



## Evaluation de la teneur en iode des sels de cuisine dans les ménages de deux zones d'endémie goitreuse du Bénin

M. GOMINA ASSOUMANOU\*, T. M. ZOHONCON et S. A. AKPONA

UER de Biochimie et de Biologie Moléculaire, Faculté de Médecine, Université de Parakou, BP : 123  
Parakou (République du Bénin).

\*Auteur correspondant, E-mail : [elboutraguero@yahoo.fr](mailto:elboutraguero@yahoo.fr); Tél : + 229 97 10 77 79.

---

### RESUME

La consommation régulière de sel adéquatement iodé est indispensable dans la prévention et la lutte contre les troubles dus à la carence en iode (TDCI). L'objectif de ce travail était d'évaluer la teneur en iode des sels de cuisine dans deux zones (départements du Borgou et des Collines) d'endémie goitreuse du Bénin. Du 15 avril au 15 septembre 2010, 327 échantillons de sels de cuisine ont été collectés dans les ménages de quatre communes de ces deux zones par un échantillonnage stratifié et aléatoire. La teneur en iode des échantillons de sels a été déterminée quantitativement par la méthode du titrage iodométrique et qualitativement avec le kit MBI. Par la technique du titrage iodométrique, la teneur moyenne en iode des sels de cuisine était de  $33,836 \pm 17,046$  ppm ; 86,24% des échantillons de sels avaient une teneur en iode supérieure ou égale à 15 ppm, 11,31% avaient moins de 15 ppm et 2,45% avaient 0 ppm. Avec le kit MBI, 90,83% des échantillons de sels avaient plus de 15 ppm d'iode, 3,97% avaient moins de 15 ppm d'iode et 5,20% avaient 0 ppm d'iode. Conformément à la norme recommandée (15 à 40 ppm), 54,74% des échantillons de sels étaient correctement iodés. Les échantillons de sels de cuisine consommés par les ménages des départements du Borgou et des Collines ne sont pas adéquatement iodés. Des efforts restent encore à faire pour atteindre les objectifs de l'OMS sur l'iodation universelle du sel dans ces deux départements.

© 2011 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** Iodation, titrage iodométrique, MBI, TDCI.

---

### INTRODUCTION

L'iode est un oligoélément indispensable dans la production des hormones thyroïdiennes, elles-mêmes régulatrices de l'activité de la plupart des systèmes de l'organisme humain (Delange, 2001). Le déficit d'apport alimentaire quotidien en iode est responsable d'un ensemble d'anomalies qualifiées de «troubles dus à la carence en iode» (TDCI) qui regroupent le goitre, l'hypothyroïdie,

l'arriération mentale (crétinisme), l'anémie, les avortements spontanés, la mortalité infantile et la diminution de la fertilité (Mannar, 1996 ; Pandav et Rao, 1997 ; Semba et al., 2008). 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 (Delange, 2001). L'OMS a donc recommandé l'iodation universelle du sel comme stratégie de prévention et de contrôle des TDCI et le

© 2011 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i4.17>

nombre de pays ayant une carence en iode comme un problème national de santé publique a diminué, passant de 110 pays en 1993 à 47 pays en 2007 (Anderson et al., 2010).

De nombreux facteurs influencent la sélection d'une teneur en iode appropriée pour une population donnée : la consommation moyenne de sel par jour et par personne dans la région, le degré de carence en iode dans la région, la perte de l'iode au cours de la chaîne de distribution et la durée d'entreposage du sel (Taga et al., 2004). L'iodation universelle du sel varie d'un pays à un autre. Les taux d'iodation du sel sont de 40 à 80 ppm en Tanzanie (Assey et al., 2007 ; Assey et al., 2009) , 30 à 50 ppm en Côte d'Ivoire (Adou et al., 2002), 50 à 100 ppm au Cameroun dans les entreprises productrices de sel (Taga et al., 2004).

Au Bénin, l'iodation universelle du sel a été adoptée par le Gouvernement depuis 1995 pour le contrôle de la carence en iode. Une enquête réalisée en 2006 par la Direction de l'Alimentation et de la Nutrition Appliquée a montré que 55% des sels de ménage étaient adéquatement iodés comparativement à 72% en 2001. L'objectif de l'OMS qui consiste à parvenir à un taux d'au moins 90% de ménages consommant du sel adéquatement iodé n'était pas atteint. Les travaux de Tokoudagba-Padonou et al. (2006) réalisés sur la prévalence des TDCI en milieu scolaire primaire au Bénin ont conclu que les départements du Borgou et des Collines sont les régions où persiste l'endémie goitreuse avec un taux de goitre respectif de 14,7% et 5,4% contre une prévalence du goitre au plan national de 3,7%.

L'objectif de ce travail était d'évaluer la teneur en iode des sels de cuisine, par la méthode du titrage iodométrique et avec le kit MBI, dans les ménages de deux zones d'endémie goitreuse (Borgou et Collines) du Bénin.

## MATERIEL ET METHODES

### Cadre d'étude

Cette étude s'est déroulée dans les communes de Parakou et de Nikki dans le département du Borgou et dans les communes de Savè et de Glazoué dans le département des Collines (Figure 1) en République du Bénin.

