

Article original

Teneur en iode et qualité microbiologique des sels alimentaires commercialisés au Bénin

Iodine content and microbiological quality of dietary salts marketed in Benin

Carmelle Mizéhoun-Adissoda^{a,*}, Achille Yémoa^c, Charles Sossa Jerome^d, Adama Biobou^a, Koffi Alouki^a, Colette Azandjémé^d, Jacques Houngbéno Houngra^e, Dismand Houinato^b, André Bigot^f, Jean-Claude Desport^{g,h}

^a École de nutrition et diététique, faculté des sciences de la santé/université d'Abomey-Calavi (FSS/UAC), 01 BP 188, Cotonou, Bénin

^b Laboratoire d'épidémiologie des maladies chroniques et neurologiques, FSS/UAC, 01 BP 188, Cotonou, Bénin

^c Laboratoire de chimie analytique et analyse des médicaments, FSS/UAC, 04 BP 494, Cotonou, Bénin

^d Département promotion de la santé, institut régional de santé publique, UAC, BP 384, Ouidah, Bénin

^e Direction de l'alimentation et de la nutrition appliquée, BP 295, Porto-Novo, Bénin

^f Laboratoire d'immunologie, FSS/UAC, 01 BP 188, Cotonou, Bénin

^g Unité de nutrition et centre de spécialité de l'obésité du Limousin, CHU Dupuytren, avenue Martin-Luther-King, 87042 Limoges, France

^h Inserm UMR 1094 NET, faculté de médecine, rue du Dr-Marcland, 87000 Limoges, France

Reçu le 8 janvier 2018 ; accepté le 8 janvier 2018

Disponible sur Internet le 4 février 2018

Résumé

But/objectif. – Évaluer la teneur en iode et le niveau de contamination microbiologique des sels vendus à Dantokpa, le plus grand marché du Bénin, afin d'en apprécier la qualité tout au long de la chaîne de distribution.

Matériel et méthode. – D'octobre à novembre 2016, 190 échantillons de sel étaient prélevés chez 18 grossistes et 172 revendeuses de sel, au marché Dantokpa de la ville de Cotonou. La teneur en iode était déterminée qualitativement en utilisant le MBI-Kit et quantitativement par spectrophotométrie. Trente échantillons tirés au sort étaient évalués pour leur qualité microbiologique grâce à un dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT).

Résultats. – Avec le MBI Kit, 47,9 % des échantillons de sel ne contenaient pas d'iodure. Par spectrophotométrie, 40 % des échantillons avaient une teneur égale à 0 ppm, 59,5 % une teneur < 15 ppm et 0,53 % une teneur ≥ 15 ppm. Aucun des échantillons de sel ne respectait les recommandations béninoises du sel iodé à la vente (20–60 ppm). Pour la qualité microbiologique, 100 % des échantillons étaient contaminés par des microorganismes dont 10 % par des staphylocoques.

Conclusion. – Cette étude révélait que les sels vendus au marché Dantokpa n'étaient pas adéquatement iodés. De plus, certains prélèvements étaient contaminés par des microorganismes halophiles. Ces résultats inquiétants soulignent la nécessité d'un renforcement de la stratégie d'iodation du sel au Bénin, tout en incluant une sensibilisation pour une meilleure qualité hygiénique du sel.

© 2018 Association pour le développement de la recherche en nutrition (ADREN). Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Iode ; Sel ; Microbiologie ; Marché ; Bénin

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : carmelle.mizehoun@gmail.com (C. Mizéhoun-Adissoda).

Abstract

Objective. – To evaluate the iodine content and microbiological contamination of salts sold at Dantokpa, the Benin's largest market, in order to assess quality throughout the distribution chain.

Materials and methods. – From October to November 2016, 190 salt samples were collected from 18 wholesalers and 172 salt dealers at the Dantokpa market in the town of Cotonou. Iodine content was qualitatively determined using the MBI-Kit and quantitatively by spectrophotometry. The microbiological quality assessment involved 30 samples randomly selected to count Total Mesophilic Aerobic Flora (TMAF).

Results. – With the MBI Kit, 47.9 % of samples did not contain iodine. By spectrophotometry, 40 % of the salts had an iodine content equal to 0 ppm, 59.5 % a content < 15 ppm and 0.53 % of the samples an iodine content \geq 15 ppm. None of the salt samples met the Beninese recommendations of iodized salt for sale (20–60 ppm). For microbiological quality, 100 % of the samples were contaminated with microorganisms, which were staphylococci in 10 %.

