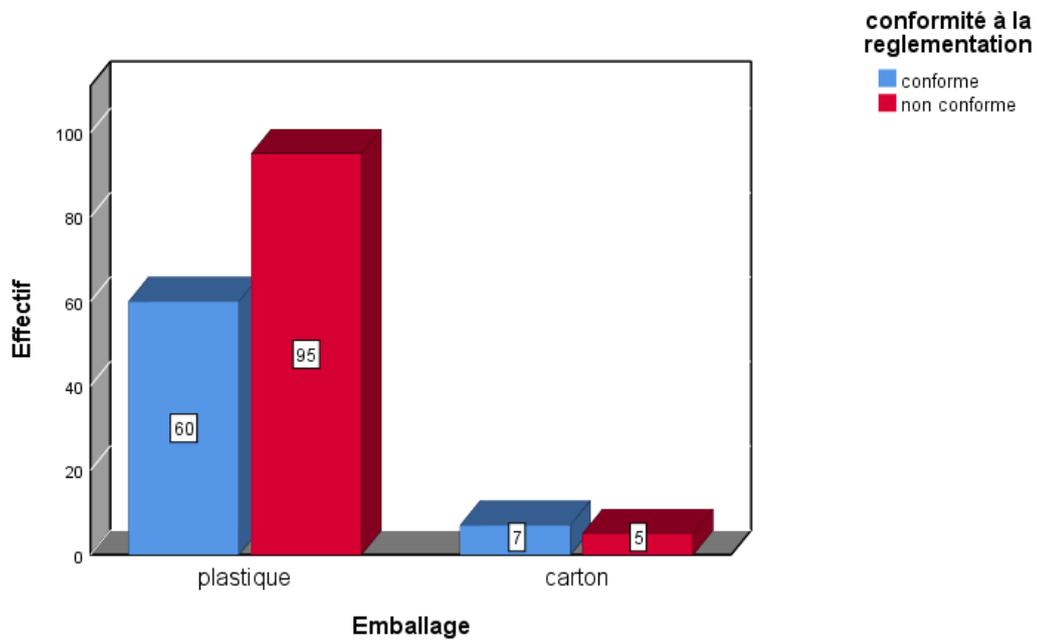


Figure 35 : répartition des échantillons selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et l'emballage.

Le nombre d'échantillons non conformes est plus important pour le sel emballé en plastique que pour le sel emballé en carton(**95 contre 5**).

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.14. Description des résultats selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et la granulométrie du sel :

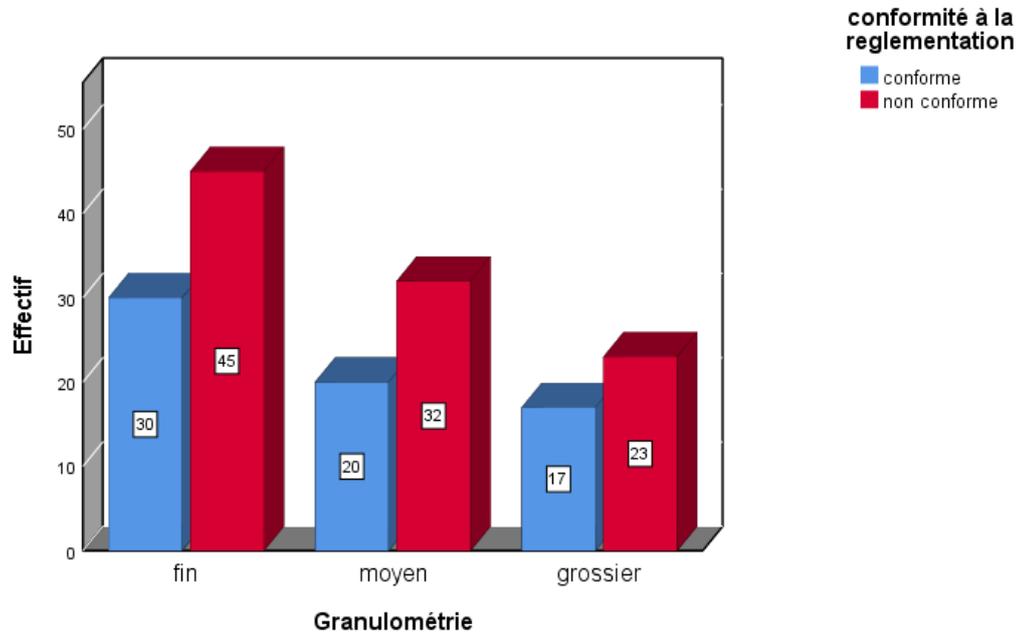


Figure 36: répartition des échantillons selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et la granulométrie.

Parmi les échantillons non conformes : **45** sont du sel fin, **32** sont du sel moyen et **23** sont du sel grossier.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.15. Description des résultats selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et le mode de conservation au niveau des ménages :

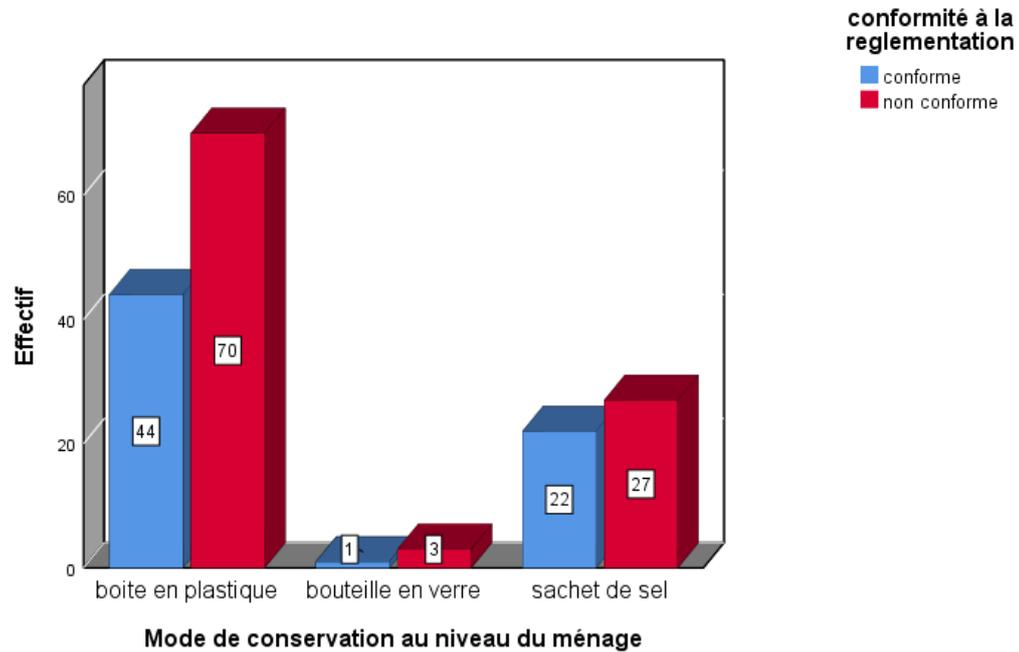


Figure 37: répartition des échantillons selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et le mode de conservation au niveau des ménages

Parmi les échantillons non conformes : **70** ont été conservés dans des boites en plastiques, **3** dans des bouteilles en verre et **27** dans le sachet de sel original.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.16. Description des résultats selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et la durée de séjour au niveau des ménages :

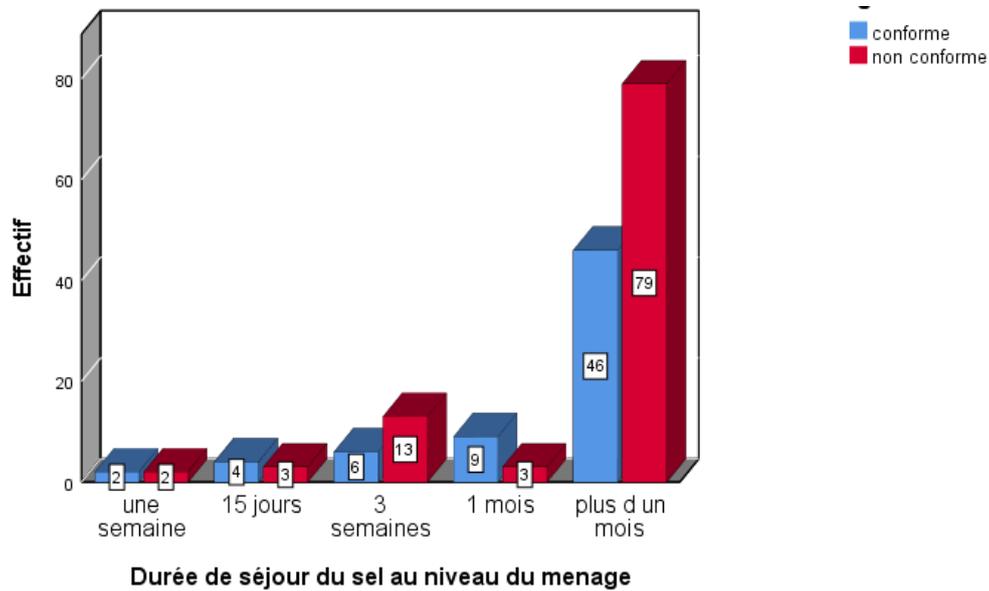


Figure 38: répartition des échantillons selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et la durée de séjour au niveau des ménages