### Matériel

#### Réactifs

Nous avons utilisé dans le cadre de ce travail les réactifs suivants : acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) pur 98%, densité 1,83 (Fisher Scientific Labosi, Ref S/9160/PB17); iodeure de potassium (KI) (PROLABO, France, n° 85156) ; thiosulfate de sodium ( $Na_2S_2O_3$ ) à 0,5 M (JEULIN, France, Ref 107280) ; amidon soluble (BDH Laboratory, England, n° 30712) ; acide nitrique ( $HNO_3$ ) concentré (Prolabo) ; MBI Kits INTL Chennai India.

Le reste du matériel essentiel était constitué d'une balance (marque WANT) ; d'une burette de 50 mL (marque J-SILTM) et de flacons en verre, propres et secs de 60 mL.

### Méthodes

Nous avons réalisé une étude transversale descriptive du 15 avril au 15 septembre 2010.

#### Echantillons

Les communes concernées par cette étude ont été retenues après un tirage au sort sans remise. La détermination du nombre de ménages par commune a été faite par un échantillonnage stratifié. Nous avons appliqué un taux de sondage de 5% sur le nombre de ménages dans chaque commune fourni par le 3<sup>ème</sup> Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH3) de février 2002, en respectant le nombre de ménages par arrondissement de ville et par quartier de ville ou village. Ce qui a permis de retenir 130 ménages dans la commune de Parakou, 57 dans la commune de Nikki, 59 dans la commune de Savè et 81 dans la commune de

Glazoué. Ont été inclus, tous les sels de cuisine consommés dans les ménages de ces communes quelle que soit la taille des grains du sel. Le sel iodé de table a été non inclus dans ce travail. Au total, 327 échantillons de sels de cuisine ont été collectés dans les ménages des zones concernées.

Dans chacun de ces ménages, 50 g environ de sel de cuisine ont été prélevés dans un flacon en verre préalablement lavé, décontaminé à l'acide nitrique concentré et séché à l'étuve à 100 °C. Un questionnaire a été rempli dans chaque ménage, comportant les éléments suivants : lieu d'achat du sel, taille du grain de sel (fin, moyen ou gros), présence ou non d'impuretés dans le sel, nature de l'emballage de conservation, durée de conservation. Les échantillons de sels prélevés ont été ensuite acheminés au laboratoire de biochimie de la Faculté de Médecine de l'Université de Parakou pour être analysés.

#### **Préparation des solutions de travail**

Solution d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) à 1 M : dans une fiole jaugée de 1000 mL, nous avons introduit 800 mL d'eau distillée bouillie et refroidie. Nous y avons ajouté 53,6 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pur (densité = 1,83). Nous avons ensuite complété le volume à 1000 mL avec de l'eau distillée bouillie et refroidie.

Solution d'iodure de potassium (KI) à 10% : nous avons pesé 100 g d'iodure de potassium (KI) dans une fiole jaugée de 1000 mL et nous avons complété avec de l'eau distillée bouillie et refroidie à 1000 mL. La solution a été conservée dans un flacon brun.

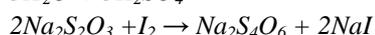
Solution d'amidon à 1% : nous avons pesé 1 g d'amidon soluble dans un bécher de 100 mL que nous avons dissous dans 10 mL d'eau distillée bouillie et refroidie. Nous avons complété le volume à 100 mL avec de l'eau distillée bouillie et refroidie.

Solution de thiosulfate de sodium (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) à 2,5 mM : dans une fiole jaugée de 1000 mL, nous avons introduit 5 mL de thiosulfate de sodium (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) à 0,5 M.

Nous avons complété le volume à 1000 mL avec de l'eau distillée bouillie et refroidie.

#### **Dosage de l'iode par le titrage iodométrique**

Le principe du dosage est le suivant : en présence d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et d'iodure de potassium (KI), les ions iodate (IO<sub>3</sub><sup>-</sup>) contenus dans le sel sont réduits en iode. L'iode libéré est ensuite titré par le thiosulfate de sodium en présence de l'amidon comme indicateur de fin de réaction. Le volume de thiosulfate de sodium utilisé est proportionnel à la quantité d'iode libérée par le sel. L'équation de la réaction est la suivante :  $5KI + KIO_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow 3I_2 + 3H_2O + 3K_2SO_4$



Dans un erlenmeyer de 250 mL, nous avons pesé 10 g de sel de cuisine et ajouté 50 mL d'eau distillée bouillie et refroidie. Nous avons agité pour dissoudre complètement le sel contenu dans l'erlenmeyer. Nous avons ensuite ajouté 1 mL de la solution d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 1 M et 5 mL de la solution d'iodure de potassium (KI) à 10% ; il s'est développé alors une coloration jaune pâle. Nous avons bouché l'erlenmeyer avec du coton cardé et laissé la réaction se dérouler à l'obscurité pendant 10 minutes. Enfin, cette solution a été titrée par le thiosulfate de sodium (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 2,5 mM, après ajout de 8 gouttes de solution d'amidon à 1% (il se développe une coloration marron), jusqu'à décoloration. Le volume de thiosulfate de sodium (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) a été noté.