Conclusion. – This study showed that the dietary salts sold at the Dantokpa market are not adequately iodized. In addition, some samples are contaminated with halophilic microorganisms. These disturbing results highlight the need for an immediate strengthening of the salt iodization strategy in Benin while including sellers' awareness for a better hygiene.

© 2018 Association pour le développement de la recherche en nutrition (ADREN). Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: Iodine; Salt; Microbiology; Market; Benin

1. Introduction

La carence en iode et les troubles associés constituent un problème de santé publique dans plusieurs pays du monde, qui peut cependant être combattu par l'utilisation de sel alimentaire iodé [1]. L'iode est un micronutriment qui entre dans la formation des hormones thyroïdiennes [2] et qui est indispensable à la croissance et au développement normal du fœtus, du nourrisson et de l'enfant, ainsi qu'à l'activité physique et mentale normale des adultes. La carence en iode a des conséquences qualifiées de troubles de la carence en iode (TDCI) dont le goitre, un retard de croissance, une diminution de l'activité mentale et une léthargie générale, l'hypothyroïdie, le crétinisme, les troubles de la fertilité. . . [3–6]. Ces TDCI peuvent constituer des freins au développement économique des zones touchées. Pour remédier à ce problème, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a émis des recommandations concernant l'iodation et la distribution du sel de production locale ou d'importation et la mise en place d'un système de surveillance [2]. Ainsi, de nombreux pays ont adopté des lois d'iodation du sel et ont mis en route des programmes de contrôle de la carence en iode. Les recommandations signalent que les structures responsables de l'alimentation et de la nutrition doivent veiller à ce que plus de 90 % des ménages aient accès à du sel adéquatement iodé, c'est-à-dire contenant 15 à 40 ppm d'iode [2]. La couverture mondiale des ménages en sel iodé a augmenté considérablement depuis l'adoption de la stratégie universelle d'iodation du sel. Alors que moins de 10 % des ménages dans le monde avaient accès au sel adéquatement iodé en 1990, ce pourcentage est monté à 70 % en 2011 [1,4,7,8]. Sur 128 pays disposant de données sur le sel iodé, la couverture des ménages était de plus de 90 % dans 37 pays, 50–90 % dans 52 pays et moins de 50 % dans 39 pays [8].

Le Bénin a adopté la stratégie d'iodation universelle du sel en 1994 par un arrêté interministériel réglementant la production, l'importation et la commercialisation du sel iodé et instaurant un programme de sensibilisation des populations sur les TDCI [9]. En 2000, on a assisté à une réduction considérable du goitre dont la prévalence était estimée à 3,7 % contre 19 % en 1994 [10]. Sur recommandation de l'atelier de Consultation Ouest

Africaine sur l'Iodation Universelle du Sel tenu à Dakar en 2004, un nouvel arrêté interministériel a été pris en 2009 pour régler la teneur en iode du sel [11]. Ce document fixe les normes en matière d'iodation du sel de cuisine à 30–60 ppm d'iode en poids sec à la production, à l'importation et à l'exportation, 20–60 ppm d'iode en poids sec à la vente et 15–60 ppm au niveau des ménages. Cependant, des études récentes portant sur la disponibilité du sel iodé dans les ménages au niveau national [12] de même que sur l'état d'iodation du sel produit localement [13] ont montré des résultats assez inquiétants suggérant la présence d'insuffisances dans la conduite du programme d'iodation du sel au Bénin.

Ainsi, l'objectif de cette étude était d'évaluer la teneur en iode des sels alimentaires commercialisés au marché Dantokpa (la plus grande surface de distribution au Bénin) et leur qualité microbiologique, étant donné que le sel peut être directement ajouté aux aliments sans cuisson préalable.

