

# **Aliments et Nutriments**

## Teneur en iode et qualité des sels alimentaires commercialisés dans la région de Djelfa

lodine content and quality of dietary salts marketed in the Djelfa region

Benalia YABRIR<sup>1\*</sup>, Abdelkader SAILA<sup>2</sup>, Nawel MEKENEZ<sup>3</sup>, Mohamed HACHI<sup>1</sup>, Mohamed HAMIDI<sup>1</sup>, Blel AZOUZI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Djelfa, Algérie. <sup>2</sup>Faculté des Sciences et Technologie, Université de Djelfa, Algérie. <sup>3</sup> Direction du commerce de la Wilaya de Djelfa, Algérie

Auteur correspondant: byabrir@yahoo.fr

Reçu le 10 novembre 2018, Révisé le 15 décembre, Accepté le 30 décembre 2018

Résumé Introduction. L'Algérie, à l'instar des autres pays, a adhéré au programme universel d'iodation de sel initié par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) dans le but d'éliminer les troubles dus à la carence en iode (TCI). Objectif. L'objectif de cette étude est d'évaluer la teneur en iode des sels alimentaires commercialisés dans une région steppique centrale de l'Algérie et d'estimer le degré de respect du programme d'iodation du sel. Matériel et méthodes. Quarante cinq échantillons de sel alimentaires commercialisés dans la localité de Djelfa ont été analysés. Ces échantillons proviennent de neuf marques différentes. Les analyses physicochimiques ont porté sur le dosage de la teneur en iode par titrage iodométrique, le dosage de la teneur en chlorure de sodium (NaCI), la détermination des matières insolubles et de l'humidité. Résultats. Les résultats obtenus montrent que la teneur en iode varie d'un échantillon à l'autre (p<0,05) et que 77,78% des échantillons sont considérés comme non conformes à la législation algérienne en vigueur, fixée entre 50,55 et 84,25 mg/kg de sel. Cette fraction renferme deux groupes, un exempt d'iode ou du moins à très faible concentration, l'autre, bien que iodé, accuse un déficit important en cet élément (p<0,01). Tous les échantillons sont conformes au regard des autres paramètres, excepté pour le NaCl où seulement 44,44% des échantillons sont déclarés conformes. L'analyse de variance montre que tous les paramètres dépendent significativement de l'échantillon testé. Conclusion. Cette étude doit être confortée avec une étude épidémiologique concernant la prévalence des TCI, tout en la généralisant à d'autres régions et en essayant de trouver des liens entre la prévalence de ces derniers et la teneur en iode des sels commercialisés. Toute généralisation, à ce stade s'avère hasardeuse.

Mots clés: Iode, Sel, Troubles TCI, Goitre, Norme, Djelfa

Abstract Introduction. Algeria, like other countries, has joined the universal salt iodization program initiated by the World Health Organization (WHO) to eliminate iodine deficiency disorders (IDD). Objective. The objective of this study was to evaluate the iodine content of food salts marketed in a central steppic region of Algeria, and to estimate the degree of compliance with the salt iodization program. Material and methods. Forty five dietary salt samples marketed in the Djelfa locality were analyzed. These samples araised from nine different brands. The physicochemical analyzes focused on the determination of the iodine content by iodometric titration, sodium chloride (NaCl) content assay, determination of insoluble matter, and moisture. Results. The results showed that the iodine content varied from one sample to another (p<0.05), and 77.78% of samples were considered as not in conformity with the algerian legislation, set between 50.55 and 84.25 mg/kg of salt. This fraction contained two groups, one free of iodine or at least at very low concentration, the other, although iodized, showed a significant deficit in this element (p<0.01). All samples were consistent with other parameters, excepted for NaCl where only 44.44% of samples were declared compliant. The variance analysis showed that all the parameters depended significantly on the sample tested. Conclusion. This study should be supported by an epidemiological study concerning the prevalence of IDD, while generalizing it to other regions, and trying to find links between the prevalence of IDD and the iodine content of the salts marketed. Any generalization at this stage proves to be hazardous.