Ce protocole a été réalisé trois fois pour le même échantillon de sel et pour 50 ml d'eau distillée bouillie et refroidie servant de témoin. La moyenne des volumes de thiosulfate de sodium (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ayant servi à titrer chaque échantillon a été utilisée pour calculer la concentration en iode contenu dans l'échantillon correspondant par la formule :

$ppm \text{ d'iode} = \text{volume de titration du } Na_2S_2O_3 \text{ en mL} \times 21,15 \times \text{normalité de la solution de } Na_2S_2O_3 \times 1000 / \text{masse d'échantillon de sel titré en g.}$

### **Détermination qualitative de l'iode par le kit MBI**

Selon les recommandations du fabricant, nous avons rempli la tasse blanche du kit avec du sel de cuisine puis nous avons étalé le sel sur une surface plane de couleur blanche. Nous avons ensuite ajouté deux gouttes de la solution d'analyse sur le sel déjà étalé et laissé la coloration se développer. Enfin nous avons comparé la coloration apparue avec celles de la carte à couleurs (gamme de colorations) afin d'estimer la quantité d'iode dans le sel.

Lorsque la couleur du sel de cuisine ne change pas en violet ou en bleu, nous y avons ajouté encore 20 gouttes de la solution de vérification et une goutte de celle d'analyse. Nous avons ensuite comparé la couleur obtenue à l'aide de la carte à couleurs pour évaluer la teneur en iode du sel.

### **Analyse statistique**

Les données collectées ont été analysées à l'aide des logiciels Excel et Epi Info 3.5.1. Le test d'indépendance de Chi carré a été utilisé pour déceler d'éventuels liens entre les différents niveaux d'iode et les modalités des autres variables qualitatives. Les teneurs moyennes d'iode ont été comparées par le test t de Student. La comparaison des proportions a été faite avec le test de Chi carré. La différence a été significative pour  $p < 0,05$ .

## **RESULTATS**

### **Teneur en iode des sels de cuisine des ménages des quatre communes par la méthode du titrage iodométrique et par le kit MBI**

La méthode du titrage iodométrique a permis de noter que 54,74% des échantillons de sels de cuisine étaient correctement iodés conformément à la norme recommandée (15 à 40 ppm), 11,31% des échantillons de sels de cuisine avaient une teneur en iode inférieure au seuil minimal recommandé ( $< 15$  ppm), 31,50% avaient une teneur en iode qui

dépasse la limite supérieure recommandée (40 ppm) et 2,45% des échantillons de sels de cuisine n'étaient pas iodés (0 ppm). Au total 86,24% des échantillons de sels avaient une teneur en iode supérieure ou égale à 15 ppm. La teneur en iode des sels de cuisine variait de 0 ppm à 116,33 ppm. La teneur moyenne en iode des sels de la zone d'étude était estimée à  $33,836 \pm 17,05$  ppm. Cette teneur moyenne était de  $32,37 \pm 11,35$  ppm dans la commune de Nikki,  $33,21 \pm 17,91$  ppm dans la commune de Parakou,  $32,19 \pm 13,93$  ppm dans la commune de Glazoué et de  $38,88 \pm 22,25$  ppm dans la commune de Savè. La comparaison entre les communes ne révèle aucune différence de teneur en iode ( $p = 0,089$ ).

Avec le kit MBI, l'iode était présent dans 310 échantillons de sels (94,80%) et absent dans 17 échantillons de sels (5,20%). Parmi les 310 échantillons de sels dans lesquels nous avons noté la présence d'iode, 297 (90,83%) avaient plus de 15 ppm d'iode et 13 (3,97%) avaient moins de 15 ppm d'iode. Le Tableau 1 fait la répartition de la teneur en iode des sels de cuisine des ménages par commune.

### **Teneur en iode selon la taille du grain de sel par la technique du titrage iodométrique**

Le sel de cuisine acheté par les ménages était à fins, moyens et gros grains. Le Tableau 2 montre les valeurs moyennes et les écarts-types de la teneur en iode par la titrimétrie des sels de cuisine par commune et selon le type de grains de sel.

### **Lieu d'approvisionnement, provenance, emballages de stockage à domicile, impuretés et durée de conservation des sels de cuisine**

Les lieux d'approvisionnement du sel de cuisine étaient les marchés (63,91%), les vendeuses du quartier (19,57%), chez les vendeurs ambulants (7,95%), au supermarché (5,20%) et sur les sites de production locale

(3,37%). Le type d'emballage du sel de cuisine à la vente était le sachet en polyéthylène, les sacs en polyéthylène et les bassines en fer.

Sur les 327 échantillons de sels de cuisine, 109 (33,33%) étaient importés (Sénégal, Nigéria) et 14 (4,28%) seraient de production locale. Les non répondants, au nombre de 204 (62,39%), étaient ces ménages qui ne connaissaient pas la provenance de leur sel de cuisine.

Les récipients qu'utilisaient les ménages pour stocker leur sel de cuisine étaient le sachet en polyéthylène, le flacon en plastique, le flacon en verre et la calebasse. Le sachet et le plastique étaient plus rencontrés à

des proportions respectives de 44,04% et 41,59%. Le Tableau 3 montre les valeurs moyennes et les écarts-types de la teneur en iode par titrimétrie des sels de cuisine par commune et selon le type d'emballage utilisé pour le stockage.