Parmi les échantillons non conformes, **2** ont séjourné 1 semaine au niveau des ménages, **3** ont séjourné 2 semaines, **13** trois semaines, **3** un mois et **79** plus d'un mois.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.17. Description des résultats selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et la région de prélèvement :

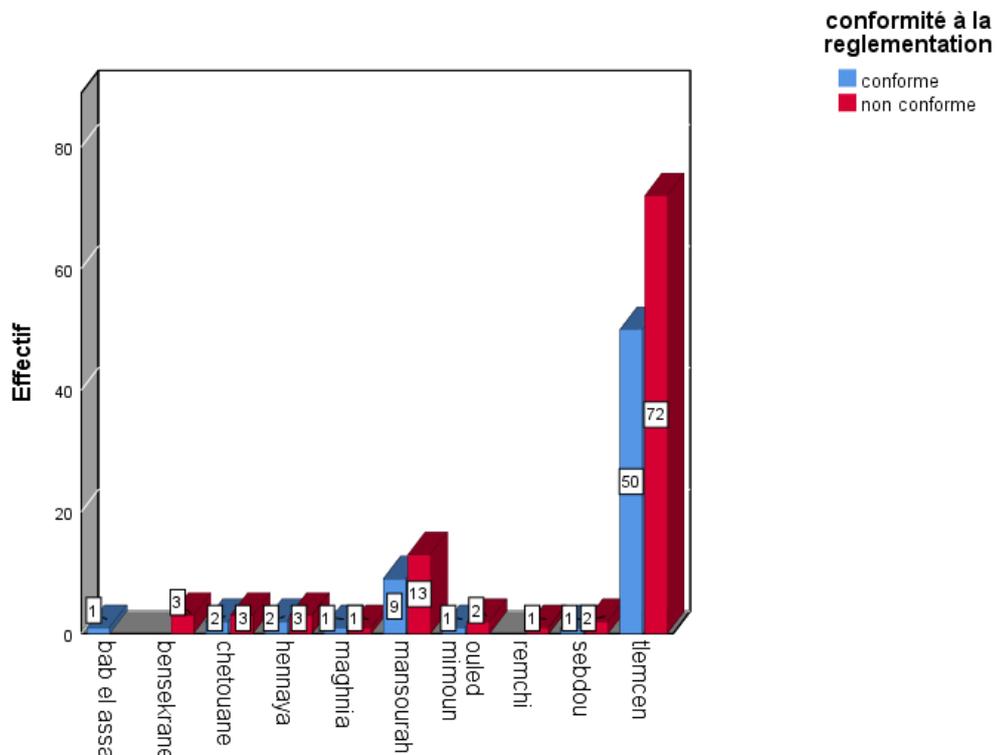


Figure 39 : répartition des échantillons selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et la région de prélèvement

La non-conformité se concentre surtout dans la daïra de Tlemcen (**72 échantillons**) suivie de la daïra de Mansourah (**13 échantillons**).

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.2.18. Description des résultats selon la conformité de la teneur en iode à la réglementation et la société productrice:

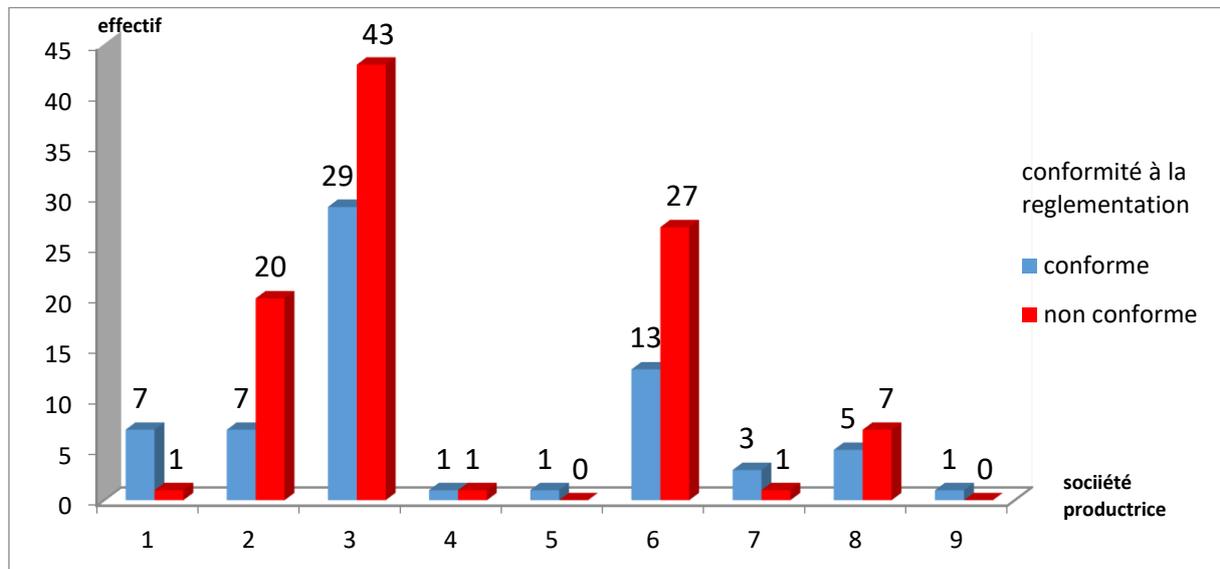


Figure 40 : répartition de la conformité selon la société productrice

La majorité des échantillons analysés provenant des sociétés **2, 3, 6 et 8** sont **non conformes** à la réglementation selon la teneur en iode trouvée. Par contre pour la société **1,7**, la majorité des échantillons analysés sont **conformes**.

RESULTATS DE L'ETUDE

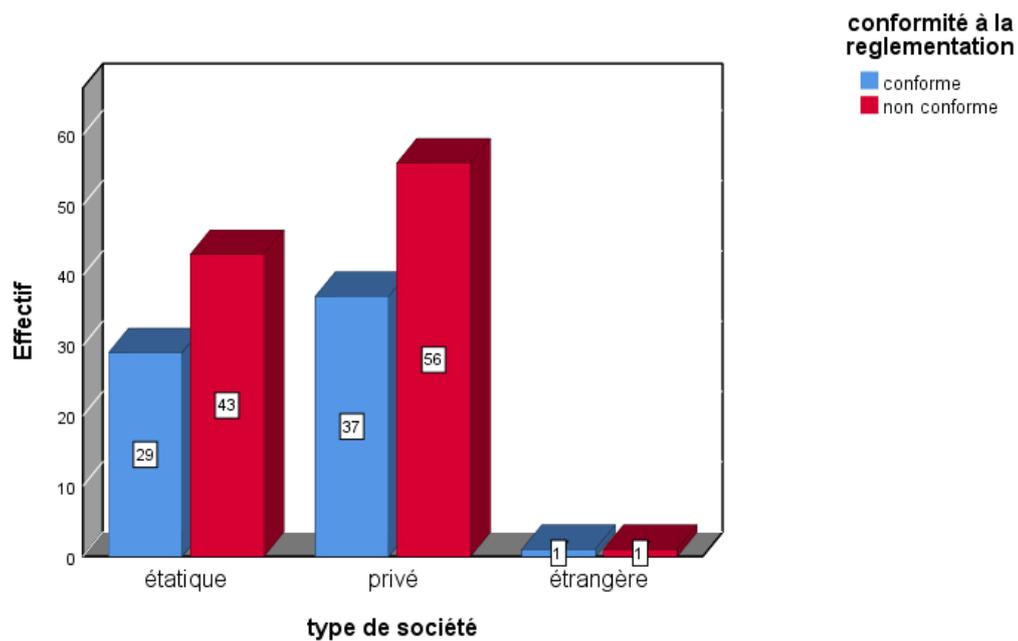


Figure 41 : répartition de la conformité selon le type de société productrice

Parmi les échantillons non conformes, **43** sont fabriqués par des sociétés étatiques, **56** par des sociétés privées algériennes et **1** par des sociétés privées étrangères.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.3. Analyse des résultats de l'étude :

IV.2.3.1. Résultats de l'analyse univariée unifactorielle :

Tableau 21 : résultats de l'analyse univariée unifactorielle :

Facteur étudié	ddl	Résultats du test F de Fischer	Signification p
Région du prélèvement	9	9,52	0,39
Société productrice	8	6,55	0,58
Emballage	1	0,27	0,59
Granulométrie	2	1,79	0,17
Mode de conservation au niveau des ménages	2	0,88	0,41
Durée de séjour au niveau des ménages	4	0,87	0,48
Type de société productrice	2	2,07	0,12

Région de prélèvement : l'ANOVA donne un degré de signification $p=0,39 > 0,05$ donc il n'existe pas de différence significative entre la teneur en iode entre les différentes régions de prélèvement.