Key words: Iodine, Salt, TCI Disorder, Goiter, Standard, Djelfa

## Introduction

Les hormones thyroïdiennes contiennent de l'iode. Ce dernier est nécessaire au fonctionnement thyroïdien. Aussi bien l'insuffisance en iode que l'excès d'iode peut provoquer des problèmes thyroïdiens. Les besoins journaliers en iode sont disproportionnés et varient en fonction des catégories d'âge, ils augmentent avec l'âge [1]. Ces besoins ne sont pas régulièrement assurés. Entre autre, la biodisponibilité des minéraux à l'état de traces est plus affectée par le statut de la personne (facteurs intrinsèques), que par la disponibilité alimentaire (facteurs extrinsèques) [2]. Les troubles dus à une carence en iode (TCI) comprennent tous les effets des carences en iode sur la croissance et le développement [3]. La carence en iode se manifeste différemment chez les individus atteints [4]. Les affections induites par cette dernière sont sévères : goitre chez l'adulte, crétinisme endémique, retard mental, hypofertilité, mortalité périnatale, mortalité infantile [2-4]. En Algérie, le nombre de personnes exposées au risque de la carence en iode a été estimé à 5 millions en 1990-1991 [5]. La prévalence de goitre total (palpable et visible) était estimée à 8% au niveau national en 1991 [6]. Elle a été estimée, chez les enfants scolarisés, à 11,6 % dans le nord intérieur, 7,8 % dans le littoral et le sublittoral et 5,2 % dans les Hautes plaines [5].

En 1993, l'OMS et l'UNICEF (United Nations International Children's Emergency Fund (Fonds des Nations Unies pour l'Enfance) ont recommandé l'iodation universelle du sel comme stratégie principale pour éliminer les troubles dus à la carence en iode [1]. Depuis l'adoption de cette stratégie, plusieurs pays ont adhéré à ce programme, entre autre l'Algérie, par la mise en place d'un programme national de lutte contre les carences nutritionnelles (fer, iode, vitamine (vit) A, vit D), avec un sous-programme pour la lutte contre la carence iodée. La promulgation du décret exécutif 90/40 [7] rendant obligatoire la vente du sel iodé pour la prévention de la carence en iode vient renforcer cette stratégie. La publication de la norme algérienne pour le sel de qualité alimentaire NA 6351/1993 consolide cette politique sanitaire [8]. Cette norme, inspirée de la norme du Codex Alimentarius [9], fut homologuée par un arrêté ministériel [10].

Mannar & Dunn [11] préconisent de considérer le contexte diététique et économique dans le choix du vecteur de l'iode pour satisfaire aux besoins des populations, en particulier ceux des régions rurales des pays en développement. Ainsi, le choix du sel, comme véhicule idéal de l'iode, s'explique par le fait que l'iodation du sel garantit un apport quotidien régulier d'une part, et par son faible coût d'autre part [4].

Dans ce contexte, l'adoption de l'iodation universelle du sel par différents pays, a suscité l'intérêt de nombreux chercheurs afin de conduire des études dans le but de contrôler ce programme et voir par là même son impact sur la santé des populations, en particulier celles en voie de développement comme en Côte d'Ivoire [11], au Cameroun [12], au Mali [13], au Niger [14], au Maroc [15], au Bénin [16-18], au Congo [19] et au Ghana [20].

En Algérie, le pourcentage de ménages consommant du sel adéquatement iodé a baissé pour atteindre 69% en 2000, il est plus élevé en milieu urbain (74%) qu'en milieu rural (60%) [21]. Selon la même source, cette diminution a été expliquée par la présence sur le marché de sel non iodé, avec un étiquetage frauduleux. L'utilisation de sel iodé est la plus faible dans la région des Hauts Plateaux Centre (24%) et la plus élevée dans la région Nord Centre (85%). La différence entre l'utilisation du sel iodé dans les ménages les plus riches (82%) et les plus pauvres (54%) est très nette [22].

Dans cette optique, s'inscrit notre étude dont l'objectif est d'évaluer la teneur en iode des sels alimentaires commercialisés dans une région steppique (Hauts Plateaux Centre) et d'estimer le degré de respect du programme d'iodation du sel.

## Matériel et méthodes

## **Echantillonnage**

Quarante cinq échantillons de sel alimentaires vendus dans la localité de Djelfa ont été analysés. Ces échantillons provenaient de neuf marques différentes (noté E1 à E9), les plus commercialisées, à raison de 5 échantillons par marque. Les sels analysés se présentaient sous forme de cristaux plus ou moins fins, tous étiquetés « sel iodé », quatre marques portaient la mention « sel de table iodé », les cinq autres « sel de cuisine iodé ». Tous les échantillons portaient la mention « à conserver ou à stocker dans un endroit sec ou à l'abri de l'humidité » à l'exception de trois marques.

## Dosage de la teneur en iode

La détermination de la teneur en iode est effectuée par une méthode indirecte de dosage d'oxydoréduction [23]. Dans le sel, l'iode qui se trouve sous forme d'iodate de potassium (KIO<sub>3</sub>) est converti en iode moléculaire (I<sub>2</sub>), par action de l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 2N), en présence d'un excès d'iodure de potassium (KI, 10%). L'iode libéré est ainsi titré par une solution de thiosulfate de sodium (0,005M).