Les sels de cuisine contenaient ou non des impuretés. Le Tableau 4 montre la présence ou non d'impuretés dans le sel de cuisine selon la teneur en iode par commune.

La durée de conservation du sel de cuisine à domicile allait de un (1) jour à plus de trois (3) mois.

**Tableau 1 :** Teneur en iode des sels de cuisine des ménages par commune, par la technique MBI.

	Teneur en iode			Total
	0 ppm	Moins de 15 ppm	Plus de 15 ppm	
<b>Glazoué</b>	5	5	71	81
<b>Nikki</b>	1	0	56	57
<b>Parakou</b>	8	6	116	130
<b>Savè</b>	3	2	54	59
<b>Total</b>	17	13	297	327

La recherche de relation de dépendance entre la teneur en iode et la commune a montré l'inexistence de lien (Chi carré = 5,492; p = 0,482).

**Tableau 2 :** Valeurs moyennes et écarts-types de la teneur en iode par le titrage iodométrique des sels de cuisine par commune et selon le type de grains de sel.

	Type de grains de sel	Moyenne de la teneur en iode (ppm)	Ecart-type
<b>Glazoué</b>	Fin	35,27	18,87
	Moyen	29,93	14,11
	Gros	33,53	11,56
<b>Nikki</b>	Fin	41,24	14,92
	Moyen	31,88	11,09
	Gros	Néant	Néant
<b>Parakou</b>	Fin	29,35	20,17
	Moyen	37,88	14,74
	Gros	21,62	15,87
<b>Savè</b>	Fin	39,42	29,80
	Moyen	38,48	14,97
	Gros	Néant	Néant

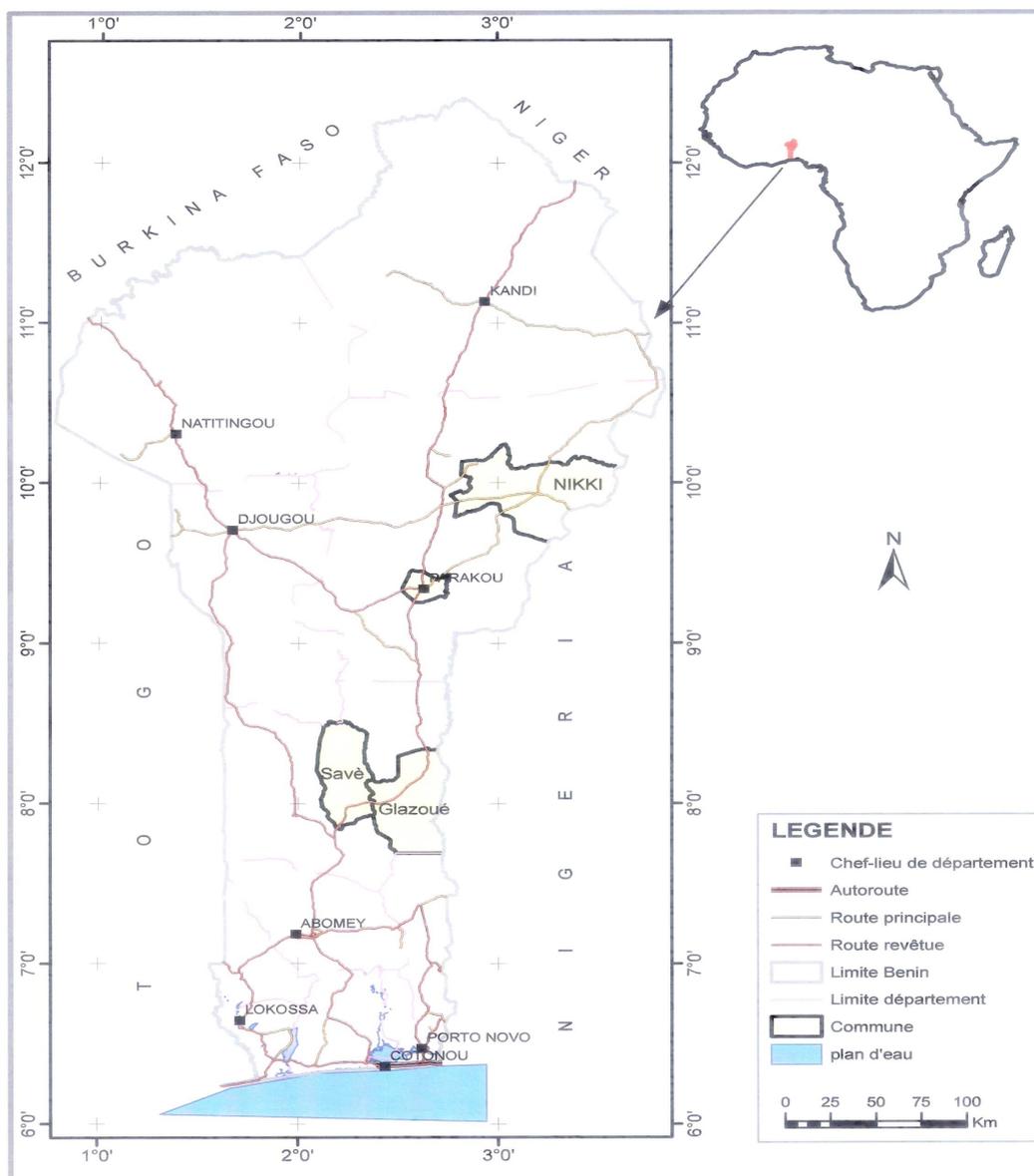
**Tableau 3:** Valeurs moyennes et écarts-types de la teneur en iode par titrage iodométrique des sels de cuisine par commune et selon le type d'emballage utilisé pour le stockage.

