

République Tunisienne  
Ministère de la Santé



Enquête nationale sur la prévalence  
des troubles liés à la carence en iode  
chez les enfants scolarisés  
âgés de 6 à 12 ans en Tunisie

*Evaluation de la généralisation de l'iodation du sel entre 1996 - 2012*

**RAPPORT NATIONAL**

Janvier 2015



Enquête nationale sur la prévalence  
des troubles liés à la carence en iode  
chez les enfants scolarisés  
âgés de 6 à 12 ans en Tunisie

*Evaluation de la généralisation de l'iodation du sel entre 1996 - 2012*

**JALILA EL ATI**

Coordinatrice du Projet  
Laboratoire de Recherche SURVEN  
(SURVeillance et Epidémiologie Nutritionnelles en Tunisie)  
Institut National de Nutrition et de Technologie Alimentaire (INNTA)

**RADHOUENE DOGGUI & MOHAMED CHIHEB BEN RAYANA**

Laboratoire de Recherche SURVEN, INNTA

**MOUNIRA NABLI**

Direction des Soins de Santé de Base (DSSB), Ministère de la Santé

**LILIA LAHMAR**

Hôpital d'enfants de Tunis

**AKTHEM FOURATI**

Unicef, Bureau de Tunis

**AMIRA AFIFA MEDIMAGH**

Unicef, Bureau de Tunis

**PIERRE TRAISSAC**

IRD (Institut de Recherche pour le Développement)  
UMR NUTRIPASS, IRD-UM-SupAgro, Montpellier, France



*Ecole primaire à SIDI BOUZID*

Toute référence à ce document doit être strictement comme suit:

El Ati J, Doggui R, Ben Rayana MC, Nabli M, Lahmar L,  
Akthem F, Medimagh AA, Traissac P.

Enquête nationale sur la prévalence des troubles liés à la carence en iode  
chez les enfants scolarisés âgés de 6 à 12 ans en Tunisie:  
Evaluation de la généralisation de l'iodation du sel entre 1996 - 2012.  
INNTA/DSSB/UNICEF, Tunis, Ed 2015, 84p.

## Sommaire

Résumé Exécutif .....	vi
Executive summary .....	x
Liste des Tableaux et Figures .....	xiv
Principaux Sigles et Acronymes .....	xv
Abréviations .....	xvi
<b>INTRODUCTION &amp; OBJECTIFS DE L'ETUDE .....</b>	<b>1</b>
1 - Situation dans le Monde .....	4
2 - Situation en Tunisie .....	4
3 - Contexte de l'Etude .....	5
4 - Objectifs .....	7
<b>METHODOLOGIE .....</b>	<b>9</b>
I - Enquete sur le statut en iode des enfants d'âge scolaire .....	11
1 - Sujets choisis pour l'étude .....	11
2 - Echantillonnage .....	11
2.1. Choix et tirage de l'échantillon .....	11
2.2. Critères d'inclusion .....	12
3 - Mesures et données recueillies .....	12
3.1. Mesures anthropométriques .....	13
3.2. Collection des Urines .....	13
3.3. Examen de la thyroïde .....	15
3.4. Dosage de la thyroglobuline et des auto-anticorps anti-thyroglobuline circulants .....	16
3.5. Dosage des hormones thyroïdiennes .....	17
3.6. Niveau socio-économique des parents .....	17
3.7. Consommation alimentaire .....	18
4 - Ethique et Autorisation d'enquête .....	18
5 - Traitement Informatique et Analyses Statistiques .....	18
II - Enquete sur la qualite du sel iode commercialise .....	19
1 - Echantillonnage .....	19
1.1. Base de sondage .....	19
1.2. Taux de sondage .....	20
2 - Dosage de l'iode dans le Sel .....	20
3 - Analyse des données .....	20
<b>RESULTATS .....</b>	<b>21</b>
I - Enquete nationale sur le statut en iode des enfants scolarises de 6 -12 ans .....	23
1 - Contrôle Qualité de l'Iode Urinaire .....	23
2 - Statut en Iode à l'Echelle Nationale .....	24
2.1. Caractéristiques de la population de l'étude .....	24
2.2. Concentration de l'iode urinaire .....	26
2.3. Prévalence de la carence en iode .....	27
3 - Statut en Iode selon le Milieu d'habitation .....	28
3.1. Concentration de l'iode urinaire selon le milieu .....	28
3.2. Prévalence de la carence en iode selon le milieu .....	28

4 - Statut en Iode selon la Région .....	29
4.1. Concentration de l'Iode Urinaire selon la Région .....	29
4.2. Prévalence de la carence et de l'excès en Iode selon la région .....	29
4.3. Relations entre le statut en iode, l'état nutritionnel et les conditions socio-économiques et environnementales .....	30
5 - Conclusions .....	32
II - Enquete nationale sur la qualite de l'iodation du sel mis sur le marche tunisien .....	32
1 - Contrôle de l'iodation du sel au niveau des Producteurs .....	32
2 - Contrôle de l'iodation du sel au niveau des Grossistes .....	33
3 - Contrôle de l'iodation du sel au niveau des Détaillants .....	34
4 - Contrôle de l'iodation du sel au niveau des Consommateurs .....	35
4.1. Concentration de l'iodate de potassium dans le sel .....	35
4.2. Prevalence de l'adequation de l'iodation du sel .....	36
5 - Relations entre l'iodation du sel et le statut en iode des enfants .....	37
6 - Conclusions .....	38
III - Enquête sur l'impact de la carence ou de l'excès d'apports en iode sur le fonctionnement de la thyroïde .....	38
1 - Impact de la carence ou de l'excès d'apports en iode .....	38
1.1. Examen de la thyroïde .....	38
1.2. Dosage de la thyroglobuline et des auto-anticorps anti-thyroglobuline .....	39
1.3. Dosage de la thyroïdostimuline hormone et de la thyroxine .....	39
2 - Causes de la carence ou de l'excès d'apports en iode .....	39
2.1. Apports en énergie, macro- et micronutriments .....	39
2.2. Apports alimentaires en iode .....	40
2.3. Sources en iode alimentaire .....	40
<b>CONCLUSION GENERALE &amp; RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>43</b>
1 - Enquete sur le statut en iode des ecoliers .....	45
1.1. A l'echelle nationale .....	45
1.2. Selon le milieu .....	46
1.3. A l'echelle regionale .....	46
2. Enquete sur la qualite de l'iodation du sel en tunisie .....	46
2.1. Au niveau du producteur .....	46
2.2. Au niveau des grossistes .....	47
2.3. Au niveau des detaillants .....	47
2.4. Au niveau des ménages .....	47
3. Relations entre statut en sel des enfants et qualite de l'iodation du sel .....	47
4. Etat de fonctionnement de la thyroide chez les enfants carences ou ayant un exces d'iode .....	48
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>49</b>
<b>ANNEXE 1 .....</b>	<b>53</b>
<b>ANNEXE 2 .....</b>	<b>60</b>
<b>ANNEXE 3 .....</b>	<b>62</b>

## RÉSUMÉ EXÉCUTIF

### 1. INTRODUCTION

La Tunisie a lancé son programme national d'élimination des troubles dus à la carence en iode (TDCI), suite à différentes enquêtes nationales et régionales, réalisées aux années soixante-dix et quatre-vingt, qui ont révélé que la carence en iode est un problème de santé publique et que la région du Nord Ouest est une zone d'endémicité goitreuse. Le décret de septembre 1995 et l'arrêté d'avril 1996 ont fixé les caractéristiques du sel iodé, son mode de distribution ainsi que le processus de contrôle de qualité au niveau de toute la chaîne de distribution. Le taux d'iodate de potassium dans le sel était fixé entre 35 et 45 mg/kg (ou ppm) au niveau de la production, avec une tolérance admise au stade de la distribution de moins de 10 mg/kg.

Un comité technique multisectoriel de surveillance et de suivi des TDCI a été créé, présidé par le ministre de la santé publique. Un laboratoire d'analyse de l'iode dans les urines et de l'iode dans le sel a été identifié pour assurer le suivi de ce programme. Des indicateurs de suivi des progrès vers l'élimination durable des TDCI, comme problème de santé publique, ont été définis globalement et adoptés par la Tunisie, comme indicateurs de suivi de son programme.

Afin de compléter les données nécessaires au suivi du programme, une enquête nationale auprès des enfants d'âge scolaire de 6 à 12 ans et une autre le long de la chaîne de commercialisation du sel iodé, ont été réalisées.

L'objectif général était d'actualiser les données nationales en matière d'iodation du sel et d'évaluer l'impact du programme national de lutte contre les TDCI, depuis sa mise en œuvre en 1996. Les objectifs spécifiques consistaient à : i) évaluer la prévalence de la carence en iode chez les enfants de 6 à 12 ans, selon le sexe et à l'échelle nationale, régionale et selon le milieu ; ii) recenser le goitre clinique chez les enfants identifiés comme étant carencés ou en excès d'iode ; iii) rechercher les déterminants du statut en iode des enfants ; iv) vérifier la conformité de la concentration de l'iode dans le sel le long de la chaîne de commercialisation, allant des producteurs jusqu'aux consommateurs, en passant par les grossistes et les détaillants.

### 2. MÉTHODOLOGIE

Deux approches complémentaires ont été mises en œuvre pour réaliser cette étude : i) une enquête transversale sur un échantillon représentatif des enfants scolarisés de 6 à 12 ans pour évaluer le statut en iode. Sachant que la scolarisation en Tunisie est obligatoire à 6 ans et que le taux de scolarisation des enfants entre 6 et 11 ans est de 98,3 %, les résultats peuvent être extrapolés à l'ensemble des enfants âgés de 6 à 12 ans ; ii) un dosage de l'iode dans le sel à différents niveaux de la chaîne de commercialisation, i.e. producteurs, grossistes, détaillants et consommateurs.

Une exploration clinique, hormonale, biologique, alimentaire, socio-économique et environnementale a été réalisée chez les enfants identifiés carencés ou ayant un excès d'iode, afin de mieux évaluer les conséquences sur la santé du dysfonctionnement de l'apport en iode.

### 3. PRINCIPAUX RÉSULTATS

#### 3.1. Statut en iode des enfants scolarisés

- A l'échelle nationale

La médiane de la concentration de l'iode urinaire (CIU) était dans la fourchette de 200-299 µg/l pour les deux sexes, ce qui traduit des apports en iode légèrement supérieurs aux besoins, et

qui pourraient constituer un risque pour la santé, selon les recommandations des experts internationaux WHO/UNICEF/ICCIDD en 2007. Une révision des seuils de la CIU par un groupe d'experts UNICEF/ICCIDD en 2013, suggère que, dans les pays ayant mis en place un programme d'iodation du sel, le statut en iode des enfants de 6 à 12 ans est acceptable pour toute CIU entre 100-299 µg/l.

Seuls 11,4 % des écoliers (9,9 % des garçons et 13,1 % des filles) avaient une CIU < 100 µg/l. Cette prévalence est nettement inférieure au seuil épidémiologique de 50%, chiffre à partir duquel le diagnostic de problème de santé publique peut-être posé. L'objectif d'avoir < 50 % de la population ayant une CIU < 100 µg/l a été donc largement dépassé.

Une CIU < 50 µg/l n'affectait que 3,1 % des écoliers (2,6 % des garçons et 3,7 % des filles). Cette prévalence est considérée sur le plan épidémiologique, comme étant négligeable et bien loin du seuil critique de 20 % qui spécifie un problème de santé publique. L'objectif d'avoir < 20 % de la population ayant une CIU < 50 µg/l a été donc largement dépassé.

La carence iodée de type sévère (CIU < 20 µg/l) était presque inexistante aussi bien chez les filles que chez les garçons.

La distribution de la CIU a montré que 25,1 % des enfants avaient une CIU ≥ 300 µg/l et 4,2 % une CIU ≥ 500 µg/l. Des études épidémiologiques ont montré que les enfants ayant une CIU ≥ 500 µg/l étaient à risque élevé de dysfonctionnement thyroïdien.

- Selon le milieu urbain ou rural

La médiane de la CIU des deux sexes était similaire entre les deux milieux urbain et rural et dans la fourchette 100-299 µg/l.

La carence en iode (CIU < 100 µg/l) était répartie de façon égale entre le milieu urbain (11,5 %) et le milieu rural (10,4 %) et chez les deux sexes. L'excès d'iode (CIU ≥ 500 µg/l) a été retrouvé chez 4,8 % des enfants urbains et 2,9 % des ruraux.

- Selon les régions

La région du Nord Est présentait une médiane de la CIU entre 100-199 µg/l alors que la région du Sud Est était à risque de problèmes de dysfonctionnement thyroïdien (CIU ≥ 300 µg/l). Pour les autres régions, la médiane de la CIU était dans la fourchette 200-299 µg/l, considérée comme zone d'excès des apports par rapport aux besoins selon les recommandations de 2007, mais acceptable selon les recommandations actualisées de 2013.

La carence en iode la plus élevée a été observée dans le Nord Est (25,5 %) et la plus faible dans la région du Sud Ouest (4,3 %). Les régions du Grand Tunis (11,2 %), du Nord Ouest (8,4 %), du Centre Est (8,9 %), du Centre Ouest (9,7 %) et du Sud Est (7,5 %) avaient des prévalences intermédiaires.

La région du Sud Est présentait une prévalence de 12,5 % d'excès d'iode (CIU ≥ 500 µg/l) alors que la région du Nord Est présentait la prévalence la plus faible.

#### 3.2. Relations entre le statut en iode, l'état nutritionnel et les conditions socio-économiques et environnementales

Les enfants vivant dans la région du Nord Est étaient 3,4 fois plus à risque d'avoir des apports en iode insuffisants par rapport à leurs besoins, comparés aux enfants des autres régions.

Le fait d'habiter les régions du Sud semble fragiliser les enfants vis-à-vis de l'excès d'apports en iode. En effet, le risque d'être en excès d'iode était multiplié par 5,9 fois au Sud Est et par 3,6 fois au Sud Ouest. Les garçons semblent plus à risque d'excès d'iode que les filles.

Le statut en iode des enfants de 6 à 12 ans ne semble pas lié à l'âge, ni au statut socio-professionnel des parents.

Le sel était la principale source alimentaire d'iode (75 à 80% de l'ingéré en iode), d'où l'importance d'une bonne qualité d'iodation du sel alimentaire.

La consommation journalière de l'iode alimentaire était significativement plus élevée chez les enfants ayant un excès d'iode, comparée à celle des enfants présentant un déficit, et aussi par rapport aux apports recommandés.

### 3.3. Impact de la carence ou de l'excès en iode sur le fonctionnement thyroïdien

La prévalence du goitre était de 23,0% chez les carencés en iode (enfants ayant une CIU < 100 µg/l) et de 28,2 % chez les sur-dosés (enfants ayant une CIU ≥ 500 µg/l), soit 24,4 % pour l'ensemble des deux groupes d'enfants. Le goitre était réparti de façon similaire entre les filles et les garçons. Parmi les enfants carencés, 70,7% avaient un dysfonctionnement thyroïdien, révélé par une stimulation de la sécrétion de la thyroglobuline (Tg) et/ou par la présence d'anticorps anti-thyroglobuline (anti-Tg) circulants. Ce dysfonctionnement touchait 75,3% des enfants avec excès de la CIU et 72,0% de l'ensemble des deux groupes et il était réparti de la même manière entre les filles et les garçons.

Une concentration élevée de la thyroïdostimuline hormone circulante (TSH), associée à une concentration normale de la thyroxine libre circulante (FT4), révélatrice d'une hypothyroïdie infra-clinique, a été retrouvée chez 5,9 % de ces enfants et chez 9,5 % de ceux porteurs de goitre.

### 3.4. Qualité de l'iodation du sel alimentaire

#### • Au niveau du producteur

Un seul producteur a été contrôlé, la compagnie tunisienne des salines (COTUSAL), qui est le principal fournisseur du sel alimentaire en Tunisie couvrant presque 84% du marché local.

Les trois types de sel iodé de la marque COTUSAL, collectés en juillet 2012 et destinés aux consommateurs locaux, avaient une médiane d'iodate de potassium autour de 40 mg/kg au niveau de la production, ce qui est dans la fourchette recommandée par la législation tunisienne (35-45 mg/kg).

#### • Au niveau des grossistes

Deux marques ont été trouvées chez les détaillants, COTUSAL et SOTUSEL.

Pour la marque COTUSAL, 0,2 % des lots contrôlés étaient non iodés, 11,4 % faiblement iodés et uniquement 68,6 % correctement iodés (25-45 mg/kg). Un fait important à relever: 19,8 % des lots étaient sur-dosés avec un maximum pouvant atteindre 84 mg/kg.

Pour la marque SOTUSEL, aucun échantillon n'était dans la fourchette recommandée par la législation tunisienne : 17,9% des échantillons étaient non iodés et le reste contenaient des traces d'iode.

#### • Au niveau des détaillants

Les deux marques trouvées chez les grossistes ont été retrouvées chez les détaillants, à savoir COTUSAL et SOTUSEL.

A peu près, les mêmes concentrations trouvées dans les lots vendus par les grossistes ont été retrouvées dans les lots vendus par les détaillants, avec des maximums pouvant atteindre 128 mg/kg.

Du sel «El gargabia» vendu en vrac, a été retrouvé dans 3 marchés hebdomadaires du Sud et du Centre Ouest. Ce sel ne contenait pas d'iode.

#### • Au niveau des ménages

Quatre types de sel ont été retrouvés au niveau des ménages: COTUSAL, SOTUSEL, SOSASEL et «El gargabia».

La médiane de la concentration de l'iodate de potassium incorporé dans le sel de cuisine était de 37,4 mg/kg, donc dans la fourchette fixée par la législation tunisienne qui est de 25 à 45 mg/kg. Seuls 55,8 % des ménages consommaient du sel correctement iodé (25-45 mg/kg), taux bien inférieur à l'objectif du programme qui doit être > 90 %.

Parmi les ménages, 6,2 % consommaient du sel non iodé et 15,6 % consommaient du sel faiblement iodé (<25 mg/kg). 22,4% des ménages consommaient du sel sur-dosé en iode (concentration supérieure à 45 mg/kg).

Seuls 61,5% du sel fabriqué par COTUSAL et consommé par les ménages tunisiens étaient conformes.

Le quart du sel de la marque SOTUSEL était conforme.

Les concentrations maximales du sel en iode étaient de 166 mg/kg dans le Sud Ouest et 109 mg/kg dans le Sud Est.

Une relation positive a été retrouvée entre le sel fortement iodé et le statut excédentaire en iode chez les enfants.

## 4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La carence en iode n'est pas un problème de santé publique en Tunisie. Cependant, le tiers des enfants avaient des apports en iode supérieurs à leur besoins et 4,2 % étaient à haut risque de dysfonctionnement thyroïdien par excès d'iode.

La qualité d'iodation du sel n'est pas régulièrement conforme à la législation tunisienne chez le principal producteur et elle est médiocre chez les petits producteurs.

Non seulement du sel non iodé ou faiblement iodé est commercialisé et consommé, mais aussi, du sel fortement iodé. Ceci est d'autant plus défavorable que le sel constitue la principale source d'iode alimentaire (75 à 80 % de l'ingéré total par jour).

Un dysfonctionnement de l'activité thyroïdienne commence à apparaître chez les enfants consommant aussi bien du sel non iodé que du sel faiblement iodé ou du sel sur-iodé.

Au regard des résultats de cette enquête, une révision de la plateforme du programme national d'iodation du sel est souhaitable. En effet, un meilleur contrôle de la chaîne de production et de distribution du sel iodé est indispensable, et le monitoring régulier et continu de la CIU des enfants scolarisés est à réactiver. Cette action pourrait se faire dans le cadre de la mission d'une agence nationale de contrôle des produits alimentaires, qui centralisera toutes les actions de contrôle et de suivi, et qui sont actuellement éparpillées entre les ministères de la santé, du commerce, de l'agriculteur et de l'intérieur. Les organisations multilatérales comme l'UNICEF et l'OMS pourraient être impliquées dans ce programme, vu leur expertise dans le domaine.

Une telle agence est en cours de négociation entre les ministères impliqués.

## EXECUTIVE SUMMARY

### 1. INTRODUCTION

Tunisia has launched a national program for the elimination of iodine deficiency disorders (IDD), after several national and regional surveys conducted in the seventies and eighties. These studies revealed that iodine deficiency is a public health problem and the North West region is a goiter endemic area.

The decree of September 1995 and the decree of April 1996 fixed the characteristics of iodized salt, its mode of distribution and quality control processes at the level of the whole distribution chain. Potassium iodate content in the salt was set at between 35 and 45 mg/kg (ppm) at the producer level, with a tolerance decrease provided at the stage of distribution of 10 mg/kg.

A technical committee of IDD surveillance was established, chaired by the Minister of Public Health. An analysis laboratory (iodine in the urine and iodine in the salt) was identified to monitor this program. Monitoring indicators of progress towards sustainable elimination of IDD as a public health problem has been broadly defined and adopted by Tunisia, as its program monitoring indicators.

To update the data necessary to monitor the program, a national survey of school-age children from 6 to 12 years and another along the iodized salt supply chain, have been conducted in 2012.

The overall objective was to update national data on salt iodization and evaluate the impact of the national program against IDD.

The specific objectives were to: i) assess the prevalence of iodine deficiency in children from 6 to 12 years, by gender, national, regional and living area; ii) identify clinical goiter in children with deficiency or excess iodine; iii) investigate the determinants underlying the children iodine status; iv) check the conformity of the concentration of iodine in salt along the trade chain, i.e. from producers to consumers, through wholesalers and retailers.

### 2. METHODOLOGY

Two complementary approaches have been implemented for this study: i) a cross-sectional survey of a representative sample of schoolchildren aged from 6 to 12 years to evaluate the iodine nutritional status. As in Tunisia, school attendance is mandatory for 6 years and the school enrolment rate between 6 and 11 y was 98.3% in 2011, the obtained results could be extrapolated to all Tunisian school-age children; ii) a monitoring salt iodization at different levels of the trade chain of iodized salt, i.e. producers, wholesalers, retailers and consumers.

A clinical, hormonal, biological, socioeconomic, food intake and environmental assessment was performed in the identified deficient children or those having an excess of iodine to evaluate the health consequences of inadequate iodine intake.

### 3. RESULTS

#### 3.1. Iodine status of school-age children 6 -12 y

- **At the national level**

The median of urinary iodine concentration (UIC) was within the range of 200-299 mcg/L for both genders, reflecting slightly higher intakes of iodine requirements, and that could pose a health risk,

according to the recommendations of international experts WHO/UNICEF/ICCIDD in 2007 but as regard of the revised UIC thresholds by a group of experts UNICEF/ICCIDD in 2013, this range can be accepted in a country under salt iodization program.