## Dosage de la teneur en NaCl

La détermination de la teneur en NaCl est réalisée selon la méthode de Mohr [24]. C'est un dosage par précipitation en milieu neutre. Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent (0,1N) en présence de chromate de potassium (10%).

## Détermination de la teneur en matières insolubles

La teneur en matières insolubles est déterminée par gravimétrie [25]. Les matières insolubles sont pesées, après élimination totale des chlorures, par lavage à l'eau distillée.

#### Détermination de la teneur en humidité

La teneur en humidité est déterminée par dessication d'une prise d'essai de sel à une température de ± 105°C jusqu'à obtention d'un poids constant [25].

# **Analyse statistique**

Les principales analyses, effectuées à l'aide du logiciel STATISTICA, version 6.1 édition 2003, ont porté sur la statistique descriptive (moyenne, écart-types, min, max), l'analyse de la variance (Test de Fisher-Snedecor) à un facteur, la comparaison des moyennes par le test de Newman Keuls pour la constitution de groupes homogènes et la comparaison des moyennes à un standard « ici la Norme » par le test 't' de Student. Le test de corrélation de Pearson a été utilisé pour examiner les effets des matières insolubles et de l'humidité sur la teneur en iode des sels alimentaires. Les différences ont été considérées significatives à *p*<0,05.

## Résultats

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés dans le **Tableau I**. Les résultats obtenus sont aussi confrontés à la norme algérienne [8] et aux normes du *Codex Alimentarius* [9] et comparés à d'autres travaux de la littérature.

#### Teneur en iode

Les résultats obtenus montrent que la teneur en iode varie d'un échantillon à l'autre et que cette variation est significative (p<0,05) et dépend de la marque mise en question (**Tableau I**). Les échantillons peuvent être classés en deux groupes homogènes (test de Newman et Keuls), si on considère la Norme algérienne NA 6351 [8], dont la teneur en iode (exprimée en mg/kg de sel), apportée sous forme d'iodate de potassium, doit être comprise entre

50,55 et 84,25 (**Fig. 1a**). Le premier groupe est constitué des échantillons  $E_1$  et  $E_2$ . Ces derniers sont conformes à la norme, tandis que le second groupe est formé des trois échantillons  $E_7$ ,  $E_8$  et  $E_9$ . Ces trois échantillons sont exempts d'iode, ou du moins à très faible concentration et donc non conformes (p < 0,01). Les autres échantillons ( $E_3$ ,  $E_4$ ,  $E_5$  et  $E_6$ ) sont non homogènes et accusent un déficit important en iode (p < 0,01), eux aussi non conformes. Ainsi, 77,78% des échantillons sont considérés comme non conformes à la législation algérienne en vigueur.

Tableau I. Teneur moyenne en iode et composition chimique moyenne des sels alimentaires

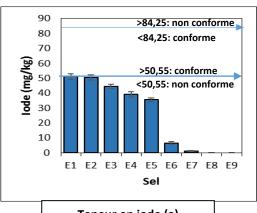
	Iode	NaCl	MI	Н
	(mg/kg sel)	(%)	(%)	(%)
E1	51,02 <sup>a,*</sup>	97,98 <sup>*</sup>	0,029 <sup>a,*</sup>	0,41 <sup>a,*</sup>
<b>E2</b>	50,60 <sup>a,*</sup>	97,69 <sup>*</sup>	0,022 <sup>a,*</sup>	0,27*
E3	44,42	96,58 <sup>a,*</sup>	0,022 <sup>a,*</sup>	0,40 <sup>a,*</sup>
E4	39,10	95,64 <sup>a,*</sup>	0,021 <sup>a,*</sup>	0,32*
E5	35,56	95,06°	0,027 <sup>a,*</sup>	0,39 <sup>a,*</sup>
E6	6,54	95,35°	0,028 <sup>a,*</sup>	0,58*
E7	0,22 <sup>b</sup>	95,06°	0,038 <sup>a,*</sup>	1,65*
E8	0,00 <sup>b</sup>	94,18	0,060 <sup>b,*</sup>	2,41*
E9	0,00 <sup>b</sup>	94,18	0,062 <sup>b,*</sup>	2,34*
Norme <sup>1</sup>	[50,55-84,25]*	>98,00*	<0,500*	<3,0 <sup>*</sup>
P <sup>2</sup>	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000

<sup>1</sup>Norme Algérienne pour la teneur en iode et en NaCl et norme du Codex Alimentarius pour la teneur en Ml et Humidité. <sup>2</sup>Analyse de variance (ANOVA à un facteur : effet échantillon); <sup>ab</sup>sur une même colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres constituent des groupes homogènes (Test de Newman et Keuls, p<0,05); \*sur une même colonne, les valeurs avec \* sont conformes à la norme mentionnée (Test de Student): comparaison de moyennes à un standard « Norme », p<0,05.