Société productrice : l'ANOVA donne un degré de signification $p=0,58 > 0,05$ donc il n'existe pas de différence significative entre la teneur en iode entre les différentes sociétés productrice.

Emballage : l'ANOVA donne un degré de signification $p=0,59 > 0,05$ donc il n'existe pas de différence significative entre la teneur en iode des échantillons emballés dans des sachets en plastique et les échantillons emballés dans des boites en carton.

Granulométrie : l'ANOVA donne un degré de signification $p=0,17 > 0,05$ donc il n'existe pas de différence significative entre la teneur en iode du sel fin, moyen et grossier.

Mode de conservation au niveau des ménages : l'ANOVA donne un degré de signification $p=0,41 > 0,05$ donc il n'existe pas de différence significative entre la teneur en iode des échantillons conservés dans des boites en plastique, bouteilles en verre et sachets de sel.

RESULTATS DE L'ETUDE

Durée de séjour au niveau des ménages : l'ANOVA donne un degré de signification $p=0,48 > 0,05$ donc il n'existe pas de différence significative entre la teneur en iode des échantillons conservés pendant une semaine, 15 jours, 3 semaines, 1 mois et plus d'un mois.

Type de société productrice : l'ANOVA donne une signification $p=0,12 > 0,05$ donc il n'existe pas de différence significative entre la teneur en iode entre le sel provenant de sociétés étatiques, celui provenant des sociétés privés nationales et celui provenant des sociétés étrangères.

Donc, selon l'analyse univariée unifactorielle, ces facteurs n'ont pas d'influence sur la teneur en iode du sel alimentaire.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.3.2. Analyse univariée multi factorielle :

Tableau 22 : résultat de l'analyse univariée multifactorielle

Association	ddl	Test F de Fischer	La signification p
Emballage*granulométrie	2	0.256	0.76
Emballage*mode de conservation dans les ménages	1	0.157	0.69
Emballage*durée de séjour dans les ménages	1	0.207	0.65
Emballage* société productrice	1	1.824	0.17
Granulométrie*mode de conservation dans les ménages	2	0.948	0.39
Granulométrie *durée de séjour dans les ménages	4	0.326	0.86
Granulométrie *société productrice	9	0.785	0.63
Mode de conservation dans les ménages *durée de séjour dans les ménages	1	0.403	0.52
Mode de conservation dans les ménages*société productrice	4	0.122	0.97
Durée de séjour dans les ménages *société productrice	6	0.572	0.75
Emballage*granulométrie*mode de conservation dans les ménages	1	0.426	0.51
Emballage*granulométrie*durée de séjour dans les ménages	1	0.047	0.82
Granulométrie*mode de conservation dans les ménages*durée de séjour dans les ménages	1	0.212	0.64
Granulométrie*mode de conservation dans les ménages *société productrice	2	0.769	0.46
Granulométrie*durée de séjour dans les ménages *société productrice	3	2.574	0.06
Mode de conservation dans les ménages *durée de séjour dans les ménage*société productrice	1	0.208	0.65

RESULTATS DE L'ETUDE

L'analyse univariée multifactorielle montre que les associations citées ci-dessus n'ont pas une influence significative sur la teneur en iode ($P=0,76$. $P=0,69$. $P=0,65$. $P=0,17$. $P=0,39$. $P=0,86$. $P=0,63$. $P=0,52$. $P=0,97$. $P=0,75$. $P=0,51$. $P=0,82$. $P=0,64$. $P=0,46$. $P=0,06$. $P=0,65$ toutes $> 0,05$), c'est-à-dire que ces associations n'affectent pas la teneur en iode dans le sel.

Pour les associations (emballage*granulométrie* société productrice) , (emballage*mode de conservation dans les ménage*durée de séjour dans les ménages),(emballage*mode de conservation*société productrice),(emballage*durée de séjour*société productrice),(emballage*granulométrie*mode de conservation*durée de séjour dans les ménages),(emballage*granulométrie*mode de conservation dans les ménages * société productrice) la valeur de p n' a pu être calculée car la taille de l'échantillon était insuffisante.

IV.2.3.3. Analyse de la corrélation :

Tableau 23 : résultats de l'analyse de corrélation

Les variables étudiées	Teneur en iode en ppm	
	Coefficient de corrélation	Signification p
Emballage	0,04	0,60
Société productrice	-0,06	0,38
Daïra de prélèvement	0,08	0,27
Granulométrie	-0,10	0,19
Mode de conservation au niveau du ménage	0,09	0,23
Durée de séjour au niveau du ménage	0,08	0,26
Type de société productrice	-0,06	0,41

Le test de corrélation de Spearman montre qu'il n'y a pas de corrélation (ou liaison linéaire) entre la teneur en iode trouvée et les facteurs : emballage, société productrice, région de prélèvement, granulométrie, mode de conservation au niveau des ménages, durée de séjour au niveau des ménages et type de société productrice ($p=0,60$; $0,38$; $0,27$; $0,19$; $0,23$; $0,26$; $0,41$ respectivement toutes $> 0,05$).

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.3.4. test de Khi 2 :

Tableau 24 : résultats du test de Khi2

	Conformité à la réglementation	
	Valeur du test Khi 2	Signification p
Région de prélèvement	4,41	0,88
Société productrice	15,81	0,04
Emballage	1,785	0,18
Granulométrie	0,15	0,92
Mode de conservation	0,95	0,62
Durée de séjour	0,82	0,08
Type de société productrice	0,086	0,95

Selon le test d'indépendance (test de Khi 2) il n'y a pas de liaison entre la conformité de la teneur de l'iode à la réglementation et les variables (région de prélèvement, emballage, granulométrie, mode de conservation au niveau des ménages, durée de séjour au niveau des ménages, type de société productrice) car le degré de signification p est supérieur à **0,05**.

Par contre il y a une relation entre la conformité et la société productrice ($p=0,04 < 0,05$) : si les échantillons sont produits par les sociétés 2, 3, 6, ils ont tendance à être non conformes à la réglementation. Par contre s'ils ont été produits par la société 1, ils ont tendance à être conformes.

RESULTATS DE L'ETUDE

IV.2.3.5. comparaison de la teneur en iode retrouvée au niveau du commerce avec celle retrouvée au niveau des ménages :

Tableau 25 : résultat du test T

	Teneur en iode au niveau du commerce en ppm	
	M2=36,51	
	Valeur du test T	Signification p
Teneur en iode au niveau des ménages en ppm M1=34,16	-0,55	0,58

Selon les résultats du test T, il n'y a pas de différence significative entre la teneur en iode au niveau du commerce et la teneur en iode au niveau des ménages ($p=0,58 > 0,05$)

DISCUSSION

DISCUSSION

V.1. Discussion des résultats de l'étude menée au niveau du commerce :

Cette étude descriptive transversale vise à évaluer la teneur de l'iode dans le sel alimentaire commercialisé au niveau de la wilaya de Tlemcen. **18** échantillons de sel ont été prélevés à partir des magasins de la wilaya correspondant à **18** marques différentes de sel appartenant à **8** sociétés productrices différentes.

L'analyse de ces échantillons a montré que les moyennes de leur teneur en iode est de **36,51 ±17,02ppm** ce qui correspond à **59,96±28,73mg/kg de KIO₃**.

2 échantillons soit **11,1%** ont une teneur inférieure à **10 ppm**, **33,4%** des échantillons possèdent une teneur comprise entre **10 et 30 ppm**, **7** échantillons soit **38,9 %** ont une teneur comprise entre **30 et 50 ppm** et **3** échantillons soit **16,7%** ont une teneur supérieure à **50 ppm**. En comparant ces résultats avec la réglementation algérienne, **44,44%** des échantillons analysés ont une teneur en iode inférieure à la normale, **38,89%** ont une teneur comprise dans les normes et **16,67 %** ont un taux d'iode supérieur à la normale.

Donc **61,11%** des échantillons sont **non conformes** et **38,89%** sont **conformes**.

En comparant ces résultats avec ceux d'une étude réalisée en 2018 à Msila et qui a étudié la teneur en iode du sel alimentaire commercialisé sur le marché algérien, on remarque qu'il y a une concordance puisque cette étude a trouvé que sur **68** échantillons analysés dans 5 wilayas différentes (Batna, Biskra, Alger, Sétif, Msila, Bordj-Bouaridj), **17,65%** seulement étaient conformes à la réglementation, **11,76%** avaient une teneur nulle, **57,35%** avaient une teneur inférieure à la normale et **11,76%** avaient une teneur supérieure à la normale.[33]

Une deuxième étude réalisée à Msila en 2019 et qui vise à évaluer la teneur en iode dans les sels alimentaires au niveau du marché de la wilaya, a trouvé que sur **78** échantillons analysés appartenant à des marques différentes (locales et importés) seulement **27 %** sont conformes à la réglementation et que **73 %** des échantillons ne sont pas correctement iodés [56], ce qui rejoint les résultats de notre étude.

