

Évaluation de l'impact nutritionnel de l'introduction de composés iodés dans les produits agroalimentaires

Mars 2005

Coordination scientifique
Esther Esinam Kalonji

Coordination éditoriale
Carole Thomann

I	Introduction générale	5
I.1	Introduction	5
I.1.1	Contexte	5
I.1.2	Références	6
I.1.3	Objectifs du groupe de travail.....	6
I.1.4	Composition du groupe de travail	6
I.1.5	Organisation et mode de fonctionnement du groupe de travail	9
I.2	Définitions	9
I.2.1	Liminaires	9
I.2.2	Définitions et conventions d'écriture.....	10
I.2.3	Références	11
II	Statut biologique et apports alimentaires en iode de la population	13
II.1	Etudes sur le statut biologique en iode de populations françaises.....	13
II.1.1	Statut biologique en iode du jeune enfant de moins de 6 ans (2 études).....	13
II.1.2	Statut biologique en iode de l'adolescent (2 études)	14
II.1.3	Statut biologique en iode de la population adulte (étude SU.VI.MAX, 1994-1995)	15
II.1.4	Statut biologique en iode de la femme enceinte (3 études).....	16
II.1.5	Conclusions	17
II.1.6	Références	18
II.2	Enquêtes de consommation mesurant les apports alimentaires en iode de populations françaises.....	18
II.2.1	Les apports alimentaires en iode évalués à partir l'enquête de consommation alimentaire de l'INSEE (1991).....	18
II.2.2	Les apports alimentaires en iode évalués à partir de l'enquête INCA (1998-1999)	19
II.2.3	Validité.....	27
II.2.4	Conclusions	28
II.2.5	Références	29
II.3	L'iode alimentaire	29
II.3.1	Métabolisme	29
II.3.2	Absorption et biodisponibilité.....	29
II.3.3	Les Apports Nutritionnels Conseillés (ANC)	30
II.3.4	Sources alimentaires	31
II.3.5	Innocuité	32
II.3.6	Références	35
II.4	Impact de l'utilisation de composés iodés en alimentation et en santé animales sur la composition en iode des produits laitiers	36
II.4.1	Introduction	36
II.4.2	Les concentrations en iode du lait en France	37
II.4.3	Les concentrations en iode du lait dans les pays industrialisés.....	38
II.4.4	L'origine de l'iode dans le lait	40
II.4.5	Proposition de réduction de la teneur en iode du lait.....	42
II.4.6	Simulation de la réduction de la concentration d'iode dans les produits laitiers	43
II.4.7	Conclusions	44
II.4.8	Références	44
II.5	Stratégies communautaires pour augmenter les apports en iode	45
II.5.1	Campagnes d'information et d'éducation nutritionnelle	45
II.5.2	Enrichissement du sel en iode	49
II.5.3	Le sel iodé en Europe	51
II.5.4	Le sel iodé en France	52
II.5.5	Stratégies complémentaires : introduction de sel iodé dans les produits alimentaires transformés.....	54
II.5.6	Conclusions	56
II.5.7	Références	57
III	Simulations d'enrichissement en iode	59
III.1	Les critères de décision de l'enrichissement et du choix du vecteur	59
III.1.1	Introduction	59
III.1.2	Bénéfice nutritionnel pour le consommateur d'un enrichissement en iode	60

III.1.3	Critères d'identification des groupes à risque d'insuffisance d'apport en iode	60
III.1.4	Les critères d'innocuité de l'enrichissement	63
III.1.5	Critères de choix de l'aliment vecteur ou des aliments vecteurs d'iode	63
III.1.6	Détermination du niveau d'enrichissement et de son utilité : études de simulation	64
III.1.7	Références.....	64
III.2	Simulations d'enrichissement en iode de la totalité du sel alimentaire.....	65
III.2.1	Objectifs	65
III.2.2	Méthodes	65
III.2.3	Résultats des simulations d'enrichissement en iode de la totalité du sel alimentaire .	68
III.2.4	Validité	75
III.2.5	Conclusions.....	75
III.2.6	Références.....	76
III.3	Simulation d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries	76
III.3.1	Choix de l'aliment vecteur	76
III.3.2	Les consommations de pain, biscottes et viennoiseries.....	77
III.3.3	Objectifs des simulations d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries.....	78
III.3.4	Estimation des rapports bénéfice-innocuité des simulations d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries.....	86
III.3.5	Choix du taux d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries .	92
III.3.6	Les différents modes d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries	92
III.3.7	Références.....	93
IV	Recommandations du groupe de travail.....	95
IV.1	Stratégies.....	95
IV.2	Communication relative aux aliments enrichis en iode.....	96
IV.3	Mise en œuvre et suivi des recommandations d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries	97
IV.4	Recommandations vis-à-vis de la recherche.....	97
V	Annexes	99
V.1	Annexe 1 : Décision de création du groupe de travail	99
V.2	Annexe 2 : Avis de l'Afssa du 31 juillet 2002.....	101
V.3	Annexe 3 : Classification des aliments consommés dans l'enquête INCA en 44 groupes (903 lignes de produits utilisés dans INCA 1999).....	104
V.4	Annexe 4 : Différents scénarios d'enrichissement en iode de la totalité du sel alimentaire (sel de table, de cuisson, contenu dans les aliments transformés).....	117

I.1 Introduction

Depuis la publication en 1985 du premier rapport traitant du statut en iode des populations européennes, la France occupe une position intermédiaire entre les pays d'Europe du nord où les apports en iode sont satisfaisants, et ceux d'Europe du sud encore marqués par une déficience modérée, à la limite de la carence résiduelle dans certaines régions d'Italie ou d'Espagne (Scriba *et al.* 1985). Il existe donc un risque important pour les populations exposées de ne pouvoir répondre à toute situation physiologique correspondant à une augmentation des besoins en iode (croissance, puberté, grossesse, allaitement).

Tous les pays européens ont adopté des mesures de prophylaxie de la déficience en iode reposant sur une autorisation d'enrichissement du sel en iode. Limitée dans un premier temps au seul sel à usage domestique, cette autorisation a été élargie dans quelques pays au sel alimentaire industriel entrant dans la fabrication de certains produits alimentaires, source de conflit avec les recommandations de santé publique visant à une réduction du risque d'hypertension artérielle par une diminution de la teneur en sel des aliments transformés.

I.1.1 Contexte

La réduction de la déficience en iode constitue l'un des 100 objectifs de la loi relative à la politique de santé publique avec un objectif chiffré de réduction de 20 % de la fréquence de la déficience en iode dans la population vivant en France au terme de la période 2004-2008 (J.O. n° 185 du 11/08/2004).

L'évolution des modes de consommation avec le développement de la restauration collective et hors foyer, et la part croissante occupée par les produits transformés ont rendu marginale l'efficacité de la salière domestique comme vecteur du sel iodé. Le sel ajouté (sel de cuisson et sel d'ajout volontaire) représente environ 20 % de l'apport total en sel (James *et al.* 1987), et moins de 50 % de ce sel est enrichi en iode (Comité des Salines de France 2003). Les campagnes de prévention du risque d'hypertension artérielle engagées depuis plus de vingt ans ont conduit à diminuer la fréquence d'utilisation de la salière domestique, ainsi que les quantités ajoutées de sel.

Les récentes recommandations du rapport "Sel" de l'AFSSA (AFSSA 2002) en faveur d'une réduction des apports sodés (-20 % en 5 ans), notamment *via* de meilleures pratiques culinaires et comportementales (utilisation non systématique de la salière domestique), devraient encore réduire l'impact du sel iodé ajouté dans la prophylaxie de la déficience en iode.

Les enquêtes nationales de consommation permettent aujourd'hui de disposer de données précises de consommations alimentaires individuelles des enfants et des adultes en France. Elles ont été utilisées pour des travaux de simulation nutritionnelle : simulations d'enrichissement des aliments en vitamines et minéraux (enrichissement des produits laitiers frais en vitamine D) ou simulations de recommandations nutritionnelles. Elles devraient permettre, grâce à la réalisation d'une table de composition alimentaire en iode, de disposer d'évaluations quantitatives liées à l'enrichissement d'aliments en iode et de montrer l'absence de risque pour la population en contrôlant les risques de dépassements des limites supérieures de sécurité.

I.1.2 Références

(Les chapitres étant indépendants les uns des autres, les références bibliographiques sont regroupées à la fin de chaque chapitre).

Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA). - Rapport Sel : évaluation et recommandations. AFSSA, 2002, 200 p.

Comité des Salines de France. - Rapport du Délégué Général, 2003.

James W.P.T., Ralph A., Sanchez-Castillo C.P. - The dominance of salt in manufactured food in the sodium intake of affluent societies. *Lancet* 1987; 1: 426-429.

Loi relative à la politique de santé publique (n° 2004-806) du 09/08/2004. Journal Officiel, n° 185 du 11/08/2004.

Scriba P.C., Beckers C., Bürgi H., Escobar del Rey F., Gembicki M., Koutras D.A., Lamberg B.A., Langer P., Lazarus J.H., Querido A., Thilly C., Vigneri R. - Goitre and iodine deficiency in Europe. Report of the subcommittee for the study of endemic goitre and iodine deficiency of the European Thyroid Association. *Lancet* 1985; 1: 1289-1293.