The median UIC was significantly higher among boys than girls, but still within the acceptable range for both sexes.

Only 11.4% of school children (9.9% of boys and 13.1% girls) had iodine deficiency (UIC <100 mcg/L). This prevalence is significantly below the epidemic threshold of 50% from which public health problem is diagnosed. This also means that the goal of having less than 50% of the population with UIC <100 mcg/L was reached.

Only 3.1% of school age children (2.6% of boys and 3.7% girls) had UIC <50 mcg/L. This prevalence is considered epidemiologically as negligible and far from the critical threshold of 20% to evocate public health problem, i.e. that the objective of having less than 20% of the population with UIC <50 mcg/L has been achieved.

Severe iodine deficiency (UIC <20 mcg/L) was almost nonexistent among both sexes.

The distribution of UIC showed that 25.1% had an UIC ≥ 300 mcg/L and 4.2% had UIC ≥ 500 mcg/L. Studies have revealed that children with UIC equal or above 500 mcg/L were at high risk of hyperthyroidism.

- **At the urban or rural area level**

The median UIC for both genders was similar between the two areas, and within the range 100-299mcg/L.

Iodine deficiency (UIC <100 mcg/L) was similarly distributed between urban (11.5%) and rural areas (10.4%) and among both genders. Excess iodine (UIC ≥ 500 mcg/L) affected 4.8% of urban children and 2.9% of rural ones.

- **At the regional level**

The North East region had a median UIC between 100-199 mcg/L while the South-East region was at high risk of health (UIC ≥ 300 mcg/L). For the other regions, the median of UIC was within the range 200-299mcg/L, which can be accepted according to the updated recommendations of 2013.

The highest prevalence of iodine deficiency was observed in the North East region (25.5%) and the lowest prevalence was in the South West region (4.3%).

The Greater Tunis (11.2%), North West (8.4%), Centre East (8.9%), Centre West (9.7%) and South East (7.5%) had intermediate prevalence.

The South East region had the highest prevalence of excess iodine (12,5%), while the North East region had the lowest.

#### 3.2. Relations between iodine status and nutritional, socio-economic and environmental conditions

Children living in the North East region were 3.4 times more at risk of insufficient iodine intake, compared to children in other regions.

Inhabit the southern regions seems to be at high risk of excess iodine intake. Indeed, the risk of excess iodine was multiplied by 5.9 times in the South East and 3.6 times South West.

The boys seem to be more at risk of excess iodine than girls.

Age and socio-professional level of the parents were not related to iodine status of the school-age children. Salt was the main food source of iodine (75 to 80% of ingested iodine) hence the importance of good quality iodized table salt. Daily consumption of dietary iodine was significantly higher in children with an excess of iodine, compared to children with iodine deficit, and to recommended intakes.

### 3.3. Impact of the deficiency or excess iodine on thyroid function

Goiter prevalence was 23.0% in iodine deficient children UIC <100 mcg/L) and 28.2% in iodine excess UIC  $\geq$  500 mcg/L) and 24.4% for both groups. Prevalence was similar between the two genders.

Among deficient children, 70.7% had thyroid dysfunction, revealed by a stimulation of the secretion of thyroglobulin (Tg) and/or by the presence of anti-thyroglobulin (anti-Tg) circulating. This dysfunction affected 75.3% of children with excess of the UIC and 72.0% of all children and was distributed equally between girls and boys.

A subclinical hypothyroidism, revealed by a high concentration of circulating thyroid stimulating hormone (TSH), associated with a normal concentration of circulating free thyroxine (FT4), was found in 5.9% of these children and in 9.5% of goitrous children.

### 3.4. Salt iodization quality

#### • At the producer level

Only one producer, the Tunisian salt company (COTUSAL) was controlled. COTUSAL is the main producer by covering more than 84% of the salt consumed in Tunisia.

The three varieties of iodized salt produced by COTUSAL for local consumers had a median of potassium iodate around 40 mg/kg (minimum and maximum were respectively 35.9 mg/kg and 49.2 mg/kg), which is within the recommended range by Tunisian decree that enounced an iodation level between 35-45mg/kg at the production level.

Salt iodization was conforming to the legislation in the samples collected in July 2012.

#### • At the wholesaler level

Two brands were checked: COTUSAL and SOTUSEL. For COTUSAL, 0.2% of the controlled lots were non-iodized, 11.4% with low iodine content and only 65.8% were correctly iodized. It's important to note that 19.8% of controlled samples were excessively iodized.

For SOTUSEL, no sample was within the range recommended by Tunisian legislation, 17.9% of the samples were non-iodized and all the rest contained traces of iodine.

#### • At retail level

Both brands (COTUSAL and SOTUSEL) were found at retailers.

Approximately, the same concentrations in the lots sold by wholesalers were found in the lots sold by retailers, from the grocer to the hypermarket.

#### • At household level

The median of potassium iodate concentration in the salt was 37.4 mg/kg, therefore in the range set by the Tunisian legislation, which is 25 - 45 mg/kg.

Only 55.4% of households consuming adequately iodized salt.

Among households, 6.2% used non-iodized salt.

22.4% of households consumed overdosed salt.

Four types of salt were consumed by households: COTUSAL, SOTUSEL, SOSASEL and El Gargabia.

Only 61.5% of the salt produced by COTUSAL and consumed by Tunisian households was compliant.

Quarter of the salt produced by SOTUSEL was conformed.

## 4. RECOMMENDATIONS

Iodine deficiency is not a public health problem in Tunisia. However, one third of children had higher iodine intake compared to their needs, and 4.2% were at high risk for thyroid dysfunction by excess iodine.

Salt iodization quality is not regularly consistent with Tunisian law for the main producer and mediocre for the other producers.

Salt was not only weakly or non-iodized, but also highly iodized. This is all the more detrimental that salt is an important source of dietary iodine (75 to 80% of the total ingested daily).

Dysfunction of the thyroid activity begins to appear in children consuming non-iodized salt as well as high iodized salt.

Considering the results of this survey, a review of the platform of the national salt iodization program is recommended. A better control of the chain of production and distribution of iodized salt is essential, and regular and continuous monitoring of the UIC of school children have to be strengthened. This could be done as part of the mission of a national agency for food control, which will centralize all the actions of food control and monitoring, which are currently scattered between the ministries of health, trade, agriculture and interior.

UNICEF and WHO may be involved in the program, given their expertise in the field. Such an agency is being negotiated between the involved ministries.

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES TABLEAUX

Tableau I	Critères pour le suivi des progrès vers l'élimination durable des TDCI comme problème de santé publique	6
Tableau II	Critères épidémiologiques d'évaluation de l'iode nutritionnel en se basant sur la concentration médiane de l'iode urinaire des enfants d'âge scolaire	14
Tableau III	97th percentile du volume de la thyroïde (ml) mesuré par ultrason ajusté à l'âge, au sexe et à la surface corporelle pour les enfants d'âge scolaire	16
Tableau IV	Comparaison de la concentration de l'iode urinaire dosée chez les mêmes individus dans le laboratoire de l'INNTA et le laboratoire du CHU de Grenoble	27
Tableau V	Caractéristiques démographiques, anthropométriques et socioéconomiques	29
Tableau VI	Concentration de l'iode urinaire chez les enfants de 6-12 ans, selon le sexe	28
Tableau VII	Distribution de la concentration de l'iode urinaire chez les enfants de 6-12 ans, selon le sexe	31
Tableau VIII	Concentration de l'iode urinaire chez les enfants scolarisés de 6-12 ans selon le sexe et le milieu	32
Tableau IX	Dispersion de la concentration de l'iode urinaire chez les enfants scolarisés de 6-12 ans selon le sexe et le milieu	32
Tableau X	Relations entre la carence ou l'excès en iode et les caractéristiques démographiques, socio-économiques et nutritionnelles	35
Tableau XI	Concentration de l'iodate de potassium (mg/kg) dans le sel au niveau de la production	37
Tableau XII	Concentration de l'iodate de potassium (mg/kg) dans le sel chez les grossistes	38
Tableau XIII	Concentration de l'iodate de potassium (mg/kg) dans le sel chez les détaillants	39
Tableau XIV	Concentration de l'iodate de potassium (mg/kg) dans le sel chez les consommateurs à l'échelle nationale et des régions	40
Tableau XV	Concentration de l'iodate de potassium (mg/kg) dans le sel chez les consommateurs à l'échelle nationale et des régions	40
Tableau XVI	Relations entre la carence ou l'excès en iode et la qualité d'iodation du sel consommé par les ménages	42
Tableau XVII	Apports en énergie, macronutriments et iode	44

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES FIGURES

Figure 1	Situation géographique des écoles sélectionnées	11
Figure 2	Graphique de Bland & Altman pour comparer les moyennes des concentrations de l'iode urinaire obtenues dans le laboratoire de l'INNTA et le laboratoire du CHU de Grenoble à leurs différences	27
Figure 3	Diagramme de corrélation entre les concentrations de l'iode urinaire obtenues dans le laboratoire de l'INNTA et le laboratoire du CHU de Grenoble. La droite de linéarité en rouge montre une forte concordance positive	28
Figure 4	Distribution de la concentration de l'iode urinaire chez les enfants de 6-12 ans	30
Figure 5	Concentrations médianes de l'iode urinaire selon les régions	33
Figure 6	Prévalences de la carence et de l'excès en iode selon les régions	33
Figure 7	Schéma récapitulatif de la qualité de l'iodation du sel chez les grossistes	38
Figure 8	Schéma récapitulatif de la qualité de l'iodation du sel chez les détaillants	39
Figure 9	Adéquation de l'iodation du sel chez les consommateurs	41
Figure 10	Aliments contribuant pour 95 % dans l'ingéré moyen en iode	45

## ABREVIATIONS

Anti-Tg	Auto-anticorps anti-thyroglobuline
COTUSAL	Compagnie Générale des Salines de Tunisie
CV	Coefficient de variation
DHMPE	Direction de l'Hygiène du Milieu et la Protection de l'Environnement
DMSU	Direction de la Médecine Scolaire et Universitaire
DSSB	Direction des Soins de Santé de Base
EMRO	Eastern Middle Region Organization
ICCIDD	Conseil international pour la lutte contre les troubles dus à une carence en iode
INNTA	Institut National de Nutrition et de Technologie Alimentaire
CIU	Concentration de l'Iode Urinaire
NCHS	National Center for Health Statistics
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OR	Odds-Ratio
SOSASEL	Société Sahara Sel
SOSELKER	Société de Sel de Kerkennah
SOTUSEL	Société Tunisienne de Sel
TDCI	Troubles dus à une carence en iode
Tg	Thyroglobuline
TSH	Thyréostimuline hormone
FT4	Thyroxine libre
UNICEF	Fonds des Nations Unies pour l'Enfance
WHO	World Health Organization

## INTRODUCTION

## OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'iode est un nutriment essentiel car son apport est exclusivement exogène. Il est indispensable à la synthèse des hormones thyroïdiennes qui régulent de nombreux processus physiologiques, dont la croissance physiologique et neurologique.

Durant la grossesse, l'iode est essentiel pour le développement du fœtus, notamment au niveau du cerveau. Il est donc important pour la femme enceinte d'avoir suffisamment d'iode dans son alimentation pour assurer une croissance optimale à son fœtus.

Les apports journaliers recommandés [1, 2] sont de :

- 90 µg/j pour les enfants de 0-5 ans ;
- 120 µg/j pour les enfants de 6-12 ans ;
- 150 µg/j pour les adultes > 12 ans ;
- 250 µg/j pour les femmes enceintes et allaitantes.

La carence en iode apparaît quand les apports recommandés sont inférieurs aux besoins estimés. La carence résulte de la pauvreté des sols en iode, entraînant une faible concentration de cette substance dans les produits alimentaires et donc des apports insuffisants pour la population. Lorsque les normes ne sont pas atteintes, il arrive que la thyroïde ne soit plus en mesure de synthétiser l'hormone thyroïdienne en quantité suffisante.

En dehors des lésions cérébrales pour le fœtus, la carence en iode pendant la grossesse entraîne aussi des problèmes de petit poids à la naissance, de prématurité et une augmentation de la mortalité périnatale et infantile.

Le retard mental provoqué par les lésions cérébrales survenant pendant le développement du fœtus est la plus grave des conséquences de la carence en iode qui se manifeste, à l'origine, par une hypothyroïdie chez la mère. Il aboutit au crétinisme dans les cas extrêmes, mais il est plus courant sous des formes plus discrètes qui, pourtant, sont la cause de mauvais résultats scolaires, d'aptitudes mentales amoindries et d'une capacité limitée de travail. Dans les communautés carencées, on a pu observer que les individus avaient en moyenne un Quotient Intellectuel (QI) inférieur de 10 à 15 points par rapport à ceux où l'iode est abondant.

Les jeunes enfants sont particulièrement exposés car leur cerveau a encore besoin d'iode pour se développer au cours des deux premières années de vie. En effet, chez l'enfant, la carence en iode perturbe la croissance physique et cognitive et peut provoquer une hypothyroïdie.

La carence en iode constitue un problème de santé publique dans les populations où le taux médian de concentration d'iode dans l'urine est inférieur à 100 µg/l ou dans lesquelles 5 % ou plus des enfants d'âge scolaire de 6 à 12 ans ont le goitre [2]. Dans les zones où la carence en iode est sévère, le crétinisme peut toucher 5 à 15 % de la population et provoquer une baisse moyenne du quotient intellectuel de 13,5 points au sein de la population [3].

L'expression « troubles dus à une carence en iode » (TDCI) se rapporte à un large éventail de problèmes de santé liés à une carence en iode au sein d'une population donnée [4]. Au nombre de ces problèmes figurent le goitre, les mortinaissances, les retards de croissance, l'insuffisance thyroïdienne et les déficiences mentales (altérations neurocognitives). Les femmes enceintes et les jeunes enfants vivant dans les zones touchées par les TDCI sont particulièrement à risque.

## 1. SITUATION DANS LE MONDE

En 1990, l'Assemblée Mondiale de la Santé a adopté la résolution WHA43.2 qui entérinait l'objectif de l'élimination des TDCI en tant que problème de santé publique (5). En 1993, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le Fond des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF) et le Conseil international pour la lutte contre les troubles dus à une carence en iode (ICCIDD) ont recommandé l'iodation universelle du sel comme principale stratégie pour éliminer les TDCI (6). Le taux d'iodation recommandé est de 20-40 mg/kg ou parts par million (ppm) d'iode (7).

Selon les dernières estimations de l'OMS, 1,9 milliards de personnes sont déficients en iode, soit un tiers de la population mondiale, dont 285 millions d'enfants d'âge scolaire (8). La prévalence mondiale de la carence iodée chez les enfants d'âge scolaire est de 36,4 %. Le problème, qui peut prendre des formes plus graves dans les pays en développement existe autant dans les pays développés. En effet, la prévalence la plus faible est observée en Amérique (10,1 %) et la plus élevée en Europe (59,9%). C'est la raison pour laquelle les résolutions WHA58.24 et WHA60.21 sur l'élimination durable des TDCI, adoptées par l'Assemblée Mondiale de la Santé, respectivement en 2005 et 2007, ont invité les pays à constituer des coalitions nationales pluridisciplinaires afin de surveiller le bilan iodé tous les trois ans et de faire un rapport à l'Assemblée Mondiale de la Santé sur les progrès enregistrés.

## 2. SITUATION EN TUNISIE

Au début des années soixante dix, une enquête régionale sur 9334 sujets, âgés de 6 à 36 ans, originaires de la région du Nord Ouest (gouvernorats de Béja, Jendouba et Kef) et de la région de Tunis, a révélé que la fréquence du goitre simple était dix fois plus élevée dans le Nord Ouest qu'à Tunis, 36,0 % contre 3,6 % (9, 10).

L'enquête nationale de nutrition (11, 12), réalisée entre 1973 et 1975 sur 11000 personnes de tout-âge, a confirmé que la région du Nord Ouest (région II) était une zone d'endémicité goitreuse :

- La prévalence du goitre endémique était de 9,3% pour l'ensemble de la population de la région II, contre seulement 3,3% pour la région de Tunis Sud, Nabeul et Bizerte ou région I ;
- Des taux record de goitre de stades I et II étaient observés dans la région II chez les femmes en âge de procréer (23,0 %), les femmes allaitantes (25,9 %) et les femmes enceintes (14,3 %), contre respectivement 11,0 %, 12,0 % et 6,7 % dans la région I. La carence iodée dans la zone d'endémicité goitreuse, la région du Nord Ouest, a été officiellement reconnue en 1984, par l'obligation de la commercialisation exclusive du sel iodé pour les usages alimentaires dans les gouvernorats où sévit ce trouble. En effet, les ministères de l'Économie et de la Santé Publique ont adopté le 7 juin 1984 le décret n° 84-674 qui fixait les caractéristiques du sel iodé et de son emballage. Le taux d'iodate de potassium dans le sel était fixé entre 16,8 et 25,2 mg/kg ou ppm.

En 1993, une enquête chez 1675 élèves originaires du gouvernorat de Jendouba et 61 élèves de Bizerte, âgés de 8 à 10 ans, a révélé une prévalence du goitre de 36,2 % chez le premier groupe contre 3,3 % chez le deuxième. Le dosage de l'iode urinaire sur un sous-échantillon aléatoire de 221 élèves de Jendouba et sur l'ensemble des enfants de Bizerte, a montré une médiane inférieure au seuil recommandé pour presque l'ensemble des sujets des deux régions (13).

Entre 1993 et 1995, une enquête régionale, chez des adolescents et adultes de Ghardimaou, et des adultes de Tunis et Kerkennah, a montré l'existence d'une carence iodée chez les adolescents du Nord Ouest, chez les adultes porteurs d'un goitre endémique et chez les femmes enceintes, qu'ils

habitaient la région d'endémicité goitreuse ou non. De même, les taux d'iode retrouvé dans le sel en vente dans la région du Nord Ouest étaient inférieurs à ceux exigés par le décret de 1984 (14).

En 1995, une enquête nationale sur 1200 enfants de 8 à 11 ans recensait 7 cas de goitre dont 6 originaires de la région du Nord Ouest. La médiane du taux d'iode urinaire, dosé sur un cinquième de l'échantillon, était de 158 µg/l et 7% avaient une carence iodée modérée (15). Par ailleurs, des dosages successifs d'échantillons de sel obtenus auprès des vendeurs au détail, ont retrouvé des taux d'iodate de potassium variables entre 3 et 12 mg/kg de sel, correspondant à une iodation très insuffisante. Devant ces constatations, de nouvelles mesures d'intervention ont été prises par le décret n° 95-1633 du 04 septembre 1995 et l'arrêté du 08 avril 1996 :

- Renforcement de la concentration de l'iodate de potassium dans le sel au stade de la production, à raison de 35-45 mg/kg, avec une tolérance admise au stade de la distribution de moins de 10 mg/kg ; la teneur en eau dans le sel ne dépassant pas 1,5% ;
- Généralisation du sel iodé à l'ensemble du pays ;
- Surveillance de la qualité du sel iodé au niveau de toute la chaîne de distribution ;
- Contrôle de l'iode urinaire chez les enfants scolarisés.

En 1996-97, l'enquête nationale de nutrition (16) a révélé que parmi les enfants de 6 à 9 ans, seulement 0,3% étaient porteurs de goitre de stade I. Dans la région du Nord Ouest, 27,% des enfants avaient un taux d'iode urinaire inférieur au seuil limite de 100 µg/l. La carence iodée était plus fréquente en milieu rural qu'en milieu urbain.

En 2000, 97 % des ménages consommaient du sel adéquatement iodé, mais certaines disparités étaient observées entre les régions. Dans la région Sud Est, 78 % seulement des ménages consommaient du sel adéquatement iodé et par conséquent, un contrôle de l'iodation chez le fabricant a été recommandé dans cette région (17). Suite à ces résultats, la Tunisie a été déclarée indemne des TDCI par le WHO/EMRO en 2000.

En 2005, un comité technique de surveillance des TDCI a été créé par arrêté du 07 juin 2005, ayant comme président, le Ministre de la Santé Publique et comme coordinateur, le Directeur de la Direction des Soins de Santé de Base (DSSB). Les membres de ce comité sont les représentants des ministères du Commerce, de la Santé Publique et de l'Éducation, de l'Institut National de Nutrition et de Technologie Alimentaire (INNTA), de la Direction de la Médecine Scolaire et Universitaire (DMSU), la Direction de l'Hygiène du Milieu et la Protection de l'Environnement (DHMPE), la Faculté de Médecine, un radiologue, un endocrinologue, un nutritionniste, les médias, les producteurs du sel, l'organisation de défense du consommateur et l'UNICEF.

## 3. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Le programme national de lutte contre les TDCI, mis en place depuis 1995/96 œuvre pour le contrôle et la surveillance de ces troubles, à travers l'évaluation régulière du statut iodé de la population tunisienne et de l'impact de la carence iodée sur la santé, et ce à travers les enquêtes nationales et un système de contrôle périodique.

Des indicateurs de suivi des progrès vers l'élimination durable des TDCI, comme problème de santé publique, ont été définis globalement (6) et adoptés par la Tunisie comme indicateurs de suivi de son programme (tableau I) :

**Tableau I : Critères pour le suivi des progrès vers l'élimination durable des TDCI comme problème de santé publique (6)**

CRITÈRES		OBJECTIF
<b>COUVERTURE DU SEL IODÉ</b> Proportion des ménages qui consomment du sel correctement iodé		> 90 %
<b>IODE URINAIRE</b> Proportion de la population ayant une concentration de l'iode urinaire < 100 µg/l Proportion de la population ayant une concentration de l'iode urinaire < 50 µg/l		< 50 % < 20 %
<b>Indicateurs programmatiques</b>		<b>Au moins 8 atteints</b>
1	Existence d'un organisme national multidisciplinaire efficace et fonctionnel relevant du gouvernement pour le programme national d'élimination des troubles dus à la carence en iode, avec un président nommé par le ministère de la santé	
2	Existence de preuves d'un engagement politique en faveur de l'iodation universelle du sel et de l'élimination des troubles dus à la carence en iode	
3	Nomination d'un directeur général en charge du programme d'élimination des troubles dus à la carence en iode	
4	Législation ou réglementation sur l'iodation universelle du sel (dans l'idéal, la réglementation devrait s'appliquer à la fois au sel destiné à la consommation humaine et au sel utilisé dans l'agriculture)	
5	Engagement vis-à-vis de l'évaluation et de la réévaluation des progrès réalisés sur la voie de l'élimination des troubles dus à la carence en iode, avec accès à des laboratoires capables de fournir des données exactes sur les taux d'iode urinaire et sur la teneur du sel en iode	
6	Programme d'éducation du public et de mobilisation sociale sur l'importance des troubles dus à la carence en iode et de la consommation de sel iodé	
7	Surveillance régulière de la teneur du sel en iode sur les sites de production, dans les commerces de détail et dans les ménages	
8	Surveillance régulière des taux d'iode urinaire chez les enfants d'âge scolaire, avec échantillonnage approprié dans les régions à haut risque	
9	Coopération de l'industrie du sel pour le maintien des contrôles de qualité	
10	Système d'enregistrement des résultats des procédures de surveillance régulière, en particulier pour la teneur du sel en iode, les taux d'iode urinaire et, si possible, les taux de thyroïdostimuline chez le nouveau-né, avec notification obligatoire aux services publics compétents	

Afin de compléter les données nécessaires au suivi du programme, une enquête nationale auprès des enfants d'âge scolaire 6 à 12 ans et une autre le long de la chaîne de commercialisation du sel iodé, ont été réalisées.

