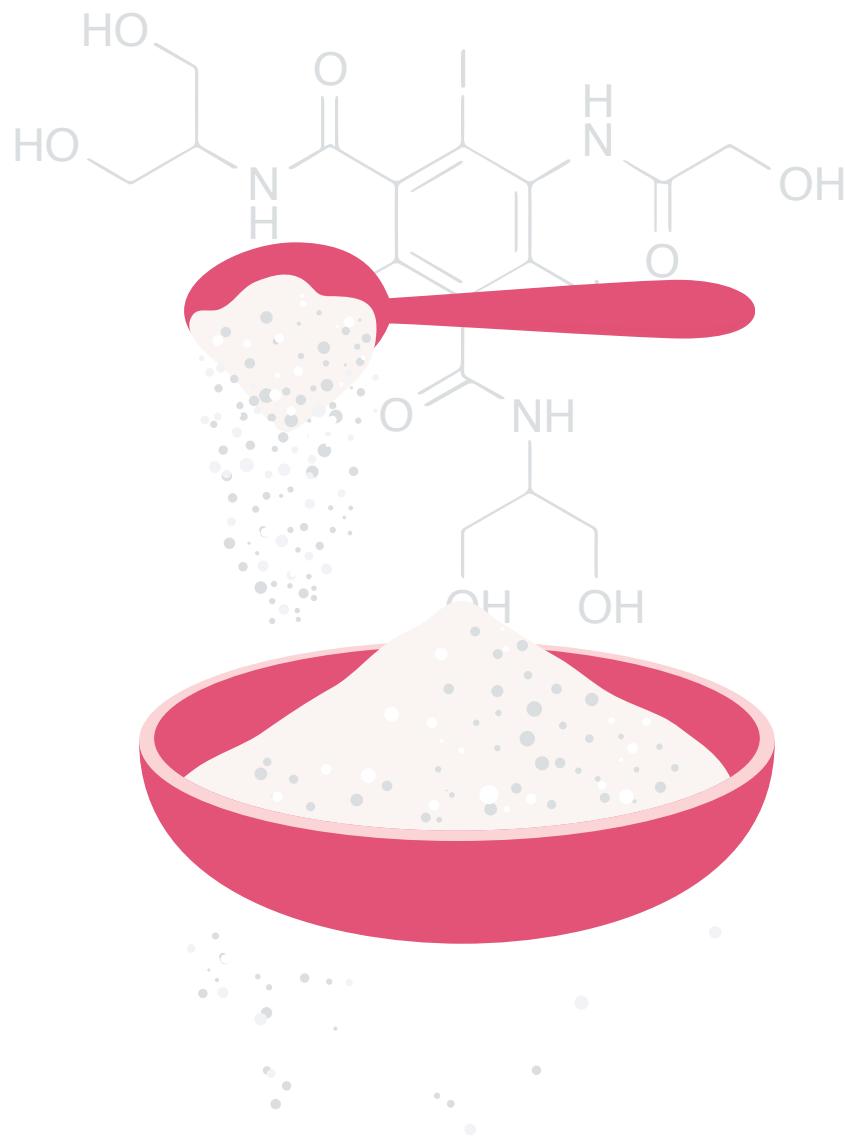


# Statut en iode de la population suisse



# Sommaire

## Statut en iode de la population suisse

Abstract	3	6. Tendances en matière de statut en iode au cours de ces 20 dernières années	10
Keywords	4	6.1 Adultes	10
Abréviations utilisées	4	6.2 Femmes allaitantes et enfants en bas âge	10
1. Introduction	5	7. L'étude 2015 sur l'iode réalisée en Suisse	12
2. Conséquences d'une carence en iode	5	7.1 Enfants d'âge scolaire	12
3. L'iodation universelle du sel répond aux besoins alimentaires de tous les groupes de population	6	7.2 Femmes en âge de procréer	13
4. Biomarqueurs du statut en iode	6	7.3 Femmes enceintes	13
4.1 Concentration d'iode urinaire	6	8. Discussion	14
4.2 Thyroglobuline (Tg)	7	Références	19
4.3 Concentration d'iode dans le lait maternel	7		
4.4 Évaluation alimentaire de l'apport en iode	8		
5. Alimentation en iode en Suisse	8		
5.1 Iodation du sel	8		

# Statut en iode de la population suisse

—  
Maria Andersson, Isabelle Herter-Aeberli

## Abstract

L'iode est une composante essentielle des hormones thyroïdiennes ; ces dernières sont requises pour une croissance et un développement normaux. La carence en iode peut causer l'hypothyroïdie et accroître le risque de troubles neurologiques du développement chez la descendance. La teneur en iode natif est généralement faible dans la plupart des aliments ; par le passé, le goitre, causé par une carence en iode, était courant en Suisse. L'iodation du sel constitue la stratégie de santé publique la plus efficace afin de prévenir une carence en iode et d'assurer une alimentation suffisante en iode dans l'ensemble de la population. En Suisse, l'iodation du sel est volontaire (le sel iodé et le sel non iodé sont tous deux disponibles) et le sel iodé est actuellement enrichi à 25 mg d'iode/kg de sel. La majorité (> 80 %) des ménages utilisent du sel iodé, mais de nombreuses denrées alimentaires sont produites à l'aide de sel non iodé. Étant donné que la proportion principale de l'apport quotidien en sel provient généralement d'aliments transformés, la population suisse court le risque de voir ressurgir une carence en iode. Cet article est consacré à l'importance d'un apport adéquat en iode et du statut actuel en iode dans la population suisse. Les études transversales représentatives sur le plan national montrent un apport en iode suffisant chez les

enfants d'âge scolaire, mais insuffisant chez les femmes en âge de procréer, les femmes enceintes, les femmes allaitantes et les enfants en bas âge. De nouvelles stratégies sont nécessaires afin d'optimiser la couverture du sel iodé, en particulier l'utilisation du sel iodé dans la production alimentaire, dans le but d'améliorer l'apport en iode et d'assurer une alimentation suffisante en iode pour tous les groupes de population en Suisse.

#### Keywords

iode, carence en iode, concentration d'iode urinaire, thyroglobuline, iodation du sel

#### Abréviations utilisées

- DBS dried blood spot (tache de sang séché)
- BME besoin moyen estimatif
- TSH thyroid stimulating hormone (hormone thyroïdienne stimulante)
- T3 triiodothyronine
- T4 thyroxine
- UIC urinary iodine concentration (concentration d'iode urinaire)

## 1. Introduction

L'iode est une composante essentielle des hormones thyroïdiennes triiodothyronine (T3) et thyroxine (T4), produites par la glande thyroïde. Des niveaux suffisants d'hormones thyroïdiennes sont requis pour une croissance et un développement intra-utérins normaux, au cours de la petite enfance et durant l'enfance, aussi bien que pour un large éventail de processus métaboliques vitaux durant toute l'existence<sup>1, 2</sup>.

Le sol et les eaux souterraines comportent généralement de faibles niveaux d'iode et la teneur en iode natif dans la plupart des denrées alimentaires est habituellement faible<sup>3</sup>. L'enrichissement massif du sel avec de l'iode constitue la principale stratégie de santé publique mondiale afin de prévenir la carence en iode<sup>4</sup>. Grâce à l'iodation du sel, le nombre de pays présentant une carence en iode chez les enfants d'âge scolaire est passé de 54 à 20 au cours des 15 dernières années dans le monde entier<sup>5-7</sup>. Toutefois, la couverture du sel iodé demeure incomplète dans de nombreux pays, en particulier en Europe. Les femmes enceintes, les femmes allaitantes et les enfants en bas âge ayant des besoins alimentaires plus élevés courent le risque de présenter une carence en iode<sup>8</sup>. Dans cet article, nous résumons l'état actuel de l'alimentation en iode dans la population suisse.

## 2. Conséquences d'une carence en iode

L'hypertrophie de la thyroïde, connue sous le nom de goitre, constitue le signe classique d'une carence en iode. Il s'agit d'une adaptation physiologique à une carence chronique en iode<sup>9</sup>. Il est largement reconnu qu'une carence majeure en iode et la carence subséquente en hormone thyroïdiennes peuvent entraîner des déficits neurologiques profonds ainsi qu'un retard de croissance, en particulier chez la descendance de femmes enceintes qui présentent une carence en iode<sup>1, 10</sup>. Une carence en iode légère à modérée peut également accroître le risque de troubles neurologiques du développement. Des études fondées sur des observations rapportent un faible QI et de mauvaises performances scolaires chez les enfants nés de mères présentant une légère carence en iode<sup>11, 12</sup>, bien que les données soient contradictoires<sup>13</sup>. Des essais contrôlés de supplémentation en iode chez des femmes enceintes qui présentent une légère carence en iode n'ont montré aucun avantage manifeste sur les concentrations d'hormone thyroïdienne maternelle ou du nouveau-né, ou sur le développement neurologique de l'enfant<sup>14-16</sup>. Au

cours de la petite enfance, la carence en iode peut également avoir un impact sur la production de l'hormone thyroïdienne et altérer le développement neurologique<sup>1, 17, 18</sup>. Les données établissant les conséquences de faibles apports en iode au cours du premier mois de vie sont limitées ; les preuves rigoureuses d'études contrôlées font défaut<sup>19</sup>.