2. Méthodes

2.1. Cadre

L'étude descriptive et transversale se déroulait en octobre et novembre 2016. Le protocole avait reçu l'autorisation de la faculté des sciences de la santé (FSS) de Cotonou ainsi que celles du directeur de la Société de gestion des marchés autonomes (SOGEMA) et du délégué du marché Dantokpa. Ce marché est situé dans la ville de Cotonou qui est la capitale économique du Bénin [14]. D'une superficie d'environ 22 hectares, il est le plus grand à la fois pour le pays et pour l'Afrique de l'Ouest [15], et regroupe aussi bien des commerçants autochtones que de différentes nationalités (nigériens, maliens, burkinabés, sénégalais, togolais, nigériens, ivoiriens, camerounais, gabonais, pakistanais, marocains, libanais, etc.). Les marchands peuvent être des grossistes, des détaillants ou des marchands ambulants dont la plupart sont des femmes. Le sel alimentaire peut être d'origine locale ou d'importation. Le marché jouxte une lagune dont l'entretien est médiocre, ce qui peut être source de contamination microbienne des aliments commercialisés.

2.2. Population d'étude et échantillonnage

La population était constituée des vendeurs de sels alimentaires menant cette activité depuis au moins six mois. Les objectifs de l'étude étaient clairement expliqués aux participants. Tous les grossistes, détaillants et vendeurs ambulants ayant donné leur consentement pour le prélèvement des échantillons étaient inclus. Étaient exclus les vendeurs dont les stands étaient fermés et ceux n'ayant pas donné leur consentement. Pour des raisons budgétaires, 15 % des échantillons de sel prélevés étaient tirés au sort pour la réalisation des analyses microbiologiques.

2.3. Collecte des données et prélèvement des échantillons

Un questionnaire standardisé était administré aux participants pour recueillir des données sociodémographiques, des informations générales sur le circuit d'approvisionnement des vendeurs, les conditions de conservation et de stockage du sel destiné à la vente et des éléments de connaissance des vendeurs sur les TDCI. À la suite du questionnaire, des échantillons de 50 g de sel étaient prélevés chez chaque vendeur dans des sachets en plastique à fermeture étanche. Ces prélèvements étaient ensuite conservés dans un sac en aluminium à l'abri de la lumière afin de préserver la teneur en iode des échantillons et d'éviter les risques de contamination.

2.4. Dosage de la teneur en iode des échantillons de sel

La teneur en iode était mesurée grâce à des kits tests rapides fournis par l'UNICEF (MBI Kits International Chennai, Inde) [16], et par spectrophotométrie en utilisant un spectrophotomètre portatif WYD Iodine Checker (Salt Research Institute of China National Council of Light Industry ; Chine) [17]. Le dosage par les kits est à la fois qualitatif (permet de vérifier si le sel alimentaire est iodé ou non) et semi-quantitatif (permet à l'aide d'une échelle de couleurs d'estimer la quantité d'iode du sel analysé). Il s'agit d'une réaction d'oxydoréduction au cours de laquelle l'iodate dans le sel est réduit en iode par l'iodure en milieu acide contenu dans la solution test. La présence de l'amidon dans la solution test entraîne l'apparition d'une coloration bleue violacée plus ou moins foncée, témoignant de la présence d'iode dans le sel alimentaire. La limite de détection du kit correspond à la concentration maximale en iode à partir de laquelle le kit ne donne plus de spot bleu violacé plus ou moins foncé à la surface du sel testé. Le dosage spectrophotométrique repose sur les caractéristiques d'absorption du composé bleu « amidon-iodé » à 585 nm dans le visible. Après insertion de la cuve, un faisceau lumineux monochromatique traverse la solution d'échantillon et arrive au niveau du détecteur. L'intensité de lumière réduite en raison de l'absorbance est positivement liée à la concentration en iode de l'échantillon [17–19]. Les dosages étaient réalisés au laboratoire de biochimie de la faculté des sciences de la santé de l'université d'Abomey-Calavi. La teneur en iode des sels était évaluée selon les normes retenues à la vente en République du Bénin qui indiquent des teneurs comprises entre 20 et 60 ppm à l'achat [11]. Les sels de teneur

inférieure ou supérieure à cette norme étaient considérés comme non adéquatement iodés.

2.5. Analyse microbiologique des échantillons de sels

Elle était réalisée au laboratoire de microbiologie de l'École Polytechnique de l'université d'Abomey-Calavi. La numération bactérienne était faite par la méthode de dilution de Speck [20,21]. La flore mésophile aérobie totale (FMAT ; NF EN ISO 4833) évaluait le nombre d'unité formant une colonie (UFC), c'est-à-dire, le nombre de microorganismes présents dans un produit ou sur une surface et aptes à se multiplier en présence d'air aux températures moyennes de 25 à 40 °C. Pour chaque échantillon, des dilutions 10^{-2} et 10^{-3} étaient réalisées. 1 mL de chaque dilution + environ 15 mL de gélose Plate Count Agar (PCA) étaient introduits dans deux boîtes de Pétri stériles. L'ensemble était homogénéisé. Après solidification, 5 mL de la même gélose étaient coulés pour réaliser une 2^e couche. Les boîtes étaient incubées à 30 °C pendant 72 ± 2 h. Par ailleurs, un dénombrement des staphylocoques coagulase positive était réalisé sur milieu sélectif. Les limites considérées comme tolérables en cas de contamination bactériennes étaient de 10^2 à 10^3 UFC/g.