Le commanditaire est le ministère de la Santé (DSSB et INNTA), l'UNICEF a appuyé la réalisation de cette enquête ainsi que la diffusion de ses résultats. Un comité de pilotage, incluant les trois partenaires et les représentants de la DMSU et de l'OMS était chargé du suivi de l'enquête de terrain, de la coordination et de la validation des données obtenues.

#### 4. OBJECTIFS

L'objectif général visé était d'actualiser les données nationales en matière d'iodation du sel et d'évaluer l'impact du programme national.

Les objectifs spécifiques consistaient à :

- Évaluer la prévalence de la carence en iode chez les enfants de 6 à 12 ans, à l'échelle nationale, régionale et par milieu ;
- Recenser le goitre clinique chez les enfants identifiés comme étant carencés ou en excès d'iode ;
- Vérifier la conformité de la concentration de l'iode dans le sel le long de la chaîne de commercialisation, allant des producteurs jusqu'aux consommateurs, en passant par les grossistes et les détaillants, sachant que le sel iodé peut subir une perte de son iode qui peut atteindre 20 % lors de son passage de la production à la consommation [18].

Deux enquêtes complémentaires ont été mises en œuvre :

- Enquête transversale sur un échantillon représentatif des enfants scolarisés pour évaluer le statut en iode ;
- Une enquête nationale transversale pour évaluer l'iodation du sel à différents niveaux de la chaîne de commercialisation : les producteurs du sel iodé, les grossistes, les détaillants et les consommateurs.

#### LA STRUCTURE DE CE RAPPORT SUIT CINQ PARTIES

- La première partie présente la méthodologie suivie.
- La deuxième partie décrit les résultats obtenus auprès des élèves.
- La troisième partie rapporte les résultats du contrôle du sel iodé produit et commercialisé.
- La quatrième partie décrit l'état de fonctionnement de la thyroïde des enfants identifiés carencés ou en excès d'iode.
- La cinquième partie fait la synthèse des résultats et présente les recommandations élaborées à la lumière des résultats.

## METHODOLOGIE

# I - ENQUÊTE SUR LE STATUT EN IODE DES ENFANTS D'ÂGE SCOLAIRE

## 1. SUJETS CHOISIS POUR L'ÉTUDE

Pour concrétiser les objectifs de cette étude, une enquête nationale transversale, à passage unique, a été réalisée auprès des enfants âgés de 6 à 12 ans. Etant donné que, d'une part, la scolarisation des enfants est obligatoire à l'âge de 6 ans, et d'autre part, le taux de scolarisation pour la tranche d'âge 6-11 ans est élevé (98,3 % pour l'année scolaire 2010-2011) [19], nous avons choisi de réaliser l'enquête auprès des élèves du premier cycle de l'enseignement de base.

## 2. ÉCHANTILLONNAGE

Le tirage de l'échantillon et le plan de sondage ont été réalisés par l'Institut National de la Statistique.

### 2.1. CHOIX ET TIRAGE DE L'ÉCHANTILLON

Un échantillonnage stratifié à deux degrés a été utilisé pour sélectionner l'échantillon. Les 24 gouvernorats du pays ont été stratifiés selon le milieu d'habitation, urbain et rural, afin d'explorer les éventuelles différences liées à la résidence d'habitat.

- Au premier degré, 52 écoles primaires ont été sélectionnées selon un tirage systématique, 3 écoles par gouvernorat dans la zone d'endémicité et 2 écoles à partir de chacune des autres gouvernorats (figure 1). Ces écoles étaient réparties selon le milieu urbain et rural. La base du sondage a été la liste des écoles étatiques et privées de premier cycle de l'enseignement primaire, établie en 2012 et fournie par le ministère de l'éducation.
- Au second degré, dans chaque école, le tirage systématique de 30 élèves, stratifiés selon l'âge et le sexe a été effectué. Les élèves étaient repartis sur deux listes (filles/garçons), classées selon un ordre croissant d'âge. Au niveau de chaque liste, 15 élèves, âgés de 6 à 12 ans, ont été tirés selon un tirage systématique. Le pas de tirage (P) dans chaque liste était calculé de la manière suivante :  **$P = \text{Partie entière} (\text{nombre des élèves de la liste} / 15)$**

Deux listes appariées par âge et sexe ont été tirées au sort de chaque strate : une liste principale et une liste de remplacement, qui a été utilisée dans le cas où un des élèves sélectionnés dans la liste principale était indisponible le jour de l'enquête. Un échantillon total de 1560 (780 filles et 780 garçons) élèves a été donc sélectionné. Une fois la collecte des données sur le terrain terminée, des coefficients d'extrapolation à la population générale des enfants de 6 à 12 ans, qui tiennent compte du plan de sondage, ont été calculés.

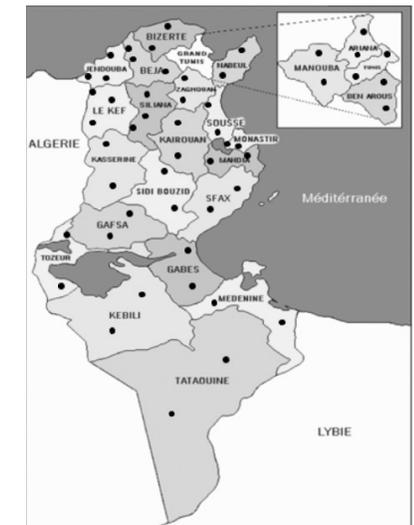


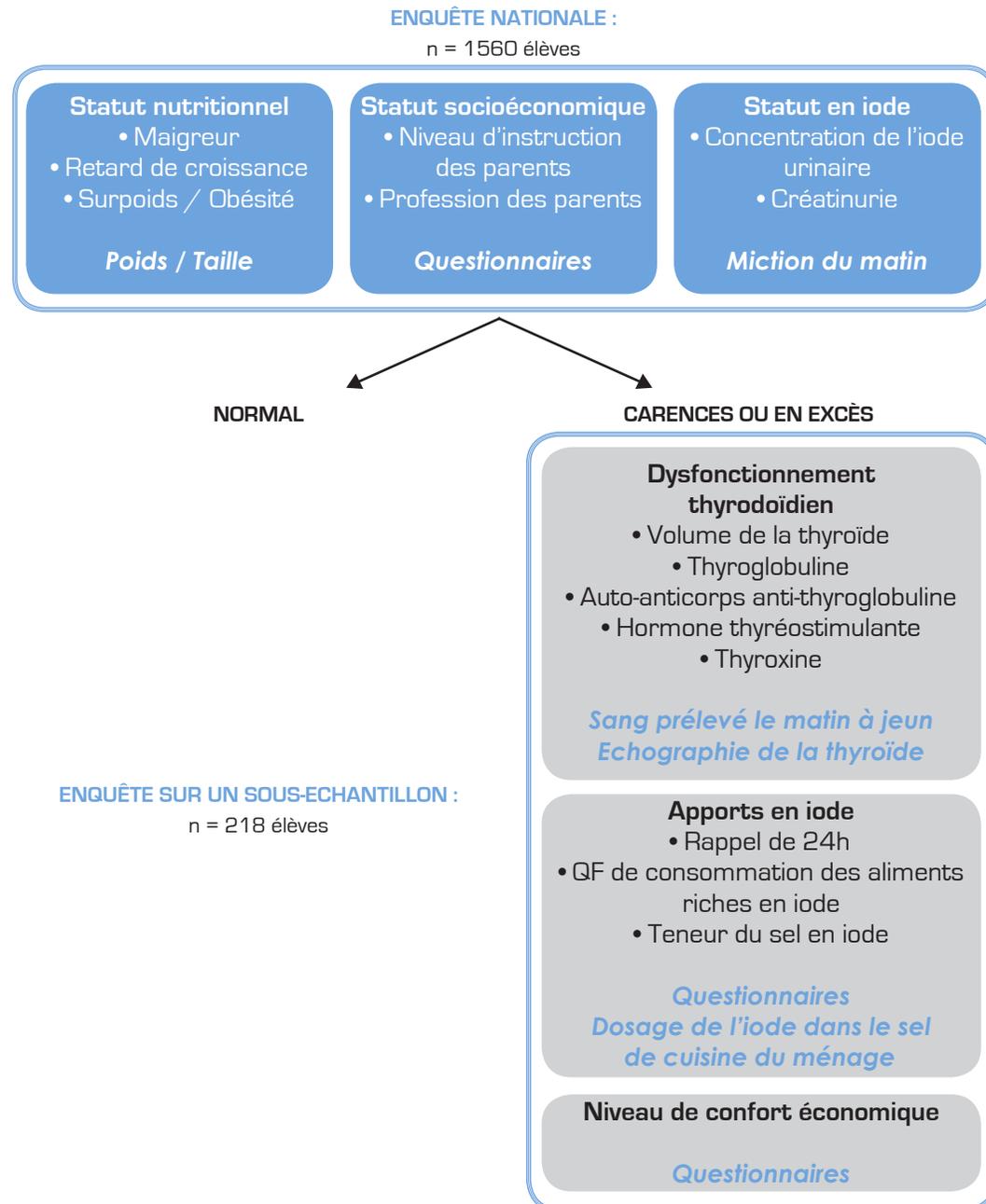
Figure 1 : Situation géographique des écoles sélectionnées

## 2.2. CRITÈRES D'INCLUSION

- Etre un enfant scolarisé.
- Age entre 6 et 12 ans.
- Avoir consenti à faire partie de l'enquête nationale sur le statut en iode des enfants tunisiens.

## 3. MESURES ET DONNÉES RECUEILLIES

L'organigramme suivant est une vue synoptique du protocole d'exploration.



## 3.1. MESURES ANTHROPOMETRIQUES

L'anthropométrie est utilisée pour évaluer l'état nutritionnel des enfants. Toutes les mesures ont été réalisées conformément aux méthodes recommandées par l'OMS (20). La taille a été mesurée à 0,1 cm près à l'aide d'une toise fixée sur une planche verticale et comportant un ruban métrique gradué au mm près et un curseur horizontal mobile (person-chek®, Réf 44 444, Germany). L'enfant à mesurer est pieds nus, légèrement vêtu. Le poids a été déterminé par une balance électronique (Seca 770, Allemagne) à 0,1 kg près.

L'indice de masse corporelle (IMC [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ] = poids [kg]/taille[m]<sup>2</sup>) a été utilisé pour évaluer l'état nutritionnel des enfants de 6 à 12 ans. Son interprétation dépend de l'âge et du sexe. Pour cela, il est exprimé sous forme d'un nombre d'écart-types ou z-scores au-dessous ou au-dessus de la médiane de la population de référence par âge et sexe, définie à partir d'une étude multicentrique sur un échantillon d'enfants, issu de six pays (États-Unis, Brésil, Norvège, Ghana, Oman et Asie) et recommandée par l'OMS (21).

Les seuils retenus étaient :

- IMC < -3 z-scores (maigreur sévère) ;
- IMC < -2 z-scores (maigreur) ;
- IMC > +1 z-score (surpoids) ;
- IMC > +2 z-scores (obésité).

L'indice taille-âge a été calculé en référence au standard international de croissance, recommandé par l'OMS (22) et exprimé en nombre de z-scores, par rapport à la médiane de la population de référence, par âge et sexe. Le retard de croissance a été établi au seuil de < -2 z-scores à partir de cet indice.

## 3.2. COLLECTION DES URINES

L'iode urinaire est fortement sensible aux variations des apports en iode à court terme (4 ou 5 heures précédant le prélèvement), mais à l'échelle de la population, ces variations sont atténuées et il est considéré comme le principal indicateur du statut en iode à l'échelle de la population (23). Les urines collectées ne nécessitent aucun traitement spécial, ni réfrigération, ni ajout de conservateur, ni dosage immédiat. Ils peuvent être conservés dans le laboratoire pour des mois sans dommage, de préférence dans un réfrigérateur pour éviter les mauvaises odeurs.

Les échantillons d'urine collectés le matin, auprès des écoliers ont été placés dans des flacons à urine secs, étanches et stériles. Les flacons d'urine collectés ont été acheminés chaque jour vers le laboratoire de Biologie Clinique de l'INNTA où une technicienne les a réceptionnés. De chaque flacon, deux aliquotes d'urine étaient placées dans des tubes Eppendorf, codées et conservées à -20 °C en attendant le dosage de l'iode.

### 3.2.1. Dosage de l'iode urinaire

Il a été réalisé selon la réaction colorimétrique de Sandell-Kolthoff modifiée (24). La technique débute par une étape de digestion par le persulfate d'ammonium pour libérer l'iode intégré dans des composés organiques. Dans la réaction mise en jeu au cours du dosage, l'iode joue le rôle de catalyseur dans la réduction du sulfate cérique ammoniacal de la forme cérique (jaune) à la forme céreux (incolore). La vitesse de disparition est d'autant plus grande que l'échantillon est riche en iode. L'absorbance est mesurée à 420 nm à 30 minutes du début de la réaction et elle est ensuite convertit en concentration massique au moyen d'une courbe d'étalonnage préétabli.

Les réactifs employés pour la réalisation du dosage étaient :

- Ammonium persulfate (H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>S<sub>2</sub>) ;
- Trioxide d'arsénique (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ;
- Chlorure de sodium (NaCl) ;
- Acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ;
- Soude ou hydroxyde de sodium (NaOH) ;
- Persulfate d'ammonium cérique [Ce(NH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O] ;
- Eau désionisée (H<sub>2</sub>O) ;
- Iodate de potassium (KIO<sub>3</sub>) Sigma Aldrich Lot 62610.

Des échantillons de contrôle urinaire ont été employés en tant que contrôle de qualité interne pour s'assurer de la qualité des analyses. Le contrôle urinaire utilisé était «Seronorm Trace Element Urine» (L-2, lot 1011645 ; référence : 210705) de la firme SERO (intervalle de référence 260- 348 µg/l). A partir des échantillons de contrôle de qualité dosés, nous avons pu estimer la reproductibilité de la technique. Le Coefficient de variation était de 7,1 %, donc jugé satisfaisant (< 10 %). La sensibilité de la technique a été estimée à 17,7 µg/l.

#### • Interprétation

Etant donné que la distribution de la variable concentration de l'iode urinaire (CIU) n'est pas normale, la valeur médiane est l'indicateur le plus utilisé à l'échelle de la population. La carence en iode, à l'échelle de la population, est définie selon les seuils proposés par l'OMS (2, 7, 25), basés sur la médiane de la CIU (tableau II).

**Tableau II :** Critères épidémiologiques d'évaluation de l'iode nutritionnel en se basant sur la concentration médiane de l'iode urinaire des enfants d'âge scolaire

Concentration médiane de l'iode urinaire (µg/l)	Apport en iode	Statut en iode de la population
< 20	Insuffisant	Carence sévère
20 - 49	Insuffisant	Carence modérée
50 - 99	Insuffisant	Carence légère
100 - 199	Adéquat	Adéquat
200 - 299	Supérieur au besoin	Pourrait constituer un risque sur la santé
≥ 300	Excessif	Risque pour la santé (hyperthyroïdie par excès d'iode, pathologie thyroïdienne auto-immune)

#### • Contrôle qualité

Nous avons procédé à un contrôle qualité de nos données de dosage de la CIU auprès d'un laboratoire international accrédité pour ce dosage. Pour ceci, un sous-échantillon aléatoire et en aveugle de 10 % de l'échantillon initial (154 cas) a été sélectionné et envoyé au Laboratoire de Biochimie, Toxicologie et Pharmacologie de l'Institut de Biologie et Pathologie au CHU de Grenoble, en France. La méthode de dosage utilisée par ce laboratoire est «ICP-MS» ou Inducting Coupled Plasma Mass Spectroscopy. Différents tests statistiques ont été effectués pour évaluer la validité des données [cf chapitre «Traitement informatique et analyses statistiques», page 18].

### 3.2.2. Dosage de la créatinurie

Le dosage de la créatinine urinaire a été réalisé sur Beckman DX600 en utilisant la méthode de Jaffé modifiée [Référence A40920] (26-28). En présence de l'acide picrique et en milieu alcalin, la créatinine se transforme en créatine-picrate (complexe coloré rouge). La variation de la coloration est mesurée à 520 nm. Le réactif employé pour le dosage est le CR-S2 lot T404018.

#### • Interprétation

La créatinurie permet d'ajuster la CIU en fonction du volume hydrique corporel. La CIU moyenne a été rapportée à celle de la créatinine urinaire (µg d'iode par g de créatinine). Si ce rapport est en dessous de 50 µg/g, on considère qu'il y a un problème de TDCI dans la population; en dessous de 20 µg/g, le problème est grave, entre 50 et 100 µg/g, le statut en iode est adéquat (29).

### 3.3. EXAMEN DE LA THYROÏDE

La taille de la thyroïde varie inversement avec les modifications de l'apport en iode. Cette variation peut prendre des mois sinon des années, en fonction de plusieurs facteurs comme la durée et la sévérité de la déficience d'apport en iode, l'âge, le sexe, le type et l'efficacité de la supplémentation en iode, plusieurs facteurs goitrigènes. Le terme de goitre désigne l'augmentation du volume de la glande thyroïdienne par excès ou par déficit du fonctionnement de la thyroïde.

L'ultrason, technique précise, non invasive, rapide (2-3 minutes par personne), faisable car l'échographe est transportable, est la méthode de choix pour mesurer l'impact de l'iodation du sel à long terme sur la population, spécialement dans les régions où la prévalence de la carence en iode est faible à modérée (30), comme c'est le cas de la Tunisie.

#### • Technique de mesure

Chaque enfant a subi une échographie de la thyroïde en utilisant l'échographe portable à ultrasons (SonoSite M-Turbo, Washington, United States). La sonde utilisée est une sonde linéaire de 7,5 MHz. Les sujets étaient dans une position allongée, ayant le cou en extension maximale. La profondeur et la largeur de chaque lobe ont été mesurées sur une coupe axiale. La longueur, de chaque lobe, a été mesurée sur une coupe longitudinale.

#### • Interprétation

Le volume de la thyroïde a été calculé en utilisant la formule de Brunn et al (31) qui somme le volume des deux lobes (32, 33):

Volume de la thyroïde (ml) = profondeur (cm) X largeur (cm) X longueur (cm) X 0,479

Les mesures obtenues ont été comparées aux valeurs seuils recommandées (34) (tableau III). Tous les enfants ayant des tailles de la thyroïde supérieures au 97th du percentile du volume de référence, sont considérés comme étant goitreux.

**Tableau III** : 97<sup>th</sup> percentile du volume de la thyroïde (ml) mesuré par ultrason ajusté à l'âge et au sexe pour les enfants d'âge scolaire

Age (ans)	Garçons 97 <sup>th</sup> (ml)	Filles 97 <sup>th</sup> (ml)
6	2,91	2,84
7	3,29	3,26
8	3,71	3,76
9	4,19	4,32
10	4,73	4,98
11	5,34	5,73
12	6,03	6,59

### 3.4. DOSAGE DE LA THYROGLOBINE ET DES AUTO-ANTICORPS ANTI-THYROGLOBINE CIRCULANTS

La thyroglobuline (Tg) est une glycoprotéine sécrétée par les cellules thyroïdiennes, présente en très faible quantité dans le sérum et stockée au niveau du colloïde thyroïdien. Sa concentration peut s'élever dans toutes les pathologies thyroïdiennes [35]. Sous l'effet de facteurs stimulants comme l'hormone thyroïdienne (TSH), une hyperplasie se met en place favorisant le passage de la Tg vers la circulation sanguine [36]. Sur le plan épidémiologique, la Tg est recommandée pour l'évaluation du statut iodé chez les enfants scolarisés, âgés de 5 à 14 ans [37-40].

Il s'agit d'un marqueur très sensible pour évaluer l'adéquation du régime iodé sur une longue période [41]. Le dosage de la Tg est sujet d'interférences spécifiques, dont les auto-anticorps anti-thyroglobuline (anti-Tg), qui normalement, sont absents du sérum. Le National Academy of Clinical Biochemistry recommande de coupler le dosage de la Tg à celui des anti-Tg pour discerner les valeurs de Tg inférieures à la limite de détection, alors que les anti-Tg sont positifs [42].

#### • Techniques du dosage

Le dosage plasmatique des ces variables a été réalisé sur l'automate TOSOH, Bioscience, AIA 900. Le réactif employé pour le dosage de la Tg est le «AIA pack thyroglobulin» [lot DZ1B506 - Référence 0025227] et celui pour le dosage des anti-Tg est le «AIA pack thyroglobulin antibody» [lot DY14875 - Référence 0020291]. La méthode de quantification de la Tg est de type compétitif avec un marqueur fluorescent (non spécifié dans la notice du fabricant). Le dosage des anti-Tg est de type hétérogène et se fait sur deux niveaux.

#### • Contrôle de qualité

Le contrôle de qualité pour le dosage de la Tg et des anti-Tg a été effectué en utilisant le «AIA pack control for thyroglobulin» [lot 1X4B508] et le «AIA pack control for Thyroglobulin antibodies» [lot DX44881] sur deux niveaux, normal et pathologique. En plus des contrôles de qualité effectués quotidiennement dans notre laboratoire, nous avons déterminé le coefficient de variation (CV) inter-essai (reproductibilité) et intra-essai (répétabilité).

Les résultats ont montré que, pour la Tg, le CV de la reproductibilité était de 3,3 % au niveau normal et 2,7 % au niveau pathologique, alors que le CV de la répétabilité était de 1,9 % et 2,5 %, respectivement. Pour les anti-Tg, le CV de la reproductibilité était de 7,9 % au niveau normal et 9,0 % au niveau pathologique, alors que le CV de la répétabilité était de 8,5 % et 8,0 %, respectivement. Ces résultats témoignent d'une bonne qualité de dosage de laboratoire.