I.1.3 Objectifs du groupe de travail

Les objectifs du groupe de travail sont mentionnés dans l'article 1 de la décision relative à la création du groupe de travail "*Évaluation de l'impact nutritionnel de l'introduction de composés iodés dans les produits agroalimentaires*" datant du 20/06/2003 (n° 2003-09-355) (Annexe 1) :

- ◆ **Mise en œuvre d'une prophylaxie adéquate de la déficience en iode en France : évaluation de l'intérêt nutritionnel et du risque éventuel liés à un enrichissement en iode,**
- ◆ **Condition d'élargissement de la réglementation actuelle en vue de l'utilisation de sel iodé dans la fabrication :**
 - **de tous les aliments,**
 - **d'un nombre limité de nouveaux aliments vecteurs,**
- ◆ **Proposition(s) pour une alternative à l'enrichissement du sel en iode,**
- ◆ **Conditions de l'utilisation de produits iodés en alimentation et en santé animales (compléments minéraux, désinfectants, médicaments) dans les produits alimentaires.**

I.1.4 Composition du groupe de travail

La composition du groupe de travail "*Évaluation de l'impact nutritionnel de l'introduction de composés iodés dans les produits agroalimentaires*" est mentionnée dans l'article 2 de la décision relative à la création du groupe de travail, en date du 20/06/2003 (n° 2003-09-355). Le groupe de travail est composé des membres suivants :

◆ **Président :**

Pierre VALEIX
Epidémiologie
CNRS, U 557 INSERM-INRA-CNAM
Unité de Surveillance et d'Epidémiologie Nutritionnelle (USEN),
Institut de Veille Sanitaire (InVS)

◆ **Coordination scientifique et organisation :**

Esther Esinam KALONJI Nutrition
Unité d'Évaluation sur la Nutrition et les Risques Nutritionnels,
Afssa

Mathilde RAPHAËL* Nutrition
Unité d'Évaluation sur la Nutrition et les Risques Nutritionnels,
Afssa

**Interne de santé publique à l'AFSSA de mai à octobre 2003*

◆ **Membres du CES "Nutrition humaine" :**

Michèle GARABEDIAN Santé publique / Aliments vecteurs
CNRS U561, Hôpital Saint Vincent de Paul, Paris

Jean-Philippe GIRARDET Nutrition pédiatrique
Hôpital Armand-Trousseau, Paris

Bruno LESOURD Nutrition gériatrique
CHU Clermont Nord, Clermont-Ferrand

◆ **Autres Experts :**

Jacques BARNOUIN Epidémiologie : nutrition et santé animales
INRA, Saint-Genès-Champanelle

Philippe BRUNSCHWIG Nutrition et conduite du troupeau laitier
Institut de l'Élevage, Angers
Membre du CES "Alimentation animale"

Bertrand FAROULT Santé animale, Vétérinaire clinicien
Boos
Membre du CES "Santé animale"

Jean Louis IMBS** Hypertension artérielle
CHU Strasbourg, AFSSAPS

Jacques ORGIAZZI Endocrinologie
CHU Lyon Sud

Jean Michel POUL Toxicologie
Afssa Fougères
Membre du CES "Arômes, additifs et auxiliaires technologiques"

*** Démission transmise le 24/06/2004*

◆ **Membres issus d'associations de consommateurs :**

Eric BONNEFF UFC - Que Choisir

Robert VICTORIA Ingénieur
INC

◆ **Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) :**

Jean-Louis	BERTA	Responsable de l'Unité d'évaluation sur la nutrition et les risques nutritionnels
Jean-Christophe	BOCLÉ	Nutrition Unité d'évaluation sur la nutrition et les risques nutritionnels
Jayne	IRELAND	Responsable du Centre d'information sur la qualité des aliments (CIQUAL)
Mathilde	TOUVIER	Epidémiologie Pôle d'appui scientifique à l'évaluation du risque - Observatoire des consommations alimentaires/Epidémiologie nutritionnelle
Sandrine	VALENTIN	Alimentation animale Unité d'évaluation sur les risques physico-chimiques

◆ **Personnes auditionnées :**

Gérard	BROCHOIRE	Institut National de la Boulangerie Pâtisserie (INBP), Rouen
Philippe	CARON	Endocrinologie CHU Rangueil, Toulouse
Michel	CHAULIAC	Direction Générale de la Santé
Jean-François	CHESNEL	NEOLAIT, Yffiniac
Koenraad	DUHEM	Maison du Lait, Paris
Paule	ESCARGUEIL	Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF)
Thierry	GESLAIN	Association Nationale des Industries de l'Agroalimentaire (ANIA), Paris
Lilian	LELOUTRE	Société INZO, Château-Thierry
Hélène	MARFAING	Centre d'Etude et de Valorisation des Algues, Pleubian
Jean Luc	MARTIN	Centre Technique de la Salaison, de la Charcuterie et des Conserves de Viande (CTCSCV), Maisons-Alfort
Bernard	MOINIER	Comité des Salines de France, Paris
Jacques	POTUS	Laboratoire de Biochimie industrielle et agroalimentaire Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM), Paris
Laure	ROSSIGNOL	Association Nationale des Industries de l'Agroalimentaire (ANIA), Paris
Pascal	VANDEKERCKOVE	Société LESAFFRE, Marcq-en-Barœul

I.1.5 Organisation et mode de fonctionnement du groupe de travail

I.1.5.1 Calendrier

Le groupe de travail s'est réuni chaque mois, avec une progression de travail correspondant à un calendrier des tâches préétabli en relation avec les objectifs fixés. Le groupe de travail a librement sollicité et entendu les responsables économiques et les personnalités scientifiques travaillant dans le champ couvert par les objectifs du groupe de travail.

Les objectifs du groupe de travail ont été présentés le 08/06/2004 (P. Brunschwig, P. Valeix, E. Kalonji) au CES "Alimentation animale" en vue de sensibiliser les experts du CES aux conséquences sur la qualité nutritionnelle des aliments d'origine animale, des pratiques vétérinaires mettant en œuvre des substances riches en iode (compléments nutritionnels, désinfectants, médicaments).

I.1.5.2 Plan du rapport

Le groupe de travail a choisi de mener sa réflexion en 4 temps correspondant au plan de ce rapport :

- ◆ Constat initial :
 - statut biologique
 - apports alimentaires en iode
 - sources alimentaires
- ◆ Les produits laitiers aliments vecteurs d'iode
- ◆ Les simulations d'enrichissement
- ◆ Recommandations

I.2 Définitions

I.2.1 Liminaires

Les points suivants relatifs à la nutrition iodée et/ou à la prophylaxie de la déficience iodée en France et exprimés dans des rapports ou des avis précédemment publiés ont été considérés comme acquis et ne relevant pas de la compétence du groupe de travail :

- ◆ les apports nutritionnels conseillés (ANC) pour l'iode (Afssa 2002),
- ◆ le taux d'enrichissement en iode de 15-20 mg/kg du sel (salière et cuisson) destiné aux particuliers et à la restauration collective et hors foyer pour des conditionnements de moins de 1 kg,
- ◆ la nature de la substance d'apport nutritionnelle (iodure) utilisée pour enrichir le sel en iode (avis Afssa, 31 juillet 2002) (Annexe 2).

Les experts du groupe de travail ont été informés des recommandations du rapport "Sel" de l'Afssa. La réduction de 20 % de l'apport moyen en chlorure de sodium pour la population à 5 ans n'a pas été prise en compte dans les simulations qui ont utilisé les concentrations actuelles en sodium présentes dans la table de composition alimentaire du Centre d'Information sur la Qualité des Aliments (CIQUAL) non révisée à ce jour.

I.2.2 Définitions et conventions d'écriture

- ◆ **Apports Nutritionnels Conseillés (ANC)** : les apports nutritionnels conseillés ont été définis en prenant en compte la variabilité interindividuelle des besoins parmi les individus constituant une population homogène, de façon à couvrir les besoins nutritionnels de la quasi totalité (97,5 %) des individus constituant cette population.
- ◆ **Apports en iode** : les apports alimentaires en iode sont exprimés en $\mu\text{g}/24 \text{ h}$. Il s'agit de l'iode total (organique et inorganique) présent dans les aliments. La mesure de l'iode urinaire est un bon reflet des apports alimentaires, elle est souvent exprimée en $\text{nmol}/100 \text{ mL}$ ou en $\mu\text{mol}/24 \text{ h}$. Les facteurs de conversion de l'iode (1 mole = 127 g) sont les suivants :
 - $\mu\text{g}/100 \text{ mL} \times 7,87 = \text{nmol}/100 \text{ mL}$
 - $\text{nmol}/100 \text{ mL} \times 0,127 = \mu\text{g}/100 \text{ mL}$
 - $\text{ANC} = 150 \mu\text{g}/24 \text{ h} (1,18 \mu\text{mol}/24 \text{ h})$
- ◆ **Iode (aliments)** : l'iode est présent dans les aliments essentiellement sous la forme iodure, et pour une faible part sous la forme iodate. Les formes organiques sont nombreuses mais en très faible concentration dans les produits alimentaires. Iode doit s'entendre comme l'iode total dans le rapport. La mesure de l'iode contenu dans les aliments permet, à partir des données fournies par des enquêtes de consommation alimentaire, d'évaluer les apports alimentaires individuels en iode.
- ◆ **Iode (milieux biologiques)** : l'iode est mesuré dans tous les milieux biologiques. Dans la surveillance nutritionnelle des populations, on utilise comme indicateur nutritionnel l'iode mesuré dans les urines des nouveau-nés, des enfants, des adultes, et des femmes enceintes. La quantité d'iode peut être exprimée en concentration, être ajustée à la créatinine, ou au volume urinaire des 24 h. La quantité d'iode mesurée dans le lait maternel est exprimée en concentration ou ajustée à l'apport en énergie.

Les critères épidémiologiques permettant d'évaluer le statut en iode d'une population sont basés sur les concentrations médianes d'iode urinaire (WHO/UNICEF/ICCIDD 2001) :

Concentration médiane en iode urinaire ($\mu\text{g}/100 \text{ mL}$)	Statut en iode de la population
< 2,0	Déficiência sévère (carence)
2,0-4,9	Déficiência modérée
5,0-9,9	Déficiência légère
≥ 10	Statut en iode adéquat

- ◆ **Iode (lait et produits laitiers)** : la concentration en iode dans le lait s'exprime en μg par litre. L'usage pour les vétérinaires est d'exprimer cette valeur en μg par kg. Du fait de la densité du lait proche de l'unité (densité du lait de vache à 20 °C : 1,031 à 1,035 en moyenne), on assimilera un litre à un kilogramme, et selon les sources, litre et kilogramme seront employés indifféremment dans le texte.
- ◆ **Iodation du sel** : l'iodation du sel fait référence à l'enrichissement du sel en iode avec un composé de l'iode, iodure ou iodate de sodium ou de potassium, iodation est le plus souvent utilisé en place de ioduration ou iodatation.
- ◆ **Iode (sel enrichi)** : le taux d'enrichissement lié à la substance d'apport nutritionnel utilisée pour l'enrichissement du sel en iode est souvent exprimé en ppm (angl. *part per million*) ou son équivalent en français, partie par million (millionième ou 10^{-6}). Un sel enrichi à 15-20 ppm d'iode contient 15-20 mg d'iode par kg de sel, soit 15-20 μg d'iode par g de sel.

- ◆ **Sel des aliments** : la natriurèse (g de NaCl/24 h) constitue la seule mesure objective des apports sodés alimentaires. Dans l'aliment prêt à consommer, on distingue le sel « caché » (80 %), du sel lié à un usage volontaire (20 %). Le sel « caché » est constitué du sel présent à l'état naturel dans l'aliment (10 %) et du sel ajouté lors de la préparation (70-80 %). Le sel d'usage domestique (10-20 %) représente le sel de cuisson (6 %) et le sel ajouté volontairement (salière domestique) qui représente environ 10 % de l'apport total. Sel sera dans le rapport, équivalent au chlorure de sodium d'origine alimentaire.
- ◆ **Limites supérieures de sécurité de l'iode (LSS)** : Les limites supérieures de sécurité pour l'iode dans le présent rapport sont celles du SCF (Scientific Committee on Food, 2002).
- ◆ **Programme National Nutrition Santé (PNNS)** : L'objectif général du Programme National Nutrition Santé (PNNS) est l'amélioration de l'état nutritionnel, la réduction du risque de maladies chroniques, l'amélioration de l'état de santé et de la qualité de vie de la population générale par une politique nutritionnelle de santé publique. Les objectifs nutritionnels prioritaires du PNNS portent sur des modifications de la consommation alimentaire, des modifications des marqueurs de l'état nutritionnel, et sur la modification de l'hygiène de vie en relation avec la santé. Les guides alimentaires du PNNS permettent de disposer d'une information scientifiquement validée et de repères concrets de consommation.