2.6. Analyse statistique

Les données étaient analysées grâce au logiciel Stat-View 5.0 software (SAS Institute, Cary, NC, États-Unis). Les variables quantitatives étaient présentées sous forme de moyenne et écart-type. Les comparaisons étaient effectuées en utilisant les tests de Mann-Whitney et Anova. Les variables qualitatives étaient présentées en pourcentages. Les tests comparatifs utilisés étaient celui du Chi² et le test exact de Fisher, selon les conditions d'application. La différence est considérée comme significative pour une valeur de $p < 0,05$.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques générales et connaissances des vendeuses

Le taux de réponse était de 95 %. Tous les grossistes de sels consentaient à l'étude. Au total 18 grossistes et 172 revendeuses (c'est-à-dire, détaillantes et ambulantes), toutes de sexe féminin acceptaient de participer à l'étude. Le **Tableau 1** résume les caractéristiques générales des participantes. La moyenne d'âge des vendeuses était de $33,5 \pm 8,3$ ans, et 72,1 % d'entre elles étaient âgées de 25 à 40 ans. La quasi-totalité (97,9 %) des vendeuses était de nationalité béninoise et 73,7 % n'avait aucun niveau d'instruction. Plus de la moitié (50,5 %) avait une ancienneté de cinq à 20 ans dans le commerce du sel. Le sel provenait à la fois des grossistes et de la production locale. Celui vendu par les grossistes provenait d'autres pays d'Afrique de l'Ouest et d'Inde. Le sel était stocké dans des sacs de jute chez les grossistes et principalement en sachets plastiques chez les revendeuses. Il était conservé dans 69 % des cas dans un endroit bien sec à l'abri des intempéries.

Tableau 1
Caractéristiques générales des vendeuses de sel ($n = 190$).

Variabes	Grossistes n (%)	Revendeuses n (%)	Total n (%)	p
<i>Caractéristiques des vendeuses de sel</i>				
Âge (ans)				0,29
< 25	0 (0)	20 (11,6)	20 (10,5)	
25 à 40	14 (77,7)	123 (71,5)	137 (72,1)	
Plus de 40 ans	4 (22,2)	29 (16,8)	33 (17,4)	
Moyenne (\pm ET)	35,2 \pm 7,2	33,4 \pm 8,4	33,5 \pm 8,3	0,33
Nationalité				0,18
Bénoise	17 (89,5)	171 (98,8)	188 (97,9)	
Autres	1 (10,5)	1 (1,2)	2 (2,1)	
Niveau d'instruction				< 0,001
Aucun ou alphabétisé	5 (27,8)	135 (78,5)	140 (73,7)	
Primaire/secondaire	11 (61,1)	37 (21,5)	48 (25,3)	
Supérieur	2 (11,1)	0 (0)	2 (1,0)	
<i>Ancienneté dans le commerce du sel</i>				
< 5 ans	6 (33,3)	70 (40,7)	76 (40,0)	0,82
5 à 20 ans	10 (55,5)	86 (50,0)	96 (50,5)	
Plus de 20 ans	2 (11,1)	16 (9,3)	18 (9,5)	
Moyenne (\pm ET)	8,5 \pm 6,8	7,3 \pm 6,5	7,4 \pm 6,6	0,46
<i>Pays de provenance du sel</i>				
Sénégal (Afrique)	14 (77,8)	0 (0)	14 (7,4)	NA
Ghana (Afrique)	3 (16,7)	0 (0)	3 (1,6)	
Inde (Asie)	1 (5,5)	0 (0)	1 (0,5)	
Bénin (local)	0 (0)	172 (100)	172 (90,5)	
<i>Conservation et stockage du sel à la vente</i>				
Mode de conservation				< 0,001
Sachet	0 (0)	70 (40,7)	70 (36,8)	
Sac de jute	18 (100)	55 (31,9)	73 (38,4)	
Récepteur aluminium/plastique	0 (0)	47 (27,3)	47 (24,7)	
Mode de stockage				0,19
Endroit sec	15 (83,3)	116 (67,4)	131 (68,9)	
Autres (humidité, poussière)	3 (16,7)	56 (32,6)	59 (31,0)	
<i>Éléments de connaissance des vendeuses sur l'iode et les TDCI</i>				
<i>Connaissance des normes d'iodation du sel à la vente</i>				
Oui (teneur en iode : 20–60 ppm)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	NA
Non	18 (100)	172 (100)	190 (100)	
Raisons de la consommation du sel iodé				< 0,001
Bonne santé/éviter la maladie	8 (44,4)	11 (6,4)	19 (10,0)	
Éviter le goitre	1 (5,6)	5 (2,9)	6 (3,2)	
Ne sait pas	9 (50,0)	156 (90,7)	165 (86,8)	
Comment faites-vous pour savoir si le sel que vous vendez est iodé ?				0,003
Test rapide	13 (72,2)	43 (25,0)	56 (29,5)	
Informations chez grossiste	0 (0,0)	20 (11,6)	20 (10,5)	
Écrit sur l'emballage	3 (16,7)	15 (8,7)	18 (9,5)	
Contrôle DANA	0 (0,0)	3 (1,7)	3 (1,6)	
Ne sais pas	2 (11,1)	91 (52,9)	93 (48,9)	