Communes	Type d'emballage de stockage	Teneur en iode (ppm)	
		Moyenne	Ecart-type
<b>Glazoué</b>	Sachet	34,07	13,62
	Flacon en verre	37,64	12,27
	Calebasse	23,62	20,73
	Plastique	28,83	13,73
	Autres	Néant	Néant
<b>Nikki</b>	Sachet	36,15	12,13
	Flacon en verre	32,78	Néant
	Calebasse	41,25	4,49
	Plastique	31,34	10,50
	Autres	26,44	12,50
<b>Parakou</b>	Sachet	33,21	15,88
	Flacon en verre	32,08	21,52
	Calebasse	Néant	Néant
	Plastique	33,79	21,11
	Autres	28,56	17,14
<b>Savè</b>	Sachet	42,30	22,58
	Flacon en verre	49,70	47,86
	Calebasse	22,21	Néant
	plastique	35,51	20,72
	Autres	22,21	Néant

Autres : sacs en feuilles de rônier, récipient métallique, feuille ayant servi d'emballage pour le ciment.

**Tableau 4 :** Présence ou non d'impuretés dans le sel de cuisine selon la teneur en iode par commune.

Teneur en iode	Communes	Présence d'impuretés dans le sel		
		Non	Oui	Total
<b>0 ppm</b>	Glazoué	1	4	5
	Nikki	0	1	1
	Parakou	6	2	8
	Savè	1	2	3
	<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>17</b>
<b>Moins de 15 ppm</b>	Glazoué	1	4	5
	Nikki	Néant	Néant	Néant
	Parakou	6	0	6
	Savè	0	2	2
	<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>13</b>
<b>Plus de 15 ppm</b>	Glazoué	39	32	71
	Nikki	52	4	56
	Parakou	110	6	116
	Savè	41	13	54
	<b>Total</b>	<b>242</b>	<b>55</b>	<b>297</b>



**Figure 1 :** Carte de situation des communes de Glazoué, Savè, Parakou et Nikki en République du Bénin.

## DISCUSSION

Nous avons réalisé une étude transversale et descriptive, portant sur l'évaluation de la teneur en iode des sels de cuisine des ménages des communes de Glazoué, Nikki, Parakou et Savè dans les

départements du Borgou et des Collines, du 15 Avril au 15 Septembre 2010. La présente étude a révélé que les teneurs en iode des sels de cuisine consommés par les ménages des quatre communes concernées variaient de 0 ppm à 116,33 ppm avec une moyenne de

33,836 ± 17,046 ppm par la technique du titrage iodométrique (titrimétrie). La comparaison entre les communes n'a révélé aucune différence de teneur en iode ( $p = 0,089$ ). Avec le réactif MBI, nous avons noté la présence d'iode dans 310 échantillons de sels de cuisine (94,80%) contre 17 échantillons de sels de cuisine (5,20%) qui n'en contenaient pas. Parmi les 310 échantillons, 297 (90,83%) avaient plus de 15 ppm d'iode et 13 (3,97%) avaient moins de 15 ppm d'iode. La recherche d'une relation de dépendance entre la teneur en iode et la commune a montré l'inexistence de lien ( $p = 0,482$ ). La méthode du titrage iodométrique a permis de noter que 54,74% des échantillons de sels de cuisine étaient correctement iodés conformément à la norme recommandée (15 à 40 ppm), 11,31% avaient une teneur en iode inférieure au seuil minimal recommandé (15 ppm), 31,50% avaient une teneur en iode qui dépasse la limite supérieure recommandée (40 ppm) et 2,45% des échantillons de sel de cuisine n'étaient pas iodés (0 ppm). Dans notre zone d'étude 86,24% des échantillons de sels de cuisine avaient donc une teneur en iode supérieure ou égale à 15 ppm.

L'échantillonnage stratifié choisi pour cette étude a permis d'avoir des strates plus homogènes à l'intérieur desquelles les ménages ont été sélectionnés par la procédure de l'échantillonnage aléatoire simple. Le gain de ce type d'échantillonnage est la précision due à la stratification. Notre technique de collecte des échantillons de sel a consisté à introduire le sel dans un flacon en verre propre et sec de couleur brune, préalablement décontaminé à l'acide nitrique concentré. Le flacon était hermétiquement fermé ce qui a permis une bonne conservation du sel avant la réalisation des analyses au laboratoire. Chaque échantillon de sel a fait l'objet en double aveugle de la détermination qualitative et quantitative de l'iode. L'analyse qualitative réalisée avec le réactif MBI a permis de

dépister la présence des iodates contenus dans le sel de cuisine. L'analyse quantitative par la méthode du titrage iodométrique a été réalisée pour confirmer les résultats obtenus avec le test rapide MBI comme le recommande l'OMS/UNICEF/ICCIDD.