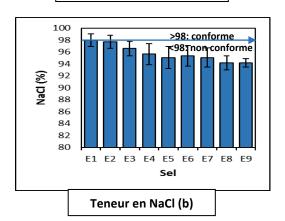
# Qualité chimique

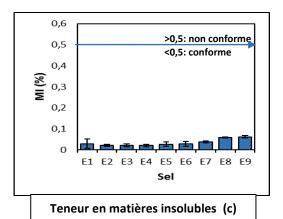
En vertu de la norme algérienne NA 6351 [8], dont la teneur en NaCl ne doit pas être inférieure à 98% de l'extrait sec, les échantillons  $E_1$  à  $E_4$  sont conformes, alors que les autres ne le sont pas (p<0,05) (**Fig. 1b**). Entre autre, un seul groupe homogène apparait constitué des échantillons  $E_3$  à  $E_7$  selon le test de Newman-Keuls. La teneur en NaCl est dépendante de l'échantillon analysé (p<0,05).

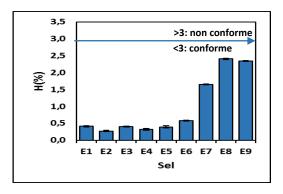
Pour ce qui est des matières insolubles et conformément aux normes du *codex Alimentarius* [9], la conformité de nos échantillons est de loin plus claire et plus nette (p<0,01). En aucun cas, la valeur de 0,1% (très inférieure à la norme) n'est atteinte (Fig. 1c), ce qui laisse suggérer que nos échantillons sont d'une

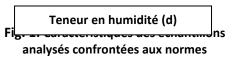


Teneur en iode (a)









pureté considérable.

La teneur en MI des sels dépend de la nature de l'échantillon (**Tableau I**). Le test de Newman-keuls permet de constituer deux groupes homogènes : l'un est formé des échantillons  $E_1$  à  $E_7$ , tandis que l'autre est constitué des autres échantillons  $E_8$  et  $E_9$ .

Conformément à la norme établie par le comité du *Codex Alimentarius* [9] qui fixe le seuil maximum d'acceptation en matière d'humidité à 3,0%, il ressort que la conformité de nos échantillons est bien observée (p<0,01). Entre autre, il est clair de distinguer deux classes d'échantillons (**Fig. 1d**): une classe à faible teneur en humidité dont la valeur maximale est à peine de 0,60%, une seconde classe dont la teneur en humidité est relativement importante et peut atteindre 2,43%, bien que le test de Newman-Keuls n'en distingue qu'un seul groupe homogène constitué des échantillons  $E_1$ ,  $E_3$  et  $E_5$ .

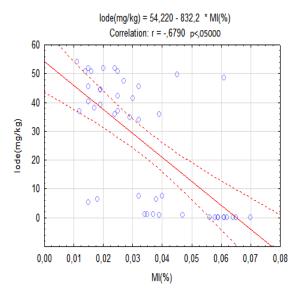
#### Etude des corrélations

L'analyse des effets des matières insolubles et de l'humidité sur la teneur en iode des sels alimentaires a été effectuée. Les corrélations obtenues sont représentées sur la **Fig. 2**. Des relations inversement proportionnelles entre les MI et l'humidité d'une part, et la teneur en iode d'autre part, exprimées respectivement par des coefficients de corrélations, r=-0,679 et r=-0,841 ont été trouvées.

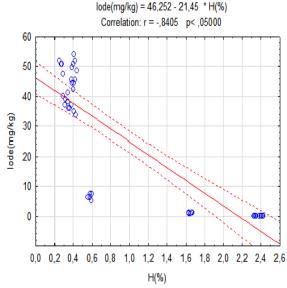
## **Discussion**

L'objectif de l'étude était d'évaluer la teneur en iode des sels alimentaires commercialisés dans une région steppique centrale de l'Algérie et d'estimer le degré de respect du programme d'iodation du sel. Il est bien établi que l'iode est volatile sous toutes ses formes ; l'iodure de potassium étant la forme la plus volatile et l'iodate de potassium (KIO<sub>3</sub>) étant la moindre [23]. C'est pour cette raison que l'iode doit être ajouté au sel sous forme d'iodate de potassium, après raffinage et séchage et avant emballage [26]. De plus, il est nécessaire de procéder à des contrôles de la qualité à la production et à l'exposition en vente à l'étalage du commerce, faute de quoi, le sel risque d'atteindre le consommateur, inadéquatement iodé par risque des pertes d'iode. Ces contrôles doivent être périodiques et échelonnés dans le temps et dans l'espace. Les résultats obtenus seront ensuite confrontés à la réglementation pour statuer sur leur conformité.