### 3. L'iodation universelle du sel répond aux besoins alimentaires de tous les groupes de population

L'OMS recommande une iodation universelle du sel<sup>4, 20</sup>, définie de la manière suivante :

1. Iodation (20 à 40 mg/kg) de tout sel de qualité alimentaire et de sel utilisé pour l'alimentation des animaux d'élevage, y compris le sel utilisé dans la production alimentaire.
2. Le sel suffisamment iodé ( $\geq 15$  mg/kg) doit être consommé par > 90 % des ménages. Cet objectif est basé sur l'hypothèse qu'une consommation typique de sel de 10 g/j à une concentration d'iode de 15 mg/kg de sel fournit 150  $\mu$ g/j d'iode chez les adultes.

Des données récentes confirment le fait que l'iodation universelle du sel constitue une stratégie efficace et fournit suffisamment d'iode alimentaire pour assurer une alimentation convenable en iode dans la population générale, y compris chez les femmes enceintes, les femmes allaitantes et les enfants en bas âge nourris au sein, qui représentent des groupes de population ayant des besoins élevés en iode alimentaire<sup>21-24</sup>.

## 4. Biomarqueurs du statut en iode

### 4.1 Concentration d'iode urinaire

Le statut en iode des populations est principalement surveillé en mesurant la concentration d'iode urinaire (urinary iodine concentration, UIC) dans des échantillons ponctuels d'urine<sup>4</sup>. L'UIC est un biomarqueur sensible de l'alimentation en iode de la population, car plus de 90 % de l'iode alimentaire est excrété dans l'urine dans les 24 à 48 heures qui suivent l'ingestion<sup>4, 25</sup>. L'UIC reflète l'apport en iode provenant de toutes les sources alimentaires et tient compte des changements récents dans celui-ci. Toutefois, la variabilité

intra-individuelle dans l'UIC est élevée (typiquement 35-40 %) et l'UIC est un biomarqueur de population qui n'est pas adapté pour tester le statut individuel en iode <sup>26, 27</sup>.

L'OMS définit le statut suffisant en iode dans les populations comme étant l'UIC médiane  $\geq 100 \mu\text{g/l}$  chez les enfants d'âge scolaire, les adultes et les enfants en bas âge, et comme étant l'UIC médiane  $\geq 150 \mu\text{g/l}$  chez les femmes enceintes <sup>4</sup>. Des données récentes suggèrent que les seuils d'UIC actuels de l'OMS de  $100 \mu\text{g/l}$  peuvent être trop faibles pour définir une alimentation optimale en iode au cours de la petite enfance <sup>21, 28</sup>.

## 4.2 Thyroglobuline (Tg)

La thyroglobuline (Tg) est un biomarqueur sensible du statut en iode dans les populations ; elle est recommandée comme second indicateur, parallèlement à l'UIC <sup>4</sup>. La thyroglobuline est exclusivement produite par la glande thyroïde et joue un rôle important dans la synthèse des hormones thyroïdiennes T3 et T4 (29). Étant donné que la thyroglobuline est pinocytosée dans la cellule de la thyroïde et qu'elle subit une protéolyse pour libérer T3 et T4 dans la circulation sanguine, une fraction de la thyroglobuline elle-même parvient dans la circulation sanguine <sup>29</sup>. La concentration de thyroglobuline dans le sang s'accroît à la fois en cas de carence en iode que lors d'un excès d'iode, reflétant une augmentation de l'activité thyroïdienne et/ou de la taille de la thyroïde <sup>30-34</sup>. Des études récentes suggèrent que la thyroglobuline constitue un biomarqueur sensible de l'alimentation en iode chez les enfants <sup>32, 35</sup>, les adultes <sup>31</sup>, les femmes enceintes <sup>33, 36</sup> et les enfants en bas âge <sup>37, 38</sup>. Des études portant sur des interventions sur l'iode dans des populations en situation de carence en iode démontrent que les concentrations de thyroglobuline répondent rapidement aux changements dans l'apport en iode <sup>30, 34, 39, 40</sup>. La thyroglobuline peut être mesurée dans le sérum <sup>41</sup> ou dans le sang total récolté sous la forme de taches de sang séché (DBS) <sup>42</sup>. Les plages de référence sont spécifiques au dosage et des seuils illustrant des apports insuffisants en iode ou plus que suffisants ont été proposés pour la thyroglobuline mesurée sous la forme de DBS chez les enfants et les femmes enceintes <sup>33, 35</sup>.

## 4.3 Concentration d'iode dans le lait maternel

Au cours de l'allaitement, l'iode dans la circulation sanguine est excrété à la fois sous forme d'urine et de lait maternel. L'UIC en soi ne constitue pas un biomarqueur fiable de l'alimentation en iode <sup>43, 44</sup>. Une étude récente sug-

gère que la concentration d'iode dans le lait maternel est un biomarqueur plus précis du statut en iode dans ce groupe <sup>43</sup>. Aucune valeur de référence adoptée sur le plan international n'est disponible pour la concentration d'iode dans le lait maternel. Toutefois, nous avons récemment observé une concentration médiane d'iode dans le lait maternel de 171 µg/kg (IC à 95 % : 163, 181 µg/kg) chez les femmes qui allaitent exclusivement et chez qui la consommation d'iode est suffisante, et avons proposé une plage de référence de 60 à 465 µg/kg <sup>43</sup>.

#### 4.4 Évaluation alimentaire de l'apport en iode

Diverses méthodes d'évaluation alimentaire existent afin d'estimer les apports en énergie, en micronutriments et en macronutriments chez les individus ou les populations <sup>45</sup>. L'évaluation alimentaire de l'apport en iode représente cependant un défi <sup>46</sup>. Toutes les méthodes reposent sur la teneur en iode de différents aliments ou groupes d'aliments signalée dans les tables de composition des aliments. Toutefois, la teneur en iode dans les aliments riches en iode (par ex. produits laitiers) et dans les aliments préparés est hautement variable et l'information dans les tables de composition des aliments est souvent peu précise <sup>47-49</sup>. Par ailleurs, l'utilisation de sel iodé dans la préparation des aliments au niveau des ménages est difficile à estimer avec n'importe laquelle des méthodes d'évaluation alimentaire. Des questionnaires sur la fréquence de consommation des aliments ont été utilisés par le passé pour estimer l'apport en iode, mais des études de validation montrent une mauvaise estimation de l'apport réel en iode et suggèrent que les questionnaires sur la fréquence de consommation des aliments sont fiables uniquement pour catégoriser les participants en fonction de leur apport en iode habituel (élevé par opposition à faible) <sup>50-53</sup>. Toutes les méthodes d'évaluation alimentaire indiquent des enjeux similaires <sup>45, 54</sup> et ne sont pas des outils fiables pour tester un apport en iode dans la plupart des situations.

## 5. Alimentation en iode en Suisse

### 5.1 Iodation du sel

Historiquement, la Suisse a été frappée par une carence en iode modérée à grave, avec à la clé un goitre endémique et un crétinisme <sup>55-57</sup>. En 1922, la Suisse a été l'un des premiers pays au monde à introduire le sel iodé afin de



corriger et prévenir la carence en iode. En 1952, le sel iodé était disponible dans tout le pays<sup>55-57</sup>. La teneur en iode dans le sel (sous la forme d'iodure de potassium) a été augmentée par petites étapes successives : de 3,75 mg/kg en 1952, 7,5 mg/kg en 1962, 15 mg/kg en 1980, 20 mg/kg en 1998 à 25 mg/kg en 2014<sup>56, 57</sup>. La proportion de goitre a progressivement diminué et le goitre endémique causé par une carence en iode a actuellement pratiquement disparu<sup>58</sup>.

La politique suisse spécifie une iodation du sel sur une base volontaire, c'est-à-dire que le sel iodé et le sel non iodé doivent être tous deux disponibles. Le sel iodé vendu en Suisse contient actuellement 25 mg d'iode/kg, mais la législation spécifie une gamme flexible allant de 20 à 40 mg d'iode/kg<sup>59</sup>. Les Salines Suisses SA sont le producteur et fournisseur de sel leader dans le pays. L'entreprise fournit du sel iodé et non iodé pour une consommation privée et une utilisation industrielle, pour le marché national et international. Les chiffres de vente de 2017 montrent que 98 % de la quantité totale de sel vendu sous la forme de paquets et de boîtes pour les ménages est iodé : 89,2 % avec fluor et iode, 9,5 % avec uniquement de l'iode et seulement 1,3 % non iodé (communication personnelle, Stefan Trachsel, Salines Suisses SA, avril 2018). Toutefois, 39 % de la quantité totale de sel de qualité alimentaire produit n'était pas iodé (23 % avec fluor et iode, 38 % avec uniquement de l'iode et 39 % non iodé), ce qui représente une augmentation par rapport aux 8 % de 1986.

Nous avons recueilli des échantillons de sel dans les ménages et y avons mesuré la concentration d'iode dans le cadre des études nationales de 1999, 2004, 2009 et 2015<sup>60-63</sup>. Les résultats ont montré systématiquement que > 80 % des ménages consommaient du sel de table iodé. L'industrie alimentaire suisse utilise du sel iodé dans la production alimentaire sur une base volontaire. Toutefois, les données sur l'utilisation actuelle de sel iodé et non iodé par l'industrie alimentaire suisse et les cantines sont limitées. Les données sur les ventes de sel mentionnées ci-dessus suggèrent une couverture incomplète du sel iodé et laissent supposer que de nombreuses denrées alimentaires contenant du sel sont élaborées avec du sel non iodé. Une étude récente a montré que 87 % de tous les producteurs de pain utilisent du sel iodé<sup>64</sup>.