Les repères de consommation du Programme National Nutrition Santé (PNNS 2004)

Fruits et légumes	au moins 5 par jour	<ul style="list-style-type: none"> • à chaque repas et en cas de petits creux • crus, cuits, nature ou préparés • frais, surgelés ou en conserve
Pain, céréales, pomme de terre et légumes secs	à chaque repas et selon l'appétit	<ul style="list-style-type: none"> • favoriser les aliments céréaliers complets ou le pain bis • privilégier la variété
Lait et produits laitiers (yaourts, fromages)	3 par jour	<ul style="list-style-type: none"> • privilégier la variété • privilégier les fromages les plus riches en calcium, les moins gras et les moins salés
Viandes et volailles, produits de la pêche et œufs	1 à 2 fois par jour	<ul style="list-style-type: none"> • en quantité inférieure à celle de l'accompagnement • viandes : privilégier la variété des espèces et les morceaux les moins gras • poisson : au moins deux fois par semaine
Matières grasses ajoutées	limiter la consommation	<ul style="list-style-type: none"> • privilégier les matières grasses végétales (huile d'olive, colza) • favoriser la variété • limiter les graisses d'origine animale (beurre, crème)
Produits sucrés	limiter la consommation	<ul style="list-style-type: none"> • attention aux boissons sucrées • attention aux aliments gras et sucrés à la fois (pâtisseries, crèmes dessert, chocolat, glaces)
Boissons	de l'eau à volonté	<ul style="list-style-type: none"> • au cours et en dehors des repas • limiter les boissons sucrées (privilégier les boissons « light ») • boissons alcoolisées : ne pas dépasser par jour : 2 verres de vin (de 10 cl) pour les femmes et 3 pour les hommes. 2 verres de vin sont équivalents à 2 demis de bière ou 6 cl d'alcool fort
Sel	limiter la consommation	<ul style="list-style-type: none"> • préférer le sel iodé • ne pas resaler avant de goûter • réduire l'ajout de sel dans les eaux de cuisson • limiter les fromages et les charcuteries les plus salés et les produits apéritifs salés

I.2.3 Références

WHO/UNICEF/ICCIDD - Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. A guide for programme managers, second edition. WHO/NHD/01.1. World Health Organization, 2001, Geneva, 107 p.

Programme National Nutrition Santé (PNNS) - Ministère de la Santé et de la Protection sociale 2004, <http://www.sante.gouv.fr/html/pointsur/nutrition/>

II Statut biologique et apports alimentaires en iode de la population

II.1 Etudes sur le statut biologique en iode de populations françaises

Les études retenues devaient satisfaire aux conditions suivantes : être récentes (postérieures à 1985), avoir un nombre significatif de sujets (des deux sexes), comporter des déterminations biologiques répondant à des critères de rigueur satisfaisants. Toutes ces études ont fait l'objet de publications (revue, congrès) ou correspondent à des travaux réalisés en collaboration avec des laboratoires reconnus et dont les résultats ont été présentés devant des jurys qualifiés (mémoires de stage).

Le recensement des études effectuées en France durant les 20 dernières années ne concerne que les études où le statut en iode estimé à partir d'un indicateur urinaire (médiane ou moyenne) était le critère principal ou secondaire de l'étude. Pour les femmes enceintes ou qui allaitent, il inclut également des études où la concentration en iode a été mesurée dans le lait maternel et/ou dans les urines des nouveau-nés.

II.1.1 Statut biologique en iode du jeune enfant de moins de 6 ans (2 études)

II.1.1.1 Population d'enfants recrutés dans les centres de bilans de santé de la CPAM de la ville de Paris (1992)

Etude descriptive sur le statut en iode de 1 222 enfants examinés lors des bilans de santé gratuits réalisés aux âges exacts de 10 mois ($n = 456$), 2 ans ($n = 368$) et 4 ans ($n = 398$) (Valeix *et al.* 1994). Le recrutement concernait des familles résidant à Paris et en Ile-de-France et relevant du régime général d'assurance maladie.

Les concentrations en iode ont été mesurées dans des échantillons aléatoires d'urine prélevés le matin. Les concentrations urinaires en iode supérieures à 60 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$ ($n = 11$) ont été exclues de l'échantillon final. Les résultats montraient que les enfants à 10 mois, 2 ans et 4 ans n'étaient pas à risque de déficience en iode (Tableau 1). Les concentrations médianes en iode urinaire diminuaient avec l'âge. L'origine géographique des parents (pays de naissance) était le déterminant principal du statut en iode des enfants. Les enfants nés de parents originaires du sud de l'Europe (Portugal, Espagne, Yougoslavie) avaient les concentrations les plus faibles aux trois âges.

Tableau 1. Statut biologique en iode ($\mu\text{g}/100 \text{ mL}$) d'enfants âgés de 10 mois, 2 ans et 4 ans résidant à Paris et en Ile-de-France (1992)

	10 mois ($n = 456$)	2 ans ($n = 368$)	4 ans ($n = 398$)
Iode urinaire			
médiane ($\mu\text{g}/100 \text{ mL}$)	18,1	13,4	11,6
< 5,0 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$ (%)	0,7	3,5	2,0
> 10,0 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$ (%)	82,0	67,7	62,8

II.1.1.2 Statut en iode d'enfants dans l'agglomération de Lille (2001-2002)

Etude descriptive sur le statut en iode de 160 enfants (93 garçons, 67 filles) âgés de 10 jours à 6 ans vus en consultation de protection maternelle et infantile (PMI) dans l'agglomération de Lille (Pouessel *et al.* 2003). Les concentrations en iode ont été mesurées dans des échantillons d'urine prélevés le jour de la consultation de PMI. La médiane (étendue) de la concentration en iode urinaire et le pourcentage de concentrations en iode urinaire > 10 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$ étaient respectivement de 19,6 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$ (0,4-104,2 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$) et 76 % dans l'échantillon total.

Tableau 2. Statut biologique en iode ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$) de nourrissons et d'enfants âgés de 10 jours à 6 ans, résidant dans l'agglomération de Lille (2001-2002)

	0-6 mois (n = 54)	6-24 mois (n = 58)	> 24 mois (n = 48)
Iode urinaire			
médiane ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$)	18,3	16,0	26,1
< 5,0 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ (%)	4	10	8
> 10,0 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ (%)	83	69	77

Chez les nourrissons de moins de 6 mois, et les jeunes enfants entre 6 et 24 mois, ou âgés de plus de 2 ans, les médianes des concentrations en iode urinaire et les pourcentages d'enfants ayant des concentrations urinaires en iode supérieures à 10,0 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ étaient élevés et démontraient une absence de risque de déficience en iode dans cette population (Tableau 2).

II.1.2 Statut biologique en iode de l'adolescent (2 études)

II.1.2.1 Statut biologique en iode d'adolescents âgés de 10 à 16 ans (1985)

Étude descriptive sur le statut en iode de 3 311 enfants constituant un sous échantillon de l'enquête nationale sur la prévalence du goitre réalisée en 1985 parmi 36 308 adolescents âgés de 10 à 16 ans recrutés dans les établissements scolaires (classes des collèges de 6^e à la 3^e) de 13 des 25 académies de la France continentale (Mornex 1987).

Les concentrations en iode urinaire > 25,0 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$, suspectes de contamination par des produits iodés étaient exclues des analyses finales. Le statut en iode, total et par académie était exprimé en concentration moyenne en iode urinaire ajustée sur l'excrétion de créatinine ($\mu\text{g}/\text{g}$ créatinine). Le nombre de collèges a varié de 40 à 60 selon les académies. Les résultats biologiques (moyenne \pm erreur standard de la moyenne [sem]) concernaient les enfants de 12 académies (données biologiques non disponibles pour l'académie de Reims) (Tableau 3). Les résultats ($\mu\text{g}/\text{g}$ créat.) rapportés au seuil de normalité de 100 $\mu\text{g}/\text{g}$ créatinine, montraient qu'à l'exception des académies de Lille (174,0 \pm 4,1 $\mu\text{g}/\text{g}$ créat.) et d'Aix-Marseille (126,6 \pm 3,1 $\mu\text{g}/\text{g}$ créat.), les 10 autres régions présentaient un risque de déficience en iode. Le risque de déficience était particulièrement élevé dans les 5 académies les plus continentales (Lyon, Nancy, Besançon, Clermont-Ferrand, Strasbourg).

Tableau 3. Statut biologique en iode ($\mu\text{g}/\text{g}$ créatinine) d'adolescents âgés de 10 à 16 ans (1985)

Académies	Iode $\mu\text{g}/\text{g}$ créatinine		
	n	moyenne	\pm sem
Lille	287	174,0	\pm 4,1
Aix-Marseille	921	126,6	\pm 3,1
Créteil	295	86,0	\pm 5,0
Orléans-Tours	87	85,0	\pm 2,9
Bordeaux	126	82,5	\pm 2,6
Grenoble	260	78,0	\pm 8,0
Montpellier	300	71,4	\pm 3,7
Lyon	157	66,6	\pm 1,2
Nancy	338	66,6	\pm 5,9
Besançon	173	66,4	\pm 1,7
Clermont-Ferrand	199	62,8	\pm 3,8
Strasbourg	168	55,0	\pm 2,5
Total	3 311	85,0	\pm 3,7

II.1.2.2 Statut biologique en iode d'enfants et adolescents âgés de 6 à 14 ans (1994)

Étude descriptive sur le statut en iode de 1 458 enfants scolarisés, recrutés dans 15 villes des régions Languedoc-Roussillon (n = 418), Lorraine (n = 338), Midi-Pyrénées (n = 409) et Rhône-Alpes (n = 293) (Caron *et al.* 1996).