Cependant, cette notion de conformité est à rattacher au pays concerné ; le niveau d'iodation du sel varie d'un pays à l'autre [26]. En Tunisie par exemple, l'arrête du 8/04/1996 [27] fixe la teneur en iode (sous forme d'iodate de potassium) entre 35 et 45 mg/kg, tandis qu'en France, l'arrêté du 24/04/ 2007 [28] la situe entre 15 et 20 mg/kg. Ainsi, la notion de conformité est spécifique à chaque pays. Dans ce sens, un produit conforme dans un pays, ne le sera pas forcement pour un autre et vice-versa.



Effet des matières insolubles sur la teneur en iode (a)



Effet de l'humidité sur la teneur en iode (b)

Fig. 2. Effet des MI (a) et de l'humidité (b) sur l'iode

En ce qui concerne la teneur en iode, nos résultats sont conformes à ceux du Bénin pour des sels alimentaires titrant moins de 20 ppm et commercialisés, aussi bien, chez des grossistes (44,4%) que chez des revendeuses (61,0%) [18]. Les résultats obtenus par ces auteurs ont montré, qu'en moyenne, 40% des échantillons avaient une teneur égale à 0 ppm, 59,5%

une teneur <15 ppm et 0,53% une teneur ≥15 ppm et qu'aucun des échantillons de sel ne respectait les recommandations béninoises du sel iodé à la vente (20–60 ppm). La teneur en iode des sels de cuisine dans deux zones (départements du Borgou et des Collines) d'endémie goitreuse du Bénin était considérée comme insuffisante puisque seuls 54,74% des échantillons de sel étaient correctement iodés [16]. Une étude récente menée à Lubumbashi (Congo) a

révélé que 47,5% des échantillons de sels de cuisine étaient adéquatement iodés (15 à 40 ppm), 36,9% faiblement iodés, 7,4% trop riches en iode et 8,1% non iodés [19]. Les auteurs de cette étude ont constaté une grande proportion de carence iodée observée chez la femme enceinte, ce qui l'expose aux risques majeurs des troubles dus à la carence en iode, attribué à la faible disponibilité en iode du sel consommé dans cette région. Au Niger, Mamane et al. [14] ont constaté que l'essentiel des sels alimentaires vendus dans la communauté urbaine de Niamey ne répondaient pas à la réglementation nigérienne ; en effet sur l'ensemble des échantillons prélevés, 77,7% avaient une teneur en iode non-conforme à la réglementation en vigueur contre 23,3% suffisamment iodés. Ces auteurs ont aussi observé que les sels vendus au détail sur les marchés étaient plus exposés au soleil ce qui pourrait augmenter les pertes en iode.

Il semble que le contrôle de la qualité du sel au Benin a apporté ses fruits, en effet, l'état d'iodation du sel consommé à Glazoué (une zone surveillée pour endémie goitreuse) était le plus souvent satisfaisant alors qu'à Ouidah (supposé riche en iode), la production locale n'était pas adéquatement iodée [17]. L'étude menée dans la commune de Marcory (Côte d'Ivoire) a révélé que 23,3% des ménages possédaient un sel avec une teneur inférieure à la norme et 44,8 % un sel avec une teneur qui dépassait la limite supérieure recommandée. Parmi ces derniers 8,5% des foyers disposaient de sel dont la concentration en iode est supérieure à 100 ppm [11]. Les auteurs de cette étude ont sonné l'alarme, quant à l'excès en iode, sachant que la population (d'Abidjan) n'avait pas besoin d'une supplémentation en iode et vivait au bord de l'Océan Atlantique et consommait des aliments suffisamment riches en iode pour couvrir ses besoins. Autrement dit, elle ne semble donc pas naturellement exposée au risque de carence en iode. En revanche, le risque qu'encouraient ces consommateurs est l'iode-Basedow.