## 6. Tendances en matière de statut en iode au cours de ces 20 dernières années

La stratégie suisse d'iodation du sel et le statut en iode de la population nationale sont surveillés périodiquement tous les cinq ans, soutenus par un financement fédéral. En 1999, 2004, 2009 et 2015, nous avons mené des enquêtes relatives à l'UIC représentatives sur le plan national et avons relevé un apport en iode suffisant et stable chez les enfants d'âge scolaire ainsi qu'un apport limite suffisant chez les femmes enceintes [tab. 1, fig. 1, 60-62](#). En 2004, l'UIC médiane chez les femmes enceintes était significativement plus élevée que dans les autres années d'enquête ; nous n'avons toutefois pas trouvé d'explication à ce résultat. Il est possible que certains des échantillons d'urine prélevés aient été contaminés par de l'iode provenant de bandelettes de test de glucose urinaire utilisées par les cliniques participantes <sup>61, 65</sup>.

### 6.1 Adultes

Deux études menées chez des adultes ont relevé une UIC médiane au-dessous du seuil de 100 µg/l fixé par l'OMS, suggérant un faible apport en iode, en particulier chez les femmes [tab. 1, 46, 66](#). Les personnes véganes présentent un risque particulièrement élevé de carence en iode <sup>67</sup> (voir texte « Le lait et les produits laitiers sont-ils une bonne source d'iode ? »).

### 6.2 Femmes allaitantes et enfants en bas âge

En 2007 et 2009-2010, nous avons mené des études sur le plan national chez les femmes allaitantes et les enfants en bas âge, et avons montré que des nouveau-nés âgés de 3 à 4 jours et de jeunes enfants de 6 et de 12 mois ont un faible apport en iode et présentent un risque de carence en iode [tab. 1, 62, 68](#). Des données récentes chez de jeunes enfants suisses âgés de 2 à 5 mois suggèrent un besoin moyen estimatif (BME) de 72 µg/j et un apport journalier recommandé (AJR) de 80 µg/j au cours des premiers mois de vie <sup>28</sup>. Dans l'étude nationale suisse, les enfants en bas âge présentent une UIC médiane autour de 100 µg/l. Avec une biodisponibilité en iode de 87 % <sup>28</sup> et un volume urinaire de 500 ml, cette valeur équivaut à un apport estimé en iode de 43 µg/jour, bien en deçà des besoins alimentaires <sup>28, 69</sup>. La concentration médiane d'iode dans le lait maternel (breast milk iodine concentration, BMIC) chez les femmes allaitantes était de 49 µg/kg (n = 179) <sup>62</sup> : elle était donc plus de trois fois inférieure à la BMIC médiane cible, qui s'élevait à approximativement 170 µg/kg <sup>43</sup>. Jusqu'à

Tableau 1 : Concentration d'iode urinaire dans la population suisse, par groupe de population et par an

Groupe de population	Année	Niveau administratif	n	UIC médiane (IC à 95 %) <sup>1</sup> (µg/l)	EI (25 <sup>e</sup> , 75 <sup>e</sup> ) <sup>2</sup>	Références	
Enfants d'âge scolaire	1999	National	600	115 (106, 120) <sup>3, a</sup>	84, 157	60	
	2004	National	362	117 (109, 126) <sup>a</sup>	81, 164	61 <sup>4</sup>	
	2009	National	916	120 (116, 124) <sup>a</sup>	82, 157	62	
	2015	National	727	137 (131, 143) <sup>b</sup>	100, 188	63	
Adultes	2010-12	National	1420	76 (73, 79)	51, 113	66	
Femmes en âge de procréer	2008	Local, Zurich	683	79 (73, 85)	38, 131	46	
	2015	National	345	88 (72, 104)	45, 171	63	
Femmes enceintes	1999	National	511	138 (129, 152) <sup>3, a</sup>	76, 248	60	
	2004	National	252	249 (223, 280) <sup>b</sup>	134, 453	61	
	2009	National	648	162 (144, 177) <sup>a</sup>	81, 302	62	
	2015	National	359	140 (124, 159) <sup>a</sup>	65, 314	63	
Femmes/mères allaitantes	2009	National	507	75 (69, 81)	42, 123	62	
Enfants en bas âge							
	Âgés de 3 à 4 jours	2007	National	368	91 (82, 99) <sup>3, a</sup>	54, 138	62, 68
	Âgés de 6 mois	2009	National	279	91 (79, 103) <sup>a</sup>	53, 163	62
Âgés de 12 mois	2009	National	228	103 (92, 116) <sup>a</sup>	61, 157	62	

1 L'intervalle de confiance (IC) à 95 % a été obtenu par bootstrap.

2 Les valeurs sont les écarts interquartiles (EI).

3 Le test de Kruskal-Wallis, suivi de tests post-hoc de Mann-Whitney avec correction de Bonferroni, a été utilisé pour tester

les différences entre les sites d'étude. Les valeurs étiquetées dans un champ de colonne sans lettre en exposant commune

diffèrent ( $P < 0,001$ ).

4 Les données brutes provenant des données originales de l'étude ont été réanalysées.

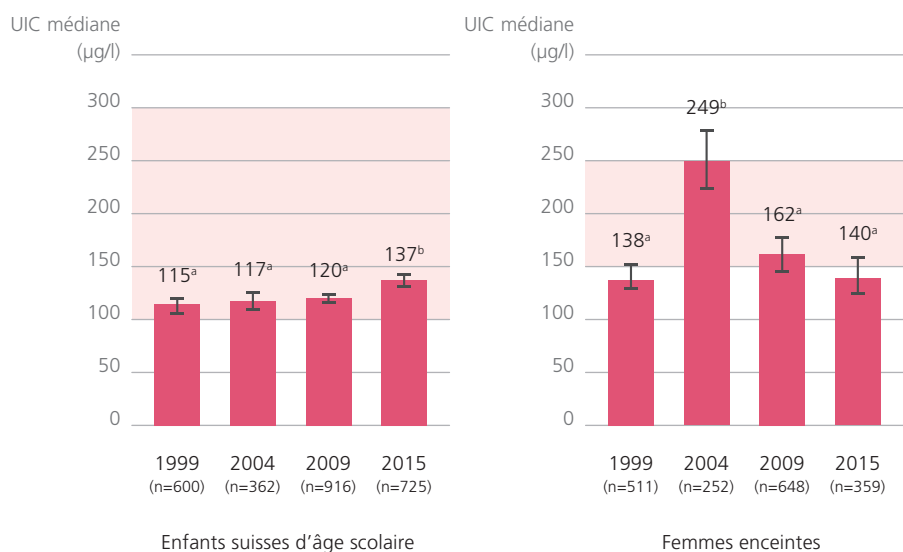


Figure 1 : UIC médiane (IC à 95 % par bootstrap) chez les enfants suisses d'âge scolaire et les femmes enceintes par an (60-63).

UIC, concentration d'iode urinaire. L'aire ombrée indique une alimentation optimale en iode selon les seuils UIC fixés par l'OMS (4, 32). Le test de Kruskal-Wallis, suivi de tests post-hoc de Mann-Whitney avec correction de Bonferroni, a été utilisé pour tester les différences dans l'UIC médiane entre les années. Les valeurs avec des lettres en exposant différentes étaient significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

65 % des femmes présentaient une BMIC au-dessous de la plage de référence nouvellement proposée<sup>43</sup>. Les données suggèrent que 90 % des enfants en bas âge exclusivement nourris au sein présentent un risque de carence en iode.

## 7. L'étude 2015 sur l'iode réalisée en Suisse

Dans le but d'améliorer l'apport global en iode dans la population suisse, la concentration d'iode du sel a été accrue de 20 à 25 mg/kg en janvier 2014, décision soutenue par un groupe d'experts au nom de la Commission fédérale de l'alimentation (COFA/EKK), de l'OFSP et de la Commission Fluor et Iode (CFI),<sup>70</sup> et mise en œuvre par les Salines Suisses SA.

Nous avons mené une enquête transversale nationale entre avril 2015 et janvier 2016 avec pour objectif d'évaluer l'impact d'une augmentation de la teneur en iode du sel sur le statut global en iode<sup>63</sup>. L'étude avait la même conception que les études nationales préalables et a été menée chez des enfants d'âge scolaire de 6 à 12 ans (n = 732), chez des femmes en âge de procréer (18 à 44 ans, n = 353) et chez des femmes enceintes (n = 363). L'UIC a été mesurée dans des échantillons de tache d'urine chez les trois groupes et la fonction thyroïdienne (thyroglobuline, TSH et T4 totale) a été mesurée dans des échantillons DBS prélevés chez les femmes. Nous avons prélevé des échantillons de sel dans les ménages dans un sous-échantillon aléatoire d'enfants participants et avons analysé la concentration d'iode.