Tableau 4. Statut biologique en iode (moyenne \pm écart-type [E.T.]) d'enfants et adolescents âgés de 6 à 14 ans (1994)

Régions	<i>n</i>	Iode $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$ (moyenne \pm E.T.)
<i>Languedoc-Roussillon</i>	418	13,8 \pm 7,5
Port-Vendres (66)	120	13,3 \pm 6,7
Gignac (34)	121	14,5 \pm 9,1
Mende (48)	105	14,2 \pm 6,8
Bagnols-sur-Cèze (30)	72	13,0 \pm 6,4
<i>Lorraine</i>	338	12,7 \pm 7,4
Uckange (57)	94	13,4 \pm 6,8
Nancy (54)	85	13,5 \pm 7,8
Ligny-en-Barrois (55)	112	12,9 \pm 7,5
Epinal (88)	47	9,4 \pm 7,0
<i>Midi-Pyrénées</i>	409	12,6 \pm 7,6
Rodez (12)	116	12,6 \pm 6,9
Toulouse (31)	76	13,1 \pm 8,6
Albi (81)	119	12,1 \pm 6,5
Foix (09)	98	12,9 \pm 8,6
<i>Rhône-Alpes</i>	293	12,8 \pm 6,7
Lyon (69)	168	13,4 \pm 6,7
Artemare (01)	55	10,5 \pm 5,9
Mezzieu (69)	69	13,1 \pm 7,3
Total	1 458	13,0 \pm 7,4

La moyenne (\pm écart-type) des concentrations en iode urinaire des 15 sites étudiés était de 13,0 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$ (\pm 7,4) avec une étendue de 9,4 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$ (Epinal) à 14,5 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$ (Gignac) (Tableau 4). Les médianes pour ces mêmes échantillons variaient de 8,5 à 13,1 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$. La fréquence des concentrations en iode $> 10 \mu\text{g}/100 \text{ mL}$ dans l'échantillon total était de 62 %. Dans les régions Languedoc-Roussillon, Lorraine et Rhône-Alpes, les classes examinées en 1994 ont été tirées au sort dans les localités et les établissements précédemment étudiés en 1985. Bien que les indicateurs du statut en iode ne soient pas identiques (concentrations en iode urinaire ajustées sur la créatinine en 1985, non ajustées en 1994), les résultats en 1994 sont supérieurs à ceux de 1985 dans les régions Languedoc-Roussillon (13,8 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$ contre 71,4 $\mu\text{g}/\text{g}$ créat.), Lorraine (12,8 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$ contre 66,5 $\mu\text{g}/\text{g}$ créat.), et Rhône-Alpes (12,7 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$ contre 66,6 $\mu\text{g}/\text{g}$ créat.) et semblent indiquer une amélioration de la couverture des besoins en iode parmi les adolescents vivant dans ces 3 régions.

II.1.3 Statut biologique en iode de la population adulte (étude SU.VI.MAX, 1994-1995)

Etude descriptive dont l'objectif était d'évaluer le statut en iode de la population adulte française à partir de données recueillies à l'inclusion dans l'essai SU.VI.MAX de prévention des maladies chroniques par une supplémentation en vitamines et minéraux antioxydants. La concentration en iode urinaire a été mesurée en 1994-1995 chez 12 735 sujets, 2 945 femmes de 35 à 45 ans, 4 206 femmes et 4 859 hommes de 45-60 ans (Valeix *et al.* 1999). Les concentrations médianes en iode étaient plus faibles chez les femmes que chez les hommes et diminuaient avec l'âge (Tableau 5). De même, le pourcentage d'individus ayant une concentration en iode urinaire $< 5 \mu\text{g}/100 \text{ mL}$ augmentait avec l'âge. Rapportée au critère de normalité de 10 $\mu\text{g}/100 \text{ mL}$, aucune région française n'était indemne de déficience. Le pourcentage de sujets entre 45-60 ans ayant des concentrations urinaires en iode $< 5 \mu\text{g}/100 \text{ mL}$ était plus faible sur toute la façade maritime et dans les régions sédimentaires attenantes. Une situation plus défavorable était retrouvée dans les départements continentaux et le pourtour méditerranéen.

Tableau 5. Distribution des concentrations en iode urinaire ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$) et fréquence des concentrations $< 5\ \mu\text{g}/100\text{ mL}$, par classe d'âge chez les adultes de l'étude SU.VI.MAX (1994-1995)

Age (ans)	n	I ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$)			$< 5\ \mu\text{g}/100\text{ mL}$ %
		25 ^e	50 ^e	75 ^e	
<i>Hommes</i>					
45-49	2 087	6,1	8,5	12,0	15,2
50-54	1 411	5,8	8,4	11,8	17,2
55-60	1 361	5,7	8,0	11,5	17,5
<i>Femmes</i>					
35-39	1 263	6,1	8,8	13,0	16,3
40-44	1 682	5,6	8,2	11,8	20,3
45-49	1 933	5,5	8,0	12,0	21,7
50-54	1 222	5,1	7,7	11,4	23,6
55-60	1 051	5,1	7,7	11,5	24,0

II.1.4 Statut biologique en iode de la femme enceinte (3 études)

II.1.4.1 Femmes enceintes observées dans la région de Toulouse (1993-1994)

Etude prospective sur le statut en iode de 347 femmes enceintes âgées de 18 à 44 ans (moyenne \pm erreur standard de la moyenne, $28,0 \pm 0,3$ ans) recrutées dans 9 maternités du sud ouest de la France (Albi, Cahors, Castres, Foix, Lavaur, Montauban, Rodez, Saint-Gaudens, Toulouse). Le statut en iode a été déterminé à la fin du premier trimestre ($< 12^{\text{e}}$ semaine de grossesse) et à la fin du neuvième mois de grossesse (Caron *et al.* 1997). Les concentrations en iode $> 50\ \mu\text{g}/100\text{ mL}$ étaient exclues de l'analyse finale (Tableau 6).

II.1.4.2 Femmes enceintes observées à la maternité de Poissy (1999)

Étude descriptive sur le statut en iode de 108 femmes enceintes à l'entrée en salle de naissance (Leleu 1999). L'âge moyen (\pm écart-type) était de 30,0 ans ($\pm 4,3$), 75,7 % avaient entre 25 et 34 ans, et pour 49,1 % il s'agissait d'une première naissance. Les urines ($n = 51$) étaient recueillies avant toute utilisation de désinfectants pouvant entraîner une contamination en iode. Les urines des nouveau-nés ($n = 49$) et les échantillons de lait maternel ($n = 42$) ont été collectés entre les 3^e et 5^e jours (Tableau 6).

II.1.4.3 Femmes enceintes observées à la maternité de Limoges (2003)

Étude descriptive sur le statut en iode de 92 femmes enceintes à l'entrée à la maternité du CHU de Limoges (Pivot 2003). L'âge moyen (\pm écart-type) des patientes était de 29,7 ans ($\pm 5,2$) compris entre 18 et 44 ans, 2,2 % avaient moins de 20 ans et 13,0 % plus de 35 ans. Plus de la moitié des femmes (56,5 %) étaient originaires de Limoges et son agglomération, 43,5 % des autres villes de la Haute-Vienne. Les recueils d'urine pratiqués entre la 37^e semaine et l'accouchement permettaient d'exclure tout risque de contamination par des désinfectants iodés. Les échantillons de lait maternel ($n = 30$) ont été collectés entre les 3^e et 5^e jours. Les conditions de l'accouchement (analgésie péridurale, césarienne) ont été prises en compte pour l'analyse des concentrations en iode dans le lait maternel (Tableau 6).

Tableau 6. Statut biologique en iode (moyenne, médiane) des femmes enceintes et des nouveau-nés, et concentration en iode du lait maternel (sud-ouest 1994, Poissy 1999, Limoges 2003)

	Sud-ouest		Poissy		Limoges			
	n	moyenne	n	médiane	%	n	médiane	%
iode urinaire ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$)								
1 ^{er} trimestre	306	5,0	-	-	-	-	-	-
3 ^e trimestre	224	5,4	-	-	-	92	5,8	-
> 10 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ (%)	-	-	-	-	-	-	-	23,9
accouchement	-	-	51	4,8	-	-	-	-
> 10 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ (%)	-	-	-	-	21,6	-	-	-
nouveau-né	-	-	49	5,9	-	-	-	-
> 10 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ (%)	-	-	-	-	20,4	-	-	-
iode lait maternel ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$)	-	-	42	9,2	-	30	7,9	-
> 5 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ (%)	-	-	-	-	88,1	-	-	76,7
> 10 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ (%)	-	-	-	-	47,6	-	-	16,7

Les médianes des concentrations en iode urinaire chez les femmes enceintes observées dans le sud-ouest, à Poissy et à Limoges en fin de grossesse étaient proches de 5 µg/100 mL. Cette déficience en iode était déjà présente à la fin du premier trimestre parmi les femmes suivies dans le sud-ouest.

La concentration en iode des urines des nouveau-nés à Poissy (médiane, étendue) était de 5,9 µg/100 mL (2,1-29,1 µg/100 mL), 20,4 % des urines ayant une concentration en iode \geq 10 µg/100 mL. La concentration en iode dans le lait maternel (médiane, étendue) était de 9,2 µg/100 mL (1,7-28,7 µg/100 mL) sans prise en compte des éventuelles sources de contamination.

A Limoges, la concentration médiane en iode (étendue) dans le lait maternel était de 7,9 µg/100 mL (2,2-11,9 µg/100 mL) dans l'échantillon total, de 7,2 µg/100 mL (2,2-15,7 µg/100 mL) en l'absence de césarienne avec faible risque de contact avec des produits iodés, et de 9,9 µg/100 mL (7,8-41,8 µg/100 mL) en cas de césarienne.

Les concentrations en iode mesurées dans les échantillons de lait maternel à Poissy et à Limoges témoignaient d'un faible risque de déficit en iode chez les nouveau-nés en cas d'allaitement maternel exclusif.

II.1.5 Conclusions

Les résultats des études effectuées en France depuis 1985 indiquent que **les besoins en iode sont couverts chez le jeune enfant et le jeune adolescent**. Chez le très jeune enfant (\leq 3 ans), les distributions des concentrations en iode urinaires montrent que la couverture des besoins est largement assurée, avec un faible risque d'apports en excès. **La population adulte (\geq 60 ans) est à risque de déficience légère à modérée en iode, les femmes étant plus exposées que les hommes.**

Les trois études réalisées chez des femmes enceintes indiquent qu'en fin de grossesse, les apports en iode correspondent à moins de 50 % des apports nutritionnels conseillés de la femme enceinte. L'augmentation des besoins en iode durant la grossesse (200 µg/24 h) est liée à une augmentation de la clearance rénale de l'iodure et à la constitution d'un pool iodé intra-thyroïdien chez le fœtus, nécessaire au delà de 18-20 semaines de grossesse, à la synthèse des hormones thyroïdiennes par la thyroïde fœtale. Dans l'étude conduite dans le sud-ouest, 17,0 % des femmes enceintes présentaient une hypothyroïdémie en fin de grossesse, la concentration plasmatique de thyrostimuline augmentait au cours de la gestation, et à la fin de la grossesse 29 % des femmes présentaient une augmentation du volume de la thyroïde, dont 11 % un goitre (Caron *et al.* 1997). Ces signes biologiques et morphologiques évocateurs d'une stimulation chronique de la thyroïde ont de même été décrits en fin de grossesse à Bruxelles, où la population, avec un apport journalier moyen en iode estimé à 75 µg/24 h, est exposée à une déficience modérée en iode (Glinoe *et al.* 1992).