TDCI : troubles de la carence en iode ; DANA : Direction de l'alimentation et de la Nutrition Appliquée (Bénin) ; NA : non applicable.

Quant à l'évaluation des connaissances des vendeuses sur l'iode et les TDCI, 86,8 % d'entre elles ne connaissaient pas les raisons justifiant la consommation de sel iodé, et 48,9 % ne connaissaient pas l'état d'iodation des sels qu'elles commercialisaient et n'effectuaient aucun contrôle.

3.2. Teneur en iode des échantillons

Les teneurs en iode des échantillons de sel prélevés selon le type de vendeur sont résumés dans le Tableau 2. Le MBI-Kits identifiait seulement 8,9 % des échantillons ayant une teneur en iode > 15 ppm. En spectrophotométrie, les teneurs moyennes en iode des échantillons de sel prélevés chez les grossistes et

chez les revendeuses étaient respectivement de 5,5 \pm 14,6 ppm et 1,9 \pm 2,1 ppm ($p < 0,001$). Pratiquement tous les échantillons de sel toutes origines confondues avaient une teneur en iode < 20 ppm. Seul un échantillon de sel provenant d'un grossiste et d'origine indienne avait une teneur en iode > 20 ppm soit 63 ppm (Tableau 3). Les teneurs moyennes en iode n'étaient pas différentes selon le mode de conservation ($p = 0,325$) ni selon le mode de stockage ($p = 0,720$) (Tableau 3).

3.3. Qualité microbiologique des échantillons

Au total, trois échantillons provenant de chez les grossistes et 27 échantillons de sel provenant des revendeuses

Tableau 2

Teneur en iode des sels commercialisés selon le type de vendeuse ($n = 190$).

Teneur en iode	Grossiste <i>n</i> (%)	Revendeuse <i>n</i> (%)	Total <i>n</i> (%)	<i>p</i>
<i>MBI Kits</i>				
0 ppm	8 (44,4)	83 (48,2)	91 (47,9)	0,01
Moins de 15 ppm	5 (27,7)	77 (44,7)	82 (43,2)	
Plus de 15 ppm	5 (27,7)	12 (6,9)	17 (8,9)	
<i>Spectrophotométrie</i>				
0 ppm	9 (50,0)	67 (38,9)	76 (40,0)	0,31
1 à 20 ppm	8 (44,4)	105 (61,0)	113 (59,5)	
Plus de 20 ppm	1 (5,5)	0 (0)	1 (0,5)	
Moyenne (\pm ET) ppm	5,5 \pm 14,6	1,9 \pm 2,1	2,2 \pm 4,9	

Résultats MBI Kits versus spectrophotométrie : $p = 0,004$.

Tableau 3

Teneur en iode des sels commercialisés selon l'approvisionnement (provenance), le stockage et le conditionnement ($n = 190$).