Une autre étude, menée dans la région de Volta au Ghana, concernait la disponibilité du sel adéquatement iodé auprès des ménages et celui commercialisé sur le marché [20]. Les résultats de cette étude

montraient que 24,5 à 30,9% de sel était adéquatement iodé (≥15 ppm). Le sel inadéquatement iodé (<15 ppm) représentait 35,4% chez les ménages et 36,3% dans le commerce, alors que le sel sans iode (0 ppm) se trouvait plus chez les ménages (39,9%) que chez les commerçants (32,9%).

Au Mali, le taux de conformité des sels iodés était de 17,28% (iode estimé entre 30 et 50 mg/kg); celui de non-conformité était de 82,72%, dont 10,86% présentaient des teneurs inférieures à 30 mg/kg et 71,85% avaient des teneurs supérieures à 50 mg/kg [13]. L'auteur estimait que l'objectif d'éradication des TDCI, en tant que problème de santé publique, par la mise à disposition du sel iodé, était atteint au Mali mais soulevait le problème du sel sur-iodé, pouvant occasionner des signes d'hyperthyroïdie.

Contrairement au Maroc, la teneur moyenne en iode était de 22,9 mg/kg, alors que la proportion du sel iodé conforme à la norme Marocaine a été estimée à 4,5%, ce taux stipule que le but de la généralisation du sel iodé était encore loin d'être atteint [15] d'une part, et que la proportion de sel iodé était plus importante dans le milieu urbain (28%) que dans le milieu rural (16%) d'autre part. Selon l'auteur, cette différence s'expliquait en partie par l'utilisation du sel en vrac, qui était non iodé, en milieu rural.

Pour ce qui est de la teneur en matière insolubles, entre autre, en impuretés, Gomina Assoumanou et al. [16] ont rapporté que 23,57% des sels analysés, dans deux zones d'endémie goitreuse au Bénin, renfermaient des impuretés. Ces auteurs rattachaient la concentration des sels en iode à la présence ou l'absence de telles impuretés. Ainsi, la majorité des sels de cuisine, ayant plus de 15 ppm d'iode (81,48%), ne contenait pas d'impuretés. Par contre presque la moitié des sels, ayant 0 ppm (52,94%) ou ayant moins de 15 ppm (46,15%), contenait des impuretés. Selon les mêmes auteurs, cette présence d'impuretés dans le sel ne serait pas la seule cause de la perte d'iode. Les différences constatées, en matière d'humidité, pourraient être probablement dues aux conditions de stockage, à la nature de l'emballage et/ou à la teneur en eau au moment du conditionnement. La durée du stockage, en relation avec la grosseur du grain de sel, constitue un des facteurs limitant la conservation du sel. En effet, Taga et al. [12] ont déterminé la teneur en eau des sels, après 9 mois de stockage à la température de la maison (les sels ont été préalablement séchés à 50°C pendant 24 heures) : ils constataient que la perte en eau était fonction de la granulométrie des grains de sel. Celle-ci diminuait du sel à gros grains au sel à grains fins. Cette variation de l'humidité influait sur la teneur en iode, dans le sens où le

pourcentage de perte en iode augmentait avec la teneur en eau [12].

Plusieurs auteurs ont étudié l'effet de divers facteurs sur la teneur en iode des sels commercialisés, entre autres, le mode de conservation (emballage), le lieu de stockage, la texture du sel et le point de vente. Les résultats sont disparates et parfois même contradictoires.

Selon Mizéhoun-Adissoda et al. [18], les teneurs moyennes en iode ne différaient, ni selon le mode de conservation, ni selon le mode de stockage, alors qu'elles variaient selon le point de vente. En effet, les teneurs moyennes en iode des échantillons de sel prélevés chez les grossistes et chez les revendeuses étaient respectivement de 5,5±14,6 ppm et 1,9±2,1 ppm (p<0,001). D'autres auteurs ont constaté une relation hautement significative (p<0,0001) entre la texture du sel (fin, gros et granulaire) et la teneur en iode d'une part, et entre la nature de l'emballage (avec ou sans emballage, emballage d'origine, sac en polythène) et la teneur en iode d'autre part [20]. Mamane et al. [14] n'ont observé aucune différence significative entre les trois modes de conservation (boîtes en plastique (55%), sachets en plastique (24%) et bouteilles en verre (21%)) dans le dosage de l'iode des sels alimentaires vendus dans la communauté urbaine de Niamey. Quant au Codex Alimentarius [9], il est exigé que le sel iodé ne soit pas exposé à la pluie, à une humidité excessive ou à la lumière du soleil direct, à tous les stades de son entreposage, de son transport ou de sa vente. L'exposition des sels à l'air libre facilite la déperdition de l'iode [16]. Taga et al. [12] énumèrent l'ensemble des facteurs influençant la teneur en iode des sels. Ainsi, le taux d'iode varie considérablement entre le producteur et le consommateur, les pourcentages de perte peuvent varier de 44,8% à 82,3%. En fonction de l'aspect physique du sel, plus les grains de sel sont fins, plus le taux d'iode est élevé. La concentration en iode du sel qui baisse, également, après la conservation serait fonction du mode et de la durée de conservation, de la température, du matériel d'emballage et de la présence ou non d'impuretés. Il semble que l'emballage en verre conserve mieux le taux d'iode dans le sel que les autres matériaux, en particulier ceux en plastique. Même, initialement présent en concentration élevée dans le sel, l'iode parviendrait en général chez le consommateur en quantité insuffisante pour pouvoir couvrir ses besoins journaliers. En somme, l'objectif final est le maintien de l'iode dans le sel jusqu'à la population-cible. Pour cela, il faut lutter contre 3 facteurs : la forte humidité, qui facilite l'oxydation de l'iodure et surtout permet la migration et le démixage de l'iode ; l'acidité, qui permet à l'iode de s'allier à l'hydrogène, en formant du HI qui s'oxyde en 2 minutes et s'évapore ; la présence d'impuretés qui ont une action oxydante [29].