Le développement et la maturation du cerveau du fœtus sont totalement dépendants du transfert materno-fœtal des hormones thyroïdiennes maternelles jusqu'à la 14^e-18^e semaine avant que la thyroïde fœtale ne soit fonctionnelle. Les conditions de déficience chronique en iode observées chez les femmes enceintes semblent compromettre le maintien d'une fonction thyroïdienne normale se traduisant par le développement d'une hypothyroïdémie maternelle relative. Le transfert transplacentaire d'une quantité moindre d'hormones thyroïdiennes de la mère vers le fœtus pourrait entraîner une hypothyroïdémie fœtale précoce responsable d'anomalies du développement neurologique et psychomoteur du nouveau-né (Glinoe *et al.* 2000).

Le groupe de travail souligne le fait que nous ne disposons actuellement d'aucune étude en France sur le statut en iode de la population âgée. La promotion de telles études est indispensable du fait du vieillissement de la population et de l'importance de la pathologie thyroïdienne au delà de 60 ans.

II.1.6 Références

Caron P., Jaffiol C., Leclère J., Orgiazzi J., Delange F. - Apport iodé en France. Résultats nationaux du projet Thyromobile dans une population d'enfants scolarisés de 6 à 14 ans. *Annales d'Endocrinologie* 1996; 57: 228-233.

Caron P., Hoff M., Bazzi S., Dufor A., Faure G., Ghandour I., Lauzu P., Lucas Y., Maraval D., Mignot F., Réssigeac P., Vertongen F., Grangé V. - Urinary iodine excretion during normal pregnancy in healthy women living in the Southwest of France : correlation with maternal thyroid parameters. *Thyroid* 1997; 7: 749-754.

Glinoeur D., Delange F., Laboureur I., De Nayer P., Lejeune B., Kinthaert J., Bourdoux P. - Maternal and neonatal thyroid function at birth in an area of marginally low iodine intake. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 1992; 75: 800-805.

Glinoeur D., Delange F. - The potential repercussions of maternal, fetal, and neonatal hypothyroxinemia on the progeny. *Thyroid* 2000; 10: 871-887.

Leleu F. - Les troubles dus à la carence iodée chez la femme enceinte et le nouveau-né. Mémoire de fin d'études. Ecole de sages-femmes, Hôpital de Poissy Saint-Germain-en-Laye, UFR de Médecine Paris Ouest, 1999.

Mornex R. - Enquête sur la prévalence du goitre en France. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine* 1987; 171: 301-306.

Pivot A.L. - Statut en iode chez la femme enceinte en Limousin (étude ILIMOUSIN). Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat de sage-femme. UFR de Médecine, Limoges, 2003.

Pouessel G., Bouarfa K., Soudan B., Sauvage J., Gottrand F., Turck D. - Statut en iode et facteurs de risque de déficit en iode chez des enfants vus en consultation de protection maternelle et infantile dans le département du Nord. *Archives de Pédiatrie* 2003; 10: 96-101.

Valeix P., Preziosi P., Rossignol C., Farnier M.A., Hercberg S. - Relationship between urinary iodine concentration and hearing capacity in children. *European Journal of Clinical Nutrition* 1994; 48: 54-59.

Valeix P., Zarebska M., Preziosi P., Galan P., Pelletier B., Hercberg S. - Iodine deficiency in France. *Lancet* 1999; 353: 1766-1767.

II.2 Enquêtes de consommation mesurant les apports alimentaires en iode de populations françaises

Les enquêtes retenues devaient satisfaire aux conditions suivantes : être récentes (postérieures à 1985), avoir un nombre significatif de sujets (des deux sexes) et avoir fait l'objet de publications. Deux études françaises de consommation alimentaire ont permis d'évaluer les apports alimentaires en iode : enquête de consommation alimentaire INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques) (1991) et enquête INCA (Enquête Individuelle et Nationale sur les Consommations Alimentaires) (1998-1999).

II.2.1 Les apports alimentaires en iode évalués à partir l'enquête de consommation alimentaire de l'INSEE (1991)

Cette étude utilise les documents de l'INSEE relatifs aux enquêtes sur la consommation alimentaire des Français (Lamand *et al.* 1994). Ces enquêtes annuelles portent sur un échantillon de 10 000 ménages représentatifs de la population française. Elles sont relatives aux achats des ménages et se limitent à la consommation au domicile ; elles ne se rapportent pas aux consommations individuelles. Les résultats sont analysés en vue de l'estimation de la consommation moyenne par habitant sans distinction du sexe. La consommation moyenne au domicile, majorée par la proportion de repas pris hors domicile disponible dans l'enquête, permet une estimation de la consommation totale journalière. Il s'agit de données de consommation apparente, l'aliment acheté n'étant pas forcément consommé en totalité.

Les résultats publiés correspondent à la dernière enquête de consommation alimentaire réalisée par l'INSEE en 1991. Une table de composition des aliments en iode réalisée par le laboratoire des maladies nutritionnelles (INRA Theix) et comprenant un nombre restreint d'aliments a été utilisée pour évaluer les apports alimentaires en iode. Les apports en iode des personnes entre 25-60 ans étaient estimés, respectivement chez les hommes et les femmes à 109 et 89 $\mu\text{g}/24\text{ h}$, et au delà de 60 ans, à respectivement 80 et 68 $\mu\text{g}/24\text{ h}$. Ces valeurs représentaient respectivement 72,6 % et 59,3 % de l'ANC (150 $\mu\text{g}/24\text{ h}$) pour les hommes et les femmes entre 25-60 ans, et respectivement 53,3 % et 45,3 % de l'ANC au delà de 60 ans.

II.2.2 Les apports alimentaires en iode évalués à partir de l'enquête INCA (1998-1999)

II.2.2.1 Description de l'échantillon

L'enquête INCA effectuée en 1998-1999 porte sur les consommations alimentaires individuelles des adultes et des enfants en France (Volatier 2000). Elle comprend 3 003 individus de 3 ans et plus représentatifs de la population française. La représentativité nationale de l'échantillon a été assurée par une stratification sur la région géographique et la taille de l'agglomération, et à l'aide de la méthode des quotas pour le sexe, l'âge, et les caractéristiques socioéconomiques (catégorie socioprofessionnelle du chef de famille, taille du ménage, activité du conjoint du chef de famille).

Les consommations alimentaires ont été évaluées à l'aide d'un carnet de consommation individuel sur 7 jours consécutifs (semainier) avec utilisation de photographies pour identifier les aliments et les portions consommées (Portions alimentaires SU.VI.MAX 1994). L'étude a porté sur 1 985 adultes (≥ 15 ans) et 1 018 enfants et adolescents (3-14 ans), la durée de recueil de 11 mois permet d'intégrer les effets de saisonnalité. La surreprésentation des enfants (33,9 %) par rapport aux adultes implique une présentation séparée des deux groupes, enfants de moins de 15 ans et adultes.

La plupart des enquêtes alimentaires montrent une forte tendance à la sous-estimation de la consommation habituelle. Dans l'enquête INCA, 25,7 % des adultes ($n = 511$) ont été considérés comme sous-déclarants sur la base d'un ratio apports énergétiques/métabolisme de base estimé inférieur à une valeur seuil, et séparés de l'échantillon final des 1 474 adultes normoévaluants (Goldberg *et al.* 1991). L'échantillon des enfants n'a pas été redressé, dans la mesure où l'on ne dispose d'aucune formule pour isoler les individus sous-évaluants. Dans cette étude, le sel ajouté à domicile (sel de cuisson et/ou salière de table) n'a pas été pris en compte, ce qui entraîne une sous-estimation de la consommation du sel.

La méthodologie de cette enquête, ainsi que les résultats sur les comportements alimentaires, les consommations alimentaires et les apports en énergie et nutriments des enfants et des adultes sont disponibles dans une monographie détaillée (Volatier 2000).

II.2.2.2 Table de composition alimentaire en iode (U557 INSERM-CIQUAL)

L'enquête INCA utilise pour le calcul des apports en énergie et des principaux nutriments les tables de composition des aliments du CIQUAL (Centre d'Information sur la Qualité des Aliments) (Favier *et al.* 1995). Pour les besoins du groupe de travail, le calcul des apports alimentaires en iode a rendu nécessaire la constitution d'une table de composition en iode. La table utilisée par l'U557 et la base de données du CIQUAL ont été fusionnées. Ces données intègrent des valeurs issues des tables de composition allemande, anglaise, danoise, américaine, ainsi que de nombreuses valeurs issues de la littérature.

Les sources françaises (ISTNA, INRA, Afssa) nombreuses pour les principales sources d'iode (produits laitiers, poissons) ont été préférentiellement retenues. Au total, la table de composition en iode constituée comporte 1 120 codes aliments avec pour chacun une concentration en iode validée. Ces valeurs ont ensuite été assignées aux 913 codes aliments équivalents de l'enquête INCA (Annexe 3).

II.2.2.3 Prise en compte du sel d'ajout dans l'évaluation des apports en iode dans l'enquête INCA

Les utilisations de sel d'ajout (salière ou de cuisson), au domicile ou en restauration collective et hors foyer ne sont pas directement estimables à partir du carnet de 7 jours de l'enquête INCA. Nous disposons cependant d'informations récentes sur les conditions d'utilisation de la salière individuelle en France. Afin de prendre en compte l'utilisation de la salière domestique et hors foyer, une modélisation a été réalisée en prenant en compte les résultats de l'enquête de validation SU.VI.MAX (Mennen *et al.* 2001).

L'enquête de validation SU.VI.MAX avait pour objectif de valider un questionnaire de fréquence de la consommation de sel à partir de l'excrétion urinaire de sodium et l'utilisation d'une salière individuelle. Cette étude a porté sur 157 adultes volontaires de l'étude SU.VI.MAX (42-67 ans) habitant dans la région parisienne. La proportion d'utilisateurs de salière était de 56,1 %. Chez les utilisateurs, la quantité moyenne de sel consommé était de 0,48 g/24 h. De plus, le pourcentage du sel alimentaire (sel de table, sel de cuisine en conditionnements de moins de 1 kg) iodé en 2002 était estimé à 47 % (Comité des Salines de France, 2003). Le sel iodé contient en moyenne 12,5 µg d'iode par g de sel. En prenant en compte ces proportions, cela revient à attribuer 6,0 µg d'iode/24 h supplémentaires à :

- ◆ 268 sujets tirés au sort aléatoirement parmi les 1 018 enfants de l'étude INCA,
- ◆ 389 sujets tirés au sort aléatoirement parmi les 1 474 adultes de l'étude INCA.

L'échantillon expérimental de l'enquête de validation SU.VI.MAX ne peut être considéré comme strictement représentatif de la population française, mais faute d'information, les résultats ont été extrapolés à l'ensemble de la population INCA (échantillon d'enfants compris). En l'absence de toute information sur les conditions d'utilisation du sel de cuisson en France (fréquence d'utilisation, quantités ajoutées du sel de cuisson utilisé au domicile ou en restauration collective ou hors foyer) le sel de cuisson iodé n'est pas pris en compte dans l'évaluation des apports en iode dans le présent rapport (absence d'information), sauf mention contraire.