#### • Interprétation

La Tg est un bio-marqueur de la carence ou de l'excès en iode pour les enfants d'âge scolaire [43]. En 1994, l'OMS a proposé qu'une médiane de la Tg < 10 µg/l soit révélatrice d'un statut en iode adéquat de la population des enfants d'âge scolaire [44]. Cependant, ce seuil n'a pas été retenu dans ses guidelines de 2001 [43] par manque d'études sérieuses qui confirment ce seuil. En 2013, Zimmerman et coll. ont proposé qu'une médiane de la Tg < 13 µg/l et/ou moins de 3 % des valeurs de la Tg > 40 µg/l traduisent un statut en iode normal [44] des enfants de 5-14 ans. Pour notre part, nous avons retenu les seuils de Zimmerman pour analyser et évaluer le statut en iode des enfants d'âge scolaire. De plus, ces mêmes auteurs ont proposé l'intervalle de 4-40 µg/l comme fourchette des valeurs de référence pour les enfants de 4-15 ans, euthyroïdiens, ayant des anti-Tg négatifs et un statut en iode adéquat [43]. La présence d'anti-Tg dans le sérum est un indicateur de pathologies auto-immunes thyroïdiennes.

### 3.5. DOSAGE DES HORMONES THYROÏDIENNES

Le dosage de la TSH et de la thyroxine libre (FT4) sérique sert à mesurer la fonction thyroïdienne. La TSH est l'indicateur le plus sensible pour évaluer un dysfonctionnement thyroïdien primaire, car une variation minime du taux de FT4 libre provoque une réponse très amplifiée du taux de TSH [45]. Si la concentration de TSH est normale, une dysthyroïdie primaire est exclue.

#### • Technique du dosage

Le dosage de la TSH et la fraction libre de la FT4 selon la méthode immuno-métrique (sandwich) spécifique. Le réactif employé pour le dosage de la TSH était le «AIA pack control for TSH» [lot E617297 - Référence 0025294] et celui pour le FT4 le «AIA pack control for free Thyroxine» [lot E517506 - Référence 0025268].

#### • Contrôle de qualité

Le contrôle de qualité pour le dosage de la TSH et de la FT4 a été effectué en utilisant le «Lyphochek immunoassay plus control» [lot 40280]. En plus des contrôles de qualité effectués quotidiennement dans notre laboratoire, nous avons déterminé le coefficient de variation (CV) inter-essai (reproductibilité) et intra-essai (répétabilité).

Les résultats ont montré que pour :

- La TSH, le CV de la reproductibilité était de 8,5 % au niveau normal, 6,8 % au niveau légèrement élevé et 7,8 % au niveau très élevé, alors que le CV de la répétabilité était de 2,5 % au niveau légèrement élevé et 4,7 %, au niveau très élevé;
- la FT4, le CV de la reproductibilité était de 8,5 % au niveau normal, 9,4 % au niveau légèrement élevé et 5,0 % au niveau très élevé, alors que le CV de la répétabilité était de 4,1 % au niveau légèrement élevé et 4,7 % au niveau très élevé.

Ces résultats témoignent d'une bonne qualité de dosage de laboratoire.

### 3.6. NIVEAU SOCIO-ÉCONOMIQUE DES PARENTS

Le statut nutritionnel des enfants, particulièrement le statut en iode, peut-être influencé par le niveau d'instruction des parents et par le pouvoir d'achat du ménage. Des informations sur la profession et le niveau de scolarité du père et de la mère de chaque enfant ont été recueillies. Un score de niveau économique du ménage a été calculé à partir de 7 variables décrivant l'habitation (nombre de personnes par pièce, type d'évacuation et de toilettes, source d'eau potable, existence d'électricité, d'une cuisine et d'une salle de bain) et 11 variables sur les biens possédés par le ménage (réfrigérateur, lave-linge, lave-vaisselle, parabole, accès internet, télévision, chauff-

fage, climatisation, téléphone, voiture, ordinateur). Le score total obtenu par ménage est codé en terciles : le 1<sup>er</sup> tercile correspond aux ménages à faible niveau économique, le 2<sup>ème</sup> tercile est celui des ménages à niveau moyen et le 3<sup>ème</sup> tercile à niveau élevé [46].

### 3.7. CONSOMMATION ALIMENTAIRE

Deux types d'enquête de consommation alimentaire ont été utilisés pour évaluer les apports en iode.

#### 3.7.1. Rappel de 24-heures

La méthode de rappel des 24 heures consiste à estimer la consommation alimentaire de la façon la plus précise possible le jour précédant l'enquête. La nutritionniste demandait à la mère de l'enfant d'essayer de rapporter tous les aliments et les boissons qu'il a consommés durant les 24 heures qui ont précédé l'entretien, tout en précisant les ingrédients des plats et la quantité prise minutieusement au cours du petit déjeuner, de la collation matinale, du déjeuner, de la collation de l'après-midi, du dîner et de la collation du soir. Pour cela, chaque enquêteur avait recouru à des outils spécifiques (modèles, photographies, mesures ménagères), permettant d'aider la mère à mieux estimer la consommation de son enfant [47].

#### 3.7.2. Questionnaire de fréquence

Cette méthode fournit des informations sur la fréquence de consommation des aliments les plus riches en iode, durant la semaine précédant l'enquête. Elle consiste à demander à la mère de l'enfant de reporter la fréquence habituelle de consommation de chaque aliment d'une liste préétablie. Tous les questionnaires utilisés pour l'enquête de terrain sont présentés dans la partie **annexe 1**.

## 4. ETHIQUE ET AUTORISATION D'ENQUÊTE

Un courrier officiel a été envoyé aux ministres de la Santé Publique, de l'Intérieur et de l'Éducation pour les informer de l'enquête, ses objectifs et son chronogramme. Le protocole a été soumis au comité d'éthique de l'INNTA qui a émis un avis favorable. Il a été également adressé au Conseil National de la Statistique, organe national consultatif, qui lui a délivré le Visa numéro 01/2012 attestant ainsi de sa conformité aux principes d'éthique en vigueur. Enfin, un texte d'information destinée aux parents des élèves sélectionnés pour l'enquête a été préparé en arabe et en français afin de recueillir leur consentement libre et éclairé [cf. **annexe 1**]. L'enquête a été réalisée entre le 17 mai et le 26 juin 2012.

## 5. TRAITEMENT INFORMATIQUE ET ANALYSES STATISTIQUES

Toutes les données recueillies sur le terrain et les résultats des analyses de laboratoire ont été saisis en double avec le logiciel Epi-data Software version 3.1. La qualité de la saisie des données a été assurée par des contrôles automatiques et par une double saisie. La gestion des fichiers de données et le calcul des variables dérivées ont été réalisés à l'aide du logiciel Stata (version 11.1 ; StataCorp, College Station, USA).

Différents tests statistiques ont été utilisés pour vérifier la qualité des données de la CIU, obtenues au laboratoire de l'INNTA en se référant aux données obtenues chez les mêmes individus dans le laboratoire de Grenoble. Il s'agit du test Bland & Altman [48], coefficient de corrélation de Pearson et du test t-Student.

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes et erreur standard de la moyenne pour les variables continues, et sous forme de pourcentages pour les variables catégorielles.

Pour les variables réponses binaires, l'association avec les variables explicatives catégorielles a été quantifiée par des Odds-Ratios (OR) de prévalence bruts et/ou ajustés pour les autres variables (estimés par des modèles de régression logistique univariés et/ou multivariés).

Pour la variable réponse iode en 3 catégories (carence, normal, excès), les associations entre carence d'une part et excès d'autre part, avec les variables explicatives catégorielles ont été estimées par une régression logistique multinomiale avec comme catégorie de référence pour la variable réponse, la classe  $100 \leq \text{CIU} < 500 \mu\text{g/l}$  ; les paramètres du modèle s'interprètent comme des Rapports Relatifs de Prévalence (RPR : relative prevalence ratio) [49].

Toutes les estimations (% , moyennes) analyses et résultats (intervalles de confiance, tests) présentés prennent en compte les caractéristiques du plan de sondage complexe stratification, grappes, probabilité inégales (fonctions svy du logiciel Stata). Un seuil de risque alpha de 5 % a été choisi.

## II - ENQUÊTE SUR LA QUALITÉ DU SEL IODE COMMERCIALISÉ

Il s'agit d'une enquête nationale auprès des producteurs, grossistes, détaillants et consommateurs. Cette enquête avait pour but de vérifier l'adéquation de l'iode du sel avec la législation mise en vigueur en Tunisie par le décret n° 95-1633 et l'arrêté du 8 avril 1996.

En Tunisie, quatre producteurs assurent la fabrication de sel iodé à usage alimentaire. Le sel produit est emballé en sachets individuels et ensuite vendu aux grossistes qui assurent sa distribution au niveau des détaillants.

Ces producteurs sont COTUSAL (Compagnie Générale des Salines de Tunisie), SOSASEL (Société Sahara Sel), SOTUSEL (Société Tunisienne de sel) et SOSELKER (Société Tunisienne de sel de Kerkenah). Sur les quatre producteurs, un seul a été contrôlé: COTUSAL. Les producteurs SOTUSEL, SOSASEL et SOSELKER ont reconnu ne plus ioder le sel destiné au moment de la réalisation de l'enquête.

### 1. ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage a concerné uniquement les grossistes et les détaillants qui vendent du sel à usage alimentaire. Le tirage de l'échantillon et le plan de sondage ont été réalisés par l'Institut National de la Statistique à partir de la base des données du registre du commerce de 2010. Il s'agit d'une liste des entreprises qui s'adonnent à la production de biens et de services en Tunisie.

#### 1.1. BASE DE SONDAGE

La méthode d'échantillonnage a été un sondage aléatoire stratifié. La stratification s'est basée sur le croisement entre les variables dérivées du répertoire, à savoir l'activité économique et le gouvernorat. Le champ de l'enquête a couvert les unités exerçant les activités de commerce qui vendent du sel à usage alimentaire :

- Commerce de gros de café, thé, cacao et épices ;
- Commerce de gros alimentaire spécialisé divers ;
- Commerce d'alimentation générale ;
- Supérettes, supermarchés et hypermarchés ;
- Commerce de détail de grains, légumes secs, produits d'épicerie.

#### 1.2. TAUX DE SONDAGE

Pour des raisons de faisabilité, un taux de sondage fixé à 1,8% a été jugé suffisant pour avoir un échantillon représentatif à l'échelle nationale (cf. **annexe 2**). Ce taux a généré un échantillon de 1199 entreprises, tirées à partir de la base de taille globale égale à 80453 et réparties comme suit :

- Au niveau des grossistes, 342 représentants ont été sélectionnés selon la méthode systématique ;
- Au niveau des détaillants, 857 commerces ont été sélectionnés.

Sur les 1199 points de vente (grossistes et détaillants) prévus par l'échantillon, 1160 ont pu être contactés, soit un taux de réponse de 97 %. De chaque point de vente, 1 paquet de chaque marque de sel, exposé à la vente, a été simplement acheté, soit au total 2075 échantillon, (635 auprès des grossistes et 1440 auprès des détaillants).

Cinq types d'emballage ont été identifiés aussi bien chez les grossistes que chez les détaillants.

Il s'agit de deux marques : COTUSAL (flament bleu, flament blanc, la rose de mer) et SOTUSEL (emballage bleu et emballage blanc).

Au niveau du producteur COTUSAL, le prélèvement des échantillons de sel a été effectué sur le lieu du salin de Sousse. Douze paquets de chacun des trois types de produits destinés à la distribution aux grossistes ont été prélevés de façon aléatoire : le «flament bleu, le flament blanc et la rose de mer». Au niveau des grossistes, 383 représentants ont été sélectionnés selon la méthode systématique. Au niveau des détaillants, 1299 commerces ont été sélectionnés. Au niveau des consommateurs, ce sont les familles des enfants sélectionnés pour l'enquête de terrain sur le statut en iode. Le jour de l'enquête, chaque élève a amené avec lui un échantillon du sel de la cuisine familiale, soit 1560 échantillons. Nous avons également découvert un sel vendu en vrac sur les marchés locaux de Zarzis, Tataouine, Sfax et Kairouan, fabriqué artisanalement à partir d'une sebkha entre Zarzis et Médenine et que les autochtones appellent «El gargabia».

Des facteurs d'extrapolation, tenant compte du plan de sondage et du taux de réponses, ont été utilisés.

## 2. DOSAGE DE L'IODE DANS LE SEL

La méthode de titrage iodométrique a été utilisée pour doser l'iode dans le sel (24, 50). Le principe du dosage est le suivant: en présence d'acide sulfurique et d'iodure de potassium, les ions iodate 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. La perte de la couleur bleue qui se produit lorsqu'on poursuit le titrage, indique que tout l'iode libre qui reste a été consommé par le thiosulfate. Les réactifs employés pour le dosage de l'iode dans le sel sont :

- Iodate de potassium Sigma Aldrich Lot 62610 ;
- Iodure de sodium Sigma Aldrich lot SZBB1860V ;
- Thiosulfate de sodium LOBA Chemie lot LB21031104 ;
- Starch soluble (amidon) Himedia (Ref RM 3029-500G) lot 0000004699.

## 3. ANALYSE DES DONNEES

Les résultats sont présentés selon les points de commercialisation du sel alimentaire (producteurs, grossistes et détaillants) et de consommation (ménages).

Le plan d'analyse suivant a été suivi :

- Analyse de la distribution des variables, calcul des moyennes et des fréquences ;
- Comparaison des moyennes par l'analyse des variances et des fréquences par le test de Chi-2.

## RESULTATS

# I - ENQUÊTE NATIONALE SUR LE STATUT EN IODE DES ENFANTS SCOLARISÉS DE 6-12 ANS

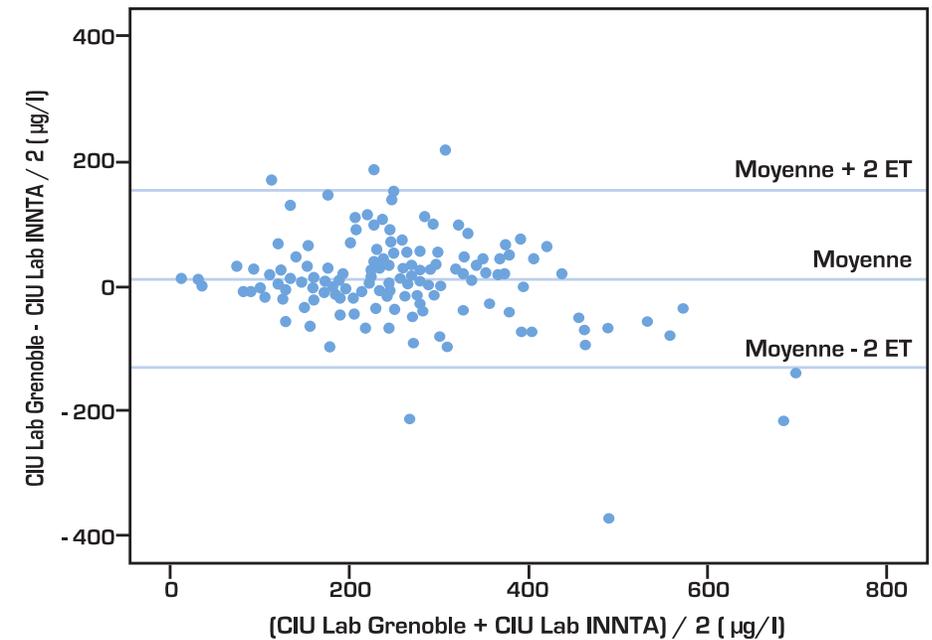
## 1. CONTRÔLE QUALITÉ DU DOSAGE DE L'IODE URINAIRE

Sur les 154 mêmes individus tirés au hasard, dont la CIU a été dosée à la fois à l'INNTA et au laboratoire de référence à Grenoble, les moyennes de la CIU ne présentaient pas de différence significative entre les laboratoires ( $p = 0,066$ ) (tableau IV).

**Tableau IV** : Comparaison de la concentration de l'iode urinaire (CIU) dosée chez les mêmes individus dans le laboratoire de l'INNTA et le laboratoire du CHU de Grenoble

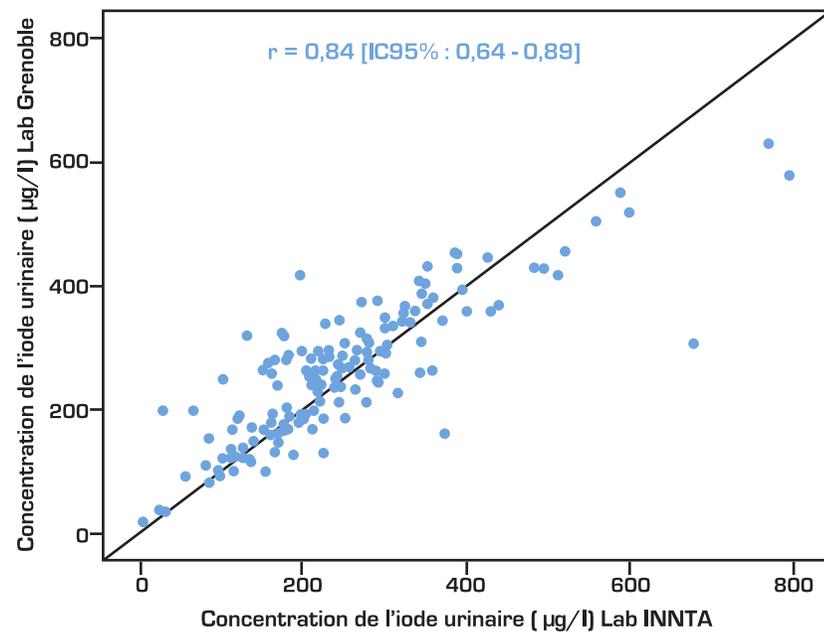
Laboratoire	Effectif	Moyenne	Ecart-type	Valeur P	Médiane	Min	Max
CIU ( $\mu\text{g/l}$ ) Lab Grenoble	154	260,9	110,7	0,066	261,4	17,6	628,2
CIU ( $\mu\text{g/l}$ ) Lab INNTA	154	250,4	131,1		227,5	5,1	794,7

Selon la méthode la plus recommandée pour la comparaison statistique de deux mesures réalisées sur les mêmes sujets, à savoir le test de Bland & Altman, la concordance entre la différence et la moyenne des deux méthodes d'analyse était forte puisque pratiquement toutes les valeurs sont comprises dans l'intervalle de confiance à 95 % de la moyenne de la différence entre les valeurs individuelles (figure 2).



**Figure 2** : Graphique de Bland & Altman pour comparer les moyennes des concentrations de l'iode urinaire obtenues dans le laboratoire de l'INNTA et le laboratoire du CHU de Grenoble à leurs différences

Une corrélation forte et significative ( $p < 0,001$ ) entre les valeurs obtenues dans les deux laboratoires a été observée comme l'atteste l'allure du nuage de points des valeurs de la concentration de l'iode urinaire obtenues dans les deux laboratoires d'analyse, celui de l'INNTA et celui du CHU de Grenoble (figure 3). Le coefficient de corrélation de Pearson était égal à 0,84 [0,64-0,89].



**Figure 3** : Diagramme de corrélation entre les concentrations de l'iode urinaire obtenues dans le laboratoire de l'INNTA et le laboratoire du CHU de Grenoble. La droite de linéarité en noir montre une forte concordance positive

On peut conclure que la concordance des deux méthodes d'analyse de la concentration de l'iode dans les urines était forte, ce qui traduit une bonne qualité des données sur l'iode urinaire.

## 2. STATUT EN IODE A L'ÉCHELLE NATIONALE

### 2.1. CARACTÉRISTIQUES DE LA POPULATION DE L'ÉTUDE

L'enquête a été réalisée chez les enfants scolarisés, âgés de 6 à 12 ans. Le tableau V présente les caractéristiques démographiques, anthropométriques et socio-économiques de ces enfants. Le retard de croissance était rare, la maigreur touchait 7 % des enfants et le surpoids (y compris l'obésité) affectait 18,4 %. Les filles avaient une corpulence comparable à celle des garçons, sauf pour le surpoids (21,4 % chez les filles contre 15,7 % chez les garçons,  $p = 0,029$ ).

La moitié des parents avaient reçu un enseignement secondaire et plus et seuls 5,4 % étaient analphabètes. Le 1/20<sup>ème</sup> des pères étaient au chômage alors que les trois quarts des mères étaient femmes au foyer.

**Tableau V** : Caractéristiques démographiques, anthropométriques et socio-économiques

	Enfant scolarisés de 6-12 ans			
	Ensemble (1560)	Masculin (n=780)	Féminin (n=780)	Féminin vs Masculin
<b>Age</b> (ans)	9,31 [0,04]	9,34 [0,04]	9,28 [0,05]	P = 0,327
<b>Poids</b> (kg)	30,45 [0,46]	30,34 [0,57]	30,57 [0,52]	P = 0,476
<b>Taille</b> (cm)	134,34 [0,48]	134,59 [0,63]	134,07 [0,45]	P = 0,354
<b>Indice de masse corporelle</b> (kg/m <sup>2</sup> )	16,5 %	16,4 %	16,6 %	P = 0,743
<b>Retard de croissance</b> (Taille-âge < -2 z)	2,1 %	1,4 %	2,8 %	P = 0,101
<b>Maigreur</b> (IMC-âge < -2 z)	7,0 %	7,2 %	6,8 %	P = 0,759
<b>Surpoids</b> (IMC-âge > +1 z)	18,4 %	15,7 %	21,4 %	<b>P = 0,029</b>
<b>Obésité</b> (IMC-âge > +2 z)	6,4 %	6,2 %	6,6 %	P = 0,789
<b>Milieu d'habitat</b>				
Urbain	64,5 %	64,5 %	64,6 %	P = 0,944
Rural	35,5 %	35,5 %	35,4 %	
<b>Niveau d'instruction du père</b>				
Non scolarisé	5,4 %	4,5 %	6,3 %	P = 0,218
Primaire	40,2 %	39,3 %	41,3 %	
Secondaire et plus	54,4 %	56,2 %	52,4 %	
<b>Niveau d'instruction de la mère</b>				
Non scolarisée	13,8 %	14,4 %	13,1 %	P = 0,332
Primaire	38,6 %	36,7 %	40,5 %	
Secondaire et plus	47,7 %	48,9 %	46,4 %	
<b>Profession du père</b>				
Cadre supérieur/moyen	24,1 %	23,4 %	25,0 %	P = 0,253
Employé/ouvrier	70,2 %	70,2 %	70,1 %	
Sans travail	5,7 %	6,4 %	4,9 %	
<b>Profession de la mère</b>				
Cadre supérieur/moyen	9,9 %	9,3 %	10,6 %	P = 0,694
Employée/ouvrière	15,3 %	16,1 %	14,3 %	
Sans travail	74,8 %	74,6 %	75,1 %	

## 2.2. CONCENTRATION DE L'IODE URINAIRE

La distribution des valeurs individuelles de la CIU chez les enfants ne suit pas la loi normale (figure 4), mais l'effectif de l'échantillon est suffisant (> 30) et permet d'utiliser les tests statistiques paramétriques.