La non réalisation de l'étude dans toutes les communes des deux départements d'endémie goitreuse constitue la limite de ce travail.

Les teneurs en iode des sels par la technique du titrage iodométrique dans notre étude (de 0 ppm à 116,33) étaient proches de celles rapportées par Adou et al. (2002) à Abidjan (Côte-d'Ivoire), qui variaient de 0,48 ppm à 220,13 ppm. Au Népal, Joshi et al. (2007) avaient obtenu une teneur moyenne en iode des sels de ménage à 31,8 ± 0,8 ppm. Cette teneur moyenne en iode est inférieure ( $z = 2,12$ ) à celle de notre étude (33,836 ± 17,046 ppm) mais au Népal la teneur en iode recommandée est de 30 à 50 ppm et la taille de leur échantillon est plus grande. Adou et al. (2002) avaient obtenu une teneur moyenne en iode des sels de cuisine de 52,74 ± 32,56 ppm, résultat significativement supérieur au nôtre ( $z = 10,05$ ). A l'inverse, Bhat et al. (2008) en Inde rapportent une teneur moyenne en iode des sels de ménage de 16,95 ± 7,07 ppm dans la région du Jammu, résultat inférieur au nôtre ( $z = 14,30$ ).

Au Gabon, Ovono Abessolo et al. (2004) ont rapporté que l'analyse effectuée par le test MBI avait noté la présence d'iodates dans 32,54% des échantillons de sels des ménages contre 67,46% d'échantillons de sels qui n'en contenaient pas. Le pourcentage des sels de cuisine dans lesquels nous avons noté la présence des iodates dans notre étude est supérieur aux 32,54% ( $z = 24,01$ ) obtenus par Ovono Abessolo et al. (2004). Le pourcentage des sels de cuisine dans lesquels nous avons noté l'absence des iodates dans notre étude est inférieur aux 67,46% ( $z = 23,95$ ) obtenus par Ovono Abessolo et al.

(2004). Cette différence significative est notée en dépit de l'utilisation du même test MBI et de l'enquête à l'échelon des ménages. Au Népal en 2003, Schulze et al. (2003) avaient rapporté que 64% des échantillons de sels de ménages étaient correctement iodés (plus de 30 ppm) en utilisant le kit MBI. Ce résultat est inférieur aux 90,83% obtenus dans notre étude ( $z = 13,39$ ). A l'inverse, Nte et Ndu (2007) au Nigéria ont rapporté un taux d'iodation correct ( $> 30$  ppm) de 99,13% des sels de ménages en utilisant le kit MBI. Ce résultat est supérieur aux 90,83% ( $z = 5,16$ ) obtenus dans notre étude. Cette différence peut s'expliquer par le fait que la teneur minimale en iode considérée comme étant adéquate n'est pas la même d'un pays à l'autre.

La teneur moyenne en iode variait en fonction du type de grain du sel dans notre étude selon les communes. La teneur moyenne en iode des sels à grains fins se rapproche de ceux à gros grains à Glazoué ( $z = 1,42$ ) et de ceux à grains moyens à Savè ( $z = 0,5$ ). Les sels à grains fins avaient une teneur moyenne en iode plus élevée que ceux à grains moyens à Glazoué ( $z = 4,09$ ) et à Nikki ( $z = 9,11$ ). A Parakou les sels à grains fins avaient une teneur en iode plus élevée que ceux à gros grains ( $z = 5,44$ ). Nos résultats ont corroboré ceux de Taga et al. (2004) au Cameroun qui avaient rapporté que le pourcentage de perte d'iode dans le sel augmente avec la grosseur du grain et ceux de Bhat et al. (2008) qui ont rapporté une teneur moyenne en iode des sels en poudre (20,9 ppm) statistiquement plus élevée que celle des sels cristallins (4,75 ppm) dans la région de Jammu en Inde. Ce constat pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs tels que la provenance du sel, le temps mis pour vendre le sel après son achat à l'usine, les conditions de stockage à la vente au détail, le mode de conservation et la nature du matériel d'emballage. Nous n'avons pas d'explication à la teneur en iode plus élevée dans le sel à grains moyens observée à Parakou.

Dans notre étude, le pourcentage de sels de cuisine ayant une teneur en iode respectant la norme de 15 à 40 ppm recommandée au Bénin au sein des ménages (54,74%) est supérieur aux 32% ( $z = 6,30$ ) obtenus par Adou et al. (2002) à Abidjan. Par contre, les pourcentages de sels de cuisine insuffisamment iodés (11,31%) et de sels dont la teneur en iode dépasse la limite supérieure de la norme recommandée (31,50%) dans notre étude sont inférieurs respectivement aux 23% ( $z = 4,37$ ) et aux 45% ( $z = 3,72$ ) obtenus par Adou et al. (2002). Au Kirgizstan, Sultanalieva et al. (2010) ont rapporté que 97,9% des échantillons de sel étaient iodés mais seulement 39,5% avaient une teneur en iode supérieure ou égale à 15 ppm. Jooste et al. (2001) en Afrique du Sud ont rapporté un pourcentage de sels correctement iodés ( $> 15$  ppm) de 62,4%, résultat inférieur aux 86,24% trouvés dans notre étude ( $z = 10,91$ ).