Par contre nos résultats ne concordent pas avec une étude faite en 2018 dans l'Est algérien et qui a analysé la teneur en iode dans le sel de table consommé dans 7 villes différentes (Oum El Bouaghi, Annaba, Khenchla, Batna, Tebessa, El Taref). Les auteurs ont constaté que pour les 13 communes étudiées environ **75%** des magasins vendent un sel adéquatement iodé.[52]

DISCUSSION

Cette différence peut être expliquée par la taille de l'échantillon qui était supérieure par rapport à notre étude, le nombre de magasins visités qui était d'ordre de 196, la zone géographique étudiée qui est plus étendue par rapport à notre étude et les marques de sels analysées qui sont différentes puisque à l'Est, les marques de sels vendues n'existent pas sur le marché de l'Ouest.

Nos résultats montrent aussi que parmi les échantillons issus des sociétés privées nationales, **66,66%** sont **non conformes** et **33,33%** sont **conformes**. Parmi les échantillons issus de la société étatique **50% sont conformes** et **50% sont non conformes**. Pour les échantillons issus de sociétés privées étrangères (sel importé), ils sont **tous conformes**.

Ces résultats concordent avec l'étude menée en 2018 à Msila et qui a constaté que la majorité des échantillons non conformes appartiennent à des sociétés privées algériennes et que les échantillons conformes proviennent de l'entreprise étatique.[33]

Par contre nos résultats ne concordent pas avec le rapport du laboratoire de contrôle de qualité et de répression des fraudes du ministère du commerce et qui a analysé les marques de sels vendus à Tlemcen en 2018[57]. Ce dernier rapporte que le sel provenant de la société étatique du nord est correctement iodé et que le sel provenant de la société étatique du sud est non conforme. Tous les sels provenant des sociétés privées nationales sont conformes sauf le sel issu de la société 8 qui était non conforme avec un taux d'iode nul.[57]

Cette différence nous conduit à conclure que pour une même société productrice et pour une même marque de sel, le processus industriel d'iodation n'est pas maîtrisé avec des lots qui sont parfois correctement iodés, parfois faiblement iodés et quelques fois fortement iodés. Cette instabilité est surtout retrouvée chez le secteur privé (surtout les sociétés localisées au sud). Ce qui traduit la méconnaissance ou la non maîtrise des bonnes pratiques d'iodation. Cette remarque est faite aussi pour le secteur étatique où certaines usines ne réalisent pas ce processus correctement.

DISCUSSION

Ceci doit inciter les autorités réglementaires à imposer aux sociétés productrices de réaliser l'iodation du sel de façon efficace, correcte et conforme aux normes nationales et à renforcer le plan de contrôle de qualité du sel alimentaire en faisant des dosages réguliers au niveau des sites de productions (aussi bien pour les sociétés étatiques que pour les sociétés privées), des sites de stockage et d'entreposage et au niveau des sites de vente (en gros et en détail).

Les conditions de stockage et de conservations du sel iodé doivent aussi être contrôlées rigoureusement afin d'éviter les déperditions iodées.

V.2. Discussion des résultats l'étude menée au niveau des ménages :

L'objectif de cette étude est d'analyser la teneur de l'iode dans le sel alimentaire consommé par les ménages de la wilaya de Tlemcen. **167** échantillons de sel ont été collectés à travers **10** daïra de la wilaya. Ces échantillons appartiennent à **9** sociétés productrices différentes. La majorité de ces sociétés sont des sociétés privées algériennes (**7** sont des sociétés privées algériennes, **1** société étatique et **1** société étrangère).

Les résultats trouvés indiquent un taux moyen d'iode de **34,16±17,24 ppm** ce qui correspond à **57,62±29,06 mg/kg de KIO₃**. **2** échantillons soit **1,2%** ont une teneur en iode nulle (**0 ppm**). **11** échantillons soit **6,58%** ont une teneur inférieure à **10 ppm**. **67** échantillons (**40,1%**) ont une teneur comprise entre **30 et 50 ppm** et **28** échantillons (**16,8%**) ont une teneur supérieure à **50 ppm**.

En comparant les teneurs trouvées à la réglementation algérienne, on a trouvé que **40,12%** des échantillons analysés ont une teneur en iode comprise dans **l'intervalle normal**, **16,77%** des échantillons analysés ont une teneur en iode **supérieure à la normale** et **43, 11%** des échantillons analysés ont une teneur en iode **inférieure à la normale**. Soit au total **40,12%** des échantillons sont conformes à la réglementation et **59,88%** des échantillons sont non conformes.

Les échantillons dont la teneur en iode est nulle portent la mention « sel de cuisine iodé » ou « sel iodé » d'une qualité supérieure sur l'emballage. Cela peut être dû à une fraude des producteurs ou à de mauvaises conditions de stockage qui influent beaucoup sur la teneur en iode dans le sel.

Les ménages inclus dans cette étude ont obtenu leur sel à partir du commerce, ce sel est emballé soit dans des sachets en plastiques (**92,81%** des échantillons) ou dans des boîtes en carton (**7,19%** des échantillons) qui contiennent les mentions : sel iodé avec le composé utilisé pour

DISCUSSION

l'iodation(**KIO3 pour tous les échantillons**) et la quantité ajoutée de ce composé au sel(**pour tous les échantillons analysés, il est mentionné un intervalle de 50,55 à 84,25 mg/kg de KIO3 sur l'emballage**).

L'emballage contient aussi toutes les informations correspondantes à la société productrice, la date de fabrication et la date de péremption. Aucun sel n'a été vendu en vrac ce qui constitue un progrès dans la région de Tlemcen car ce dernier ne contient pas les informations relatives à sa production et sa composition et ne porte pas la mention sel iodé.

Les résultats trouvés dans notre étude concordent avec une étude similaire qui a été réalisée en 2005 chez **70** ménages de la commune de Sidi Hamadouche dans la wilaya de Sidi Belabbes. Le dosage de l'iode dans le sel alimentaire a montré que la teneur en iode était conforme aux normes algériennes pour **15,71%** des échantillons et inférieure aux normes pour **84,29%**, **20%** des échantillons ont présenté une teneur **en iode nulle**. [63]

Une deuxième étude récente a été réalisée à Sidi Belabbes et a porté sur un échantillon de **738** ménages. Le dosage de l'iode dans le sel alimentaire a montré que chez **346** échantillons soit **46,88%** la teneur n'est pas conforme aux normes avec **339** échantillons soit **45,93%** ont une teneur faible par rapport aux normes, voire totalement nulle (**0 mg/kg**). **7** échantillons soit **0,95%** ont une teneur supérieure à la normale et **392** échantillons soit **53,12%** ont une teneur en iode normale. [41]

En comparant nos résultats avec cette étude, on trouve qu'ils sont proches puisqu'on a trouvé que **40,12%** des échantillons ont une teneur **normale**, **16,77%** ont une teneur **supérieure à la normale** et **43,11%** ont une teneur **inférieure à la normale voire nulle**.

Selon l'enquête nationale de la fin décennie de l'an 2000, la prévalence de la consommation de sel suffisamment iodé par les ménages algériens est de **68,5 ± 1,3%** mais on a noté une diminution de la consommation du sel iodé en comparaison avec 1995 où la consommation du sel iodé était de **92%**, soit une régression de **23 points en cinq ans**. [64]

Une troisième enquête nationale a été menée en 2006 sur la prévalence de la consommation du sel iodé en Algérie, elle a conclu à ce que **61%** des ménages ont accès à un sel correctement iodé. [22]

Une quatrième enquête nationale menée en 2013 par le ministère de la santé, indique que **67%** des ménages consomment un sel correctement iodé et que son utilisation est la plus faible dans

DISCUSSION

la région des Hauts Plateaux Centre (**24%**) et la plus élevée dans la région Nord Centre (**85%**). Il a été constaté que **71%** des ménages urbains utilisaient du sel suffisamment iodé par rapport à seulement **61%** en zones rurales.[21]

En comparant nos résultats avec ces études, on remarque qu'il y a une petite différence en ce qui concerne le pourcentage des ménages qui utilisent un sel correctement iodé. Ceci peut être expliqué par le fait que le seuil de conformité utilisé dans ces enquêtes nationales est de **15 ppm** (à partir de cette teneur, le sel est considéré comme correctement iodé) alors que dans notre étude, le sel est considéré comme correctement iodé à partir de **30 ppm**. [21]

En adoptant le seuil de l'OMS (15 ppm) pour notre étude, **87,4 %** du sel analysé devient conforme, **11,37%** devient non conforme avec une teneur inférieure à **15 ppm** et **1,2%** a une teneur nulle.

On remarque donc que nos résultats deviennent très proches de ceux de ces enquêtes nationales.

Il faut signaler que l'enquête menée en 2013 par le ministère de la santé algérien rapporte que dans la région Nord-ouest du pays (Oran, Tlemcen, Mostaganem, Ain Témouchent, Relizane, Sidi Bel Abbés et Mascara.), **71,2 %** des ménages consomment un sel dont la teneur en iode est supérieure à **15 ppm**, **11,7 %** consomment un sel dont la teneur en iode est comprise entre **0 et 15 ppm** et que **16,6 %** consomment un sel dont la teneur est nulle (**0 ppm**).[21]

En comparant nos résultats avec cette étude, on remarque que les chiffres sont similaires ce qui signifie qu'au bout de 7 ans, la qualité du sel alimentaire consommé dans cette région du pays n'a pas trop changé et que du sel non iodé ou faiblement iodé subsistent sur le marché et est utilisé par la population de cette région.