II.2.2.4 Les apports alimentaires en iode en fonction de l'âge et du sexe

Les moyennes (\pm écart-type) des apports alimentaires en iode et leur distribution (médiane, 25^e et 75^e percentiles) sont présentées séparément pour les enfants, les hommes et les femmes (Tableau 7).

Tableau 7. Apport quotidien en iode (moyenne, écart-type [E.T.], médiane) selon le sexe et l'âge (sel iodé à 12,5 µg/g inclus) et pourcentages de sujets dépassant les limites supérieures de sécurité (LSS)

Age (ans)	n	Iode (µg/24 h)					
		moyenne	E.T.	25 ^e	médiane	75 ^e	% > LSS
Enfants							
3	85	131,5	59,4	105,7	121,7	142,1	5,9
4-6	256	126,6	34,0	106,3	125,8	147,5	1,2
7-9	252	131,4	37,9	106,0	130,4	153,5	0,4
Hommes							
10-14	216	143,0	51,9	108,7	132,4	173,7	0,0
15-19	71	142,0	44,8	109,3	139,1	176,8	0,0
20-34	160	157,0	48,4	121,3	149,3	187,6	0,0
35-44	146	146,1	44,0	111,5	143,1	172,4	0,0
45-59	142	152,6	54,0	118,8	140,5	171,7	0,0
60-69	91	146,8	47,5	113,1	144,2	173,4	0,0
> 70	62	132,7	44,4	104,5	126,7	155,0	0,0
Femmes							
10-14	209	126,6	42,0	100,1	123,9	148,2	0,0
15-19	85	126,0	44,5	98,1	127,0	151,0	0,0
20-34	209	132,3	43,4	100,7	125,2	155,1	0,0
35-44	136	136,0	48,7	109,3	127,0	149,8	0,0
45-59	171	127,8	41,2	98,3	123,5	148,3	0,0
60-69	83	126,7	42,7	93,9	122,8	149,0	0,0
> 70	84	124,0	45,0	94,5	110,0	148,1	0,0

Les limites des groupes d'âge et de sexe retenus ont été définies de façon à correspondre aux tranches d'âge des ANC, et pour les adultes aux groupes d'âge retenus dans l'étude

SU.VI.MAX, ce qui permet une superposition des données d'apports (INCA) et de statut (SU.VI.MAX) en iode. Au total, 10 classes d'âge ont été définies : [3], [4-6], [7-9], [10-14], [15-19], [20-34], [35-44], [45-59], [60-69], et ≥ 70 ans. Les coupures délimitent également dans la mesure du possible (taille des échantillons) des groupes ayant une signification physiologique (jeunes adolescents, adolescents, femmes en âge de procréer entre 20-34 et 35-49 ans). Les femmes enceintes ont été exclues des analyses, leur effectif dans l'échantillon de femmes de l'enquête INCA étant trop faible ($n = 34$) pour qu'elles soient traitées comme un groupe à part. Les apports en iode sont présentés avec la contribution du sel iodé (sel d'ajout volontaire correspondant à l'usage de la salière

Les médianes des apports journaliers absolus ($\mu\text{g}/24 \text{ h}$) en iode augmentaient modérément chez l'enfant (filles et garçons) jusqu'à 9 ans. Au delà de 10 ans, elles étaient plus élevées chez l'homme que chez la femme. Le profil selon l'âge différait en fonction du sexe. Chez l'homme, l'apport, maximum entre 20 et 30 ans, restait en plateau jusqu'à 60-69 ans. Chez la femme, les apports en iode restaient uniformes entre 10-14 ans et 60-69 ans. L'apport en iode diminuait de façon nette au delà de 70 ans dans les deux sexes.

Chez les jeunes enfants entre 3 et 9 ans, les apports en iode étaient nettement supérieurs aux apports nutritionnels conseillés. Chez l'adulte, les femmes n'atteignaient jamais les ANC, alors que chez les hommes, seuls les hommes jeunes entre 20 et 34 ans atteignaient $150 \mu\text{g}/24 \text{ h}$. Les apports en iode étaient en moyenne de 13,5 % plus élevés chez l'homme que chez la femme, alors que la différence en énergie entre les hommes et les femmes était de 29,3 % (Volatier 2000).

II.2.2.5 Contribution des 44 groupes d'aliments INCA aux apports en iode (sel iodé à $12,5 \mu\text{g}/\text{g}$ inclus)

L'analyse des consommations dans l'enquête INCA est basée sur une nomenclature en 44 produits (aliments solides et liquides) (Annexe 3). Les contributions de ces 44 groupes d'aliments, en valeur absolue et en pourcentage de l'apport total en iode, sont présentées pour les enfants (Tableau 8) et séparément pour les adultes normoévaluants hommes (Tableau 9) et femmes (Tableau 10). Le total des apports en iode est calculé avec ou sans la contribution du sel iodé (sel d'ajout volontaire correspondant à l'usage de la salière). Dans les tableaux 8, 9 et 10, les 44 groupes d'aliments sont présentés selon un ordre identique, indépendant de leurs contributions respectives à l'apport total en iode.

Tableau 8. Contribution des 44 groupes d'aliments INCA aux apports journaliers en iode (sel iodé à 12,5 µg/g inclus) chez les enfants âgés de 3 à 14 ans (INCA)

Groupes d'aliments (44 groupes)	3 ans (n = 85)		4-6 ans (n = 256)		7-9 ans (n = 252)		H 10-14 ans (n = 216)		F 10-14 ans (n = 209)	
	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)
Lait	38,3	29,1	31,5	24,9	29,9	22,7	28,4	19,8	25,9	20,4
Ultra frais laitier	13,6	10,3	12,7	10,0	11,3	8,6	10,2	7,2	10,0	7,9
Poissons	11,2	8,5	15,0	11,8	14,7	11,2	15,7	11,0	14,0	11,1
Entremets	10,9	8,3	9,0	7,1	9,0	6,8	9,3	6,5	8,0	6,3
Céréales pour petit déjeuner	10,0	7,6	1,3	1,1	1,6	1,2	1,4	1,0	1,2	0,9
Fromages	5,1	3,9	5,5	4,3	6,2	4,7	7,5	5,2	6,6	5,2
Boissons chaudes	4,4	3,4	4,0	3,2	3,6	2,7	3,7	2,6	3,0	2,4
Oeufs et dérivés	3,7	2,8	5,4	4,3	5,2	4,0	6,2	4,4	5,6	4,4
Plats composés	3,3	2,5	4,1	3,3	5,2	3,9	6,6	4,6	5,4	4,2
Eaux	3,2	2,4	3,6	2,8	3,8	2,9	3,8	2,7	3,9	3,1
Biscuits	3,1	2,4	3,4	2,7	3,1	2,4	3,1	2,1	3,0	2,3
Sel iodé	2,1	1,6	1,5	1,2	1,6	1,2	1,6	1,1	1,5	1,2
Pâtisserie	2,5	1,9	4,0	3,2	5,2	3,9	4,8	3,4	5,1	4,0
Charcuterie	2,1	1,6	2,0	1,6	2,7	2,0	3,2	2,2	4,0	3,2
Pizzas, quiches et pâtisseries salées	1,8	1,4	2,6	2,1	3,1	2,4	4,7	3,3	3,7	2,9
Pommes de terre et apparenté	1,7	1,3	2,0	1,6	2,4	1,8	3,2	2,2	2,6	2,1
Pain, biscottes	1,7	1,3	2,5	2,0	3,7	2,8	5,7	4,0	3,8	3,0
Viandes	1,7	1,3	2,0	1,6	2,5	1,9	3,5	2,5	2,7	2,2
Viennoiseries	1,4	1,1	1,9	1,5	2,2	1,7	2,5	1,8	1,8	1,4
BRSA	1,3	1,0	1,5	1,2	1,2	0,9	1,5	1,1	1,3	1,0
Glaces	1,1	0,9	1,2	1,0	1,6	1,2	1,4	1,0	1,2	1,0
Crustacés et mollusques	1,1	0,8	1,8	1,4	2,1	1,6	3,8	2,7	2,2	1,8
Condiments et sauces	0,9	0,7	1,0	0,8	1,3	1,0	1,3	0,9	1,3	1,0
Volailles et gibiers	0,8	0,6	1,0	0,8	1,3	1,0	1,6	1,1	1,4	1,1
Fruits	0,7	0,5	0,8	0,7	0,8	0,6	0,9	0,6	0,7	0,5
Riz et semoule	0,7	0,5	0,8	0,6	1,0	0,7	1,3	0,9	1,1	0,9
Légumes (hors pommes de terre)	0,5	0,4	0,6	0,5	0,8	0,6	0,8	0,6	0,8	0,6
Soupes	0,5	0,4	0,6	0,4	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3
Sandwiches, casse-croûte	0,5	0,4	0,8	0,6	0,9	0,7	1,6	1,1	1,5	1,2
Chocolat	0,3	0,3	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5	0,3	0,6	0,5
Sucres et dérivés	0,3	0,2	0,4	0,3	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4
Pâtes	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3
Légumes secs	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
Entrées	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,5	0,3	0,6	0,5
Beurre	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Fruits secs et graines oléagineuses	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Compotes et fruits cuits	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Abats	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Margarine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1
Café	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
Huiles	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres céréales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boissons alcoolisées	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres graisses	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boissons de l'effort/substitut de repas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Total (sans sel iodé)	129,4	100,0	125,1	100,0	128,9	100,0	141,5	100,0	125,2	100,0
Total (sel iodé inclus)	131,5	100,0	126,6	100,0	131,4	100,0	143,0	100,0	126,6	100,0

Tableau 9. Contribution des 44 groupes d'aliments INCA aux apports journaliers en iode (sel iodé à 12,5 µg/g inclus) chez les hommes adultes normoévaluants (INCA)