L'objectif visé par l'OMS pour l'iodation universelle du sel est d'avoir plus de 90% de ménages consommant du sel adéquatement iodé (supérieur ou égale à 15 ppm) (Temple et al., 2009 ; Wang et al., 2009). Notre étude a montré que 86,24% des ménages des quatre communes concernées (Glazoué, Nikki, Parakou et Savè) consomment du sel ayant une teneur en iode supérieure ou égale à 15 ppm par la méthode du titrage iodométrique. L'objectif de l'OMS n'est donc pas encore atteint dans ces communes. Mais avec le réactif MBI, nous avons obtenu 90,83% de ménages consommant du sel dont la teneur en iode était supérieure à 15 ppm. Ceci nous montre l'intérêt de toujours confirmer par une analyse quantitative les résultats obtenus avec le réactif MBI. Les travaux de Pandav et al. (2000) 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 l'on veut s'assurer de l'efficacité du

programme d'iodation universelle du sel. Un taux d'iodation du sel inférieur à 90% a été rapporté par Wang et al. (2009) en Chine (88,9%), Sebotsa et al. (2007) au Lesotho (86,9%), Erdogan et al. (2009) en Turquie (56,5%) avec la méthode du titrage iodométrique.

La majorité (63,91%) des ménages achetaient le sel au marché où l'on retrouve des sels iodés et des sels non iodés. Certains sels étaient exposés à l'air libre dans des bassines, ce qui facilite la déperdition de l'iode. Le sachet en polyéthylène, le plastique en polyéthylène et les flacons en verre étaient les récipients les plus utilisés par les ménages pour le stockage du sel de cuisine. Pour la plupart des sels de cuisine entreposés dans les flacons en verre, la teneur moyenne en iode était plus élevée que celle des sels en sachet et en plastique. Au Cameroun, Taga et al. (2004) avaient rapporté que la bouteille en verre conserve mieux le sel iodé que le plastique, qui conserve aussi mieux que le sac standard en polyéthylène. Ces résultats sont compatibles avec ceux obtenus dans notre étude.

La majorité des sels de cuisine ayant plus de 15 ppm (81,48%) ne contenaient pas d'impuretés. Par contre presque la moitié des sels ayant 0 ppm (52,94%) ou ayant moins de 15 ppm (46,15%) contenaient des impuretés. Cette présence d'impuretés dans le sel ne serait pas la seule cause de la perte d'iode. Les autres causes pourraient être un défaut d'iodation du sel à la production ou une perte d'iode dans le sel au cours de la chaîne de distribution. En effet, Taga et al. (2004) au Cameroun et Shawel et al. (2010) en Ethiopie avaient rapporté que le taux d'iode varie considérablement entre le producteur et le consommateur.

La durée de conservation des sels de cuisine collectés au sein des ménages allait de un (1) jour à plus de trois (3) mois. Nous avons constaté que sur 15 échantillons de sels

de cuisine ayant été entreposés pendant plus de trois (3) mois dans les ménages, 14 échantillons de sels avaient plus de 15 ppm. Nous pouvons donc dire que ces sels ont été suffisamment iodés à la production et bien conservés tout au long de la chaîne de distribution et au sein des ménages. Par contre, sur 17 échantillons de sels de cuisine ayant 0 ppm, huit (08) avaient une durée de conservation allant de un (1) jour à sept (7) jours dans les ménages. Ces sels seraient donc non iodés à la production ou auraient perdu la totalité de leur contenu en iode au cours de la chaîne de distribution.

### Conclusion

La détermination de l'iode dans les sels de cuisine consommés par les ménages des communes de Parakou, Nikki, Savè et Glazoué en République du Bénin a permis de constater que ces sels ne sont pas adéquatement iodés. Il existe des ménages qui consomment du sel non iodé. Des efforts restent encore à faire pour atteindre les objectifs de l'OMS sur l'iodation universelle du sel dans ces communes des départements du Borgou et des Collines.

### REMERCIEMENTS

Nous remercions le Centre Régional pour la Promotion Agricole (CeRPA) de Parakou et la Direction de l'Alimentation et de la Nutrition Appliquée (DANA) de la République du Bénin pour la fourniture de certains réactifs utilisés dans ce travail. Nous remercions également le Dr Soulemana YESSOUFOU du Département des Sciences de la Terre de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université d'Abomey-Calavi pour le dessin de la carte.