Des rapports récents ont suggéré que le sel non iodé en provenance d'Italie pourrait s'infiltrer sur le marché de la région du Tessin. Afin d'examiner si le statut en iode est plus faible au Tessin par rapport au reste du pays, nous avons suréchantillonné les enfants d'âge scolaire en Suisse italienne (4,5 fois).

### 7.1 Enfants d'âge scolaire

Vingt-neuf écoles des cinq régions ont participé à l'étude. Toutes les régions étaient bien représentées, excepté la région du Nord-Est, où seuls 41 % du nombre prévu d'enfants ont été recrutés. Les communautés comportant une population > 99 999 habitants étaient sous-représentées : 1 seul sujet sur 5 a été obtenu.

La concentration d'iode mesurée dans les échantillons de sel prélevés (n = 193) était suffisante (15 à 20 mg/kg) dans 82,9 % des cas et faible (5 à 15 mg/kg) dans 4,7 % des cas. Aucun iode (< 5 mg/kg) n'a été détecté dans 12,4 % des échantillons de sel ; aucun des échantillons n'avait toutefois une concentration d'iode supérieure à 40 mg/kg. La médiane (EI, écart interquar-

tile) de la concentration d'iode dans les échantillons de sel iodé ( $\geq 5$  mg/kg) était de 23,9 mg/kg (EI : 21,8, 25,4 mg/kg) (n = 169). La concentration d'iode dans les échantillons de sel provenant du Tessin (n = 37) n'était pas différente des autres régions combinées (P = 0,670).

La médiane globale de l'UIC chez les enfants d'âge scolaire était de 137  $\mu\text{g/l}$  (EI : 100, 187  $\mu\text{g/l}$ , n = 725), supérieure à l'UIC médiane de 120  $\mu\text{g/l}$  (EI : 82, 157  $\mu\text{g/l}$ ) obtenue en 2009 (n = 916, P < 0,001, [fig. 1](#)). Nous n'avons observé aucune différence significative entre les filles et les garçons (130  $\mu\text{g/l}$  contre 143  $\mu\text{g/l}$ , P = 0,055) et aucune corrélation entre l'UIC et l'âge.

Toutes les cinq régions géographiques de la Suisse avaient une UIC médiane  $\geq 100$   $\mu\text{g/l}$ , s'étendant de 128 à 163  $\mu\text{g/l}$ . De façon surprenante, l'UIC médiane la plus élevée de 163  $\mu\text{g/l}$  (EI : 109, 228  $\mu\text{g/l}$ ) a été observée au Tessin (n = 142), significativement supérieure à l'UIC médiane de 133  $\mu\text{g/l}$  (EI : 98, 179  $\mu\text{g/l}$ ) des quatre autres régions combinées (n = 589) (P < 0,0001).

## 7.2 Femmes en âge de procréer

Un échantillon total de 361 femmes suivies par 18 obstétriciens ou gynécologues ont participé à l'étude. Nous avons rejeté 8 sujets du fait qu'ils ne remplissaient pas les critères d'inclusion. La taille finale de l'échantillon comportait donc 353 femmes en âge de procréer. La région du Nord-Est comportait une seule clinique ayant participé et était de ce fait sous-échantillonnée.

93 % des femmes ont signalé utiliser du sel iodé dans leur ménage. La médiane globale de l'UIC chez les femmes en âge de procréer était de 88  $\mu\text{g/l}$  (EI : 45, 171  $\mu\text{g/l}$ ) (n = 345), inférieure au seuil de 100  $\mu\text{g/l}$  fixé par l'OMS indiquant un apport suffisant en iode. La concentration DBS-Tg médiane était de 23,1  $\mu\text{g/l}$  (EI : 15,7, 35,4  $\mu\text{g/l}$ ) [tab. 2](#). La prévalence de troubles thyroïdiens sous-cliniques et déclarés était faible, comparable à une population euthyroïdienne typique [tab. 2](#).

## 7.3 Femmes enceintes

Un échantillon total de 375 femmes enceintes suivies dans 18 cliniques ont participé. Nous avons rejeté 12 sujets du fait qu'ils ne remplissaient pas les critères d'inclusion. La taille finale de l'échantillon comportait donc 363 femmes enceintes. L'UIC médiane (n = 359) était de 140  $\mu\text{g/l}$  (EI : 65, 313  $\mu\text{g/l}$ ), inférieure au seuil de 150  $\mu\text{g/l}$  fixé par l'OMS indiquant un apport suffisant en iode, mais ne soit pas statistiquement différente en comparaison avec 2009 (162  $\mu\text{g/l}$ , EI : 81, 302  $\mu\text{g/l}$ , n = 648, P = 0,071). 85 % des femmes ont si-

gnalé utiliser du sel iodé dans leur ménage. 41 % prenaient des compléments alimentaires prénataux à base d'iode (correspondant à 150 à 220 µg d'iode/jour), bien que l'UIC médiane ne soit pas différente entre les utilisatrices de compléments et les non-utilisatrices (P = 0,589).

La concentration DBS-Tg médiane était de 23,8 µg/l (EI : 15,5, 35,3 µg/l), pas statistiquement différente de la DBS-Tg médiane chez les femmes en âge de procréer (P = 0,968) (Tableau 2). La prévalence d'une DBS-Tg élevée était de 12,7 %. La prévalence d'hypothyroïdie sous-clinique, d'hyperthyroïdie sous-clinique et d'hypothyroxinémie maternelle isolée était respectivement de 0,9 %, 0 % et 4,8 %.

Tableau 2 : DBS-TSH, DBS-T4 totale, DBS-Tg et prévalence de la dysfonction thyroïdienne chez les femmes en âge de procréer et chez les femmes enceintes

	Femmes en âge de procréer		Femmes enceintes	
	n	Valeur	n	Valeur
TSH (mU/l) <sup>1</sup>	350	0,8 (0,6 ; 1,0)	352	0,8 (0,6 ; 1,1)
T4 totale (nmol/l) <sup>2</sup>	350	113,4 (37,5)	351	132,5 (33,7)
Tg (µg/l) <sup>1</sup>	349	23,1 (15,7 ; 35,4)	347	23,8 (15,5 ; 35,3)
Hypothyroïdie sous-clinique (% [n]) <sup>3</sup>	350	0,3 [1]	351	0,9 [3]
Hypothyroïdie (% [n]) <sup>4</sup>	350	0,3 [1]	351	0,2 [1]
Hyperthyroïdie sous-clinique (% [n]) <sup>5</sup>	350	0,0 [0]	351	0,0 [0]
Hyperthyroïdie (% [n]) <sup>6</sup>	350	0,0 [0]	351	0,0 [0]
Hypothyroxinémie isolée (% [n]) <sup>7</sup>	350	3,4 [12]	351	4,8 [17]
Tg élevée (% [n]) <sup>8</sup>	–	– <sup>9</sup>	347	12,7 [44]
TgAb-positif Tg (% [n]) <sup>10</sup>	–	–	255	23,1 [59]

1 Les données sont les médianes (écart interquartile), toutes les valeurs de ce type.

2 Les données sont géométriques (SD), toutes les valeurs de ce type.

3 Défini comme TSH élevée et T4 totale normale

4 Défini comme TSH élevée et faible T4 totale

5 Défini comme faible TSH et T4 totale normale

6 Défini comme faible TSH et T4 totale élevée

7 Défini comme TSH normale et faible T4 totale

8 Défini comme Tg > 43,5 µg/l (33)

9 Aucune plage de référence disponible

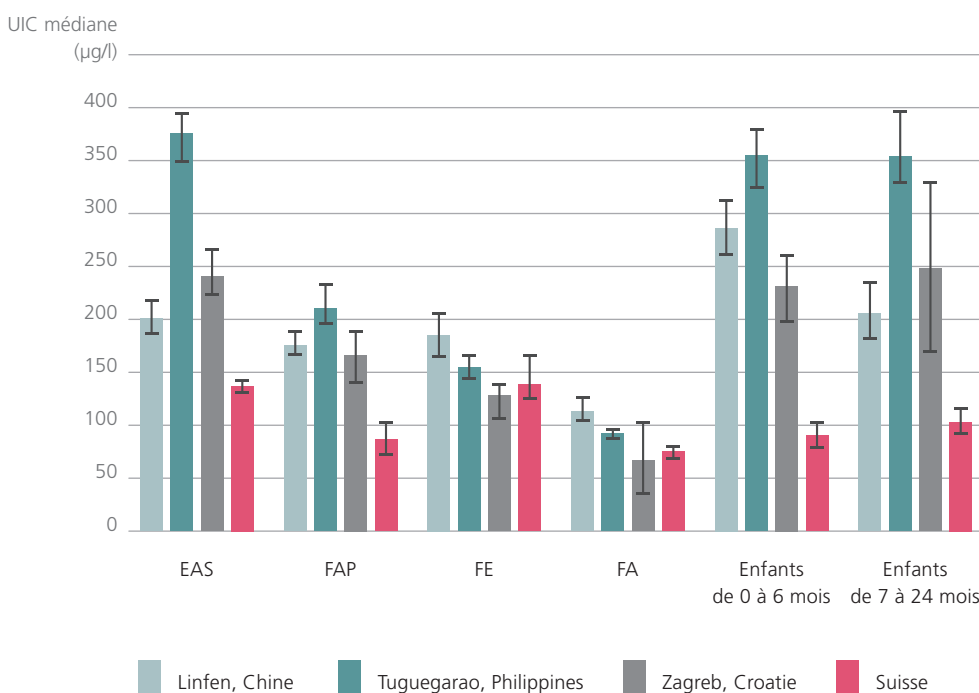
10 Défini comme TgAb ≥ 65 U/ml

## 8. Discussion

L'apport en iode en Suisse est suffisant chez les enfants d'âge scolaire, mais inférieur aux besoins en iode alimentaire chez les femmes en âge de procréer, les femmes enceintes, les femmes allaitantes et les enfants en bas âge. L'accroissement de la teneur en iode dans le sel de 20 mg/kg à 25 mg/kg en 2014 pourrait avoir contribué à une amélioration modeste du statut en iode chez

les enfants d'âge scolaire. Nous n'avons toutefois observé aucun impact chez les femmes en âge de procréer ni chez les femmes enceintes. Des données récentes issues de pays présentant un apport comparable en sel et le même degré d'enrichissement du sel avec de l'iode (25 mg/kg)<sup>21, 71</sup> montrent que l'iodation à ce niveau, combinée à l'iodation obligatoire du sel et à une couverture élevée, est suffisante pour répondre aux besoins alimentaires de tous les groupes de population *fig. 2*.<sup>21</sup>. L'UIC observée en Suisse est significativement inférieure dans tous les groupes de population, suggérant une faible couverture globale du sel iodé.