Chez les enfants scolarisés, âgés de 6 à 12 ans, la médiane de la CIU était égale à 219,5 µg/l (241,2 µg/l chez les garçons et 200,0 µg/l chez les filles) (tableau VI). Ceci traduit des apports en iode légèrement supérieurs aux besoins et qui pourraient constituer un risque pour la santé, selon les recommandations des experts internationaux WHO/UNICEF/ICCIDD de 2007 (39).

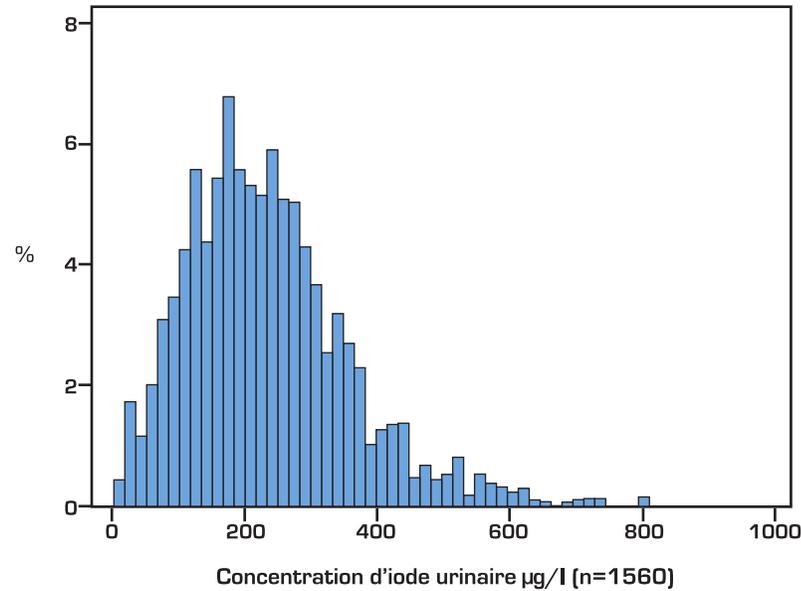


Figure 4 : Histogramme de distribution des valeurs individuelles de la concentration de l'iode urinaire chez les enfants scolarisés de 6-12 ans.

Une révision des seuils de la CIU, par un groupe d'experts UNICEF/ ICCIDD en 2013 (40), a rapporté que dans les pays ayant un programme d'iodation du sel, le statut en iode des enfants de 6 à 12 ans est normal pour toute CIU entre 100-299 µg/l. Par conséquent, la CIU médiane des enfants peut-être considérée comme acceptable.

Tableau VI : Médianes et moyennes de la concentration de l'iode urinaire chez les enfants de 6-12 ans, selon le sexe

	Garçons	Filles	Les deux sexes
<b>Effectif</b>	780	780	1560
<b>Médiane [IC1 à 95 %] (µg/l)</b>	241,2	200,0	219,5 [198,1-236,7]
<b>Moyenne [IC à 95 %] (µg/l)</b>	252,7	218,2	236,0 [218,5-253,5]
<b>Ecart-type de l'estimation (µg/l)</b>	10,8	7,5	8,6
<b>Minimum (µg/l)</b>	3,0	5,1	3,0
<b>Maximum (µg/l)</b>	809,0	991,3	991,3

1 IC : Intervalle de Confiance à 95 %

La moyenne de la CIU était significativement plus élevée chez les garçons, comparés aux filles ( $p < 0,0001$ ). D'autre part, la dispersion des valeurs était très large, passant de 3,0 µg/l à 991,3 µg/l pour l'ensemble des deux sexes.

Exprimée en fonction de la créatinurie, la médiane de la CIU chez les garçons (251,4 µg/g créatinurie) était plus élevée que celle des filles (231,6 µg/g créatinurie),  $p = 0,002$ .

## 2.3. PREVALENCE DE LA CARENCE EN IODE

Chez les enfants scolarisés de 6 à 12 ans, 11,4 % des enfants avaient des apports en iode insuffisants traduisant un statut déficient 8,3 % avaient une CIU <100 µg/l mais  $\geq 50$  µg/l (apport en iode insuffisant, traduisant une carence en iode légère) et 2,7 % une CIU <50 µg/l mais  $\geq 20$  µg/l (apport en iode insuffisant, traduisant une carence en iode modérée). Ces prévalences sont bien loin des seuils respectifs de 50 % et 20 % qui ne doivent pas être dépassés pour parler de problème de santé publique. De plus, seuls 0,4 % des enfants avaient une CIU <20 µg/l (apport en iode insuffisant, traduisant une carence en iode sévère).

La carence en iode est répartie de façon similaire entre les deux sexes (tableau VII). D'un autre côté, le quart des enfants avait une CIU supérieure ou égale à 300 µg/l, et 4,2 % avaient une CIU supérieure ou égale à 500 µg/l.

La prévalence de la carence en iode, à l'échelle nationale, était faible et ne constitue donc pas un problème de santé publique. Cependant, 25,1 % avait une CIU à risque de problème de santé, et 4,2 % à risque très élevé de dysfonctionnement thyroïdien.

Tableau VII : Distribution de la concentration de l'iode urinaire chez les enfants de 6-12 ans, selon le sexe

	CIU <sup>1</sup> <100 µg/l		CIU <50 µg/l		Prévalence (%) à différents seuils de la CIU (µg/l)						
	(%) <sup>2</sup>	IC 95% <sup>3</sup>	(%)	IC 95%	<20	20-49	50-99	100-199	200-299	$\geq 300$	$\geq 500$
Garçons	9,9	6,6-14,5	2,6	1,3-5,0	0,5	2,1	7,3	28,1	31,9	30,1	5,3
Filles	13,1	10,0-16,9	3,7	2,1-4,7	0,4	3,3	9,4	36,9	30,4	19,1	2,4
Les 2 sexes	11,4	8,6-14,9	3,1	2,0-4,7	0,4	2,7	8,3	32,4	31,2	25,1	4,2

<sup>1</sup>Concentration de l'iode urinaire. <sup>2</sup>Prévalence pondérée selon le plan de sondage. <sup>3</sup>Intervalle de Confiance à 95 %.

D'après les différentes études internationales, dans les populations caractérisées par une carence en iode de longue date et une augmentation rapide de l'apport en iode, les valeurs médianes pour la CIU supérieures à 200 µg/l (au-dessus de 250 µg/l chez les femmes enceintes) ne sont pas recommandées en raison du risque possible de l'hyperthyroïdie induite par l'iode. Cette condition défavorable peut se produire dans les 5 à 10 ans suivant l'introduction de sel iodé (51, 52). Au-delà de cette période de temps, la valeur médiane allant jusqu'à 300 µg/l n'a pas démontré d'effets secondaires, du moins pas dans les populations ayant du sel adéquatement iodé. D'autres études ont montré que chez les écoliers, les CIU  $\geq 500$  µg/l sont associées à l'augmentation du volume de la thyroïde, traduisant les effets néfastes de l'excès d'iode chronique (53).

Ces données scientifiques ont été vérifiées chez les enfants tunisiens, présentant une carence ou un excès d'apport en iode (voir chapitre III, Enquête sur l'impact de la carence ou de l'excès d'apports en iode sur le fonctionnement de la thyroïde, à partir de la page 44), sachant que l'iodation du sel en Tunisie date de presque 20 ans.

### 3. STATUT EN IODE SELON LE MILIEU D'HABITATION

#### 3.1. CONCENTRATION DE L'IODE URINAIRE SELON LE MILIEU

Chez les enfants scolarisés, âgés de 6 à 12 ans, la médiane de la CIU était égale à 225,0 µg/l dans le milieu urbain et 213,3 µg/l dans le milieu rural (tableau VIII).

**Tableau VIII :** Concentration de l'iode urinaire chez les enfants scolarisés de 6-12 ans selon le sexe et le milieu

	Garçons		Filles		Les deux sexes	
	Urbain	Rural	Urbain	Rural	Urbain	Rural
Effectif	437	355	421	342	858	702
Médiane (µg/l)	246,7	228,3	201,0	191,8	225,0	213,3
Moyenne (µg/l)	260,7	236,8	220,3	215,7	241,2	226,6
Erreur Standard de la moyenne (µg/l)	17,9	12,9	12,4	12,9	14,8	11,9
Minimum (µg/l)	5,1	3,0	5,1	23,3	5,1	991,3
Maximum (µg/l)	809,0	768,4	991,3	858,6	3,0	858,6

La médiane de la CIU reflète des apports en iode légèrement supérieurs aux besoins dans les deux milieux d'habitation urbain et rural, selon les recommandations de 2007, mais qui peuvent être considérés comme acceptables selon la nouvelle révision des seuils de la CIU de 2013. Pour les deux sexes, la CIU moyenne était répartie de façon égale entre le milieu urbain et le milieu rural (p = 0,217). Dans les deux milieux, la dispersion des valeurs était très large.

#### 3.2. PREVALENCE DE LA CARENCE EN IODE SELON LE MILIEU

La carence en iode urinaire, qu'elle soit légère (CIU <100 µg/l) ou modérée (CIU <50 µg/l), était, chez les deux sexes, répartie de façon homogène entre les deux milieux (tableau IX). Pour les garçons, 6,5 % dans le milieu urbain et 3,0% dans le milieu rural avaient une CIU ≥ 500 µg/l. Chez les filles, les prévalences respectives étaient de 3,1% et de 2,9%.

**Tableau IX :** Dispersion de la concentration de l'iode urinaire chez les enfants scolarisés de 6-12 ans selon le sexe et le milieu

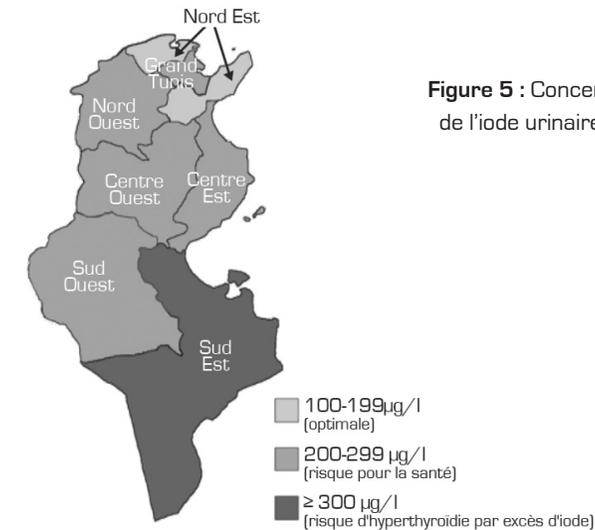
Milieu	Sexe	CIU1 <100 µg/l		CIU <50 µg/l		Prévalence (%) à différents seuils de la CIU (µg/l)						
		(%) <sup>2</sup>	IC 95% <sup>3</sup>	(%)	IC 95%	<20	20-49	50-99	100-199	200-299	≥300	≥500
Urbain	Garçons	10,7	5,9-18,2	3,0	1,3-6,6	0,4	2,6	7,6	25,7	31,8	31,9	6,5
		8,4	5,4-12,3	1,9	0,6-5,3	0,7	1,1	6,4	32,6	32,3	26,9	3,0
Urbain	Filles	12,2	8,9-16,8	2,5	1,4-4,7	0,6	2,0	9,4	37,7	31,2	19,1	3,1
		14,6	8,9-23,9	5,7	2,5-13,3	0,0	5,8	8,9	35,6	29,0	20,7	2,9
Urbain	Les 2 sexes	11,5	7,5-17,1	2,8	1,6-4,8	0,5	2,3	8,7	31,4	31,4	25,7	4,8
		10,4	7,4-17,0	3,7	1,8-7,6	0,4	3,3	7,7	34,0	30,7	23,9	2,9

<sup>1</sup>Concentration de l'iode urinaire; <sup>2</sup>Prévalence pondérée selon le plan de sondage; <sup>3</sup>Intervalle de Confiance à 95 %.

### 4. STATUT EN IODE SELON LA REGION

#### 4.1. CONCENTRATION DE L'IODE URINAIRE SELON LA REGION

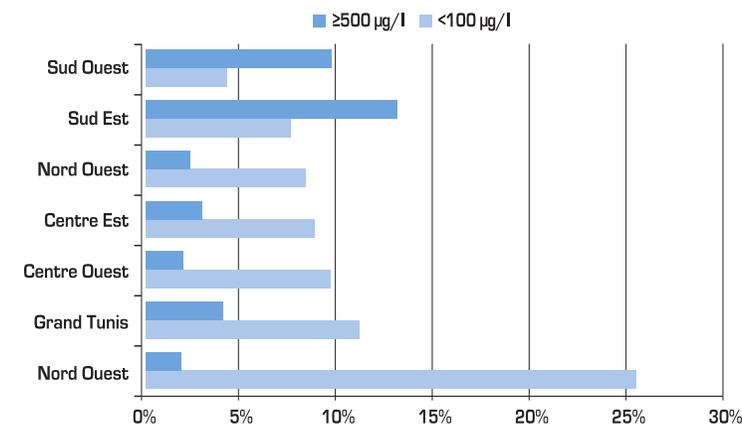
La figure 5 révèle que, sur le plan régional, la médiane de la CIU était optimale uniquement dans le Nord Est (gouvernorats de Bizerte, Nabeul, Zaghouan). Dans la région du Sud Est (Gabès, Tataouine, Médenine), elle était à risque élevé de problèmes de santé pour les écoliers, induits par l'excès d'apports en iode comme l'hyperthyroïdie, ou les affections auto-immunes de la thyroïde (concentration médiane de la CIU ≥ à 300 µg/l). Pour les autres régions, la médiane de la CIU était dans la fourchette d'apports en iode, qui peuvent être tolérés dans un pays pratiquant l'iodation généralisée du sel, soit entre 200 et 299 µg/l.



**Figure 5 :** Concentrations médianes de l'iode urinaire selon les régions

#### 4.2. PREVALENCE DE LA CARENCE ET DE L'EXCÈS EN IODE SELON LA RÉGION

La prévalence de la carence en iode chez les écoliers était inégalement distribuée entre les régions. La prévalence la plus élevée a été observée dans le Nord Est (25,5% avec IC 95% = 18,5-34,2) et la plus faible dans la région du Sud Ouest (4,3% avec IC à 95% = 1,9-9,4). Les régions du Grand Tunis (11,2% avec IC à 95% = 7,5-16,4), du Centre Ouest (9,7 % avec IC à 95% = 3,7-22,9), du Centre Est (8,9% avec IC à 95% = 4,3-17,6), du Nord Ouest (8,4 % avec IC à 95%= 5,1-13,4) et du Sud Est (7,6% avec IC à 95% = 2,4-21,1) avaient des prévalences intermédiaires (figure 6).



**Figure 6 :** Prévalences de la carence et de l'excès en iode selon les régions

Les régions du Sud (Est et Ouest) présentaient les prévalences les plus élevées de la CIU  $\geq 500 \mu\text{g/l}$  (13,1 % avec IC à 95 % [10,7-16,0] et 9,7 % avec IC à 95 % [7,2-13,0], respectivement). Cet excès d'apport en iode par rapport aux besoins est soupçonné, par plusieurs études, comme pouvant être à l'origine d'hyperthyroïdie. Pour les autres régions, les prévalences variaient entre 1,9 % et 4,1 %.

#### 4.3. RELATION ENTRE LE STATUT EN IODE, L'ÉTAT NUTRITIONNEL ET LES CONDITIONS SOCIO-ÉCONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTALES

Partant de l'hypothèse que la carence ou l'excès en iode pourraient dépendre aussi bien de facteurs liés à l'enfant lui-même (âge, sexe, état nutritionnel) que du cadre de vie dans lequel il évolue (milieu, région, niveau d'instruction et profession des parents), nous avons analysé ces différents déterminants et leur relation avec le risque d'être carencé ou en excès d'iode (tableau X).

##### 4.3.1. Enfants carencés en iode (CIU < 100 $\mu\text{g/l}$ )

Après ajustement sur toutes les variables du modèle de régression logistique :

- Aucune relation significative n'a été décelée entre le statut carencé en iode et les caractéristiques propres de l'enfant (sexe, âge et état nutritionnel) ;
- Quel que soit le niveau d'instruction des parents ou leur situation professionnelle, le risque d'avoir un enfant carencé en iode était similaire ;
- Que l'enfant vive dans un milieu urbain ou un milieu rural, le risque de la carence en iode était le même ;
- Cependant, les enfants vivant dans la région du Nord Est, comparés aux enfants vivant dans les autres régions, semblaient être 3,4 fois (IC à 95 % : 1,5-7,9 ;  $p = 0,006$ ) plus à risque d'avoir des apports en iode insuffisants par rapport à leurs besoins, les rendant vulnérables vis-à-vis d'un dysfonctionnement thyroïdien.

##### 4.3.2. Enfants ayant un excès en iode (CIU $\geq 500 \mu\text{g/l}$ )

Après ajustement sur toutes les variables du modèle :

- Les enfants de sexe féminin semblent protégées contre l'excès d'apports en iode (RPR = 0,6 ; IC à 95 % : 0,3-0,9 ;  $p = 0,046$ ) ;
- L'âge et l'état nutritionnel (être maigre, obèse ou ayant un retard de croissance staturale) n'avaient pas d'influence sur le statut en excès d'iode des enfants scolarisés de 6 à 12 ans ;
- Le niveau de scolarité de la mère et du père et le grade de leur situation professionnelle n'étaient pas associés à l'excès d'apports en iode observé chez les enfants scolarisés ;
- Le fait d'habiter les régions du Sud semble fragiliser les enfants vis-à-vis de l'excès d'apports en iode. En effet, le risque d'être en excès d'iode était multiplié par 5,9 (IC à 95 % : 2,6-11,9 ;  $p = 0,000$ ) au Sud Est et par 3,6 (IC à 95 % : 1,7-8,9 ;  $p = 0,002$ ) au Sud Ouest.

**Tableau X :** Relations entre la carence ou l'excès en iode et les caractéristiques démographiques, socio-économiques et nutritionnelles selon la régression logistique multinomiale (n=1560)

Variable	Effectif	CIU <sup>1</sup> <100 $\mu\text{g/l}$ vs 100 $\mu\text{g/l}$ [CIU] 500 $\mu\text{g/l}$		CIU $\geq 500 \mu\text{g/l}$ vs 100 $\mu\text{g/l}$ [CIU] 500 $\mu\text{g/l}$	
		RPR <sup>2</sup> ajusté	IC <sup>3</sup>	RPR <sup>2</sup> ajusté	IC <sup>3</sup>
<b>Milieu</b>		P = 0,981		P = 0,247	
Urbain	858	1		1	
Rural	702	1,0	0,6-1,8	0,7	0,4-1,3
<b>Région</b>		P = 0,012		P = 0,003	
Centre Est	240	1		1	
Grand Tunis	240	1,3	0,5-3,2	1,5	0,4-5,1
Nord Est	180	3,4	1,5-7,9 ; P = 0,006	0,8	0,4-1,6
Nord Ouest	360	0,9	0,4-2,2	0,8	0,3-2,4
Centre Ouest	180	1,1	0,4-3,4	0,8	0,2-3,4
Sud Est	180	0,9	0,2-3,2	5,6	2,6-11,9 ; P = 0,000
Sud Ouest	180	0,5	0,2-1,5	3,9	1,7-8,9 ; P = 0,002
<b>Sexe</b>		P = 0,123		P = 0,046	
Masculin	780	1		1	
Féminin	780	1,4	0,9-2,1	0,6	0,3-0,9
<b>Age</b>		P = 0,283		P = 0,652	
9-12 ans	854	1		1	
6-8 ans	706	1,3	0,8-2,0	1,1	0,7-1,9
<b>Niveau instruction du père</b>		P = 0,116		P = 0,512	
Secondaire et plus	820	1		1	
Non scolarisé/primaire	740	0,6	0,4-1,1	1,2	0,7-2,1
<b>Niveau instruction de la mère</b>		P = 0,596		P = 0,296	
Secondaire et plus	676	1		1	
Non scolarisé/primaire	884	1,1	0,7-1,8	1,5	0,7-3,0
<b>Profession du père</b>		P = 0,130		P = 0,538	
Cadre supérieur/moyen	363	1		1	
Sans travail/ouvrier/employé	1197	1,6	1,1-2,3	1,3	0,5-3,6
<b>Profession de la mère</b>		P = 0,512		P = 0,436	
Travaille	356	1		1	
Femme au foyer	1234	1,2	0,7-1,9	0,6	0,1-2,6
<b>Etat nutritionnel</b>		P = 0,791		P = 0,915	
Retard de croissance/maigre					
Non	1387	1		1	
Oui	173	1,1	0,6-2,1	1,1	0,4-2,6
Surpoids/obésité		P = 0,579		P = 0,625	
Non	1300	1		1	
Oui	260	1,3	0,5-2,9	0,9	0,5-1,6

<sup>1</sup>Concentration de l'iode urinaire. <sup>2</sup>RPR «Relative Prévalence Ratios» ajustés calculés en utilisant un modèle de régression logistique multivariée multinomiale, ayant comme catégorie de référence les enfants à CIU entre 100 et 499  $\mu\text{g/l}$ , l'ajustement a été réalisé sur l'âge, le sexe, l'état nutritionnel, le milieu et la région. <sup>3</sup>Intervalle de Confiance à 95 % du RPR.

## 5. CONCLUSIONS

- La prévalence de la carence en iode chez les écoliers de 6 à 12 ans, basée sur une CIU < 100 µg/l, qu'elle soit nationale ou régionale, était faible et ne constitue pas un problème de santé publique en Tunisie.
- La région du Nord Ouest, ancienne zone d'endémicité goitreuse, présentait une prévalence d'insuffisance en apports d'iode comparable à celle de l'ensemble du pays. Par contre, la prévalence la plus élevée était observée dans la région du Nord Est.
- La région du Nord Est semble être une zone à risque de carence en apports iodés, comparée aux autres régions du pays.
- La carence en iode n'était pas associée aux facteurs démographiques, socio-économiques ou environnementaux. De même, l'état nutritionnel n'était pas relié au statut en iode chez ces enfants.
- L'excès d'iode dans les urines, révélé par une CIU ≥ 500 µg/l était retrouvé chez 4,2 % de ces enfants.
- La région du Sud est une zone à risque d'excès d'apport en iode.
- Les garçons étaient plus à risque d'un statut en excès d'iode que les filles. Des facteurs de comportements alimentaires (consommation d'aliments riches en sel iodé et/ou en iode) sont peut-être à l'origine de cette disparité genre.

## II - ENQUÊTE NATIONALE SUR LA QUALITÉ DE L'IODATION DU SEL MIS SUR LE MARCHÉ TUNISIEN

### 1. CONTRÔLE DE L'IODATION DU SEL AU NIVEAU DES PRODUCTEURS

Sur les quatre producteurs de sel, un seul a été contrôlé, la société COTUSAL. Les trois autres, SOSASEL, SOTUSEL et SOSELKER ne pratiquaient pas d'iodation du sel à l'époque de l'enquête de terrain, soit les six derniers mois de 2012.