En analysant le pourcentage des ménages qui consomment un sel correctement iodé à travers les études menées par le ministère de la santé algérien sur le plan national (**de 1995 à 2013**), on s'aperçoit que cette proportion a diminué en comparaison avec l'année **1995 (92 % versus 68%,61%,67%)**. 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 et ce dernier est produit pour la plupart du temps par des producteurs privés (qui ne respectent pas toujours les normes du décret en vigueur).[21]

DISCUSSION

Plusieurs études ont été réalisées au niveau mondial pour évaluer la teneur en iode du sel alimentaire. Ces études s'inscrivent dans le cadre de l'évaluation du programme de l'iodation universelle du sel adopté dans le pays pour corriger et prévenir les TDCI, on peut citer :

-Celle réalisée au Maroc en 2015 et qui vise à évaluer l'utilisation du sel iodé par les ménages marocains. Les analyses de la teneur en iode dans le sel, montrent que **25%** des ménages consomment du sel iodé et que la couverture en sel correctement iodé (**15-40 ppm**) ne représente que **4,5%**. La proportion de sel iodé est plus importante dans le milieu urbain que dans le milieu rural car à ce niveau, les gens continuent à utiliser du sel en vrac qui n'est pas iodé.[6]

En comparant les résultats de notre étude avec celle-ci, on remarque que l'utilisation du sel iodé à Tlemcen et en Algérie d'une façon générale est plus importante que dans le Maroc et que la couverture par le sel correctement iodé (30 à 50 ppm) est plus élevée à Tlemcen et en Algérie que dans les régions de ce pays voisin. En plus, l'utilisation du sel en vrac non iodé subsiste au Maroc alors que cette pratique n'a pas été noté dans notre étude ou tous les ménages consomment du sel conditionné qui porte la mention iodée. La même remarque a été faite dans l'étude réalisée à Sidi Belabbès en 2019 où le sel en vrac n'a pas été présent ni dans le marché ni chez les ménages de cette région.[2]

Cette différence entre les deux pays peut être expliquée par la réglementation et le système de contrôle de qualité du sel mis en place par les autorités qui est plus efficace et rigoureux en Algérie par rapport au Maroc.

-Une deuxième étude a été réalisée au Mali en 2006 et qui vise à étudier la qualité du sel iodé consommé au Mali, a conclu à ce que **25%** des ménages avaient accès à un sel dont la teneur en iode est conforme à la norme (**30 à 50 ppm**) avec une grande variabilité interrégionale (certaines régions consomment du sel fortement iodé tandis que d'autres consomment du sel faiblement iodé).[7]

En comparant nos résultats avec cette étude, on voit nettement que le pourcentage de consommation de sel correctement iodé à Tlemcen et en Algérie d'une façon générale est plus élevé par rapport au Mali. Ceci s'explique par le fait qu'au Mali, le sel consommé par les ménages est importé dans la plupart du temps à partir des pays voisins avec une production locale qui méconnaît ou ne maîtrise pas les bonnes pratiques d'iodation et qui ne subit pas de contrôle par les autorités réglementaires car son travail est informel.

DISCUSSION

Ceci conduit à l'existence sur le marché de sel faiblement ou fortement iodé ce qui expose la population à des risques d'hyperthyroïdie iodo-induite et à des TDCl.[7]

Nos résultats montrent qu'il n'existe pas de relation statistiquement significative entre la conformité et le type de société productrice (**test de Khi deux, $p=0,95>0,05$**) et que un nombre important d'échantillons provenant de sociétés étatiques et privées est non conformes à la réglementation (**43, 56 respectivement**). On a trouvé aussi qu'il n'existe pas de différence significative entre la teneur en iode entre le sel provenant de sociétés étatiques, celui provenant des sociétés privées nationales et celui provenant des sociétés étrangères. (**ANOVA, $p=0,12 >0,05$**)

Ces résultats ne rejoignent pas ce qui a été publié à travers plusieurs études réalisées en Algérie et qui ont abouti à ce que le sel produit par la société étatique était conforme à la réglementation dans la plupart du temps en comparaison avec celui produit par le secteur privé qui n'était pas conforme dans la majorité des cas.[41, 63]

Notre étude montre que **la région du prélèvement, la société productrice, l'emballage, la granulométrie, le mode de conservation au niveau des ménages, la durée de séjour au niveau des ménages et le type de société productrice** n'ont pas d'influence significative sur la teneur en iode du sel alimentaire(**ANOVA, $p=0,39$, $p=0,58$, $p=0,59$, $p=0,17$, $p=0,41$, $p=0,48$, $p=0,12$ respectivement toutes $>0,05$**). En plus, on a trouvé que les associations entre ces facteurs n'ont pas une influence significative sur la teneur en iode (**ANOVA, $P=0,76$. $P=0,69$. $P=0,65$. $P=0,17$. $P=0,39$. $P=0,86$. $P=0,63$. $P=0,52$. $P=0,97$. $P=0,75$. $P=0,51$. $P=0,82$. $P=0,64$. $P=0,46$. $P=0,06$. $P=0,65$ respectivement toutes $> 0,05$**).

Ces résultats concordent avec ceux d'une étude réalisée au Bénin en 2013 et qui vise à évaluer la teneur en iode dans le sel consommé dans deux communes du pays (Glazoué et Ouidah). Les auteurs ont confirmé que la granulométrie des échantillons de sel, le lieu d'approvisionnement, les conditions de conservation à l'achat, les modes de conservation au sein des ménages n'affectent pas la teneur en iode dans le sel alimentaire (**$p = 0,47$; $0,35$; $0,68$; $0,77$ respectivement**) et que des échantillons issus de conservation défectueuses (sel exposé à l'air libre) avaient tous une teneur en iode conforme à la réglementation du Bénin (**15 à 40 ppm**).[65]

DISCUSSION

Par contre ces résultats ne concordent pas avec ceux d'une étude publiée en 2015 dans le Journal International des Sciences Chimiques et Biologiques et qui a démontré que la variation de la teneur en iode est plus importante pour le sel grossier que pour le sel fin et que le type d'emballage n'affecte pas significativement la teneur en iode dans le sel (les emballages étudiés étaient le TRIPLEX, le DUPLEX, le PEHD et le PP).[59]

Cette différence s'explique par le fait que dans cette étude les caractéristiques et les teneurs initiales en iode des sels étudiés étaient connues et proches, les conditions de conservations étaient maîtrisées et la durée de suivi des sels était 12 semaines pour juger est ce qu'il y a une influence significative ou non.[59]

Ces informations n'ont pas été connues dans notre étude et les teneurs initiales en iode des sels consommés par les ménages de Tlemcen ne sont pas connues ni proches (il existe une grande variabilité de la teneur en iode entre les différentes sociétés productrices et au sein d'une même société les lots produits n'ont pas tous la même teneur en iode) c'est pourquoi on a trouvé une influence non significative.

Les biais et les limites :

Notre étude a été assujettie à des biais et des limites. Parmi les difficultés rencontrées on peut citer :

-La collecte des échantillons : la majorité des ménages ne conservent pas l'emballage du sel qui détient de nombreuses informations telles que le nom de la société productrice, la date de fabrication et la date de péremption, le taux d'iodate de potassium ajouté.

-La quantité de sel insuffisante pour l'analyse : certains ménages n'ont pas respecté la quantité de sel à fournir mentionnée sur la fiche de prélèvement ce qui nous a poussés à faire une seule analyse, et donc ces échantillons ont été exclus de l'étude. (**30 échantillons au total**)

- La taille de l'échantillon : la taille de notre échantillon a été réduite à cause du temps limité de notre étude (suite à l'épidémie COVID19). **167** échantillons au total ont été analysés.

-La durée de conservation limitée des réactifs : on était obligé de préparer les solutions nécessaires au dosage chaque mois.

DISCUSSION

-**Au niveau du commerce** : absence d'une liste exhaustive des marques de sel commercialisées dans la wilaya de Tlemcen.