Ce dernier reste la principale source alimentaire d'iode dans la population suisse. L'utilisation de sel iodé dans les ménages reste élevée (> 80 %) et satisfaisante<sup>62</sup>. En Suisse, les données sur la proportion de denrées alimentaires élaborées à partir de sel iodé sont limitées ; la couverture apparaît toutefois comme étant incomplète : seulement 61 % du sel de qualité alimentaire vendu en 2017 était iodé (communication personnelle, S. Trachsel 2018). Les aliments élaborés ou cuisinés en dehors des ménages, c'est-à-dire les plats prêts à consommer obtenus dans un magasin ou restaurant, sont les sources principales de sel dans un régime alimentaire occidental (70 à 80 % de la quantité totale de sel consommé)<sup>72</sup>. Par conséquent, l'utilisation de sel iodé dans de tels produits est importante afin de répondre aux besoins en iode alimentaire. Les politiques et législations nationales divergent quant à l'utilisation de sel iodé parmi les pays d'Europe. Une politique européenne uniforme faciliterait l'utilisation du sel iodé par l'industrie alimentaire et pour-



**Figure 2 :** UIC médiane (IC à 95 % par bootstrap) dans les six groupes de population par site d'étude dans les populations présentant un apport suffisant en iode (bleu/gris, (21)) et en Suisse (rouge, (63)). UIC, concentration d'iode urinaire ; EAS, enfants d'âge scolaire ; FAP, femmes en âge de procréer ; FE, femmes enceintes ; FA, femmes allaitantes. Le test de Kruskal-Wallis, suivi de tests post-hoc de Mann-Whitney avec correction de Bonferroni, a été utilisé pour tester les différences dans l'UIC médiane entre les sites d'étude. Les valeurs avec des lettres en exposant différentes étaient significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

rait être l'action la plus efficace pour améliorer l'alimentation en iode non seulement en Europe, mais aussi en Suisse<sup>73</sup>. La stratégie nationale visant à réduire l'apport en sel est complémentaire au programme d'iodation du sel ; les deux politiques de santé publique doivent cependant être intégrées<sup>74, 75</sup>.

Le lait de vache et les produits laitiers représentent d'autres sources importantes d'iode alimentaire pour la population suisse, en particulier chez les enfants<sup>76, 77</sup> (voir texte « Le lait et les produits laitiers sont-ils une bonne source d'iode ? »). Les données sur la consommation de lait et de produits laitiers chez les enfants suisses font défaut. Cependant, nous estimons que la consommation quotidienne d'un verre (0,3 l) de lait suisse contribuerait en moyenne à environ 26 µg d'iode<sup>77</sup> – ce qui correspond à 22 à 29 % environ de l'apport quotidien recommandé en iode chez les enfants<sup>4, 69</sup>.

Les apports alimentaires aux faibles niveaux observés sont-ils préoccupants pour la santé ? La prévalence d'hypo ou d'hyperthyroïdie sous-clinique et clinique chez les femmes en âge de procréer et chez les femmes enceintes était faible dans l'étude nationale de 2015. La glande thyroïde normale est généralement capable de s'adapter à un apport légèrement déficitaire en iode et maintient une production normale des hormones thyroïdiennes<sup>78</sup>. Cependant, un faible apport habituel en iode conduit à de faibles réserves d'iode dans la thyroïde et à une susceptibilité accrue à un faible apport en iode à des périodes de besoins accrus en iode physiologique, les plus critiques étant au cours de la grossesse et de l'allaitement. Il est largement admis que l'apport en hormones thyroïdiennes maternelles (T3 et T4) est critique pour le développement du fœtus, en particulier au cours du premier et du deuxième trimestre<sup>79</sup>. L'apport hormonal doit couvrir les besoins maternels et fœtaux tout au long de la gestation. Une hypothyroïdémie maternelle isolée (définie par un faible taux de T4 associé à une TSH normale) a été observée chez 4,8 % des femmes enceintes. On ne peut exclure que l'apport sous-optimal en iode chez les femmes enceintes suisses, en combinaison avec de faibles réserves d'iode dans la thyroïde en raison d'un faible apport habituel avant la grossesse, influe sur la production totale de T4. L'hypothyroïdémie maternelle isolée au cours de la première moitié de la grossesse peut être préoccupante, étant donné qu'elle a été associée à un faible QI et à une fonction motrice retardée chez les enfants, et à des problèmes comportementaux durant la petite enfance et l'enfance, démontrés dans des études fondées sur des observations<sup>80-83</sup>, bien qu'aucune amélioration du QI ou des résultats cognitifs des enfants n'ait été observée après un traitement à base de T4.

Les femmes en âge de procréer et les femmes enceintes avaient également des concentrations élevées de thyroglobuline, plus élevées qu'observé



précédemment dans les populations qui présentaient un apport suffisant en iode<sup>33</sup>. La concentration de thyroglobuline se situait au-dessus des plages de référence normales chez 13 % des femmes enceintes, suggérant une activité accrue de la thyroïde, vraisemblablement causée par une carence en iode. Toutefois, la pertinence clinique et le risque de développer une maladie thyroïdienne chez les femmes présentant une concentration élevée de thyroglobuline sont incertains. L'hyperactivité prolongée de la thyroïde peut augmenter le risque de croissance et de fonctionnement autonome de la thyroïde. Ce dernier constitue une cause fréquente d'hyperthyroïdie chez les personnes âgées. Davantage de données sur la fonction thyroïdienne sont nécessaires afin de mieux comprendre les effets d'un faible apport en iode dans la population suisse.

Nos données suggèrent également que les femmes suisses allaitantes présentent une carence en iode. La concentration moyenne d'iode dans le lait maternel est trois fois inférieure à celle observée dans les populations qui présentent un apport suffisant en iode<sup>21, 43, 86</sup>. Les besoins en iode au cours de la petite enfance sont élevés<sup>28, 69</sup>, car les enfants en bas âge sont nés avec des réserves minimales en iode thyroïdien et le taux de production de la T4 au cours de la petite enfance est trois fois plus élevé que chez les adultes<sup>87, 88</sup>. L'UIC médiane chez les enfants suisses en bas âge indique un faible apport en iode<sup>62, 68</sup>; les enfants en bas âge nourris exclusivement au sein ainsi que les nourrissons sevrés présentent un risque de carence en iode en raison de la faible concentration d'iode dans le lait maternel<sup>62</sup>, combinée aux directives pédiatriques, qui recommandent de ne pas donner de sel supplémentaire et de maintenir un faible apport en lait de vache à cet âge<sup>89</sup>.

La supplémentation en iode chez les femmes enceintes et allaitantes pourrait être utile afin d'augmenter l'apport en iode lorsque la couverture du sel iodé est incomplète<sup>20, 90</sup>. Plusieurs pays recommandent aux femmes de prendre un complément contenant 150 µg d'iode par jour au cours de la grossesse et de l'allaitement<sup>91-96</sup>. Cependant, la supplémentation est généralement prescrite à la fin du premier trimestre et peut ne pas couvrir le premier trimestre, lorsque le cerveau fœtal en développement est particulièrement vulnérable<sup>97</sup>. Un récent essai contrôlé et randomisé de supplémentation prénatale en iode chez des femmes enceintes présentant une légère carence en iode a indiqué une amélioration du statut en iode chez les femmes, mais aucun bénéfice à long terme sur le développement de l'enfant<sup>16</sup>. Il est possible que les femmes enceintes soient capables de s'adapter physiologiquement à un apport en iode légèrement faible afin de maintenir une euthyroïdie fœtale, permettant un développement intra-utérin sain. Les données

sur l'impact de la supplémentation en iode chez les femmes allaitantes sont limitées. Aux États-Unis, 62 % des vitamines prénatales contiennent de l'iode<sup>98</sup>, alors qu'en Europe, la plupart des compléments vitaminés prénataux en sont dépourvus (données non publiées). En Suisse, près de la moitié des diverses marques de compléments prénataux prescrits comportent de l'iode, bien que la plupart des produits habituellement utilisés n'en contiennent pas. Au cours de la grossesse, la consommation de compléments contenant de l'iode a passé de 15 % en 2009 à 41 % en 2015<sup>62, 63</sup>. Bien que nous n'ayons pas observé de différence statistiquement significative dans l'UIC médiane entre les utilisateurs et les non-utilisateurs dans l'étude de 2015, les compléments iodés jouent vraisemblablement un rôle important au cours de la grossesse et contribuent à un apport général en iode dans ce groupe.