### REFERENCES

Adou P, Aka D, Ake M, Koffi M, Tebi A, Diarra-Nama AJ. 2002. Evaluation de la teneur en iode du sel alimentaire à

- Abidjan (Côte d'Ivoire). *Cahiers d'Etudes et de Recherche Francophones/Santé*, **12**(1):18-21.
- Anderson M, De Benoist B, Rogers L. 2010. Epidemiology of iodine deficiency: salt iodisation and iodine status. *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.*, **24**(1): 1-11.
- Assey VD, Mgoba C, Mlingi N, Sanga A, Ndossi G, Greiner T, Peterson S. 2007. Remaining challenges in Tanzania's efforts to eliminate iodine deficiency. *Public Health Nutrition*, **10**(10): 1032-1038.
- Assey VD, Tylleskar T, Momburi PB, Maganga M, Mlingi NV, Reilly M, Greiner T, Peterson S. 2009. Improved salt iodation methods for small-scale salt producers in low-resource settings in Tanzania. *BMC Public Health*, **9**:187 doi: 10.1186/1471-2458-9-187.
- Bhat IA, Pandit IM, Mudassar S. 2008. Study on prevalence of iodine deficiency disorder and salt consumption patterns in Jammu region. *Indian J. Community Med.*, **33**(1): 11-14.
- Delange F. 2001. Les Troubles Dus à la Carence en Iode (TDCI). In *La Thyroïde : des Concepts à la Pratique Clinique*, Leclere J (ed). Elsevier : Paris ; 355-362.
- Erdogan MF, Agbaht K, altunsu T, Ozbas S, Yucessan F, Tezel B, Sargin C, Ilberg I, Artik N, Köse R, Erdogan G. 2009. Current iodine status in Turkey. *J. Endocrinol. Invest.*, **32**(7): 617-622.
- Jooste PL, Weight MJ, Lombard CJ. 2001. Iodine concentration in household salt in South Africa. *Bulletin of the World Health Organization*, **79**(6): 534-540.
- Joshi AB, Banjara MR, Bhatta LR, Rikimaru T, Jimba M. 2007. Insufficient level of iodine content in household powder salt in Nepal. *Nepal Medical College Journal*, **9**(2): 75-78.
- Mannar VMG. 1996. The iodization of salt for the elimination of iodine deficiency disorders. In *SOS for a Billion. The Conquest of Iodine Deficiency Disorders*, Hetzel BS, Pandav CS (eds). Oxford University Press: New Delhi; 99-118.
- Nte AR, Ndu N. 2007. Salt iodisation in Port Harcourt metropolis: a survey of households and markets. *Port Harcourt Medical Journal*, **2**: 27-34.
- Ovono Abessolo F, Akendengue B, Ndong Ella C, Nsourou C, Ntyonga Pono P, Ngou-Milama E. 2004. Evaluation de la teneur en iodates et iodures des sels des ménages au Gabon. Intérêt des techniques MBI et de Karmakar. *Bull. Med. Owendo*, **22**: 40-43.
- Pandav CS, Arora NK, Krishnan A, Sankar R, Pandav S, Karmakar MG. 2000. Validation of spot-testing kits to determine iodine content in salt. *Bulletin of the World Health Organization*, **78**(8): 975-980.
- Pandav CS, Rao AR. 1997. *Iodine Deficiency Disorders in Livestock Ecology and Economics*. Oxford University Press: New Delhi.
- Schulze KJ, West Jr KP, Gautschi LA, Dreyfuss ML, LeClerq SC, Dahal BR, Wu LS-F, Khattry SK. 2003. Seasonality in urinary and household salt iodine content among pregnant and lactating women of the plains of Nepal. *European Journal of Clinical Nutrition*, **57**: 969-976.
- Sebotsa ML, Dannhauser A, Jooste PL, Joubert G. 2007. Assessment of the sustainability of the iodine-deficiency disorders control program in Lesotho. *Food Nutr. Bull.*, **28**(3): 337-347.
- Semba RD, De Pee S, Hess SY, Sun K, Sari M, Bloem MW. 2008. Child malnutrition and mortality among families not utilizing adequately iodized salt in

- Indonesia. *Am. J. Clin. Nutr.*, **87**(2): 438-444.
- Shawel D, Hagos S, Lachat CK, Kimanya E, Kolsteren P. 2010. Post-production losses in iodine concentration of salt hamper the control of iodine deficiency disorders: A case study in Northern Ethiopia. *J. Health Popul. Nutr.*, **28**(3): 238-44.
- Sultanalieva RB, Mamutova S, Van Der Haar F. 2010. The current salt iodization strategy in Kyrgyzstan ensures sufficient iodine nutrition among school-age children but not pregnant women. *Public Health Nutr.*, **13**(5): 623-630.
- Taga I, Massouke Massouke DD, Ndomou M, Ngogang Yonkeu J. 2004. Problématique du sel iodé consommé au Cameroun. *Cahiers d'Etudes et de Recherche Francophones/Santé*, **14**(3): 161-165.
- Temple VJ, Oge R, Daphne I, Vince JD, Ripa P, Delange F, Eastman CJ. 2009. Salt iodization and iodine status among infants and lactating mothers in Papua New Guinea. *AJFAND Online*, **9**(9): 1807-1823.
- Tokoudagba-Padonou I, Akpona AS, Aboudoulaye I, Gomina Assoumanou M. 2006. Consommation d'aliments goitrigènes et troubles dus à la carence en iode (TDCI) dans le département des Collines en République du Bénin. *Journal de la Société de Biologie Clinique*, **10**: 17-20.
- Wang Y, Zhang Z, Ge P, Wang Y, Wang S. 2009. Iodine deficiency disorders after a decade of universal salt iodization in a severe iodine deficiency region in China. *India J. Med. Res.*, **130**: 413-417.