Diosady et al. [30] ont constaté une perte d'iode sous l'effet de l'humidité relative du milieu, plus l'humidité est importante, plus la perte en iode est significative. Ces auteurs attribuent la perte d'iode, non seulement à l'humidité relative, mais aussi au matériau d'emballage et à l'origine du sel.

#### Conclusion

Bien que le rapport de la FAO [21] soit positif sur les moyens mis en œuvre, tant sur le plan médical, que sur le plan industriel, et qui ont permis d'obtenir une nette régression des troubles, dus à la carence en iode, ce dernier stipule que les mesures prophylactiques par le sel iodé se sont avérées peu efficaces. Cette étude doit être confortée avec une étude épidémiologique, concernant la prévalence des TCI, tout en la généralisant à d'autres régions et en essayant de trouver des liens entre la prévalence de ces derniers et la teneur en iode des sels commercialisés. Toute généralisation, à ce stade, s'avère hasardeuse. Le programme d'iodation universelle du sel doit être renforcé par des contrôles qui doivent être périodiques et échelonnés dans le temps et dans l'espace; tout en impliquant la société civile par une approche participative et incitative. Enfin, le sel iodé de qualité alimentaire doit être produit par des industriels fiables, disposant de connaissances et de matériel adéquat et performant, ainsi que des dosages crédibles à une production correcte du sel de bonne qualité alimentaire.

## Conflits d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêts en relation avec cet article

## Références

- WHO, UNICEF, ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for program managers, third edition 2007; 108pp. whqlibdoc.who.int/ publications/2007/9789241595827\_eng.pdf
- Sidibé EH. Réflexions sur le retard mental et le crétinisme de l'hypothyroïdie congénitale et de la carence des minéraux à l'état de traces. Cah San 2007; 17: 41-50.

- 3. Hetzel BS. Iodine deficiency disorders (IDD) and their eradication. *Lancet* 1983; 2:1126-9.
- OMS. Organisation Mondiale de la Santé; la prévention primaire des troubles mentaux, neurologiques et psychosociaux. Genève, 1999, 139 pp.
- 5. Kellou MK. Evolution de la situation alimentaire et nutritionnelle en Algérie de 1968 à 1988. In : Padilla M, Delpeuch F, editors. Les politiques alimentaires en Afrique du Nord, Paris: Karthala ; 1995, p. 61-70.
- Benmiloud M. Pathologie thyroïdienne et carence en iode. J Alg Méd 1993; III, 2:79. Cité par: FAO. Profil Nutritionnel de l'Algérie Division de l'Alimentation et de la Nutrition. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. 2005, 41pp
- Décret exécutif 90/40 du 30 janvier 1990 rendant obligatoire la vente du sel iodé pour la prévention de la carence en iode. In : Journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire 1990 ; n°5: 180-81.
- INAPI, Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle. Norme Algérienne NA 6351/1993 du 20 août 1993.
- Codex Alimentarius, CODEX STAN 150-1985, "Pour le sel de qualité alimentaire" 1985. www.fao.org/input/download/standards/3/CXS\_ 150f.pdf
- 10. Arrêté ministériel du 30 novembre 1994 portant homologation de 24 normes algériennes. In : Journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire 1995 ; n°41: 10-11.
- Adou P., Aka D., Aké M., Koffi M., Tébi A., Diarra-Nama AJ. Evaluation de la teneur en iode du sel alimentaire à Abidjan (Côte d'Ivoire). Cah Etu Rech Fran / San 2002; 12:18-21.
- 12. Taga I., Massouke DD., Ndomou M., Ngogang Yonkeu J. Problématique du sel iodé consommé au Cameroun. *Cah Etu Rech Fran/San* 2004; 14: 161-5.
- 13. Fofana F. Contrôle de qualité du sel iodé consommé au Mali. Thèse Doctorat en pharmacie ; Université de Bamako, Mali. 2007, 114pp.
- Mamane NH., Sadou H., Alma MM., Daouda H. Evaluation de la teneur en iode des sels alimentaires dans la communauté urbaine de Niamey au Niger. J Soc Ouest-Afr Chim 2013; 035: 35-40.
- Zahidi M. La teneur en iode dans le sel alimentaire au niveau des ménages au Maroc. Thèse Doctorat en pharmacie; Université Mohammed V, Rabat, Maroc. 2015, 124pp.