Trois variétés emballées de sel iodé de la marque COTUSAL, destinées au consommateur, ont été analysées. La médiane et la moyenne de la concentration de l'iodate de potassium étaient entre 40 et 44 mg/kg. La dispersion des concentrations était très faible (36 à 49 mg/kg) (tableau XI).

**Tableau XI** : Concentration de l'iodate de potassium (mg/kg) dans le sel au niveau de la production

	Flament bleu	Flament blanc	Rose de mer
Effectif	12	12	12
Médiane	42,8	40,1	43,6
Moyenne	42,2	40,3	44,0
Ecart-type	1,2	3,0	2,7
Minimum	41,0	35,9	41,0
Maximum	44,7	46,8	49,2

Le constat était qu'au niveau de la production et sur les échantillons prélevés pour le contrôle, l'iodation du sel était conforme aux seuils fixés par l'arrêté des ministères de la Santé Publique et du Commerce du 8 avril 1996.

### 2. CONTRÔLE DE L'IODATION DU SEL AU NIVEAU DES GROSSISTES

Au niveau des grossistes, deux marques de sel iodé ont été retrouvées et collectées, COTUSAL et SOTUSEL. Trois variétés de sel destinées aux consommateurs pour le premier (Flament bleu, Flament blanc et Rose de mer) et deux variétés pour le second (emballage bleu et emballage blanc) ont été achetées auprès des grossistes sélectionnés pour l'enquête.

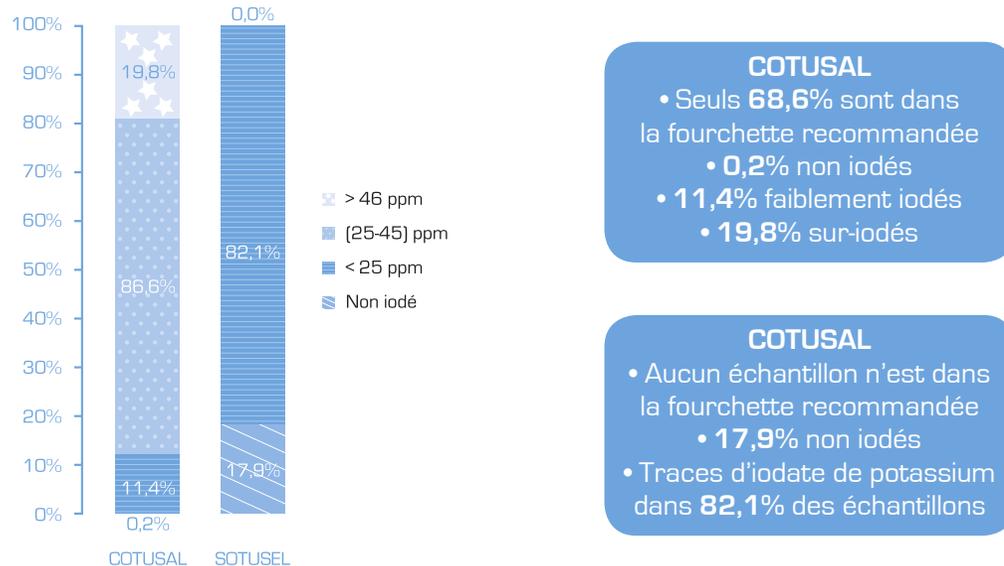
Le sel produit par COTUSAL et distribué par les grossistes avait une concentration médiane entre 37 et 44 mg/kg (la moyenne entre 35 et 43 mg/kg). Cependant, il y avait des lots carrément non iodés (0 mg/kg) ou faiblement iodés (environ 2 mg/kg), et d'autres sur-iodés, allant jusqu'à 84 mg/kg (tableau XII).

Pour SOTUSEL, tous les lots étaient faiblement iodés sinon non iodés. Sachant que le sel de ce producteur est surtout d'origine marine, les traces d'iode que nous avons décelé entre dans sa composition propre.

**Tableau XII** : Concentration de l'iodate de potassium (mg/kg) dans le sel chez les grossistes

	COTUSAL			SOTUSEL	
	Flament bleu	Flament blanc	Rose de mer	Bleu	Blanc
Effectif	305	266	51	9	4
Médiane	39,3	37,4	43,7	2,0	1,6
Moyenne	37,6	35,3	42,8	1,9	1,4
Erreur standard de la moyenne	2,2	1,9	0,2	0,4	0,4
Minimum	1,9	0,0	28,5	0,0	0,0
Maximum	71,3	83,7	51,7	3,5	1,9

La figure 7 résume les résultats du contrôle de l'iodation du sel chez les grossistes.

**Figure 7** : Schéma récapitulatif de la qualité de l'iodation du sel chez les grossistes

Au niveau des grossistes, seuls les 2/3 des échantillons de sel fabriqués par COTUSAL respectaient la législation tunisienne (une tolérance en moins de 10 mg/kg d'iodate de potassium est tolérée au niveau de la distribution, soit un taux entre 25 et 45 mg/kg). Le deuxième fournisseur de sel vend du sel non iodé industriellement.

### 3. CONTRÔLE DE L'IODATION DU SEL AU NIVEAU DES DÉTAILLANTS

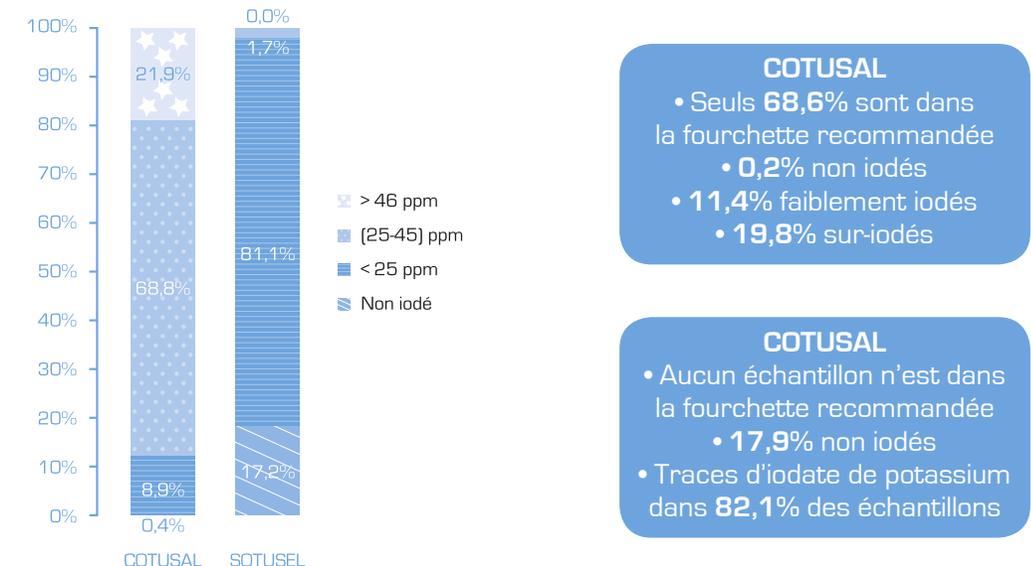
Chez les détaillants, nous avons retrouvé les mêmes marques que chez les grossistes, COTUSAL et SOTUSEL et les mêmes variétés.

Le contrôle de la concentration de l'iodate de potassium dans le sel a montré des résultats similaires à ceux observés chez les grossistes: les médianes et les moyennes des concentrations de l'iodate de potassium du sel fabriqué par COTUSAL étaient dans les normes recommandées. Par contre, celles du sel fabriqué par SOTUSEL étaient non conformes (tableau XIII).

**Tableau XIII** : Concentration de l'iodate de potassium (mg/kg) dans le sel chez les détaillants

	COTUSAL			SOTUSEL	
	Flament bleu	Flament blanc	Rose de mer	Bleu	Blanc
Effectif	739	505	117	54	24
Médiane	39,3	37,4	44,7	2,0	1,4
Moyenne	36,8	38,1	44,2	2,9	2,0
Erreur standard de la moyenne	2,5	1,6	0,5	0,9	0,6
Minimum	0,0	0,0	26,8	0,0	0,0
Maximum	83,8	128,4	55,3	39,3	5,4

Cependant, pour la marque COTUSAL, nous avons remarqué, qu'il y avait des lots non iodés dans les variétés «Flament bleu» et «Flament blanc» et des lots iodés en excès dans ces deux variétés. Seule la variété «Rose de mer» présentait une concentration conforme aux seuils recommandés (figure 8). Pour la marque SOTUSEL et pour les deux types de sachets de sel vendus chez les détaillants, il y avait des lots non iodés, des lots avec des traces d'iodate de potassium. Seuls, 1,7 % des lots sélectionnés pour l'enquête avaient une concentration d'iodate de potassium dans les normes recommandées.

**Figure 8** : Schéma récapitulatif de la qualité de l'iodation du sel chez les détaillants

Nous avons également collecté du sel «El gargabia», vendu en vrac sur le marché de quelques localités du Sud et qui était non iodé.

### 4. CONTRÔLE DE L'IODATION DU SEL AU NIVEAU DES CONSOMMATEURS

Nous avons dosé l'iodate de potassium dans 1560 échantillons de sel, ramenés par les élèves sélectionnés pour l'enquête nationale sur le statut en iode.

#### 4.1. CONCENTRATION DE L'IODATE DE POTASSIUM DANS LE SEL

**A l'échelle nationale**, la médiane de la concentration de l'iodate de potassium dans le sel était de 37,4 mg/kg et la moyenne de  $33,8 \pm 1,2$  mg/kg. Ces valeurs étaient donc dans la fourchette tolérée, fixée par l'arrêté de 1996, à savoir 25-45 mg/kg [tableau XIV].

**A l'échelle régionale**, les médianes variaient entre 32,0 et 41,0 mg/kg et les moyennes entre 26,7 et 41,2 mg/kg. Ces valeurs étaient conformes à la législation. Il est à noter que dans toutes les régions, du sel non iodé et du sel surdosé (allant jusqu'à presque quatre fois le seuil maximum toléré) étaient consommés par les ménages [tableau XIV].

Selon les marques, le sel produit par COTUSAL présentait un taux moyen d'iodate de potassium conforme ( $37,4 \pm 0,9$  mg/kg) alors que celui fabriqué par SOTUSEL était faiblement iodé ( $15,2 \pm 2,8$  mg/kg). Les échantillons de SOSASEL étaient très faiblement iodés (3,2 mg/kg d'iode ou 5,6 mg/kg d'iodate); la présence de l'iode étant un des composants naturels de ce sel qui est d'origine marine. Les échantillons de «El gargabia» ne présentaient aucune trace d'iode.

**Tableau XIV** : Concentration de l'iodate de potassium (mg/kg) dans le sel chez les consommateurs à l'échelle nationale et des régions

	NATIONAL	Grand Tunis	Nord Est	Nord Ouest	Centre Est	Centre Ouest	Sud Est	Sud Ouest
Effectif	1560	240	180	360	240	180	180	180
Médiane	37,4	41,0	40,1	37,4	32,0	39,3	39,3	39,3
Moyenne	33,8	37,8	34,7	32,3	26,7	34,2	38,3	41,2
Erreur Standard de la moyenne	1,2	1,9	2,8	2,2	3,9	3,5	1,1	1,6
Minimum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maximum	165,9	85,7	73,2	67,8	71,3	58,8	108,8	165,9

#### 4.2. PRÉVALENCE DE L'ADÉQUATION DE L'IODATION DU SEL

A l'échelle nationale, 6,2 % des lots de sel consommés dans les ménages étaient non iodés et 15,6 % avaient une concentration faible (< 25 mg/kg). Seuls 55,8 % avaient une concentration conforme à la législation tunisienne (25-45 mg/kg) alors que 22,4 % avaient un taux d'iodation supérieur à la limite maximale recommandée, soit > 45 mg/kg [tableau XV].

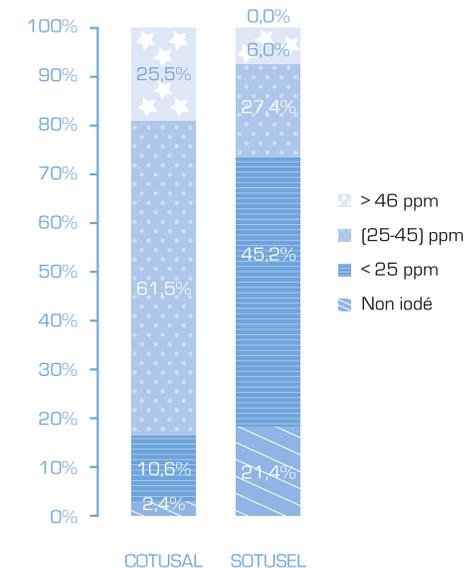
**Tableau XV** : Prévalence de l'adéquation de l'iodation du sel au niveau des ménages selon la législation tunisienne

Concentration de l'iodate de potassium (mg/kg)	Effectif	Proportion (%) [CI à 95 %] <sup>1</sup>
Sel non iodé	103	6,2 % [4,6-8,4]
> 0 - <25	207	15,6 % [10,3-22,3]
≥ 25-45	890	55,8 % [50,5-61,1]
> 45	360	22,4 % [19,1-26,0]

<sup>1</sup> Intervalle de confiance à 95 %

A l'échelle régionale, les lots de sel non iodé ont été retrouvés surtout dans la région du Nord Est (43,3%), suivi par la région du Grand Tunis (17,2%), la région du Centre Ouest (12,1%) et Centre Est (12,0%). D'autre part, les lots sur-dosés en iodate de potassium ont été retrouvés surtout au Sud Est, (25,1%) et au Sud Ouest (16,8%). La région du Nord Est contenait la proportion la plus faible (5,9 %) de ce type de sel.

De point de vue marque, seuls 61,5% du sel produit par COTUSAL étaient conformes alors que 2,4% étaient non iodés et 25,5% sur-iodés. Quant au sel produit par SOTUSEL et consommé par les ménages, presque la moitié était soit faiblement iodée, soit carrément non iodée, alors que 6% étaient sur-iodés (Figure 9).



**Figure 9** : Adéquation de l'iodation du sel chez les consommateurs

#### 5. RELATION ENTRE L'IODATION DU SEL ET LE STATUT EN IODE DES ENFANTS

Nous avons recherché s'il existe une relation entre le taux d'iode dans le sel et le statut en iode des enfants. Après ajustement sur l'âge, le sexe, l'état nutritionnel, le milieu et la région d'habitation des enfants, les résultats ont montré qu'il existe une relation positive entre un statut excédentaire en iode (CIU  $\geq 500$   $\mu\text{g}/\text{l}$ ) et une iodation du sel destiné aux ménages excédentaire par rapport à la législation tunisienne (> 45 mg/kg).

Le risque est multiplié par 1,6 fois (RPR=1,6 [IC à 95 % = 1,2-2,6] ;  $p = 0,041$ ). Aucune association n'a été décelée entre la carence d'apports en iode (CIU < 100  $\mu\text{g}/\text{l}$ ) et le taux d'iode dans le sel [tableau XVI].

<sup>1</sup>Concentration de l'iode urinaire. <sup>2</sup>RPR «Relative Prevalence Ratios» ajustés, calculés en utilisant un modèle de régression logistique multivariée multinomiale, ayant comme catégorie de référence les enfants à CIU entre 100 et 499  $\mu\text{g}/\text{l}$ , l'ajustement a été réalisé sur l'âge, le sexe, l'état nutritionnel, le milieu et la région. <sup>3</sup>Intervalle de Confiance à 95 % du RPR.

**Tableau XVI** : Relations entre la carence ou l'excès en iode chez les enfants et la qualité d'iodation du sel consommé par les ménages

Variable	Effectif	CIU <sup>1</sup> < 100 µg/l vs 100 µg/l [CIU] 500 µg/l		CIU ≥ 500 µg/l vs 100 µg/l [CIU] 500 µg/l	
		RPR <sup>2</sup> ajusté	IC <sup>3</sup>	RPR <sup>2</sup> ajusté	IC <sup>3</sup>
<b>Taux d'iodate de potassium dans le sel (mg/kg)</b>		P = 0,532		P = 0,049	
Non iodé	103	1,2	0,8 - 1,9	0,2	0,1-2,1
> 0 - < 25	207	1,0	0,5 - 2,1	0,9	0,5-1,4
> 45	360	0,9	0,7 - 1,4	1,6	1,2-2,6 ; <b>P=0,041</b>

## 6. CONCLUSIONS

- Le long de la chaîne de commercialisation du sel iodé, la conformité à la législation en matière d'iodation du sel est défaillante et irrégulière. Des lots non iodés ou sur-iodés sont commercialisés.
- Chez les consommateurs, le sel produit par le principal fournisseur du marché tunisien et le seul qui pratique l'iodation au moment de l'enquête, environ les deux tiers de la production étaient conformes à la législation tunisienne alors que le quart du sel fabriqué était surdosé et 2,4 % non iodés.
- Pour SOTUSEL, qui couvre presque 14 % de la demande des ménages, l'iodation était dans son ensemble non conforme.
- Presque 2 % des ménages tunisiens consommaient du sel non iodé, «El gargabia», fabriqué localement à partir de la Sebkhet El Melah, du gouvernorat de Médenine, et qui a été retrouvé chez des ménages du Centre et du Sud.
- Une relation positive a été retrouvée entre l'excès d'iode dans le sel et le statut excédentaire en iode chez les enfants.

## III - ENQUÊTE SUR L'IMPACT ET LES CAUSES DE LA CARENCE OU DE L'EXCÈS D'APPORTS EN IODE SUR LE FONCTIONNEMENT DE LA THYROÏDE

Tous les enfants carencés en iode (CIU < 100 µg/l) ou ayant un excès d'apports en iode (CIU ≥ 500 µg/l), soit 15,6 % de l'échantillon initial (225 élèves, 100 garçons et 118 filles, dont 156 carencés et 69 en excès) ont été recontactés pour des examens complémentaires. Sur l'ensemble des enfants sélectionnés, six (2,7 %) ont refusé de se faire examiner et un enfant (0,4 %) n'a pas été retrouvé. Les explorations supplémentaires ont donc été réalisées sur un ensemble de 218 enfants, répartis sur l'ensemble du pays (97 % de l'échantillon prévu).

### 1. IMPACT DE LA CARENCE OU DE L'EXCÈS D'APPORTS EN IODE

Nous avons recherché les conséquences de la carence ou de l'excès d'apport en iode sur le fonctionnement thyroïdien. Tous les enfants recontactés ont bénéficié d'une échographie de la thyroïde et d'un dosage sanguin de la Tg, des anti-Tg, de la TSH et de la FT4 circulants.

#### 1.1. EXAMEN DE LA THYROÏDE

Le goitre a été retrouvé chez 23,0 % [IC à 95 % = 18,1-28,7] des enfants identifiés comme étant carencés en iode lors de l'enquête nationale, et chez 28,2 % [IC à 95 % = 14,1-48,4] des enfants identifiés comme ayant un excès d'apports en iode, soit une prévalence de 24,4 % [IC à 95 % = 17,8-32,5] pour l'ensemble des enfants.

Le goitre était réparti de façon homogène entre les filles (20,9 % [IC à 95 % = 12,7-32,3]) et les garçons (28,9 % [IC à 95 % = 18,1-40,5] ; p = 0,349).

#### 1.2. DOSAGE DE LA THYROGLOBULINE ET DES AUTO-ANTICORPS ANTI-THYROGLOBULINE

Un dysfonctionnement de la thyroïde, révélé par un taux élevé de la Tg et/ou des anti-Tg positifs, a été retrouvé chez 70,7 % [IC à 95 % = 61,0-78,8] des enfants identifiés comme étant carencés en iode lors de l'enquête nationale, et chez 75,3 % [IC à 95 % = 63,0-84,5] des enfants identifiés comme ayant un excès d'iode, soit une prévalence de 72,0 % [IC à 95 % = 64,5-78,4] pour l'ensemble des deux groupes. Ce dysfonctionnement était réparti de façon similaire entre les filles (74,1 % [IC à 95 % = 63,9-82,2]) et les garçons (69,9 % [IC à 95 % = 59,1-78,8]). Parmi les enfants porteurs d'un goitre, le dysfonctionnement thyroïdien a été retrouvé chez tous les goitreux.

#### 1.3. DOSAGE DE LA THYREOSTIMULINE HORMONE ET DE LA THYROXINE

Le dosage de la TSH et de la FT4 permettent le dépistage d'un éventuel dysfonctionnement de la thyroïde dans la population générale. Aucun enfant de l'enquête n'avait un taux de TSH bas. Un taux élevé de TSH a été retrouvé chez 5,8 % [IC à 95 % = 2,2-14,2] des carencés en iode, et 6,4 % [IC à 95 % = 2,6-14,6] de ceux ayant un excès d'iode.

La concentration plasmatique de la TF4 était normale chez tous les enfants.

La TSH élevée associée à une FT4 normale, retrouvée chez 5,9 % [IC à 95 % = 2,9-11,7] des enfants, est révélatrice d'une hypothyroïdie infra-clinique. Parmi les enfants porteurs de goitre, 9,5 % [IC à 95 % = 3,6-22,6] avaient une hypothyroïdie en cours de développement.

## 2. CAUSES DE LA CARENCE OU DE L'EXCÈS D'APPORT EN IODE

En sus des problématiques d'iodation du sel au niveau national ou régional, des déterminants multiples et combinés sont impliqués dans le déficit ou l'excès en iode. Ces causes peuvent être immédiates (niveau de l'individu comme la consommation alimentaire) ou sous-jacentes (niveau de la famille comme un accès insuffisant aux produits alimentaires; niveau de la société telle que la disponibilité des aliments riches en iode).

Les aspects quantitatifs et qualitatifs de l'alimentation des enfants ont été analysés.

### 2.1. APPORTS EN ENERGIE, MACRO- ET MICRONUTRIMENTS

Les apports en énergie et en macronutriments étaient similaires entre les deux groupes, qu'ils soient carencés ou en excès d'iode (tableau XVII). Ces apports étaient dans la fourchette des apports conseillés pour la population française (54). En effet, le taux de couverture moyen des besoins, c'est-à-dire, la valeur moyenne de la consommation énergétique observée sur la valeur de l'apport conseillé était de  $107,1 \pm 2,1\%$  pour l'ensemble des enfants ( $106,1 \pm 2,7\%$  pour les carencés et  $109,4 \pm 3,4\%$  pour ceux présentant un excès d'apports en iode).