Groupes d'aliments (44 groupes)	H 15-19 ans (n = 71)		H 20-34 ans (n = 160)		H 35-44 ans (n = 146)		H 45-59 ans (n = 142)		H 60-69 ans (n = 91)		H > 70 ans (n = 62)	
	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)
Lait	20,9	14,7	17,6	11,2	13,9	9,5	11,3	7,4	14,5	9,8	14,8	11,1
Ultra frais laitier	11,2	7,9	13,0	8,3	8,3	5,7	8,4	5,5	8,2	5,6	8,1	6,1
Poissons	13,6	9,6	13,9	8,9	16,9	11,6	19,0	12,5	21,0	14,3	19,4	14,6
Entremets	9,7	6,9	11,7	7,4	8,0	5,5	5,1	3,4	5,7	3,9	4,5	3,4
Céréales pour petit déjeuner	1,2	0,8	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0
Fromages	7,1	5,0	11,5	7,4	15,6	10,7	16,0	10,5	16,5	11,2	14,8	11,1
Boissons chaudes	4,1	2,9	2,0	1,3	1,4	1,0	1,0	0,7	1,5	1,0	0,9	0,7
Oeufs et dérivés	9,5	6,7	8,8	5,6	8,7	5,9	12,6	8,3	9,9	6,8	10,1	7,6
Plats composés	6,6	4,7	7,2	4,6	9,0	6,1	5,8	3,8	4,7	3,2	2,9	2,2
Eaux	5,2	3,7	5,5	3,5	3,8	2,6	3,2	2,1	3,0	2,0	3,4	2,5
Biscuits	2,6	1,8	2,2	1,4	1,9	1,3	1,4	0,9	1,0	0,7	0,9	0,6
Sel iodé	1,9	1,3	1,6	1,0	1,2	0,8	1,6	1,0	1,8	1,3	1,6	1,2
Pâtisserie	4,1	2,9	3,8	2,4	3,6	2,5	4,1	2,7	5,3	3,6	3,1	2,3
Charcuterie	2,2	1,6	8,6	5,5	4,1	2,8	13,0	8,5	6,7	4,5	5,8	4,3
Pizzas, quiches et pâtisseries salées	8,1	5,7	7,8	5,0	5,1	3,5	3,6	2,4	2,2	1,5	3,0	2,3
Pommes de terre et apparenté	3,5	2,4	3,1	2,0	2,5	1,7	2,6	1,7	2,0	1,4	2,4	1,8
Pain, biscottes	5,6	3,9	7,5	4,8	9,3	6,4	10,4	6,8	11,2	7,7	10,4	7,8
Viandes	3,7	2,6	3,9	2,5	3,9	2,6	3,8	2,5	3,4	2,3	3,1	2,3
Viennoiseries	1,9	1,3	2,0	1,2	2,1	1,5	0,8	0,5	1,1	0,7	0,7	0,5
BRSA	1,5	1,0	1,2	0,8	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3
Glaces	0,8	0,6	1,0	0,7	1,0	0,7	1,1	0,7	0,9	0,6	0,6	0,4
Crustacés et mollusques	3,7	2,6	4,0	2,6	5,5	3,7	7,2	4,7	6,2	4,3	6,4	4,8
Condiments et sauces	1,4	1,0	1,8	1,1	2,0	1,3	2,1	1,4	2,0	1,4	1,5	1,2
Volailles et gibiers	1,9	1,4	2,0	1,3	1,9	1,3	2,3	1,5	2,1	1,4	1,2	0,9
Fruits	0,8	0,6	1,0	0,6	1,0	0,7	1,1	0,7	1,7	1,1	1,9	1,5
Riz et semoule	1,2	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	1,0	0,6	0,9	0,6	0,5	0,4
Légumes (hors pommes de terre)	0,8	0,6	0,9	0,6	1,2	0,8	1,3	0,8	1,3	0,9	1,0	0,8
Soupes	0,6	0,4	0,7	0,4	1,0	0,7	1,4	0,9	1,8	1,2	1,6	1,2
Sandwiches, casse-croûte	2,8	2,0	3,8	2,4	1,7	1,1	0,9	0,6	0,3	0,2	0,1	0,1
Chocolat	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Sucres et dérivés	0,7	0,5	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
Pâtes	0,6	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
Légumes secs	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,5	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
Entrées	0,3	0,2	0,7	0,4	1,1	0,7	0,7	0,5	0,8	0,5	0,4	0,3
Beurre	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3
Fruits secs et graines oléagineuses	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Compotes et fruits cuits	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Abats	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Margarine	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Café	0,6	0,4	2,4	1,6	3,2	2,2	3,2	2,1	3,2	2,2	2,3	1,7
Huiles	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres céréales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boissons alcoolisées	0,3	0,2	2,0	1,3	3,4	2,3	4,1	2,7	3,4	2,3	3,2	2,4
Autres graisses	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boissons de l'effort/substitut de repas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total (sans sel iodé)	140,2	100,0	155,3	100,0	144,9	100,0	151,1	100,0	145,0	100,0	131,1	100,0
Total (sel iodé inclus)	142,0	100,0	157,0	100,0	146,1	100,0	152,6	100,0	146,8	100,0	132,7	100,0

Tableau 10. Contribution des 44 groupes d'aliments INCA aux apports journaliers en iode (sel iodé à 12,5 µg/g inclus) chez les femmes adultes normoévaluants (INCA)

Groupes d'aliments (44 groupes)	F 15-19 ans (n = 85)		F 20-34 ans (n = 209)		F 35-44 ans (n = 136)		F 45-59 ans (n = 171)		F 60-69 ans (n = 83)		F > 70 ans (n = 84)	
	moyenne apport (µg/j)	(%)										
Lait	19,8	15,7	19,4	14,6	15,7	11,6	14,3	11,2	13,5	10,7	20,3	16,4
Ultra frais laitier	11,5	9,2	12,1	9,1	12,5	9,2	12,3	9,6	14,5	11,4	12,8	10,4
Poissons	15,5	12,3	14,0	10,6	14,4	10,6	15,8	12,3	19,4	15,3	19,8	16,0
Entremets	8,8	7,0	6,9	5,2	7,1	5,2	4,5	3,5	3,0	2,4	5,9	4,8
Céréales pour petit déjeuner	0,8	0,6	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,6	0,5
Fromages	6,8	5,4	9,0	6,8	10,9	8,0	11,3	8,8	13,3	10,5	9,0	7,3
Boissons chaudes	2,2	1,7	2,6	2,0	1,7	1,3	1,8	1,4	1,8	1,4	1,2	0,9
Oeufs et dérivés	6,4	5,1	6,1	4,6	7,3	5,4	9,7	7,6	9,4	7,4	6,7	5,4
Plats composés	6,0	4,8	5,6	4,3	5,7	4,2	4,0	3,1	3,6	2,9	3,7	3,0
Eaux	4,1	3,2	4,5	3,4	4,5	3,3	3,4	2,7	3,1	2,5	2,2	1,7
Biscuits	1,8	1,5	1,7	1,3	1,6	1,2	1,2	0,9	1,3	1,0	1,4	1,2
Sel iodé	1,6	1,2	1,6	1,2	1,9	1,4	1,4	1,1	1,7	1,4	1,4	1,2
Pâtisserie	4,6	3,6	4,7	3,5	3,9	2,9	5,0	3,9	3,1	2,4	3,6	2,9
Charcuterie	4,4	3,5	4,5	3,4	9,6	7,1	5,3	4,2	5,0	3,9	3,1	2,5
Pizzas, quiches et pâtisseries salées	4,8	3,8	5,6	4,2	4,3	3,1	3,0	2,3	3,0	2,4	2,1	1,7
Pommes de terre et apparenté	2,4	1,9	2,1	1,6	1,7	1,2	1,8	1,4	1,7	1,4	1,7	1,4
Pain, biscottes	4,0	3,2	5,2	3,9	5,9	4,4	5,9	4,7	7,1	5,6	6,5	5,3
Viandes	2,9	2,3	2,5	1,9	3,0	2,2	3,0	2,3	2,5	1,9	2,2	1,8
Viennoiseries	1,8	1,4	1,9	1,5	1,2	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,8	0,6
BRSA	1,0	0,8	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3
Glaces	1,3	1,0	1,2	0,9	0,7	0,5	1,0	0,8	0,4	0,3	0,3	0,2
Crustacés et mollusques	3,4	2,7	5,3	4,0	4,8	3,5	4,7	3,7	3,3	2,6	6,3	5,0
Condiments et sauces	1,5	1,2	1,9	1,4	1,9	1,4	2,3	1,8	2,1	1,7	1,4	1,1
Volailles et gibiers	1,1	0,8	1,5	1,1	1,6	1,2	1,8	1,4	1,4	1,1	1,4	1,1
Fruits	0,7	0,5	0,7	0,6	0,9	0,7	1,1	0,9	1,5	1,2	1,2	1,0
Riz et semoule	1,1	0,9	1,1	0,8	1,0	0,8	0,8	0,6	0,7	0,5	0,4	0,3
Légumes (hors pommes de terre)	0,9	0,7	1,0	0,8	1,2	0,9	1,3	1,0	1,3	1,0	0,9	0,7
Soupes	0,5	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	1,4	1,1	1,7	1,4	2,0	1,6
Sandwiches, casse-croûte	1,1	0,8	1,5	1,1	1,1	0,8	0,7	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1
Chocolat	0,3	0,2	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0
Sucres et dérivés	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
Pâtes	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Légumes secs	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1
Entrées	0,8	0,7	0,8	0,6	1,0	0,8	0,5	0,4	0,5	0,4	0,2	0,2
Beurre	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
Fruits secs et graines oléagineuses	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
Compotes et fruits cuits	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Abats	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Margarine	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Café	0,6	0,4	2,1	1,6	3,0	2,2	2,9	2,2	2,3	1,8	2,2	1,6
Huiles	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres céréales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boissons alcoolisées	0,1	0,1	0,8	0,6	1,2	0,8	1,4	1,1	1,2	0,9	0,9	0,7
Autres graisses	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boissons de l'effort/substitut de repas	0,0	0,0	0,5	0,4	1,2	0,9	1,2	1,0	0,2	0,2	0,0	0,0
Total (sans sel iodé)	124,5	100,0	130,7	100,0	134,2	100,0	126,4	100,0	124,9	100,0	122,5	100,0
Total (sel iodé inclus)	126,0	100,0	132,3	100,0	136,0	100,0	127,8	100,0	126,7	100,0	124,0	100,0

Globalement pour l'ensemble des groupes d'âge et de sexe, les groupes d'aliments apparaissant comme principaux contributeurs à la couverture des besoins en iode sont les produits laitiers, les poissons, les entremets (à base de lait) et les œufs. La contribution du sel iodé est globalement faible comme prévue.

II.2.2.6 Hiérarchie des contribution aux apports en iode des aliments regroupés en 14 familles homogènes d'aliments (sel iodé à 12,5 µg/g inclus)

Le regroupement ultérieur des 44 groupes d'aliments en 14 familles homogènes d'aliments permet de hiérarchiser plus aisément les principales contributions aux apports en iode et d'analyser les différences selon le sexe et l'âge. Les contributions des produits laitiers (lait, ultra frais laitier, fromages, entremets, glaces), des produits de la mer (poissons, crustacés) et des produits de boulangerie (pain, biscottes, viennoiseries, pâtisserie) aux apports en iode sont toujours supérieures à 10 %. Au total, ces trois familles participent pour plus des 2/3 aux apports en iode. Chez les enfants, 3 familles, produits carnés (viande, volailles, charcuterie, abats), boissons (eaux, soda, café) et plats préparés (plats composés, condiments et sauces) contribuent individuellement pour plus de 5 % aux apports et globalement pour 15 à 18 % à l'apport total en iode (Tableau 11).