L'apport en iode supérieur aux besoins quotidiens est généralement bien toléré par la thyroïde saine<sup>99, 100, 101</sup>. Cependant, les apports excessifs aigu et chronique en iode ont tous deux été associés à des troubles thyroïdiens chez les personnes prédisposées<sup>99-102</sup>.

En conclusion, l'apport en iode en Suisse est suffisant chez les enfants d'âge scolaire, mais ne répond pas aux besoins en iode alimentaire chez les femmes en âge de procréer, les femmes enceintes, les femmes allaitantes et les enfants en bas âge. En dépit d'une stratégie d'iodation volontaire du sel fructueuse et de longue date et d'une surveillance périodique du statut en iode, le programme national ne répond actuellement pas aux attentes. La couverture du sel iodé reste élevée dans les ménages, mais n'est pas suffisante dans les aliments préparés. L'objectif serait d'atteindre une iodation universelle du sel, c'est-à-dire que tous les sels de qualité alimentaire devraient contenir de l'iode. Des études préalables ont démontré que l'iodation universelle du sel à  $\geq 25$  mg d'iode/kg de sel est suffisante pour répondre aux besoins en iode alimentaire de tous les groupes de population<sup>21</sup>. De nouvelles stratégies sont nécessaires afin d'optimiser l'utilisation du sel iodé dans l'industrie alimentaire, dans le but d'améliorer l'apport en iode et d'assurer une alimentation suffisante en iode dans tous les groupes de population. Celle-ci est particulièrement importante chez les femmes avant le début de la grossesse afin de prévenir les risques potentiels de carence en iode chez les nouveau-nés pendant la période vulnérable du début de la grossesse. La supplémentation ciblée en iode chez les femmes enceintes et les femmes allaitantes est probablement sans danger et peut être une mesure possible et intermédiaire afin de prévenir une carence en iode chez les nouveau-nés et les enfants en bas âge nourris au sein.

## Maria Andersson <sup>1</sup>, Isabelle Herter-Aeberli <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Abteilung Gastroenterologie und Ernährung, Universitäts-Kinderspital Zürich, Suisse ;  
Iodine Global Network, Ottawa, ON, Canada

<sup>2</sup> Labor für Humanernährung, Institut für Lebensmittelwissenschaften,  
Ernährung und Gesundheit, ETH Zürich, Suisse.

### Adresse de correspondance

Maria Andersson  
Abteilung Gastroenterologie und Ernährung  
Universitäts-Kinderspital Zürich  
Steinwiesstrasse 75  
8032 Zürich  
E-mail : maria.andersson@hest.ethz.ch

### Règles de citation

Andersson M, Herter-Aeberli I (2018) Statut en iode de la population suisse.  
Bulletin nutritionnel suisse : pages 64-84  
DOI : 10.24444/blv-2018-0211

### Sources de financement

Avec le soutien de l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV et de l'École polytechnique fédérale de Zurich EPFZ

### Conflit d'intérêts

Les auteurs déclarent l'absence de conflit d'intérêts.

### Remerciements

Les études mentionnées ont été soutenues par l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV et par l'EPF de Zurich. Nous remercions Michael Zimmermann d'avoir fourni les données des études nationales de 1999 et de 2004 et Stefan Trachsel des Salines Suisse SA d'avoir fourni les données relatives aux ventes de sel. Nous remercions les étudiants de l'EPF Lea Wildeisen, Friederike Becker, Elisabeth Schlunke, Lisa Mazzolini, Alexandra Thoma, Simon Hartung et Matthias Buchli de leur aide à l'étude nationale sur l'iode en 2015 et Sara Stinca et Sandra Hunziker de leur soutien aux analyses de laboratoire.

## Références

- 1** Zimmermann MB. The effects of iodine deficiency in pregnancy and infancy. *Paediatr Perinat Epidemiol* 2012; 26 Suppl 1: 108–17.
- 2** Brent GA. Mechanisms of thyroid hormone action. *J Clin Invest* 2012; 122(9): 3035–43.
- 3** Fuge R, Johnson CC. Iodine and human health, the role of environmental geochemistry and diet, a review. *Appl Geochem* 2015; 63: 282–302.
- 4** WHO, UNICEF, ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. A guide for programme managers, 3rd edition. Geneva: World Health Organization, 2007.
- 5** Andersson M, Takkouche B, Egli I, Allen HE, de Benoist B. Current global iodine status and progress over the last decade towards the elimination of iodine deficiency. *Bull World Health Organ* 2005; 83(7): 518–25.
- 6** Iodine Global Network. Internet: [http://www.ign.org/cm\\_data/IGN\\_Global\\_Scorecard\\_AllPop\\_and\\_PW\\_May2017.pdf](http://www.ign.org/cm_data/IGN_Global_Scorecard_AllPop_and_PW_May2017.pdf) (accessed 28 August 2017).
- 7** Gizak M, Gorstein J, Andersson M. Epidemiology of iodine deficiency. Edtion ed. In: Pearce E, ed. *Iodine deficiency disorders and their eradication*. New York, NY: Springer, 2017: 29–43.
- 8** Zimmermann MB, Gizak M, Abbott K, Andersson M, Lazarus JH. Iodine deficiency in pregnant women in Europe. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2015; 3(9): 672–4.
- 9** Eastman CJ, Zimmermann MB. The iodine deficiency disorders. Edtion ed. In: De Groot LJ, Chrousos G, Dungan K, al. E, eds. *Thyroid Disease Manager Endotext* [Internet] South Dartmouth (MA): MDTextcom, Inc; 2000– (Available at: <http://www.thyroidmanager.org/chapter/the-iodine-deficiency-disorders/>) (accessed Feb 27, 2018).

**10**

Pearce EN, Lazarus JH, Moreno-Reyes R, Zimmermann MB. Consequences of iodine deficiency and excess in pregnant women: an overview of current knowns and unknowns. *Am J Clin Nutr* 2016; 104 Suppl 3: 918S–235S.

**11**

Bath SC, Steer CD, Golding J, Emmett P, Rayman MP. Effect of inadequate iodine status in UK pregnant women on cognitive outcomes in their children: results from the Avon Longitudinal Study of Parents and Children (ALSPAC). *Lancet* 2013; 382(9889): 331–7.

**12**

Hynes KL, Otahal P, Hay I, Burgess JR. Mild iodine deficiency during pregnancy is associated with reduced educational outcomes in the offspring: 9-year follow-up of the gestational iodine cohort. *J Clin Endocrinol Metab* 2013; 98(5): 1954–62.

**13**

Rebagliato M, Murcia M, Alvarez-Pedrerol M, et al. Iodine Supplementation During Pregnancy and Infant Neuropsychological Development INMA Mother and Child Cohort Study. *Am J Epidemiol* 2013; 177(9): 944–53.

**14**

Zhou SJ, Anderson AJ, Gibson RA, Makrides M. Effect of iodine supplementation in pregnancy on child development and other clinical outcomes: a systematic review of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2013; 98(5): 1241–54.

**15**

Taylor PN, Okosieme OE, Dayan CM, Lazarus JH. Therapy of Endocrine Disease: Impact of iodine supplementation in mild-to-moderate iodine deficiency: systematic review and meta-analysis. *Eur J Endocrinol* 2014; 170(1): R1–R15.

**16**

Gowachirapant S, Jaiswal N, Melse-Boonstra A, et al. Effect of iodine supplementation in pregnant women on child neurodevelopment: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2017.

**17**

Cao XY, Jiang XM, Dou ZH, et al. Timing of vulnerability of the brain to iodine deficiency in endemic cretinism. *N Engl J Med* 1994; 331(26): 1739–44.

**18**

Stinca S, Andersson M, Herter-Aeberli I, et al. Moderate-to-Severe Iodine Deficiency in the "First 1000 Days" Causes More Thyroid Hypofunction in Infants Than in Pregnant or Lactating Women. *J Nutr* 2017; 147(4): 589–95.

**19**

Bougma K, Aboud FE, Harding KB, Marquis GS. Iodine and mental development of children 5 years old and under: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients* 2013; 5(4): 1384–416.

**20**

WHO Secretariat, Andersson M, de Benoist B, Delange F, Zupan J. Prevention and control of iodine deficiency in pregnant and lactating women and in children less than 2-years-old: conclusions and recommendations of the Technical Consultation. *Public health nutrition* 2007; 10(12A): 1606–11.

**21**

Dold S, Zimmermann MB, Jukic T, et al. Universal salt iodization provides sufficient dietary iodine to achieve adequate iodine nutrition during the first 1000 days: A cross-sectional multicenter study. *J Nutr* 2018; 148(4): 587–598.

**22**

Meng F, Zhao R, Liu P, Liu L, Liu S. Assessment of iodine status in children, adults, pregnant women and lactating women in iodine-replete areas of China. *PLoS one* 2013; 8(11): e81294.