-**Le nombre restreint d'études similaires à la nôtre au niveau de l'Algérie.**

Synthèse globale :

Malgré les biais et les limites , notre étude vient d'indiquer que **40,12%** des ménages inclus ont accès à un sel correctement iodé (entre 30 et 50 ppm) et que **43,11% consomment un sel faiblement iodé(moins de 30 ppm)** et **16,77% consomment un sel fortement iodé(plus de 50 ppm)** et que la prévalence totale de consommation de sel iodé(dont la teneur est >15ppm) dans cette région est de **87,4%**. Ces résultats concordent avec la classification de l'OMS qui a classé l'Algérie parmi les pays où plus de 50 % de la population a un accès à un sel correctement iodé (plus de 15 ppm) [22]

Après 30 ans de l'adoption de l'iodation universelle du sel comme stratégie de lutte contre les TDIC, l'Algérie n'a pas encore atteint l'objectif de l'OMS qui exige que plus de 95 % des ménages doivent avoir accès à un sel correctement iodé pour assurer un apport optimum de cet oligoélément. [66]

Ceci explique clairement la dernière classification de l'OMS(2015) où l'Algérie était classée comme une zone de déficience modérée en iode c'est à dire que le programme mis en place par les autorités réglementaires n'a pas encore réussi à traiter ce problème de santé publique à cause de l'iodation du sel qui ne respecte pas les normes.[21]

Il est à noter qu'en 1999 l'OMS a classé l'Algérie comme une zone d'apport adéquat en iode et ceci après seulement 9 ans de l'adoption du programme de l'IUS. Ceci est expliqué par le fait que durant cette période 92 % de la population avaient accès à un sel correctement iodé. Après l'an 2000 , avec le relâchement des services de contrôle de qualité du sel , des producteurs privés ont produits et mis en vente sur le marché algérien du sel faiblement iodé ou totalement non iodé ce qui a conduit à la diminution à l'accès au sel correctement iodé et donc la carence en cet oligo-élément sévit de nouveau et l'Algérie a devenu une deuxième fois un pays de carence modérée. [67,21]

DISCUSSION

Cette remarque explique clairement l'importance de la surveillance de la qualité du sel iodé commercialisé en Algérie. Et on peut dire que cette procédure constitue l'étape clé pour la réussite du programme nationale de lutte contre les TDCI. C'est ce qui a été exactement fait au niveau des pays qui ont réussi à corriger la carence iodée comme par exemple l'Australie, Belgique, Ghana, Guatemala qui sont classés maintenant comme une zone de suffisance.

Malgré que le processus d'iodation du sel n'est pas trop onéreux, beaucoup de producteurs privés ne l'appliquent pas correctement ce qui impose aux autorités de renforcer la formation sur les bonnes pratiques d'iodation auprès des producteurs privés et étatiques et renforcer le processus de contrôle de qualité du sel auprès de tous les producteurs et dans le commerce pour améliorer la qualité du sel vendu et atteindre l'objectifs de l'IUS. Une sensibilisation doit être aussi entreprise auprès des commerçants et des consommateurs sur les conditions de stockage et de conservations du sel iodé pour éviter la déperdition en iode pendant la phase de stockage , de commercialisation et de consommation et donc faciliter l'atteinte de l'objectif du programme national de lutte contre les TDCI.

16,77% des ménage inclus consomment du sel fortement iodé ce qui constitue un risque de développement de troubles thyroïdiens iodo-induits chez les sujets sensibles, favorisant une hyperthyroïdie appelée aussi thyrotoxicose qui se caractérise par l'augmentation du taux des hormones thyroïdiennes et une diminution de la thyroestimuline. [68]

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

En 1990, l'Algérie a adopté l'iodation universelle du sel comme stratégie de lutte contre les TDCI qui étaient réponsus dans le pays. Après 30 ans de suivi de ce programme, une étude

descriptive transversale a été menée dans la wilaya de Tlemcen et qui a pour objectif d'évaluer la teneur de l'iode dans le sel alimentaire consommé par les ménages de cette région.

Après plusieurs mois de travail, nos résultats indiquent que **40,12%** des ménages utilisent un sel correctement iodé et **59,88%** utilisent un sel qui n'est pas conforme à la réglementation (soit faiblement iodé ou fortement iodé). **87,4 %** des ménages avaient accès à un sel dont la teneur est supérieure à **15 ppm**. Ces résultats concordent avec la classification de l'OMS qui indique que l'Algérie est un pays où plus de **50%** de la population a un accès à un sel dont la teneur est **supérieure à 15 ppm**. De même, ils expliquent pourquoi ce pays est encore classé comme une zone de déficience modérée en iode.

D'après ce que nous avons parvenu à faire, on estime que notre objectif est atteint.

Ce programme d'iodation universelle du sel n'est pas facile à mettre en place en réalité surtout dans les pays qui connaissent une situation socio-économique difficile. Pour cela on suggère des recommandations qui peuvent apporter des solutions à la situation actuelle :

- Le contrôle régulier de la qualité du sel et de son taux d'iode au niveau des sites de production, des sites d'entreposage et au niveau des sites de commercialisation.
- Le ministère de santé doit évaluer l'efficacité du programme de l'iodation universelle du sel par des dosages réalisés auprès des ménages.
- Sensibiliser les producteurs sur les bonnes techniques d'iodation et les bonnes conditions de conservation du sel iodé afin d'éviter la dégradation du composé.
- Sensibiliser les commerçants sur les conditions optimales de stockage et de conservation du sel iodé.
- Informer le consommateur sur les bonnes dispositions à prendre pour une meilleure conservation de l'iode dans le sel (mettre le sel à l'abri de la lumière et de l'humidité et le conserver de préférence dans des récipients en verre bien fermés).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] F. Delange, « Administration of iodized oil during pregnancy: a summary of the published evidence. 1996 », *Bull World Health Organ*, vol. 74, n° 1, p. 101-108, 1996.
- [2] M. G. Venkatesh Mannar, J. T. Dunn, et International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders, *Salt iodization for the elimination of iodine deficiency 1996*.
- [3] F. Delange, « Iodine requirements during pregnancy, lactation and the neonatal period and indicators of optimal iodine nutrition 2001 », *Public Health Nutrition*, vol. 10, n° 12A, p. 1571-1580, déc. 2007.
- [4] « Profil nutritionnel de l'Algérie .Division de l'Alimentation et de la Nutrition FAO 2005 ».
- [5] « décret exécutif du Journal Officiel De La République Algérienne Démocratique Et Populaire 30 Janvier 1990 ».
- [6] M. Zahidi, « La Teneur en iode dans le sel alimentaire au niveau des ménages au Maroc », Thesis, université Mohamed V- 2015.
- [7] Fofana F., 2007, contrôle de qualité du sel iodé consommé au Mali, thèse en vue d'obtention du grade de docteur en pharmacie, université de Bamako (Mali).
- [8] « Iodine Made Simple: Amazon.co.uk: Tatsuo Kaiho: 9781138068056: Books ».
- [9] « L'Institut Français pour la Nutrition <http://www.alimentationsante.org/wp-content/uploads/2011/07/dossier-scient-13.pdf>. Dossier scientifique, l'iode
- [10] Bousliman, Y., Eljaoudi, R., Zahidi, A., Idrissi, M. O. B., Draoui, M., & Abouqal, R. (2011). Consommation du sel iodé et la prévalence du goitre chez les enfants d'âge scolaire dans la province de Larache, Maroc. *Médecine du Maghreb*, 189, 37-42.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [11] « LA CARENCE EN IODE DANS LE MONDE Pierre Valeix ».
- [12] « »ENDEMIC COAST GOITRE« IN HOKKAIDO, JAPAN in: European Journal of Endocrinology Volume 50 Issue 2 (1965) »
- [13] « Kim J.Y., Moon S.J., Kim K.R., Sohn C.Y., Oh J.J. - Dietary iodine intake and urinary iodine excretion in normal Korean adults. Yonsei Med. J., 1998, 39 : 355-362. »
- [14] C. M. Newman, A. Price, D. W. Davies, T. A. Gray, et A. P. Weetman, « Amiodarone and the thyroid: a practical guide to the management of thyroid dysfunction induced by amiodarone therapy », *Heart*, vol. 79, n° 2, p. 121-127, févr. 1998
- [15] J. A. Norman, C. J. Pickford, T. W. Sanders, et M. Waller, « Human intake of arsenic and iodine from seaweed-based food supplements and health foods available in the UK », *Food Additives & Contaminants*, vol. 5, n° 1, p. 103-109, janv. 1988
- [16] David F.Gardner et al 1987, « Effects of oral erythrosine (2',4',5',7'-tetraiodofluorescein) on thyroid function in normal men Author links open overlay panel
- [17] Sally M. Wheeler, Graham H. Fleet, et Robert J. Ashley, « The contamination of milk with iodine from iodophors used in milking machine sanitation - Wheeler - 1982 - Journal of the Science of Food and Agriculture - Wiley Online Library ». <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2740331008>
- [18] « ESPGAN Committee on Nutrition. Recommendations for the composition of an adapted formula. Guidelines on infant nutrition. 1977;suppl. 262 : 1-20. »
- [19] M. Joseph DOUGNON, « Consommation du sel iodé chez les femmes en âge de procréer de 15 à 49 ans en commune III du district de Bamako de décembre 2016 à mai 2017.thèse de doctorat en médecine , »