- 16. Gomina Assoumanou M., Zohoncon TM., Akpona SA. Evaluation de la teneur en iode des sels de cuisine dans les ménages de deux zones d'endémie goitreuse du Bénin. Int J Biol Chem Sci 2011; 5: 1515-26.
- 17. Mizéhoun-Adissoda C., Agueh V., Yemoa A., Sègla BI., Alihonou F., Jossè RG. *et al*. Évaluation de la teneur en iode des sels alimentaires dans les communes de Glazoué et de Ouidah (Bénin) et comparaison aux recommandations. *Nutr Clin Metab* 2016 ; 30: 38-44.
- 18. Mizéhoun-Adissoda C., Yémoa A., Jerome CS., Biobou A., Alouki K., Azandjèmé C., et al. Teneur en iode et qualité microbiologique des sels alimentaires commercialisés au Bénin. Nutr Clin Metab 2018; 32:102-8.
- 19. Banza BI., Lumbu JBS., Donnen P., Twite EK., Kwete DM., Kazadi CM., et al. La teneur en iode du sel de cuisine consommé à Lubumbashi et le statut iodé des personnes vulnérables: cas de femmes enceintes de milieux défavorisés. Pan Afr Med J 2016; 23:129-36.
- 20. Agbozo F., Der JB., Glover NJ., Ellahi B. Household and market survey on availability of adequately iodized salt in the Volta region, Ghana, *Int J Health Promot Educ* 2017;5: 1-13.
- 21. FAO. Profil Nutritionnel de l'Algérie Division de l'Alimentation et de la Nutrition. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. 2005, 41pp. www.fao.org/docrep/017/ap829f/ap829f.pdf
- 22. MSPRH, UNICEF, UNFPA. Enquête par grappes à indicateurs multiples (MICS) 2012-2013 : suivie de la situation des enfants et des femmes 2015. https://www.unicef.org/algeria/Rapport\_MICS4 (2012-2013).pdf.
- 23. Sullivan KM., Houston R., Gorstein J., Cervinskas J. Contrôle des programmes universels d'iodation du sel. PAMM/IM/ICCIDD 1995, 103 pp.
- 24. Rodier J. L'analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. Paris :Dunod 1996 ; p 189-90.
- 25. Règlement ministériel du 15 avril 1977 relatif aux méthodes d'analyses de référence en matière de sel destiné à la consommation humaine. In: Journal Officiel du Grand-Duché de Luxembourg, A N°30.
- 26. Mannar MGV., Dunn JT. Iodation du sel pour l'élimination de la carence en iode. ICCIDD/ IMIU NICEF/OMS, Pays-Bas 1995, 152pp.
- 27. Arrêté du 8/04/1996 fixant les caractéristiques techniques du sel iodé et de son emballage. In :

- Journal officiel de la République Tunisienne 1996 ; n°31 : 733-4.
- 28. Arrêté du 24/04/2007 relatif aux substances d'apport nutritionnel pouvant être utilisées pour la supplémentation des sels destinés à l'alimentation humaine. In : Journal Officiel de la République Française 2007 ; n97 : texte n°5 p7400.
- 29. Kouame P., Bellis G., Roux F., Delafosse JR., Cha-
- ventre A. Choix des indicateurs et de la prophylaxie selon la gravité des troubles dus à la carence iodée (TDCI): Etat de la question. *Med Afr Noir* 1999;46:40-7.
- 30. Diosady LL., Alberti JO., Venkatesh Mannar MG., Stone T. Stability of Iodine in Iodized Salt Used for Correction of Iodine Deficiency Disorders. *Food Nutr Bull* 1997; 18: 388-96.