En ce qui concerne les protéines, la valeur moyenne d'apport dépassait de loin le seuil minimum recommandé qui est de  $0,90 \text{ g/kg/jour}$  pour les enfants de moins de 8 ans et de  $0,85 \text{ g/kg/j}$  pour les 8 ans et plus. En effet, le taux de couverture de la consommation des protéines est de  $2,88\%$  pour l'ensemble des deux groupes d'enfants ( $289\%$  pour les carencés en iode et  $284\%$  pour ceux en excès).

La part relative des lipides dans la contribution énergétique totale ne dépassait pas le seuil limite supérieur qui est de  $33\%$  pour cette catégorie de population. En effet, les lipides constituaient  $32\%$  de l'apport énergétique total. La structure des acides gras dans les graisses alimentaires respectait aussi les recommandations internationales.

Tableau XVII : Apports en énergie, macronutriments et iode

Effectif	Ensemble des deux groupes	CIU <sup>1</sup> <100 µg/l	CIU ≥ 500 µg/l	Valeur P CIU <sup>1</sup> <100 µg/l vs ≥ 500 µg/l
218	150	68		
Energie (kcal/j)	1860 [31] <sup>4</sup>	1830 [47]	1940 [49]	0,130
Protéines (g/j)	61,0 [1,5]	60,5 [1,9]	62,3 [2,4]	0,296
Glucides (g/j)	246,6 [3,7]	242,5 [5,0]	257,3 [8,1]	0,300
Lipides (g/j)	66,0 [2,4]	64,7 [3,1]	69,5 [2,5]	0,061
AGS <sup>2</sup> (% énergie totale)	8,9 [0,4]	8,9 [0,5]	8,8 [0,3]	0,358
AGMI <sup>3</sup> (% énergie totale)	10,7 [0,4]	10,5 [0,4]	11,2 [0,7]	0,051
AGPI <sup>4</sup> (% énergie totale)	9,5 [0,3]	9,6 [0,3]	9,4 [0,7]	0,644
Cholestérol (mg/j)	188,6 [13,8]	185,6 [18,3]	196,2 [22,0]	0,114
Iode (µg/j)	143,6 [3,7]	133,3 [4,2]	181,4 [8,2]	0,000

<sup>1</sup>Concentration de l'iode urinaire ; <sup>2</sup>Acides gras saturés ; <sup>3</sup>Acides gras monoinsaturés ;

<sup>4</sup>Acides gras polyinsaturés ; <sup>4</sup>Moyenne (erreur standard)

## 2.2. APPORTS ALIMENTAIRES EN IODE

L'iode est un minéral essentiel qui n'est pas fabriqué par l'organisme et qui doit-être, par conséquent, fournit par l'alimentation.

La moyenne de consommation de l'iode était de  $143,6 \pm 3,7 \mu\text{g/j}$  pour l'ensemble des enfants,  $133,3 \pm 4,2 \mu\text{g/j}$  pour ceux ayant un déficit en iode dans les urines de  $181,4 \pm 8,2 \mu\text{g/j}$  pour les enfants ayant un excès. La différence entre les deux groupes est hautement significative. La dispersion des valeurs individuelles est importante avec un minimum de  $7,9 \mu\text{g/j}$  et un maximum qui atteint  $388,1 \mu\text{g/j}$ .

Les recommandations internationales étant de  $120 \mu\text{g/j}$  pour les enfants de 6-12 ans et de  $150 \mu\text{g/l}$  pour les plus de 12 ans, l'apport moyen est donc insuffisant à correct pour le groupe des carencés mais excédentaire chez les enfants présentant un surplus d'iode urinaire.

### 2.3. SOURCES EN IODE ALIMENTAIRE

Nous avons recherché les principales sources alimentaires en iode et leur part respective dans l'apport global quotidien en iode (figure 10).

Les résultats ont montré que pour les deux groupes d'enfants, le pain était la principale source d'iode, avec une contribution de  $43,4\%$  des apports en iode pour les enfants carencés et  $31,1\%$  pour ceux ayant un excès. Le sel ajouté aux préparations culinaires constituait aussi une source importante d'iode, soit respectivement  $35,0\%$  et  $46,9\%$ . Le lait et ses dérivés ( $11,8\%$  et  $10,3\%$ ). Les œufs ( $4,3\%$  et  $5,0\%$ ) et les poissons ( $0,6\%$  et  $1,8\%$ ) contribuent faiblement dans l'apport total en iode.

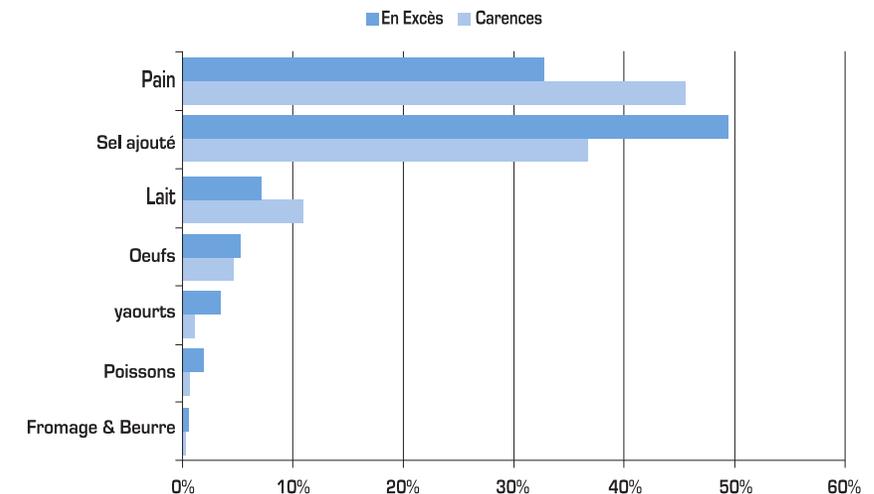


Figure 10 : Aliments contribuant pour 95 % à l'ingéré moyen en iode alimentaire

Ceci veut dire qu'entre 75 et 80 % de l'ingéré total en iode chez les enfants d'âge scolaire provient du sel. D'où l'importance de la qualité d'iodation du sel. Un déficit ou un excès d'iode dans le sel peut avoir des conséquences néfastes sur la santé comme l'a prouvé cette enquête.

## CONCLUSION GENERALE RECOMMANDATIONS

C'est aux années soixante dix que pour la première fois en Tunisie, le problème du goitre endémique a été identifié dans la région du Nord Ouest et c'est en 1984 que l'hypothèse de la carence iodée a été évoquée. Une première législation (décret n° 84-674) fixant les conditions de l'iodation du sel, a été lancée en 1984. Dans la région du Nord Ouest, zone d'endémicité goitreuse, la vente de ce type de sel était exclusive.

Différentes enquêtes régionales se sont succédées par la suite pour montrer l'échec de l'application de cette réglementation. De nouvelles mesures d'intervention ont été prises à la fin de 1995 (décret n° 95-1633) et au début de 1996 (arrêté du 8 avril 1996) qui ont **i)** généralisé l'iodation du sel ; **ii)** renforcé le taux d'iodation du sel à la production et à la distribution ; **iii)** exigé un équipement adéquat et fiable et un contrôle continu chez les producteurs.

En 2005, un comité de surveillance des TDCI a été créé, ayant comme président le Ministre de la santé publique, comme coordinateur le Directeur de la DSSB et comme membres, les représentants des ministères impliqués, producteurs, organisations non gouvernementales et internationales et médias. Ce comité avait pour missions d'élaborer et de mettre en application un plan de suivi et d'évaluation du programme national de l'iodation du sel.

D'autre part, la Tunisie dispose **i)** d'un laboratoire d'analyse de l'iode dans le sel et dans les urines ; **ii)** d'un système de contrôle de la chaîne de distribution du sel iodé ; **iii)** d'un monitoring continu de l'impact de ce programme auprès des élèves scolarisés.

Est-ce que la Tunisie a réussi à éliminer les TDCI? Est-ce que le circuit de commercialisation du sel iodé est correctement contrôlé?

Autrement dit, est-ce que le programme national de lutte contre les TDCI a atteint ses objectifs, à savoir :

- un taux de couverture > 90 % des ménages qui consomment du sel correctement iodé ;
- Une proportion < 50 % de la population ayant une CIU < 100 µg/l ;
- Une proportion < 20 % de la population ayant une CIU < 50 µg/l.

La réponse à ces questions a nécessité la réalisation de cette enquête nationale, auprès des enfants scolarisés, âgés de 6 à 12 ans et le long de la chaîne de commercialisation du sel.

Le constat a été le suivant :

## 1. ENQUÊTE SUR LE STATUT EN IODE DES ÉCOLIERS

### 1. 1. A L'ÉCHELLE NATIONALE

- Chez les enfants scolarisés, âgés de 6 à 12 ans, la médiane de la CIU était dans la fourchette de 200-299 µg/l pour les deux sexes, ce qui traduit des apports en iode supérieurs aux besoins mais qui sont actuellement considérés comme acceptables dans un pays qui pratique la généralisation de l'iodation du sel depuis des années.
- La médiane de la CIU était significativement plus élevée chez les garçons que chez les filles, mais pour les deux sexes, les médianes sont dans la fourchette acceptable.
- Seuls 11,4 % des écoliers avaient une carence en iode (CIU < 100 µg/l). Cette prévalence est faible et ne peut constituer un problème de santé publique. **L'objectif d'avoir moins de 50 % de la population ayant une CIU < 100 µg/l a été largement dépassé.**

- La carence en iode de type modéré à sévère ne touchait que 3,1 % des écoliers. Cette prévalence est considérée comme étant négligeable. **L'objectif d'avoir moins de 20 % de la population ayant une CIU < 50 µg/l a été largement dépassé.**
- La carence iodée sévère était presque inexistante aussi bien chez les filles que chez les garçons.
- La distribution de la CIU a montré que presque les 2/3 des enfants (63,4%) avaient une concentration dans la fourchette optimale (100-199 µg/l) ou acceptable (200-299 µg/l). Cependant, le quart avait une CIU ≥ 300 µg/l et 4,2 % une CIU ≥ 500 µg/l. Des études épidémiologiques ont montré que les enfants ayant une CIU ≥ 500 µg/l étaient à risque élevé de dysfonctionnement thyroïdien.
- Après ajustement sur les facteurs démographiques, anthropométriques, environnementaux et socio-économiques :
  - Les enfants vivant dans la région du Nord Est semblent être 3,4 fois plus à risque d'avoir des apports en iode insuffisants par rapport à leurs besoins, comparés aux enfants des autres régions.
  - Le fait d'habiter les régions du Sud semblait fragiliser les enfants vis-à-vis de l'excès d'apport en iode. En effet, le risque d'être en excès d'iode était multiplié par 5,9 au Sud Est et par 3,6 au Sud Ouest.
  - Les garçons semblent plus à risque d'excès d'iode que les filles.
  - Le statut en iode des enfants scolarisés de 6 à 12 ans ne semble pas lié à l'âge ni au statut socio-professionnel des parents

## 1. 2. SELON LE MILIEU

- La médiane de la CIU dans les milieux urbain et rural et pour les deux sexes était dans la fourchette «excès d'apport par rapport aux besoins», mais considérée comme acceptable pour un pays pratiquant l'iodation du sel depuis des années.
- La distribution de la CIU était comparable entre les deux milieux et chez les deux sexes.

## 1.3. A L'ÉCHELLE RÉGIONALE

- Seule la région du Nord Est présentait une médiane de la CIU optimale (100-199 µg/l). Dans la région du Sud Est, elle était à risque élevé de problèmes de santé pour les écoliers (≥ 300 µg/l). Pour les autres régions, la médiane de la CIU était dans la fourchette d'excès d'apport par rapport aux besoins mais acceptable.
- La carence en iode la plus élevée était observée dans la région du Nord Est et la plus faible dans la région du Sud Ouest. Les autres régions avaient des prévalences intermédiaires de la carence.
- La région du Sud Est présentait une prévalence non négligeable d'excès d'iode par rapport aux besoins, alors que dans la région du Nord Est, peu de cas ont été décelés.

## 2. ENQUÊTE SUR LA QUALITÉ DE L'IODATION DU SEL EN TUNISIE

### 2.1. AU NIVEAU DU PRODUCTEUR

- Un seul producteur a pu être contrôlé, COTUSAL, le principal fournisseur du sel alimentaire en Tunisie (84% du marché local).

- Les trois variétés de sel contrôlées avaient une médiane d'iodate de potassium autour de 40 mg/kg, qui est donc dans la fourchette recommandée par la législation tunisienne au niveau de la production (35-45 mg/kg), et aussi celle des recommandations internationales qui peuvent s'appliquer au cas tunisien. L'iodation du sel est donc conforme au niveau de la production, sur les échantillons collectés en juillet 2012.

### 2.2. AU NIVEAU DES GROSSISTES

- Deux marques ont été identifiées et contrôlées : COTUSAL et SOTUSEL.
- Pour la marque COTUSAL, quelques lots étaient vendus non iodés (0,2%), 11,4% faiblement iodés et uniquement les 2/3 correctement iodés. Un fait important à relever : presque le 1/5 des lots était surdosé.
- Pour la marque SOTUSEL, aucun échantillon n'était dans la fourchette recommandée par la législation tunisienne : 18% des échantillons étaient non iodés et le reste contenaient des traces d'iode.
- Les deux marques trouvées chez les détaillants, COTUSAL et SOTUSEL, présentaient des concentrations en iode similaires à celles des grossistes, avec des lots non iodés (0,4% pour le premier et 17,2% pour le second) et des lots sur-iodés allant jusqu'à deux fois le seuil maximal toléré.
- Un sel non industrialisé, et donc non iodé, fabriqué localement à partir de Sebket El Melah (gouvernorat de Médenine) a été retrouvé exposé à la vente dans quelques marchés du Sud et du Centre. Il s'agit du sel «El gargabia».

### 2.4. AU NIVEAU DES MÉNAGES

- La médiane de la concentration de l'iodate de potassium dans le sel était de 37,4 mg/kg, donc dans la fourchette fixée par la législation tunisienne (25 à 45 mg/kg).
- Seuls 55,8% des ménages consommaient du sel correctement iodé. **L'objectif de couvrir plus que 90 % des ménages avec du sel correctement iodé est loin d'être atteint.**
- Parmi les ménages, 6,2 % consommaient du sel non iodé, 15,6 % du sel faiblement iodé et 22,4 % des ménages du sel surdosé.
- Quatre types de sel ont été retrouvés au niveau des ménages : COTUSAL, SOTUSEL, SOSASEL et «El gargabia».
- Seuls 61,5 % du sel fabriqué par COTUSAL et consommé par les ménages tunisiens étaient conformes.
- Seul le quart du sel de la marque SOTUSEL était conforme.

### 3. RELATIONS ENTRE STATUT EN SEL DES ENFANTS ET QUALITÉ DE L'IODATION DU SEL

Après ajustement sur l'âge, le sexe, l'état nutritionnel, le milieu et le niveau social et professionnel des parents, une relation positive a été retrouvée entre le sel fortement iodé et le statut excédentaire en iode chez les enfants. Ceci veut dire que la qualité de l'iodation du sel commercialisé est inadaptée et pourrait-être impliquée dans la genèse d'éventuels dysfonctionnements de la thyroïde chez ces enfants. Ceci est d'autant plus important que le sel de cuisine constitue la principale source d'iode alimentaire [75 à 80 % de l'ingéré total].

### 4. ETAT DE FONCTIONNEMENT DE LA THYROÏDE CHEZ LES ENFANTS CARENCES OU AYANT UN EXCÈS D'IODE

- Le goitre a été décelé par échographie chez 23,0 % des enfants carencés en iode et 28,2 % de ceux sur-dosés, soit 24,4 % pour l'ensemble de ces deux enfants. Le goitre était réparti de façon similaire entre les filles et les garçons.
- Parmi les enfants ayant un statut en iode carencé, 70,7 % avaient un dysfonctionnement thyroïdien, révélé par une stimulation de la sécrétion de la Tg et/ou des anti-Tg positifs. Ce dysfonctionnement touchait 75,3 % des enfants avec excès d'iode. Ce dysfonctionnement était réparti de la même manière entre filles et garçons.
- Une TSH élevée associée à une Ft4 normale, révélatrice d'une hypothyroïdie infra-clinique, a été retrouvée chez 5,9 % de l'ensemble des enfants ayant un statut en iode perturbé et chez 9,5 % de ceux porteurs de goitre.

### RECOMMANDATIONS

Les résultats tendent à montrer que le sel commercialisé présente une iodation qui n'est souvent pas en accord avec les recommandations (trop ou trop peu iodé) et des risques en termes de santé publique peuvent donc en découler. Cette situation pourrait être améliorée par des changements majeurs dans le programme de suivi et de contrôle, qui nécessiterait une remise à plat et une révision des procédures.

Un meilleur contrôle de la chaîne de production et de distribution du sel iodé est indispensable, et le monitoring régulier et continu de la CIU des enfants scolarisés est à réactiver et optimiser. Cette action globale pourrait se faire dans le cadre de la mission d'une agence nationale de contrôle des produits alimentaires, qui centraliserait toutes les actions de contrôle et de suivi, afin de maximiser l'utilisation des ressources et optimiser les actions actuellement réparties de façon sous-optimale entre les ministères de la santé, du commerce, de l'agriculture et de l'intérieur. Les organisations multilatérales comme l'UNICEF et l'OMS pourraient être impliquées dans cette révision de la plateforme du programme, vu leur expertise dans le domaine.

Une telle agence est en cours de négociation entre les ministères impliqués.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. WHO. Recommended iodine levels in salt and guidelines for monitoring their adequacy and effectiveness. Geneva: World Health Organisation; 1996 [WHO/nuT/96.13].
2. WHO/UNICEF/ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programme managers. Geneva (Switzerland): World Health Organization; 2007.
3. Bleichrodt N, Born MP. A meta-analysis of research on iodine and its relationship to cognitive development. In: JB S, editor. The damaged brain of iodine deficiency. New York: Cognizant Communication; 1994.
4. OMS. Carence en iode: Rapport du Secrétariat. Conseil Exécutif, EB103/27; 1999.
5. OMS. Prévention et contrôle des troubles dus à la carence iodée. Résolution WHA43.2. Quarante-troisième Assemblée mondiale de la Santé. Genève; 1990.
6. WHO/UNICEF/ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programme managers. Second ed. Geneva: World Health Organization; 2001.
7. WHO/UNICEF/ICCIDD. Progress towards the elimination of iodine deficiency disorders [WHO/NHD/99.4]. Geneva: World Health Organization; 1999.
8. deBenoist B, Andersson M, Takkouche B, Egli I. Prevalence of iodine deficiency worldwide. *Lancet* 2003;362:1859-60.
9. Hamza M, Boukhris R, Ayed HB. Goitre endémique dans le Nord-Ouest Tunisien. Proceeding du IIIème Congrès Médical Maghrébin, Tunis (Tunisie) 1973; 6-7 septembre .
10. Boukhris R, Guedri H, Hamza H, Ayed HB. Le goitre simple: fréquence et évaluation biologique. *Tunisie Médicale*. 1981;5:339-43.
11. INNNTA. Enquête nationale de nutrition 1973-75. Rapport préliminaire. Institut national de nutrition et de technologie alimentaire Ministère de la santé publique. Tunis; 1978.
12. Nagati K, Doghri T, Kallal Z. Le goitre endémique en Tunisie. *Cahiers Médicaux de Tunisie*. 1980;42:40-8.
13. Hsairi M, BenSlama F, BenRayana C, Fakhfakh R, Romdhane HB, Vester A, et al. Prévalence du goitre endémique dans une région du Nord Ouest de la Tunisie-1993. *Tunisie Médicale*. 1994;72:663-9.
14. elMay MV, Bourdoux P, Boukhris K, Mtimet S. Paradoxical urinary iodine concentration in an endemic goitre area of Tunisia. *European Journal of Epidemiology*. 1994;10:353-4.
15. DSSB. Enquête nationale sur la prévalence du goitre en Tunisie et la médiane de l'iode urinaire chez les enfants scolarisés de 8 à 11 ans. Ministère de la Santé Publique. Direction des Soins de Santé de Base. Tunis; 1995.
16. INNNTA. Evaluation de l'état nutritionnel de la population tunisienne. Enquête nationale de nutrition 1996/97. Ministère de la Santé Publique Institut National de Nutrition et de Technologie Alimentaire Tunis 2000. p. 312.
17. DSSB/UNICEF. Rapport sur le contrôle de l'iodation du sel. Ministère de la Santé Publique Direction des Soins de Base Tunis; 2000.
18. Allen L. Guidelines on food fortification with micronutrients. World Health Organization and Food and Agricultural Organization of the United Nations. Geneva; 2006.
19. Ministère de l'éducation. Statistiques de l'éducation, année scolaire 2010-2011. Direction générale des études, de la planification et des systèmes d'information. République tunisienne, p25.
20. OMS. Utilisation et interprétation de l'anthropométrie. Rapport d'un comité OMS d'experts. Série de rapports techniques n°854. Genève; 1995.
21. DeOnis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*. 2007;85(9):660-7.
22. WHO. Multicenter growth Reference Study Group: WHO Child Growth Standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age: Methods and development. World Health Organization. Geneva; 2006.
23. deMaeyer EM, Lowenstein FW, Thilly CH. The control of endemic goitre. World Health Organization. Geneva; 1979.
24. Pino S, Fang SL, Braverman LE. Ammonium persulfate: a safe alternative oxidizing reagent for measuring urinary iodine. *Clinical Chemistry*. 1996;42(2):239-43.
25. deBenoist B. Iodine deficiency in 2007: Global progress since 1993. *Food and Nutrition Bulletin*. 2008;29(3):195-202.
26. Jaffe M. Über den niederschlag, welchen pikrinsaure in normalen hrn erzeugt und über eine neue reaction des kreatinins. *Z Physiol Chem*. 1886;10:391-400.
27. Heinegard D, Tiderstrom G. Determination of serum creatinine by a direct colorimetric method. *Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry*. 1973;43(3):305-10.
28. Vasiliades J. Reaction of alkaline sodium picrate with creatinine: I. Kinetics and mechanism of formation of the mono-creatinine picric acid complex. *Clin Chem*. 1976;22(10):1664-71.
29. Park JT, 2nd, Hennessey JV. Two-week low iodine diet is necessary for adequate outpatient preparation for radioiodine rhtSH scanning in patients taking levothyroxine. *Thyroid*. 2004;14: 57-63.
30. Zimmermann MB, Saad A, Hess SY, Torresani T, Chaouki N. Thyroid ultrason compared to WHO 1960 and 1994 palpation criteria for determination of goitre prevalence in regions of mild and severe iodine deficiency. *Eur J Endocrinol*. 2000;143:727-31.
31. Brunn J, Block U, Ruf G, Bos I, Kunze WP, Scriba PC. Volume tricanalysis of thyroid lobes by real-time ultrasound. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, vol. 106, no. 41, pp. 1338-1340, 1981.
32. WHO/UNICEF/ICCIDD. Assessment of iodine deficiency and monitoring their elimination. A guide for programme managers. Geneva, 2007, updated 2008.
33. Peterson S, Sanga A, Eklof H, Bunga B, Taube A, Gebre-Medhin M, et al. Classification of thyroid size by palpation and ultrasonography in field surveys. *Lancet* 2000; 355:106-10.
34. Zimmermann M, Hess SY, Molinari L, deBenoist B. New reference values for thyroid volume by ultrason in iodine-sufficient schoolchildren: a WHO/NHD Iodine Deficiency Study Group Report. *Am J Clin Nutr*. 2004;79:231-7.
35. IZembart M. Thyroglobuline. EMC (Elsevier Masson SAS) Biologie Clinique. 2003;90-10-0895.
36. Spencer CA, Wang CC. Thyroglobulin measurement. Techniques, clinical benefits, and pitfalls. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*. 1995;24(4):841-63.
37. Missler U, Gutekunst R, Wood WG. Thyroglobulin is a more sensitive indicator of iodine deficiency than thyrotropin: development and evaluation of dry blood spot assays for thyrotropin and thyroglobulin in iodine deficient geographical areas. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. 1994;32(3):137-44.
38. Ristic-Medic D, Piskackova Z, Hooper L, et al. Methods of assessment of iodine status in humans: a systematic review. *Am J Clin Nutr*. 2009;89(6):2052S-69S. doi:10.3945/ajcn.2009.27230H
39. ICCIDD., UNICEF., WHO. Assessment of Iodine Deficiency Disorders and Monitoring Their Elimination: A Guide for Programme Managers. Geneva: World Health Organization; 2007.
40. Zimmermann MB, Aeberli I, Andersson M, Assey V, Yorg JA, Jooste P, Jukic T, Kartono D, Kusic Z, Pretell E, 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 IUC range of 100-299 mug/L: a UNICEF/ICCIDD study group report. *J Clin Endocrinol Metab* 2013;98:1271-80.
41. Soldin OP. Controversies in urinary iodine determinations. *Clinical biochemistry*. 2002;35(8):575-9.
42. Demers LM, Spencer CA. Laboratory medicine practice guidelines: laboratory support for the diagnosis and monitoring of thyroid disease. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2003;58(2):138-40.
43. Zimmermann MB, Aeberli I, Andersson M, Assey V, Yorg JAJ, Jooste P, Jukic T, Kartono D, Kusic Z, Pretell E, San Luis TOL, Untoro J, Timmer A. 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 g/L: A UNICEF/ICCIDD Study group report. *J Clin Endocrin Metab*, 2013, 98(3): 1-10; doi:10.1210/jc.2012-3952.