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [20] « Michèle d'Herbomez ,Exploration biologique de la thyroïdeBiological exploration of the thyroid gland Author links open overlay panel 2009 »
- [21] « Iodine Global Network. <http://www.ign.org>. »
- [22] « WHO, UNICEF, ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. Guide for programme managers 3rd edn Geneva. 2007. »
- [23] W. H. O. Secretariat, M. Andersson, B. de Benoist, F. Delange, et J. Zupan, « Prevention and control of iodine deficiency in pregnant and lactating women and in children less than 2-years-old: conclusions and recommendations of the Technical Consultation », *Public Health Nutrition*, vol. 10, n° 12A, p. 1606-1611, déc. 2007
- [24] « Caffarelli E. Iode – conséquences d'une carence, d'un excès d'iode, et intérêt d'une supplémentation systématique. *Gynecol Obstet Biol Reprod*. 1997;26:90–4. »
- [25] « Institut National de Santé Publique du Quebec. La consommation alimentaire et les apports nutritionnels des adultes québécois <http://bel.uqtr.ca/id/eprint/3381> ».
- [26] « www.lab-cerba.com › files › live › sites › Cerba › files › documents ».
- [27] J. C. Dillon et al. «PREVALENCE DE LA CARENCE EN IODE ET DU GOITRE ENDEMIQUE AU SENEGAL ORIENTAL ET EN CASAMANCE », *Médecine d'Afrique Noire*, p. 8, 2000. »
- [28] « Politique publique et problèmes nutritionnels au Maroc ». <http://ao.um5.ac.ma/xmlui/handle/123456789/14316>.
- [29] R. Doggui, M. El Ati-Hellal, et J. El Ati, « Current status of urinary iodine analysis and its clinical interest », *Annales de biologie clinique*, vol. 74, n° 2, p. 184-195, mars 2016.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [30] « WHO, UNICEF, ICCIDD. Indicators for assessing iodine deficiency disorders and their control through salt iodization Nutrient series 1994. »
- [31] I. Taga, M. L. Sameza, A. V. Kayo, et J. Ngogang, « Évaluation de la teneur en iode des aliments et du sol de certaines régions du Cameroun », *Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé*, vol. 14, n° 1, p. 11-15, janv. 2004.
- [32] C. Mizéhoun-Adissoda *et al.* « 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*, vol. 30, n° 1, p. 38-44, mars 2016.
- [33] I. GUERRAS, 2019, Contrôle de la teneur en iode du sel alimentaire commercialisé sur le marché algérien. mémoire de fin d'étude univ M'sila ».
- [34] I. Garant "L impact de la nutrition sur la santé. Développements récents -: Édition : 01 (22 novembre 2002).
- [35] D. Chalari, F. Gerber, et J. Matter, « Le goitre en médecine générale », *Forum Médical Suisse*, vol. 17, n° 49, p. 1095-1102, déc. 2017.
- [36] « M. DEMAAYER La lutte contre le goitre endémique Edition 1979 »
- [37] K. F. Kiple, *The Cambridge world history of human disease*. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1993.
- [38] E. H. Sidibé, « Réflexions sur le retard mental et le crétinisme de l'hypothyroïdie congénitale et de la carence des minéraux à l'état de traces », p. 10
- [39] I. Emmanuel, M. R. Aliyu, A. Ochigbo, P. Akpa, J. B. Mandong, et B. M. Mandong, « Disease of the Thyroid Gland: A Histopathological Perspective », *Asian Journal of Research and Reports in Endocrinology*, p. 1-9, 2018.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [40] S. C. Bath, « The effect of iodine deficiency during pregnancy on child development. », *Proceedings of the Nutrition Society*, janv. 2019.
- [41] A.Rih « Contrôle de l'iodation du sel alimentaire et évaluation de l'apport iodé chez des enfants scolarisés (5-12ans) dans la région de Sidi Bel Abbes (Ouest Algérien) », These,université Djilali Lyabess 2019.
- [42] A. Akakpo, K. Amjoud, Y. E. Guettabi, H. Lazrak, H. Iraqi, et A. Chraibi, « Hypothyroïdie profonde secondaire à un syndrome néphrotique », *Annales d'Endocrinologie*, vol. 76, n° 4, p. 434, sept. 2015.
- [43] M. Kechida *et al.* « Hypothyroïdie et hyperhomocystéïnémie », *Annales d'Endocrinologie*, vol. 79, n° 4, p. 299-300, sept. 2018,
- [44] D. Abid *et al.* « Hypothyroïdie et risque cardiovasculaire », *Annales d'Endocrinologie*, vol. 79, n° 4, p. 383, sept. 2018.
- [45] A.Pérez Martin “Physiologie de la glande thyroïde” Régulation hormonale p. 9, 2007.
- [46] D. Lebsir, « Toxicologie de l'iode stable : Etude in vivo des effets biologiques associés à une prophylaxie répétée par l'iodure de potassium », thesis, Paris Saclay, 2018.
- [47] J. L. Schlienger, B. Goichot, et F. Grunenberger, « Iode et fonction thyroïdienne », *La Revue de Médecine Interne*, vol. 18, n° 9, p. 709-716, sept. 1997
- [48] S. Ouzounian *et al.* « Hypothyroïdie: du désir de grossesse à l'accouchement », *Gynécologie Obstétrique & Fertilité*, vol. 35, n° 3, p. 240-248, mars 2007.
- [49] W. Belhadjsalah *et al.* « Comorbidité psychiatrique de l'hypothyroïdie », *Annales d'Endocrinologie*, vol. 75, n° 5, p. 510, oct. 2014.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [50] S. Berthélémy, « L'hypothyroïdie, un trouble sous surveillance », *Actualités Pharmaceutiques*, vol. 54, n° 545, p. 37-40, avr. 2015.
- [51] « 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. »
- [52] W.Rouabah .Analyse de la teneur en iode dans le sel de table consommé dans quelques villes de l'Est Algérien. Mémoire université Oum EL Bouaghi 2018
- [53] « La production de sel à partir des eaux naturelles : approche minéralogique, géologique et physico-chimique Michel Dubois, Claudie Hulin, Arnaud Gauthier et Sandra Ventalon p. 33-44 ».
- [54] - <https://www.ronalpenford.com/roche-caracteristiques-physiques-sel/>
- [55] « Mannar, JT Dunn Iodation du sel pour l'élimination de la carence en iode - l'initiative pour les micronutriments .1995 »
- [56] M. Haderbache, « Qualité des sels de table mis sur le marché algérien et incidence sur la santé: cas de l'iodation et des microplastiques 2019 », Thesis, Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila, 2019.
- [57] <https://www.commerce.gov.dz/>
- [58] J. A. Muñoz et M. M. Anderson, « Endemic goitre in Basutoland », *World Health Organ*, vol. 21, n° 6, p. 715-720, 1959.
- [59] Seid Ali 2015, « Etude de la stabilité de l'iode dans le sel iodé | International Journal of Biological and Chemical Sciences ».

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [60] all Gomina, « analyse de l'iode dans le sel de table. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 2011»
- [61] http://www.ons.dz/collections/pop1_national.pdf.
- [62] « JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N 07, 30 Janvier 2013 ».
- [63] «A. Rih et Moulessshoul "carence en iode et prévention du goitre endémique dans la région de Sidi Belabess des enfants scolarisés entre 4 et 16ans »,université Djilali Lyabess ,2005
- [64] EDG Algérie, 2000, Enquête nationale sur les objectifs de la fin décennie, Santé mère et enfants, MICS2, Ministère de la santé et de la population, Institut national de santé public, pp.61
- [65] « Mizehoun C., Desport J.-C., Houinato D., Dalmay F., Preux P.-M., Bovet P. et Imoesch C., 2015, Évaluation des apports et du statut en iode par ICP-MS en zones urbaine et rurale au Bénin, *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, Volume 63, Issue null, Pages S35–S36. »
- [66] OMS, 1990, Prévention et contrôle des troubles dus à la carence iodée, Résolution de l'assemblée mondiale de la santé, 14 mai 1990, WHA 43.2, Genève OMS, pp.2.
- [67] .ICCIDD, 2003, IDD Newsletter, v 19, n° 2.
- [68] P. Adou, D. Aka, M. Aké, M. Koffi, A. Tébi, et A. J. Diarra-Nama, « Evaluation de la teneur en iode du sel alimentaire à Abidjan (Côte d'Ivoire) », *Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé*, vol. 12, n° 1, p. 18-21, avr. 2002.

ANNEXES

ANNEXE 1

Décret exécutif N°90-40 du 30 janvier 1990 rendant obligatoire la vente du sel iodé pour la prévention de la carence iodée.

Le chef du gouvernement,

Sur le rapport du ministère de la santé publique,

Vu la constitution, notamment ses articles 81 alinéa 4 et 166 alinéa 2

Vu la loi n° 85405 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ;

Vu la loi n° 89-02 du février 1989 relative aux règles générales de la protection du consommateur ;

Vu le décret n° 67-198 du 27 septembre 1967 rendant obligatoire la vente de sel iodé dans les régions où sévit l'endémie goitreuse ;

Décret :

Article, 1. – Dans le but de prévenir les troubles dus à une carence iodée et notamment le goitre endémique, il ne peut être vendu, sur l'ensemble du territoire national, pour les usages alimentaires, que du sel iodé répondant aux caractéristiques techniques définies à l'article 2 ci-dessous.