**23**

Yang J, Zhu L, Li X, et al. Iodine status of vulnerable populations in Henan province of China 2013–2014 after the implementation of the new iodized salt standard. *Biol Trace Elem Res* 2016; 173(1): 7–13.

**24**

Aburto N, Abudou M, Candeias V, Wu T. Effect and safety of salt iodization to prevent iodine deficiency disorders: a systematic review with meta-analyses. WHO eLibrary of Evidence for Nutrition Actions (eLENA). Geneva: World Health Organization, 2014.

**25**

Jahreis G, Hausmann W, Kiessling G, Franke K, Leiterer M. Bioavailability of iodine from normal diets rich in dairy products – results of balance studies in women. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 2001; 109(3): 163–7.

**26**

König F, Andersson M, Hotz K, Aeberli I, Zimmermann MB. Ten repeat collections for urinary iodine from spot samples or 24-h samples are needed to reliably estimate individual iodine status in women. *J Nutr* 2011; 141(11): 2049–54.

**27**

Karmisholt J, Laurberg P, Andersen S. Recommended number of participants in iodine nutrition studies is similar before and after an iodine fortification programme. *Eur J Nutr* 2014; 53(2): 487–92.

**28**

Dold S, Zimmermann MB, Baumgartner J, et al. A dose-response crossover iodine balance study to determine iodine requirements in early infancy. *Am J Clin Nutr* 2016; 104(3): 620–8.

**29**

Rousset B, Dupuy C, Mitot F, Dumont J. Thyroid hormone synthesis and secretion. Edtion ed. *Thyroid disease manager*. Available at: <http://www.thyroid-manager.org>. (Accessed: March 5, 2018), 2015.

**30**

Ma ZF, Skeaff SA. Thyroglobulin as a biomarker of iodine deficiency: a review. *Thyroid* 2014; 24(8): 1195–209.

**31**

Krejbjerg A, Bjergved L, Pedersen IB, et al. Serum thyroglobulin as a biomarker of iodine deficiency in adult populations. *Clin Endocrinol* 2016; 85(3): 475–82.

**32**

Zimmermann MB, Aeberli I, Andersson M, et al. Thyroglobulin is a sensitive measure of both deficient and excess iodine intakes in children and indicates no adverse effects on thyroid function in the UIC range of 100–299 µg/L: a UNICEF/ICCIDD study group report. *J Clin Endocrinol Metab* 2013; 98(3): 1271–80.

**33**

Stinca S, Andersson M, Weibel S, et al. Dried blood spot thyroglobulin as a biomarker of iodine status in pregnant women. *J Clin Endocrinol Metab* 2017; 102(1): 23–32.

**34**

Ma ZF, Venn BJ, Manning PJ, Cameron CM, Skeaff SA. Iodine Supplementation of Mildly Iodine-Deficient Adults Lowers Thyroglobulin: A Randomized Controlled Trial. *J Clin Endocrinol Metab* 2016; 101(4): 1737–44.

**35**

Zimmermann MB, de Benoist B, Corigliano S, et al. Assessment of iodine status using dried blood spot thyroglobulin: development of reference material and establishment of an international reference range in iodine-sufficient children. *J Clin Endocrinol Metab* 2006; 91(12): 4881–7.

**36**

Bath SC, Pop VJ, Furmidge-Owen VL, Broeren MA, Rayman MP. Thyroglobulin as a Functional Biomarker of Iodine Status in a Cohort Study of Pregnant Women in the United Kingdom. *Thyroid* 2017; 27(3): 426–33.

**37**

Nepal AK, Suwal R, Gautam S, et al. Subclinical hypothyroidism and elevated thyroglobulin in infants with chronic excess iodine intake. *Thyroid* 2015; 25(7): 851–9.

**38**

Farebrother J, Assey V, Castro MC, et al. Thyroglobulin is markedly elevated at both low and high iodine intakes in 6–24 month-old weaning infants and suggests a narrow optimal iodine intake range. *J Nutr* (Submitted) 2018.

**39**

Zimmermann MB. Assessing iodine status and monitoring progress of iodized salt programs. *J Nutr* 2004; 134(7): 1673–8.

**40**

Krejbjerg A, Bjergved L, Pedersen IB, et al. Serum thyroglobulin before and after iodization of salt: an 11-year DanThyr follow-up study. *Eur J Endocrinol* 2015; 173(5): 573–81.

**41**

Spencer CA. Assay of Thyroid Hormones and Related Substances. Edtion ed. In: De Groot LJ, Chrousos G, Dungan K, et al., eds. *Endotext*. South Dartmouth (MA), 2000.

- 42**  
Stinca S, Andersson M, Erhardt J, Zimmermann MB. Development and validation of a new low-cost enzyme-linked immunoassay for serum and dried blood spot thyroglobulin. *Thyroid* 2015; 25(12): 1297–305.
- 43**  
Dold S, Zimmermann MB, Aboussad A, et al. Breast milk iodine concentration is a more accurate biomarker of iodine status than urinary iodine concentration in exclusively breastfeeding women. *J Nutr* 2017; 147(4): 528–37.
- 44**  
Nazeri P, Dalili H, Mehrabi Y, Hedayati M, Mirmiran P, Azizi F. Breast Milk Iodine Concentration Rather than Maternal Urinary Iodine Is a Reliable Indicator for Monitoring Iodine Status of Breastfed Neonates. *Biol Trace Elem Res* 2018.
- 45**  
Gibson RS. *Principles of Nutritional Assessment*. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2005.
- 46**  
Zimmermann MB, Andersson M. Assessment of iodine nutrition in populations: past, present, and future. *Nutrition reviews* 2012; 70(10): 553–70.
- 47**  
Carrquiry AL, Spungen JH, Murphy SP, et al. Variation in the iodine concentrations of foods: considerations for dietary assessment. *Am J Clin Nutr* 2016; 104 Suppl 3: 877S–875S.
- 48**  
Pehrsson PR, Patterson KY, Spungen JH, et al. Iodine in food- and dietary supplement-composition databases. *American Journal of Clinical Nutrition* 2016; 104(3): 868s–76s.
- 49**  
Ershow AG, Skeaff SA, Merkel JM, Pehrsson PR. Development of Databases on Iodine in Foods and Dietary Supplements. *Nutrients* 2018; 10(1).
- 50**  
Brantsaeter AL, Haugen M, Alexander J, Meltzer HM. Validity of a new food frequency questionnaire for pregnant women in the Norwegian Mother and Child Cohort Study (MoBa). *Matern Child Nutr* 2008; 4(1): 28–43.
- 51**  
Rasmussen LB, Ovesen L, Bulow I, et al. Evaluation of a semi-quantitative food frequency questionnaire to estimate iodine intake. *Eur J Clin Nutr* 2001; 55(4): 287–92.
- 52**  
Tan LM, Charlton KE, Tan SY, Ma G, Batterham M. Validity and reproducibility of an iodine-specific food frequency questionnaire to estimate dietary iodine intake in older Australians. *Nutr Diet* 2013; 70(1): 71–8.
- 53**  
Combet E, Lean MEJ. Validation of a short food frequency questionnaire specific for iodine in UK females of childbearing age. *J Hum Nutr Diet* 2014; 27(6): 599–605.
- 54**  
Lightowler HJ, Davies GJ. Assessment of iodine intake in vegans: weighed dietary record vs duplicate portion technique. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56(8): 765–70.
- 55**  
Bürgi H, Supersaxo Z, Selz B. Iodine deficiency diseases in Switzerland one hundred years after Theodor Kocher's survey: a historical review with some new goitre prevalence data. *Acta Endocrinol (Copenh)* 1990; 123: 577–90.
- 56**  
Zimmermann MB. Research on iodine deficiency and goiter in the 19th and early 20th centuries. *J Nutr* 2008; 138(11): 2060–3.
- 57**  
Bürgi H, Andersson M. History and current epidemiology of iodine nutrition in Switzerland. Edtion ed. Federal Commission for Nutrition Iodine supply in Switzerland: Current Status and Recommendations Expert report of the FCN. Zurich: Federal Office of Public Health (Available at: <http://www.blv.admin.ch/themen/04679/05065/05090/index.html?lang=de>), 2013.
- 58**  
Hess SY, Zimmermann MB. Thyroid volumes in a national sample of iodine-sufficient swiss school children: comparison with the World Health Organization/International Council for the control of iodine deficiency disorders normative thyroid volume criteria. *Eur J Endocrinol* 2000; 142(6): 599–603.
- 59**  
EDI. Verordnung des EDI über den Zusatz von Vitaminen, Mineralstoffen und sonstigen Stoffen in Lebensmitteln (817.022.32) [in German], vom 16. Dezember 2016 (Stand am 6. Februar 2018). In: Eidgenössisches Department des Innern (EDI) [Federal Department of Home Affairs], ed. Bern, 2018.
- 60**  
Hess SY, Zimmermann MB, Torresani T, Burgi H, Hurrell RF. Monitoring the adequacy of salt iodization in Switzerland: a national study of school children and pregnant women. *Eur J Clin Nutr* 2001; 55(3): 162–6.
- 61**  
Zimmermann MB, Aeberli I, Torresani T, Burgi H. Increasing the iodine concentration in the Swiss iodized salt program markedly improved iodine status in pregnant women and children: a 5-y prospective national study. *Am J Clin Nutr* 2005; 82(2): 388–92.
- 62**  
Andersson M, Aeberli I, Wust N, et al. The Swiss iodized salt program provides adequate iodine for school children and pregnant women, but weaning infants not receiving iodine-containing complementary foods as well as their mothers are iodine deficient. *J Clin Endocrinol Metab* 2010; 95(12): 5217–24.
- 63**  
Andersson M, et al. Swiss iodine study manuscript in preparation. 2018.
- 64**  
Stalder U, Haldimann M. Brotmonitoring des BLV 2014, Salzgehalt in gewerblich hergestelltem Brot. Bern: BLV, 2015.
- 65**  
Pearce EN, Lazarus JH, Smyth PP, et al. Urine test strips as a source of iodine contamination. *Thyroid* 2009; 19(8): 919.
- 66**  
Haldimann M, Bochud M, Burnier M, Paccaud F, Dudler V. Prevalence of iodine inadequacy in Switzerland assessed by the estimated average requirement cut-point method in relation to the impact of iodized salt. *Public health nutrition* 2015; 18(8): 1333–42.
- 67**  
Schubach R, Wegmuller R, Berguerand C, Bui M, Herter-Aeberli I. Micronutrient status and intake in omnivores, vegetarians and vegans in Switzerland. *Eur J Nutr* 2017; 56(1): 283–93.
- 68**  
Dorey CM, Zimmermann MB. Reference values for spot urinary iodine concentrations in iodine-sufficient newborns using a new pad collection method. *Thyroid* 2008; 18(3): 347–52.
- 69**  
Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. Washington DC: National Academy Press, 2001.
- 70**  
Federal Commission for Nutrition. Iodine supply in Switzerland: Current status and recommendations. Edtion ed. Expert report of the Federal Commission for Nutrition. Zurich: Federal Office of Public Health, 2013.
- 71**  
Chappuis A, Bochud M, Glatz N, Vuistiner P, Paccaud F, Burnier M. Swiss survey on salt intake: main results. Lausanne: Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV), Lausanne, Suisse, 2011.
- 72**  
Brown IJ, Tzoulaki I, Candeias V, Elliott P. Salt intakes around the world: implications for public health. *Int J Epidemiol* 2009; 38(3): 791–813.
- 73**  
The EUthyroid Consortium. The Krakow declaration on iodine. Tasks and responsibilities for prevention programs targeting iodine deficiency disorders. 2018. Internet: <https://www.iodinedeclaration.eu/> (accessed Date Accessed).
- 74**  
World Health Organization. Salt reduction and iodine fortification strategies in public health: Report of a joint technical meeting. Geneva: World Health Organization, 2014: 1–36.
- 75**  
Webster J, Land MA, Christoforou A, et al. Reducing dietary salt intake and preventing iodine deficiency: towards a common public health agenda. *Med J Aust* 2014; 201(9): 507–8.