	<i>n</i>	Teneur en iode (ppm) Moyenne \pm ET	Min	Max	<i>p</i>
<i>Lieu d'approvisionnement</i>					
Sénégal	14	2,4 \pm 2,6	0,2	7,5	<0,001 ^b
Inde	1	63,1 \pm 0	–	–	
Ghana	3	0,8 \pm 0,8	0,2	1,8	
Local ($n = 172$)					
Djègbadji ^a	37	1,9 \pm 1,9	0,3	7,6	0,32 ^b
Chez grossiste (Dantokpa)	135	1,8 \pm 2,2	0,2	15	
<i>Mode de conservation</i>					
Sachet	70	1,7 \pm 2,0			0,72 ^c
Sac de jute	73	2,9 \pm 7,5			
Récepteur aluminium/plastique	47	1,8 \pm 1,8			
<i>Mode de stockage</i>					
Endroit sec	131	2,3 \pm 5,8			0,72 ^c
Autres (humidité, poussière)	59	2,0 \pm 2,0			

^a Djègbadji est le plus grand site de production du sel au Bénin.^b Test Anova.^c Test de Mann-Whitney.

étaient analysés. Tous les échantillons étaient contaminés par la flore mésophile totale. Le nombre d'unités formant colonie par gramme (UFC/g) était variable selon l'origine du sel, mais $> 10^3$ pour la quasi-totalité des échantillons analysés. La recherche de staphylocoques, germes halophiles, était positive dans trois cas, soit un taux de contamination de 10 % (Tableau 4).

4. Discussion

L'objectif de cette étude était d'évaluer la teneur en iode et la qualité microbiologique des sels vendus au marché Dantokpa,

Tableau 4

Qualité microbiologique des échantillons de sel ($n = 30$).

Niveau de contamination	<i>n</i> (%)
<i>Microorganismes à 30 °C</i>	
Présence	30 (100 %)
Absence	0
<i>Staphylocoques</i>	
Présence	3 (10 %)
Absence	27 (90 %)

la plus grande surface d'approvisionnement en marchandises au Bénin. La méthode spectrophotométrique utilisée pour la quantification de l'iode dans les échantillons de sel et celle utilisée pour la recherche de la flore microbienne par dénombrement sont des techniques validées [2,20].

Les résultats ont montré que la teneur moyenne en iode était très faible ($2,2 \pm 4,9$ ppm). La quasi-totalité des échantillons de sel, qu'ils soient en provenance des grossistes ou distribués par les revendeuses, n'étaient pas conforme aux recommandations de l'OMS pour les ménages (15–40 ppm), non plus qu'aux normes béninoises fixant la teneur du sel iodé à la vente (20–60 ppm). Un seul échantillon de sel d'origine indienne avait une teneur en iode > 20 ppm. Des insuffisances avaient été déjà indiquées par une enquête béninoise en 2014, qui signalait que seulement 38,9 % des ménages disposaient d'un sel adéquatement iodé [12]. Une autre étude menée dans la commune de Ouidah [13] qui héberge le plus grand site de production locale de sel au Bénin montrait également un très faible état d'iodation des sels qui y étaient produits (teneur moyenne : $4,3 \pm 1,1$ ppm). Dans une étude réalisée au Niger en 2009, treize ans après l'adoption de la stratégie d'iodation du sel, 52,4 % des échantillons de sel à l'importation et 87,6 % des sels vendus dans

les marchés de Niamey avaient une teneur en iode < 15 ppm [22]. Ces résultats, quand bien même supérieurs aux résultats de notre étude, indiquaient clairement que les recommandations mondiales et nationales n'étaient pas respectées. D'autres études plus anciennes réalisées dans des marchés du Sri Lanka [23] et de Chine [24] montraient que respectivement 31,6 % et 71,4 % des échantillons de sel étaient conformes aux recommandations d'iодation du sel propres à ces pays.