Article, 2. – Le sel iodé doit comporter, au moins, 3 parties d'iode pour 100 000 parties de sel et au plus, 5 parties d'iode pour 100 000 parties de sel. Cet iode doit être apporté sous forme d'iodate de potassium.

Les quantités nécessaires de ce composé sont de 50,55mg d'iodate par kilogramme de sel, pour le dosage minimum et de 84,25mg d'iodate par kilogramme de sel pour le dosage maximum.

ANNEXE 1

Article, 3. – le sel iodé doit être conditionné et commercialisé à la sortie d’usine, sous emballage consistant en des sachets, boites, flacon ou tout autre emballage conforme aux normes homologuées ou aux ou aux spécification légales et réglementaires.

L’emballage doit être scellé, imperméable et chimiquement stable et doit porter notamment l’indication du taux ou la quantité totale du composé iodé contenu, ainsi que le nom de l’entreprise productrice, conformément aux dispositions réglementaires en matière d’emballage et d’étiquetage des produits à usage alimentaires.

Article, 4.- conformément à la législation et à la réglementation en vigueur, des analyses et des vérifications peuvent être effectuées sur le sel iodé.

Des analyses et vérification sur la concentration en iode du sel peuvent être effectuées par le ministère chargé de la santé publique à tout moment et à tous les stades.

Article, 5.- le suivi de l’application du présent décret est confié à une commission interministérielle composée des représentants des ministères chargés de la santé, de la qualité, des finances et de l’industrie lourde.

Cette commission, présidée par le ministre chargé de la santé ou son représentant, se réunit deux fois par an sur convocation de son président ou de l’un des ministres concernés.

Article, 6.- les dispositions du décret n° 67-189 du 27 septembre 1967 susvisé, sont abrogées.

Article, 7.- le présent décret sera publié au journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire.

Faite à Alger, le 30 janvier 1990

Mouloud Hamrouche.

ANNEXE 2

Enquête menée au niveau des ménages

Dans le but d'évaluer la teneur en iode dans le sel de cuisine consommé à Tlemcen ; nous vous remercions de nous fournir un échantillon de sel de votre cuisine et de remplir cette fiche d'information :

1-Nom :

date du prélèvement :

2-Prénom :

3-Adresse :

4-Milieu :

5-Type de Maque :

6-Nom de la société productrice :

7-Conditionnement :

En vrac

Emballé

8-Si emballé ; précisez le type d'emballage :

9-Sel iodé : oui non

10-Composé utilisé pour l'iodation :

KIO3

Autres

11-Quantité de l'iode mentionnée sur l'emballage:

12-Date de production : / /

13-Date de péremption : / /

14-Granulométrie :

Fin

Grossier

15-Mode de conservation au niveau du ménage :

Boite en plastique Bouteille en verre sachet de sel

16-Durée de séjour du sel au niveau du ménage:

1 semaine 15 jours 3 semaines 1 mois +1 mois

ANNEXE 3

Enquête menée au niveau du commerce

1-Date du prélèvement :

2-Nom de la marque (du producteur) :

3-Adresse du producteur :

4-Date de fabrication :

5-Date de péremption :

6-Type d'emballage :

7-Etat d'emballage :

8-Sel iodé : oui non : non mentionné :

9-Composé utilisé pour l'iodation : KIO₃ : autre :

10-Teneur en iode :

ANNEXE 4

Journal Officiel N° 07 du 18 Rabie El Aouel 1434 correspondant au 30 Janvier 2013:

La méthode de la détermination de la teneur en iode dans le sel alimentaire.

18 Rabie El Aouel 1434 30 janvier 2013	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 07	31
<p>Arrête :</p> <p>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.</p> <p>Art. 2. — La période des inscriptions au concours est fixée du 3 au 21 février 2013.</p> <p>Les épreuves d'admissibilité débiteront le 26 mars 2013.</p> <p>Art. 3. — Le présent arrêté sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 2 Rabie El Aouel 1434 correspondant au 14 janvier 2013.</p> <p style="text-align: right;">Mohammed CHARFI.</p>	<p>Cette méthode doit être également utilisée par le laboratoire lorsqu'une expertise est ordonnée.</p> <p>Art. 3. — Le présent arrêté sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 25 Dhou El Hidja 1432 correspondant au 21 novembre 2011.</p> <p style="text-align: right;">Mustapha BENDADA.</p>	
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 titré 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 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).		
4.1 Préparation des réactifs		
Thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3$)		

ANNEXE 4

32

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 07

18 Rabie El Aouel 1434
30 janvier 2013

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 KI03 à 0,05 g/l

Solution mère de KI03 à 10 g/l : dissoudre 10 g de KI03 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 $96,3\%$), 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 KI03 (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.

$$(\text{Eq. mg}) 1 = 127/6 = 21,16$$

$$(\text{Eq. mg}) (\text{KI03}) = 214/6 = 35,66.$$

Résumé :

L'iode est un oligo-élément essentiel au métabolisme humain et au bon fonctionnement du système nerveux central. Son déficit provoque des maladies connues sous le nom de troubles dus à la carence iodée(TDCI) qui constituent un problème de santé publique au monde. Pour lutter contre la carence en iode, l'Algérie a adopté en 1990 la supplémentation universelle du sel alimentaire en iode.

Dans le but d'évaluer la teneur de l'iode dans le sel alimentaire consommé dans la wilaya de Tlemcen, une étude descriptive transversale expérimentale portant sur 167 échantillons de sel a été menée auprès des ménages.

Nos résultats montrent que 40,12% des ménages inclus ont accès à un sel correctement iodé (entre 30 et 50 ppm) et que 43,11% consomment un sel faiblement iodé(moins de 30 ppm) et 16,77% consomment un sel fortement iodé(plus de 50 ppm) et que la prévalence totale de consommation de sel iodé(dont la teneur est >15 ppm) dans cette région est de 87,4%. Ces résultats rejoignent ce que l'OMS a publié concernant l'Algérie et montrent que l'objectif fixé par celle-ci –qui est plus de 95 % des ménages ont accès à un sel correctement iodé- n'est pas encore atteint.

En conclusion, ce travail montre l'importance du processus de contrôle de qualité du sel iodé pour la réussite du programme de lutte contre les TDCI.

Mots clés : iode, carence, troubles, sel, supplémentation, Tlemcen, réglementation algérienne

Abstract :

Iodine is an important trace factor for human metabolism and the proper functioning of the central nervous system. Its deficit causes diseases known as iodine deficiency disorders (IDDs), which are a public health problem in the world. In order to counter iodine deficiency, Algeria adopted universal supplementation of dietary iodine salt in 1990.

A descriptive experimental cross-sectional study of 167 salt samples was conducted with households in order to assess the iodine content in the food salt consumed in the Tlemcen wilaya.

Our findings indicate that 40.12 percent of the households included have access to adequately iodine salt (between 30 and 50 ppm) and that 43.11 percent consume low iodine salt (less than 30 ppm) and 16.77 percent consume high iodine salt (more than 50 ppm) and that the overall prevalence of iodine salt consumption (more than 15 ppm) in this area is 87.4 percent. Such findings are in line with what the WHO has reported in relation to Algeria and demonstrate that the target set by WHO – which is more than 95% of households have access to adequately iodine salt – has not yet been achieved.

In conclusion, this work demonstrates the significance of the iodine salt quality management cycle for the performance of the IDDs control system.

Keywords: iodine, deficiency, disorders, salt, supplementation, Tlemcen, Algerian regulations

ملخص :

يعتبر اليود عنصر أساسي في التوازن الأيضي للإنسان و يساهم في حسن سير الجهاز العصبي المركزي حيث أن نقصه يسبب عدة أمراض معروفة بالأعراض الناتجة عن نقص اليود و التي تعتبر من ضمن مشاكل الصحة العامة في العالم .

و لقد تبنت الجزائر في سنة 1990 البرنامج العالمي للملح الغذائي المضاف باليود من أجل مكافحة نقص اليود.

لقد قمنا من خلال هذا البحث بدراسة وصفية ل 167 عينة للملح المستهلك لدى العائلات و ذلك من أجل التعرف على نسبة اليود في الملح الغذائي في ولاية تلمسان. إن النتائج المتوصل إليها تبين أن الملح المزود بالطريقة الصحيحة باليود هو في متناول 40.12% من العائلات (ما بين 30 و 50) و 43.11% يستهلكون مزود بنسبة ضعيفة باليود (أقل من 30) و 16.17% يستهلكون ملح مزود بنسبة عالية من اليود (أكثر من 50) بحيث يقدر على الأرجح استهلاك الملح اليودي (الذي نسبته < من 15) في هذه المنطقة بنسبة 87%. أن هذه النتائج تتطابق مع منشورات منظمة الصحة العالمية فيما يخص الجزائر حيث أن أكثر من 95% من العائلات ليس في متناولها الملح المزود باليود بطريقة صحيحة و هذا ما يعني عدم بلوغ الهدف المحدد .

في الختام ، يوضح هذا العمل أهمية عملية مراقبة الجودة للملح المعالج باليود

لكلمات المفتاحية: اليود ، نقص ، اضطرابات ، ملح ، مكملات ، تلمسان