**76**

van der Reijden OL, Zimmermann MB, Galetti V. Iodine in dairy milk: Sources, concentrations and importance to human health. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 2017; 31(4): 385–95.

**77**

van der Reijden OL, Galetti V, Hulmann M, et al. The main determinants of iodine in cows' milk in Switzerland are farm type, season and teat dipping. *Br J Nutr* 2018; 119(5): 559–69.

**78**

Laurberg P, Cerqueira C, Ovesen L, et al. Iodine intake as a determinant of thyroid disorders in populations. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 2010; 24(1): 13–27.

**79**

Zoeller RT. Transplacental thyroxine and fetal brain development. *J Clin Invest* 2003; 111(7): 954–7.

**80**

Dosiou C, Medici M. MANAGEMENT OF ENDOCRINE DISEASE: Isolated maternal hypothyroxinemia during pregnancy: knowns and unknowns. *Eur J Endocrinol* 2017; 176(1): R21–R38.

**81**

Furnica RM, Lazarus JH, Gruson D, Daumerie C. Update on a new controversy in endocrinology: isolated maternal hypothyroxinemia. *J Endocrinol Invest* 2015; 38(2): 117–23.

**82**

Henrichs J, Ghassabian A, Peeters RP, Tiemeier H. Maternal hypothyroxinemia and effects on cognitive functioning in childhood: how and why? *Clin Endocrinol (Oxf)* 2013; 79(2): 152–62.

**83**

Andersen SL, Andersen S, Liew Z, Vestergaard P, Olsen J. Maternal Thyroid Function in Early Pregnancy and Neuropsychological Performance of the Child at 5 Years of Age. *J Clin Endocrinol Metab* 2018; 103(2): 660–70.

**84**

Lazarus JH, Bestwick JP, Channon S, et al. Antenatal thyroid screening and childhood cognitive function. *N Engl J Med* 2012; 366(6): 493–501.

**85**

Casey BM, Thom EA, Peaceman AM, et al. Treatment of Subclinical Hypothyroidism or Hypothyroxinemia in Pregnancy. *N Engl J Med* 2017; 376(9): 815–25.

**86**

Nazeri P, Kabir A, Dalili H, Mirmiran P, Azizi F. Breast-Milk Iodine Concentrations and Iodine Levels of Infants According to the Iodine Status of the Country of Residence: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Thyroid* 2018; 28(1): 124–38.

**87**

Delange F. Screening for congenital hypothyroidism used as an indicator of the degree of iodine deficiency and of its control. *Thyroid* 1998; 8(12): 1185–92.

**88**

Segni M. Disorders of the thyroid gland in infancy, childhood and adolescence, in [www.thyroidmanager.org](http://www.thyroidmanager.org). Accessed on 21 Sept 2017. Edition ed. South Dartmouth, MA Endocrine Educations Inc, 2017.

**89**

Fewtrell M, Bronsky J, Campoy C, et al. Complementary feeding: A position paper by the European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition (ESPGHAN) Committee on Nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2017; 64(1): 119–32.

**90**

WHO, UNICEF. Joint Statement by the World Health Organization and the United Nations Children's Fund. Reaching optimal iodine nutrition in pregnant and lactating women and young children. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2007.

**91**

Becker DV, Braverman LE, Delange F, et al. Iodine supplementation for pregnancy and lactation—United States and Canada: recommendations of the American Thyroid Association. *Thyroid* 2006; 16(10): 949–51.

**92**

Stagnaro-Green A, Abalovich M, Alexander E, et al. Guidelines of the American Thyroid Association for the diagnosis and management of thyroid disease during pregnancy and postpartum. *Thyroid* 2011; 21(10): 1081–125.

**93**

Obican SG, Jahnke GD, Soldin OP, Scialli AR. Teratology public affairs committee position paper: Iodine deficiency in pregnancy. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol* 2012; 94(9): 677–82.

**94**

National Health and Medical Research Council (NHMRC). Iodine supplementation for pregnant and breastfeeding women. Edition ed. NHMRC Public Statement, January 2010 Available at: [http://www.nhmrc.gov.au/\\_files\\_nhmrc/file/publications/synopses/new45\\_statementpdf](http://www.nhmrc.gov.au/_files_nhmrc/file/publications/synopses/new45_statementpdf) (Accessed 10 August 2012), 2010.

**95**

Lazarus J, Brown RS, Daumerie C, Hubalewska-Dydejczyk A, Negro R, Vaidya B. 2014 European thyroid association guidelines for the management of subclinical hypothyroidism in pregnancy and in children. *Eur Thyroid J* 2014; 3(2): 76–94.

**96**

Alexander EK, Pearce EN, Brent GA, et al. 2017 Guidelines of the American Thyroid Association for the Diagnosis and Management of Thyroid Disease During Pregnancy and the Postpartum. *Thyroid* 2017; 27(3): 315–89.

**97**

Zoeller RT, Rovet J. Timing of thyroid hormone action in the developing brain: clinical observations and experimental findings. *J Neuroendocrinol* 2004; 16(10): 809–18.

**98**

Lee SY, Stagnaro-Green A, MacKay D, Wong AW, Pearce EN. Iodine Contents in Prenatal Vitamins in the United States. *Thyroid* 2017; 27(8): 1101–2.

**99**

Leung AM, Braverman LE 2014 Consequences of excess iodine. *Nat Rev Endocrinol* 10: 136–142.

**100**

Katagiri R, Yuan X, Kobayashi S, Sasaki S 2017 Effect of excess iodine intake on thyroid diseases in different populations: A systematic review and meta-analyses including observational studies. *PLoS One* 12: e0173722.

**101**

Farebrother F, Zimmermann MB, Abdallah F, Assey V, Fingerhut R, Gichohi-Wainaina WN, Hussein I, Makokha A, Sagno K, Untoro J, Watts M, Andersson M. The effect of excess iodine intake from iodized salt and/or groundwater iodine on thyroid function in non-pregnant and pregnant women, infants and children: a multicenter study in East Africa. *Thyroid*, Accepted June 2018.

**102**

Burgi H 2010 Iodine excess. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 24: 107–115.

Mentions légales

Bulletin nutritionnel suisse

Éditeur :

Office fédéral de  
la sécurité alimentaire et  
des affaires vétérinaires (OSAV)  
Schwarzenburgstrasse 155  
3003 Berne

Mise en page / illustrations:  
lesgraphistes.ch

DOI : 10.24444/blv-2018-0211