L'étude de la qualité microbiologique du sel révélait la présence de germes dans tous les échantillons, dont des *Staphylococcus* dans trois cas. Ceci peut témoigner de défauts d'hygiène, au minimum pendant la distribution. En effet, notamment chez les vendeuses détaillantes et ambulantes, le sel était généralement présenté dans des sachets plastiques ouverts ou des récipients non couverts (Tableau 1), ce qui expose le produit à la poussière et à toute autre contamination bactérienne d'origine humaine. Le milieu saline empêche la multiplication des germes ordinaires et est souvent utilisé comme un puissant conservateur alimentaire [25–27]. Cependant, certaines bactéries halophiles comme les staphylocoques et les moisissures s'y multiplient et peuvent être à l'origine de toxi-infections alimentaires [28], surtout si le sel est directement ajouté à l'aliment sans cuisson préalable. Ainsi, les modes fréquents d'utilisation du sel par ajout à table, salage des repas sans cuisson, ajout aux crudités font que le risque bactériologique est probablement notable. À notre connaissance, nous ne disposons pas de données de la littérature sur la qualité microbiologique du sel alimentaire qui permettent une comparaison avec nos résultats.

Par ailleurs, le niveau de connaissance générale des vendeurs sur le sel iodé et les TDCI était minime, ce qui pourrait s'expliquer par un niveau d'instruction très faible au sein d'une population exclusivement féminine.

Il semble donc y avoir des difficultés dans la gestion du sel iodé au Bénin à tous les niveaux de la chaîne d'approvisionnement (importation et contrôle douanier, production locale, distribution et répartition, inspection sanitaire et hygiène, contrôle de la qualité). Ceci suggère une mise en œuvre insuffisante de la stratégie d'iодation du sel par les diverses parties prenantes (organisations non gouvernementales (ONGs), partenaires techniques et financiers, acteurs communautaires, etc.), ce qui constitue un risque important de recrudescence des TDCI au Bénin. Ces résultats inquiétants devraient susciter une réponse urgente de révision du programme d'iодation universelle du sel au Bénin, impliquant toute la filière administrative et commerciale de production et de vente du sel, ainsi que les médias. Des informations ciblées des populations et des professionnels de la filière concernant l'utilisation de sel adéquatement iodé paraissent nécessaires.

La principale limite de l'étude a été de n'avoir pas exploré les circuits périphériques de distribution du sel au Bénin (c'est-à-dire, hors Cotonou), car le pays a de nombreuses frontières, donc peut avoir des sources d'approvisionnement diverses. L'étude n'a également pas pris en compte les sels manufacturés vendus dans les super et hyper marchés, étiquetés « sels iodés », issus de l'importation, qui ne sont pas toujours accessibles aux couches moyennes et pauvres.

5. Conclusion

La teneur en iode des sels commercialisés dans le marché Dantokpa (Cotonou) n'est pas conforme aux recommandations nationales. De même, leur qualité microbiologique n'est pas satisfaisante. Ceci dénote d'un relâchement des acquis de la mise en œuvre de la stratégie d'iодation du sel au Bénin, au regard des résultats satisfaisants déjà obtenus en 2011 [10]. Des actions correctrices rapides sont souhaitables, impliquant les acteurs à divers niveaux et les autorités gouvernementales.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Remerciements

Les auteurs remercient la SOGEMA pour avoir autorisé la collecte des données au marché Dantokpa, ainsi que toutes les personnes qui ont consenti à l'étude.

Références

- [1] Zimmermann MB, Andersson M. Update on iodine status worldwide. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 2012;19:382–7.
- [2] UNICEF, WHO, ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination [Internet]; 2008 [Disponible sur : <http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/iodine-deficiency/9789241595827/en/> ; cité 22 décembre 2017].
- [3] Farebrother J, Naude CE, Nicol L, Sang Z, Yang Z, Andersson M, et al. Systematic review of the effects of iodised salt and iodine supplements on prenatal and postnatal growth: study protocol. *BMJ Open* 2015;5:e007238.
- [4] Andersson M, Karumbunathan V, Zimmermann MB. Global iodine status in 2011 and trends over the past decade. *J Nutr* 2012;142:744–50.
- [5] Aboud FE, Bougma K, Lemma T, Marquis GS. Evaluation of the effects of iodized salt on the mental development of preschool-aged children: a cluster randomized trial in northern Ethiopia. *Matern Child Nutr* 2017;13.
- [6] Andersson M, de Benoist B, Rogers L. Epidemiology of iodine deficiency: salt iodisation and iodine status. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 2010;24:1–11.
- [7] Pearce EN, Andersson M, Zimmermann MB. Global iodine nutrition: where do we stand in 2013? *Am Thyroid Assoc* 2013;23:523–8.
- [8] Zimmermann MB. Iodine deficiency and excess in children: worldwide status in 2013. *Am Assoc Clin Endocrinol* 2013;19:839–46.
- [9] Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche (Bénin). Arrêté interministériel no106/MC/MF/MDR/MIPME/CAB/DCE/SRE du 21 novembre 1994 rendant obligatoire l'iодation du sel destiné à l'alimentation humaine et animale. Cotonou: MAEP; 1994.
- [10] Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche (Bénin). Étude épidémiologique de la lutte contre les troubles dus à la carence en iode au Bénin. Cotonou: UNICEF; 2011. p. 70.
- [11] Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche (Bénin). Arrêté interministériel no 481/MAEP/MS/MC/MEF/MAT/MDGLAAT/DC/SGM/DRH/SA du 08 décembre 2009 conformément aux nouvelles recommandations de l'UEMOA. Cotonou: MAEP; 2009.
- [12] UNICEF. Bénin : enquête par grappes à indicateurs multiples (MICS), rapports de résultats clés [Internet]; 2014 [Disponible sur : <https://www.insae-bj.org> ; cité 22 décembre 2017].
- [13] Mizéhoun-Adissoda C, Agueh V, Yemou 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.