44. WHO/ICCIDD/UNICEF. Indicators for assessing iodine deficiency disorders and their control through salt iodization. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 1994.
45. Piketty ML. Hormone thyroïdostimulante (TSH). EMC (Elsevier Masson SAS) Biologie Clinique. 2003;90-10-0555.
46. Howe LD, Galobardes B, Matijasevich A, Gordon D, Johnston D, Onwujekwe O, Patel R, Webb EA, Lawlor DA, Hargreaves JR: Measuring socio-economic position for epidemiological studies in low- and middle-income countries: a methods of measurement in epidemiology paper. *Int J Epidemiol* 2012, 41(3):871-886 [Epub 2012/03/23].
47. Thompson, FE and Byers, T. Dietary assessment resource manual. *J Nutr*. 1994;124(11 Suppl): 2245S-2317S.
48. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1:307-10.
49. Hosmer DW, Lemeshow S: *Applied Logistic Regression*. Second edition. New York: John Wiley & Sons; 2000.
50. Sullivan KM, Houston R, Cervinkas J, Gorstein J. Monitoring universal salt iodization programs. *Program Against Micronutrient Malnutrition*. Atlanta; 1995.
51. Todd CH. Increase in thyrotoxicosis associated with iodine supplements in Zimbabwe. *Lancet*. 1995;346(1563-1564).
52. Stanbury JB. Iodine-induced hyperthyroidism: occurrence and epidemiology. *Thyroid*. 1998;8(83-100).
53. Zimmermann MB. High thyroid volume in children with excess dietary iodine intakes. *Am J Clin Nutr*. 2005;81(840-844).
54. Potier de Courcy G, Frelut ML, Friker J, Martin A et Dupin H. 2003. Besoins nutritionnels et apports conseillés pour la satisfaction de ces besoins. *Encycl Méd Chir; Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, Endocrinologie-Nutrition, 10-308-A- 10*.

## ANNEXE 1

**Section 1 :** Iode urinaire

**Section 2 :** Recherche du goitre

**Section 3 :** Rappel de 24-heures

**Section 4 :** Questionnaire de Fréquence

**Section 5 :** Caractéristiques socioéconomiques du ménage

**Section 6 :** Consentement libre et éclairé

### SECTION 1: IODE URINAIRE

Code enquêteur : ..... Date de l'enquête :

#### 1. IDENTIFICATION DE L'ECOLE

Gouvernorat : .....    
 District : .....      
 Milieu : .....   
 Nom de l'école : .....   
 Adresse école : .....  
 ..... Téléphone : .....

#### 2. IDENTIFICATION DE L'ELEVE

Nom et prénom : .....  
 Date de naissance :       ..... Lieu : .....    
 Adresse personnelle : .....  
 ..... Téléphone : .....

Code élève :

#### 3. DONNEES SOCIOECONOMIQUES

Age du père : ..... Age de la mère : .....  
 Profession du père : .....    
 Profession de la mère : .....    
 Niveau d'instruction du père : .....   
 Niveau d'instruction de la mère : .....   
 Nombre de frères et sœurs :  ..... Nombre de personnes dans le ménage :

#### 4. MESURES ANTHROPOMETRIQUES

Poids (kg) :    ..... Taille (cm) :

#### 5. COMMENTAIRES

Urines du matin prélevées : OUI  NON   
 Si non, pourquoi ? .....   
 Sel du ménage de l'enfant prélevé : OUI  NON   
 Si non, pourquoi ? .....

### SECTION 2 : RECHERCHE DU GOITRE

Code enquêteur : ..... Date de l'enquête :

#### 1. IDENTIFICATION DE L'ECOLE

Milieu :  Gouvernorat :   Code district :     Code école :    
 Adresse école : .....  
 ..... Téléphone : .....

#### 2. IDENTIFICATION DE L'ELEVE

Identifiant élève :  Code élève :       
 Nom et prénom : .....  
 Date de naissance :       ..... Lieu : .....  
 Adresse personnelle : .....  
 ..... Téléphone : .....

#### 3. EXAMEN DE LA THYROÏDE PAR ECHOGRAPHIE

Volume de la thyroïde :    ml  
 Conclusion de l'examen .....

### SECTION 3: RAPPEL DE 24 HEURES

Nom et Prénom de l'enquêté : Sexe : M  F   
 Gouvernorat : Date de l'enquête :     2009 Code famille :    
 Code personne :     Code enquêteur :

#### Lister tous les aliments qu'il a consommés HIER

Quand ?	Code	Quoi ? (plats, aliments, boissons)	Code aliment	Ingrédients	Code ingrédients
1. Petit-déjeuner	<input type="checkbox"/>		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
2. Collation matin	<input type="checkbox"/>		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
3. Déjeuner	<input type="checkbox"/>		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
4. Collation après-midi	<input type="checkbox"/>		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
5. Diner	<input type="checkbox"/>		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
6. Collation soir	<input type="checkbox"/>		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		

## SECTION 4 : QUESTIONNAIRE DE FRÉQUENCE

## Au cours des 7 derniers jours, votre enfant a-t-il mangé ?

	Aliments	Consommation		Combien de jours ?	
		(Entourez la réponse)	Code	Nombre de jours	
1	Poissons	(1) oui (2) non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Œufs	(1) oui (2) non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Lait	(1) oui (2) non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Yaourt	(1) oui (2) non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Beurre	(1) oui (2) non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Fromage	(1) oui (2) non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Chou	(1) oui (2) non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Chou-fleur	(1) oui (2) non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Navet	(1) oui (2) non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Radis	(1) oui (2) non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## SECTION 5 : CARACTERISTIQUES SOCIOECONOMIQUES DU MENAGE

Nom et Prénom de l'enquêté : ..... Sexe : M  F   
 Gouvernorat :  Code élève :  Date de l'enquête :   
 Niveau de scolarité : .....  
 Date de naissance :  Lieu : .....  
 Téléphone : ..... Mail : .....

## Questions

Questions	Code
Nom et prénom du chef de ménage .....	
Date de naissance <input type="checkbox"/> Lieu .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Sexe : M ..... F .....	<input type="checkbox"/>
Est-ce que le chef du ménage exerce une activité professionnelle ? هل يعمل رب الأسرة ؟	<input type="checkbox"/>
	OUI 1 Retraité 2 Personne âgée sans pension 3 Inapte au travail 4 Autre, précisez 5
Si OUI, précisez .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Est-ce que le conjoint du chef de ménage exerce une activité professionnelle ? هل يعمل القرين ؟	<input type="checkbox"/>
	OUI 1 En chômage 2 Retraité 3 Personne âgée sans pension 4 Inapte au travail 5 Autre, précisez ..... 6
Si OUI, précisez .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Niveau d'instruction du chef de ménage ما هو المستوى الدراسي لرب الأسرة ؟	<input type="checkbox"/>
	Non scolarisé/kouteb/PNEA 1 Primaire (1-6 ans de scolarité) 2 Secondaire incomplet (7-12 ans de scolarité) 3 Secondaire complet (13 ans de scolarité) 4 Supérieur (14 ans et plus de scolarité) 5
Niveau d'instruction du conjoint du chef de ménage ما هو المستوى الدراسي للقرين ؟	<input type="checkbox"/>
	Non scolarisé/kouteb/PNEA 1 Primaire (1-6 ans de scolarité) 2 Secondaire incomplet (7-12 ans de scolarité) 3 Secondaire complet (13 ans de scolarité) 4 Supérieur (14 et plus ans de scolarité) 5
Nombre de personnes à charge / عدد أفراد الأسرة	<input type="checkbox"/>
Nombre de personnes actives dans le ménage / عدد الأفراد العاملين في الأسرة	<input type="checkbox"/>

## Caractéristiques du logement

Quel est le type de logement du ménage? ما هو نوع المسكن ؟	<input type="checkbox"/>
	Maison arabe 1 Villa ou étage de villa 2 Appartement 3 Maison populaire 4 Habitation rudimentaire (gourbi, baraque, tente..) 5 Oukala 6
Autre, précisez .....	7

Disposez-vous de l'électricité ?	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
De quel type de système d'évacuation disposez-vous ?	Système d'égout		1 <input type="checkbox"/>
	autre		2 <input type="checkbox"/>
De quel genre de WC disposez-vous à la maison ?	Privatif		1 <input type="checkbox"/>
	Commun à plusieurs habitations		2 <input type="checkbox"/>
Quelle est la source d'eau de boisson pour les membres de la famille	Eau courante à la maison		1 <input type="checkbox"/>
	Robinet privé en dehors de la maison		2 <input type="checkbox"/>
	Robinet public		3 <input type="checkbox"/>
	Citerne		4 <input type="checkbox"/>
	Eau de bouteille		5 <input type="checkbox"/>
	Autre, précisez .....		6 <input type="checkbox"/>
En accession à la propriété Votre statut vis-à-vis du logement ?	Propriétaire		1 <input type="checkbox"/>
			2 <input type="checkbox"/>
	Locataire		3 <input type="checkbox"/>
	Hébergé gratuitement chez des amis / parents / logement de fonction		4 <input type="checkbox"/>
<b>Éléments de confort dans le logement</b>			
Combien de pièces à coucher			<input type="checkbox"/>
Disposez-vous d'une cuisine	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
Disposez-vous d'une salle de bain	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
Disposez-vous d'un réfrigérateur	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
Disposez-vous d'un lave-linge	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
Disposez-vous d'un lave-vaisselle	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
Disposez-vous d'une parabole	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
Disposez-vous d'internet	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
Disposez-vous d'une télévision	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
	Si OUI, précisez le nombre .....		<input type="checkbox"/>
Disposez-vous d'un chauffage	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
	Si OUI, précisez le nature .....		<input type="checkbox"/>
Disposez-vous d'un climatiseur	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
	Si OUI, précisez le nombre .....		<input type="checkbox"/>
Disposez-vous d'un téléphone (fixe ou GSM)	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
	Si oui, précisez le nombre de lignes (fixe et GSM)		<input type="checkbox"/>
Disposez-vous d'une voiture	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
	Si OUI, précisez le nombre		<input type="checkbox"/>
Disposez-vous d'un ordinateur	Oui=1	Non=0	<input type="checkbox"/>
	Si OUI, précisez le nombre		<input type="checkbox"/>
<b>Accès financier aux soins</b>			
Quel est le type de couverture sociale? ما هو نظام استرجاع المصاريف ؟	Indigent=1 ; Carte de soins avec tarif réduit=2 ; CNAM formule 1=3 ; CNAM formule 2=4 ; CNAM formule 3=5 ; Ministère de l'intérieur=6 ; Ministère de la santé=7 ; Ministère de la défense=8 ; Gratuité des soins=9 ; Payant=10 ; Autre, précisez .....		

**SECTION 6 : CONSENTEMENT LIBRE ET ECLAIRE**

Je soussigné (Nom et prénom) .....  
parent ou tuteur de l'enfant (Nom et Prénom).....  
accepte volontairement de faire participer mon enfant à l'étude sur «le statut en iode».  
Le superviseur de l'étude sus-citée, ....., m'a clairement expliqué l'objectif de la recherche, sa méthodologie, sa durée, les bénéfices attendus, et m'a informé de mon droit de refuser de faire participer mon enfant à cette enquête ou de retirer mon consentement à tout moment sans encourir aucune responsabilité.  
L'identité de mon enfant et toutes les informations nous concernant resteront strictement secrètes.

J'autorise le personnel collaborateur avec le responsable de l'enquête à prendre connaissance de ces informations.

Je déclare que je ne m'opposerai pas à l'utilisation de ces résultats pour l'étude.

Date et signature précédées de la remarque suivante : « lu et approuvé »

**Le tuteur de l'enfant** .....

Date et lieu .....

**شهادة الموافقة بعد الإطلاع**

أنا الموقع أدناه [الاسم واللقب] .....  
ولي الطفل [الاسم واللقب] .....  
أوافق على مشاركة ابني في الدراسة «مستوى اليود في الجسم لدى الأطفال».  
ولقد أطلعني المراقب ..... عن طبيعتها وهدفها ومدتها، كما أتيت لي كل الإمكانيات للاستشارة بشأن مواصفاتها.  
بعد التفكير بالموضوع، أدلي بموافقتي على مشاركة ابني في هذه الدراسة.

ولقد أعلمت بإمكانني من الانسحاب في أي وقت إذا رغبت بذلك.

هويتي والمعلومات المتعلقة بابني و بي تبقى سرية على الإطلاع. أسمح للأشخاص المتعاونين مع المسؤول عن الدراسة، والموكلين من قبله، وممثلي السلطات الصحية بالإطلاع على تلك المعلومات. كما أصرح بأنني لن أعيق استغلال نتائج تلك الدراسة.

التاريخ والتوقيع مسبقين بالملاحظة التالية : «بعد الإطلاع والموافقة»

..... **الولي**  
..... لتاريخ و المكان

Répartition des entreprises par gouvernorat : base de sondage et échantillon

	51370			51382			52111			52112			52272			Total			Echantillon						Taux de sondage										
	Fruits secs	Epices et salaisons		Fruits secs	Epices et salaisons		Fruits secs	Epices et salaisons		Fruits secs	Epices et salaisons		Entreprises	Population		51370	51382	52111	52112	52272	Total	51370	51382	52111	52112	52272	Total	51370	51382	52111	52112	52272	Total		
Tunis	15	6	414	5026	40	2228	605	8334	6091	3	50	51	3	31	138	50	12	1,0	8	5	2,3														
Ariana	2		151	2443	32	1148	217	3993	2843		19	25	3	11	58		13	1,0	9	5	2,0														
Ben arous	5	3	171	2977	40	1144	285	4625	3476	3	21	30	3	15	72	100	12	1,0	8	5	2,1														
Mannouba	3		94	2381	9	1042	195	3724	2679		12	24	3	10	49		13	1,0	33	5	1,8														
Nabeul	5	12	177	3987	23	1130	385	5719	4584	5	22	40	3	20	90	42	12	1,0	13	5	2,0														
Zaghouan			20	1090	6	351	57	1524	1173		3	11	3	3	20		15	1,0	50	5	1,7														
Bizerte			88	3476	13	860	135	4572	3712		11	35	3	7	56		13	1,0	23	5	1,5														
Béja		1	57	2016	6	431	51	2562	2131	1	7	21	3	3	35	100	12	1,0	50	6	1,6														
Jendouba			44	2635	4	578	47	3308	2730		6	27	3	3	39		14	1,0	75	6	1,4														
Le kef	2		49	1734	2	352	56	2195	1841		6	18	2	3	29		12	1,0	100	5	1,6														
Siliana			27	1271	4	280	59	1641	1361		4	13	3	3	23		15	1,0	75	5	1,7														
Sousse		5	172	3714	70	866	186	5013	4147	3	21	38	3	10	75	60	12	1,0	4	5	1,8														
Monastir		2	127	2522	20	590	98	3359	2769	2	16	26	3	5	52	100	13	1,0	15	5	1,9														
Mandja	2	19	102	2946	12	409	117	3607	3196	5	13	30	3	6	57	26	13	1,0	25	5	1,8														
Sfax	19	6	272	4074	59	873	230	5533	4641	3	33	41	3	12	92	50	12	1,0	5	5	2,0														
Kairouan	3	1	81	2901	9	430	167	3592	3159	1	10	30	3	9	53	100	12	1,0	33	5	1,7														
Kasserine			89	2543	4	351	117	3104	2753		11	26	3	6	46		12	1,0	75	5	1,7														
Sidi bouzid			73	2324	9	336	56	2798	2462		9	24	3	3	39		12	1,0	33	5	1,6														
Gabes		2	52	1772	15	354	46	2241	1887	2	7	18	3	3	33	100	13	1,0	20	7	1,7														
Mednine	10	3	105	2223	19	441	180	2981	2530	3	13	23	3	9	51	100	12	1,0	16	5	2,0														
Tataouine	1		13	719	4	181	14	932	750		3	8	3	3	17		23	1,1	75	21	2,3														
Gafsa	2	1	43	2176	5	531	102	2860	2327	1	6	22	3	6	38	100	14	1,0	60	6	1,6														
Tozeur			16	773	4	179	26	998	819		3	8	3	3	17		19	1,0	75	12	2,1														
Kebili		1	12	980	15	193	37	1238	1045	1	3	10	3	3	20	100	25	1,0	20	8	1,9														
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>62</b>	<b>2449</b>	<b>58703</b>	<b>424</b>	<b>15278</b>	<b>3468</b>	<b>80453</b>	<b>65106</b>	<b>33</b>	<b>309</b>	<b>599</b>	<b>71</b>	<b>187</b>	<b>1199</b>	<b>53</b>	<b>13</b>	<b>1,0</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>1,8</b>														

51370 : Commerce de gros de café, thé, cacao et épices ; 51382 : Commerce de gros alimentaires spécialisés divers ; 52111 : Commerce d'alimentation générale ;

52112 : Supérettes, supermarchés et hypermarchés ; 52272 : Commerce de détail de grains, légumes secs, produits d'épicerie

## ANNEXE 2

- Répartition à l'échelle nationale des entreprises qui vendent le sel à usage alimentaire
  - Taille de l'échantillon par gouvernorat
  - Taux de sondage par gouvernorat

## ANNEXE 3

Liste des personnes ayant participé à l'enquête

La direction administrative du projet a été assurée par Madame Naïma Toujani, puis par Monsieur Noureddine BEN NACEF, Directeurs Généraux de l'Institut National de Nutrition et de Technologie Alimentaire (INNTA). La direction technique et scientifique de l'étude a été assurée par le Professeur Jalila EL ATI, chef de service «Etudes et Planification» Responsable du laboratoire de recherche SURVEN (surveillance et épidémiologie nutritionnelles en Tunisie), INNTA. La gestion financière du projet a été assurée par Madame Najoua BEN AMARA - JEMEL, Sous directeur des affaires financières et comptables, INNTA.

La préparation de la démarche scientifique et le suivi de l'enquête ont été supervisés par le

### Comité de pilotage :

El Ati Jalila	Professeur universitaire	INNTA
Ben Rayana Mohamed Chiheb	Professeur en Pharmacie	INNTA
Hsairi Mohamed	Professeur en Médecine	INSP
Nabli Mounira	Médecin inspecteur divisionnaire	DSSB
Garbouj Mounira	Médecin inspecteur	DMSU
Barguaoui Basma	Chargée de la communication	OMS
Fourati Akthem	Docteur en Médecine	UNICEF
Medimagh Amira Afifa	Médecin, Responsable du programme santé	
Ben Mustapha Francine	Programme santé	

Le personnel ayant directement participé à sa réalisation se répartit comme suit :

### 1. Gestion du matériel

Ben Bouzid Aicha	Pharmacienne	Trabelsi Meska	Administrateur
Trabelsi Ismail	Administrateur	Sassi Mohamed Helmi	Administrateur

### 2. Collecte des données sur le terrain

Trabelsi Tarek	Superviseur	Dammak Balcem	Technicien Supérieur
Béji Chiraz	Médecin Major	Dahri Afef	Technicien Supérieur
Lahmar Lilia	Médecin radiologue	Dhraief Afef	Technicien Supérieur
Doggi Radhouène	Doctorant	Farhat Amina	Technicien Supérieur
Sassi Sonia	Doctorante	Haddad Samira	Technicien Supérieur
Abassi Mehdi	Doctorant	Larbèche Olfa	Technicien Supérieur
Ben Gharbia Houda	Administrateur	El Hadj Hassen	Infirmier
Ben Massoud Nour El Houda	Technicien Supérieur	Berriche Zohra	Secrétaire
Chérif Samia	Technicien Supérieur	Wafa Zarrouk	Secrétaire

### 3. Traitement et analyse des données

El Ati Jalila	Professeur universitaire	Trabelsi tarek	Informaticien
Traissac Pierre	Ingénieur de recherche	Doggi Radhouène	Doctorant

### 4. Rédaction du rapport

Professeur Jalila El Ati

Nous tenons à remercier Messieurs les Gouverneurs, les Délégués, les Directeurs régionaux de la santé, les Directeurs régionaux de l'éducation, les Directeurs des écoles primaires et les Omdas de tous les gouvernorats, ainsi que les parents des élèves sélectionnés, de nous avoir aidé à mener à bien cette enquête.