- [14] Direction de la Prospective et du Développement Municipal (DPDM). Plan de développement de la ville de Cotonou (PDC Cotonou) [Internet]. Mairie-Cotonou; 2008 [Disponible sur : <http://www.ancb-benin.org/pdc-sdac-monographies/PDC/Littoral/PDC.Cotonou.pdf> ; cité 22 décembre 2017].
- [15] Benin-tourisme. Marché de Dantokpa. Afreak 2017 [disponible sur : <http://www.benin-tourisme.com/culture/marches/marche-de-dantokpa> ; cité 22 décembre 2017].
- [16] Kits M.B.I, International. MBI Kits International [Internet]. Tamilnadu, India: India Salt Conclave; 1983 [Disponible sur : <http://www.mbikits.com/contact-us/> ; cité 22 décembre 2017].
- [17] Dearth-Wesley T, Makhmudov A, Pfeiffer CM, Caldwell K. Fast and reliable salt iodine measurement: evaluation of the WYD Iodine Checker in comparison with iodometric titration. *Food Nutr Bull* 2004;25:130–6.
- [18] Rohner F, Garrett GS, Laillou A, Frey SK, Mothes R, Schweigert FJ, et al. Validation of a user-friendly and rapid method for quantifying iodine content of salt. *Food Nutr Bull* 2012;33:S330–5.
- [19] Rohner F, Kangambèga MO, Khan N, Kargougou R, Garnier D, Sanou I, et al. Comparative validation of five quantitative rapid test kits for the analysis of salt iodine content: laboratory performance, user- and field-friendliness. *PLoS One* 2015;10:e0138530.
- [20] Speck ML. Compendium of methods for examination of food microbiological. Washington DC: American Public Health Association; 1984 [2nd edition ; 914 pp].
- [21] Baba-Moussa L, Bokossa Y, Baba-Moussa F, Ahissou H, Adeoti Z, Yehouenou B, et al. Étude des possibilités de contamination des aliments de rues au Bénin : cas de la ville de Cotonou. *J Rech Sci Univ (Togo)* 2006;8:149–56.
- [22] 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;35:35–40.
- [23] Kumarasiri JP, Fernandopulle BM, Lankathillake MA. Iodine content of commercially available iodised salt in the Sri Lankan market. *Ceylon Med J* 1998;43:84–7.
- [24] Wang Z, Zhou R, Sun M. [Investigation on iodine contents in salt on market and in household]. *Wei Sheng Yan Jiu* 1998;27:409–11.
- [25] Monnier L, Colette C, Schlienger J-L. La saga alimentaire : ses heurs et ses malheurs au cours des siècles (1^{re} partie). *Med Mal Metab* 2010;4:691–6.
- [26] Schlienger J-L. Le sel à nouveau sur la sellette. *Med Mal Metab* 2015;9:340–4.
- [27] Uzan A, Delaveau P. Le sel dans l'alimentation : un problème de santé publique. *Ann Pharm Fr* 2009;67:291–4.
- [28] Burtin H, Cheruel A, Collu E, Dudognon E, Moureau C, Schmitt C, et al. Sécurité sanitaire des aliments [Internet]. Ensaia: Université de Lorraine; 2014 [Disponible sur : https://www.ensaia.univ-lorraine.fr/telechargements/securite_sanitaire_des_aliments.pdf ; cité 22 décembre 2017].