Tableau 11. Contribution des 14 familles homogènes d'aliments aux apports en iode (sel iodé à 12,5 µg/g inclus) chez les enfants de 3-14 ans (INCA)

Groupes d'aliments (14 familles)	3 ans (n = 85)		4-6 ans (n = 256)		7-9 ans (n = 252)		H 10-14 ans (n = 216)		F 10-14 ans (n = 209)	
	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)
Produits laitiers, desserts lactés, glaces	69,0	52,5	59,9	47,3	58,0	44,0	56,8	39,7	51,7	40,8
Poissons, crustacés	12,3	9,3	16,8	13,2	16,8	12,8	19,5	13,7	16,2	12,9
Pain, viennoiserie, pâtisserie, biscuits	18,7	14,3	13,1	10,5	15,8	12,0	17,5	12,3	14,9	11,6
Sous total [1-3]	100,0	76,1	89,8	71,0	90,6	68,8	93,8	65,7	82,8	65,3
Viande, volaille, charcuterie, abats	4,6	3,5	5,1	4,1	6,6	5,0	8,4	5,9	8,2	6,6
Boissons (eau, soda, café)	8,9	6,7	9,1	7,2	8,7	6,6	9,2	6,5	8,4	6,5
Plats préparés (plats composés, sauces)	4,2	3,2	5,1	4,0	6,5	4,9	7,9	5,5	6,7	5,2
Sous total [4-6]	17,7	13,4	19,3	15,3	21,8	16,5	25,5	17,9	23,3	18,3
Oeufs et dérivés	3,7	2,8	5,4	4,3	5,2	4,0	6,2	4,3	5,6	4,4
Snacks (sandwiches, pizzas, quiches)	2,3	1,8	3,4	2,6	4,0	3,1	6,3	4,4	5,2	4,1
Produits amylicés (pâte, riz, p. de terre)	2,8	2,2	3,2	2,5	4,0	3,0	5,2	3,6	4,3	3,5
Fruits et légumes	1,3	1,0	1,4	1,2	1,7	1,2	1,8	1,2	1,5	1,1
Sucres ajoutés et chocolat	0,6	0,5	1,0	0,8	1,2	0,9	1,1	0,8	1,1	0,9
Soupes et entrées	0,7	0,6	0,9	0,6	1,2	0,9	1,1	0,7	1,0	0,8
Graisses (beurre, huile, margarine)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3
Sous total [7-13]	11,5	9,0	15,5	12,1	17,6	13,3	22,0	15,2	19,0	15,1
Sel iodé	2,1	1,6	1,5	1,2	1,6	1,2	1,6	1,1	1,5	1,2
Total (sans sel iodé)	129,4	100,0	125,1	100,0	129,8	100,0	141,5	100,0	125,2	100,0
Total (sel iodé inclus)	131,5	100,0	126,6	100,0	131,4	100,0	143,0	100,0	126,6	100,0

Tableau 12. Contribution des 14 familles homogènes d'aliments aux apports en iode (sel iodé à 12,5 µg/g inclus) chez les hommes adultes normoévaluants (INCA)

Groupes d'aliments (14 familles)	H 15-19 ans n = 71		H 20-34 ans n = 160		H 35-44 ans n = 146		H 45-59 ans n = 142		H 60-69 ans n = 91		H > 70 ans n = 62	
	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)
Produits laitiers, desserts lactés, glaces	49,7	35,1	54,8	35,0	46,8	32,1	41,9	27,5	45,8	31,1	42,8	32,1
Poissons et crustacés	17,3	12,2	17,9	11,5	22,4	15,3	26,2	17,2	27,2	18,6	25,8	19,4
Pain, viennoiserie, pâtisserie, biscuits	15,4	10,7	15,7	9,9	17,1	11,8	16,8	11,0	18,8	12,8	15,1	11,2
Sous total [1-3]	82,4	58,0	88,4	56,4	86,3	59,2	84,9	55,7	91,8	62,5	83,7	62,7
Viande, volaille, charcuterie, abats	7,9	5,7	14,7	9,4	10,1	6,9	19,3	12,6	12,4	8,4	10,3	7,7
Boissons (eau, soda, café)	11,7	8,2	13,1	8,5	12,3	8,4	11,8	7,8	11,3	7,7	10,2	7,6
Plats préparés (plats composés, sauces)	8,0	5,6	9,0	5,7	11,0	7,4	7,9	5,2	6,7	4,6	4,4	3,4
Oeufs et dérivés	9,5	6,6	8,8	5,6	8,7	5,9	12,6	8,2	9,9	6,7	10,1	7,6
Snacks (sandwiches, pizzas, quiches)	10,9	7,7	11,6	7,3	6,8	4,6	4,5	3,0	2,5	1,7	3,1	2,4
Sous total [4-8]	48,0	33,8	57,2	36,5	48,9	33,2	56,1	36,8	42,8	29,1	38,1	28,7
Produits amylacés (pâte, riz, p. de terre)	5,5	3,8	5,1	3,3	4,4	3,0	4,5	2,9	3,5	2,4	3,5	2,6
Fruits et légumes	1,7	1,2	2,0	1,2	2,3	1,6	2,6	1,6	3,2	2,1	3,0	2,4
Sucres ajoutés et chocolat	1,1	0,8	0,7	0,4	0,5	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2
Soupes et entrées	0,9	0,6	1,4	0,8	2,1	1,4	2,1	1,4	2,6	1,7	2,0	1,5
Graisses (beurre, huile, margarine)	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,3	0,5	0,4
Sous total [9-13]	9,5	6,7	9,6	5,9	9,7	6,5	10,1	6,4	10,1	6,8	9,3	7,1
Sel iodé	1,9	1,3	1,6	1,0	1,2	0,8	1,6	1,0	1,8	1,3	1,6	1,2
Total (sans sel iodé)	140,2	100,0	155,3	100,0	144,9	100,0	151,1	100,0	145,0	100,0	131,1	100,0
Total (sel iodé inclus)	142,0	100,0	157,0	100,0	146,1	100,0	152,6	100,0	146,8	100,0	132,7	100,0

Tableau 13. Contribution des 14 familles homogènes d'aliments aux apports en iode (sel iodé à 12,5 µg/g inclus) chez les femmes adultes normoévaluants (INCA)

Groupes d'aliments (14 familles)	F 15-19 ans (n = 85)		F 20-34 ans (n = 209)		F 35-44 ans (n = 136)		F 45-59 ans (n = 171)		F 60-69 ans (n = 83)		F > 70 ans (n = 84)	
	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)	moyenne (µg/j)	apport (%)
Produits laitiers, desserts lactés, glaces	48,2	38,3	48,6	36,6	46,9	34,5	43,4	33,9	44,7	35,3	48,3	39,1
Poissons et crustacés	18,9	15,0	19,3	14,6	19,2	14,1	20,5	16,0	22,7	17,9	26,1	21,0
Pain, viennoiserie, pâtisserie, biscuits	13,0	10,3	13,8	10,4	12,9	9,6	13,1	10,3	12,2	9,5	12,9	10,5
Sous total [1-3]	80,1	63,6	81,7	61,6	79,0	58,2	77,0	60,2	79,6	62,7	87,3	70,6
Viande, volaille, charcuterie, abats	8,5	6,7	8,6	6,5	14,3	10,5	10,3	7,9	9,0	7,0	6,9	5,5
Boissons (eau, soda, café)	8,0	6,2	11,3	8,6	12,0	8,8	11,0	8,7	8,8	7,0	6,9	5,2
Plats préparés (plats composés, sauces)	7,5	6,0	7,5	5,7	7,6	5,5	6,3	4,9	5,7	4,5	5,1	4,1
Oeufs et dérivés	6,4	5,1	6,1	4,6	7,3	5,4	9,7	7,5	9,4	7,4	6,7	5,4
Snacks (sandwiches, pizzas, quiches)	5,9	4,6	7,1	5,3	5,4	3,9	3,7	2,8	3,2	2,4	2,2	1,8
Sous total [4-8]	36,3	28,6	40,6	30,7	46,6	34,1	41,0	31,8	36,1	28,3	27,8	22,0
Produits amylacés (pâte, riz, p. de terre)	4,2	3,3	3,9	2,9	3,3	2,4	3,1	2,5	2,9	2,3	2,5	2,0
Fruits et légumes	1,6	1,2	1,8	1,4	2,2	1,7	2,5	2,0	3,1	2,4	2,2	1,8
Sucres ajoutés et chocolat	0,6	0,5	0,8	0,6	0,5	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3	0,2	0,2
Soupes et entrées	1,3	1,1	1,5	1,1	1,9	1,4	1,9	1,5	2,2	1,8	2,2	1,8
Graisses (beurre, huile, margarine)	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3
Sous total [9-13]	8,0	6,3	8,3	6,2	8,3	6,0	8,3	6,6	9,1	7,1	7,5	6,1
Sel iodé	1,6	1,2	1,6	1,2	1,9	1,4	1,4	1,1	1,7	1,4	1,4	1,2
Total (sans sel iodé)	124,5	100,0	130,7	100,0	134,2	100,0	126,4	100,0	124,9	100,0	122,5	100,0
Total (sel iodé inclus)	126,7	100,0	133,0	100,0	136,8	100,0	128,3	100,0	127,4	100,0	124,5	100,0

Chez les adultes normoévaluants hommes (Tableau 12) et femmes (Tableau 13), 5 familles, produits carnés (viande, volailles, charcuterie, abats), boissons (eaux, soda, café), plats

préparés (plats composés, condiments et sauces), œufs (œufs et dérivés) et snacks (sandwiches, pizzas, quiches) contribuent individuellement pour plus de 5 % aux apports et représentent environ 1/3 de l'apport total en iode. Les contributions des autres familles sont marginales (< 5 %) et totalisent moins de 15 % de l'apport total en iode.

II.2.3 Validité

II.2.3.1 Validité interne

Les difficultés rencontrées pour constituer une table alimentaire en iode, l'origine souvent très hétérogène des sources d'information et le mode de recueil des consommations alimentaires conduisent à s'interroger sur la validité des apports calculés en iode : valeurs absolues, contributions relatives et hiérarchie des sources.

Les produits laitiers constituent, dans tous les pays industrialisés, la première source en iode (Tableau 15). Les sources pour la presque totalité des produits laitiers (lait, produits laitiers frais, fromages) proviennent d'analyses effectuées sur des produits d'origine française (faible pourcentage de produits importés). La concentration en iode des produits laitiers n'est pas affectée par les traitements physiques (écrémage, homogénéisation) et thermiques (pasteurisation, stérilisation simple ou UHT) et ne diminue pas durant la période de mise sur le marché. Il existe par contre une variation saisonnière importante de la concentration en iode dans le lait et les produits laitiers ultra frais. Une concentration médiane (hiver/été) a été utilisée pour le calcul des apports (les consommations ont été considérées comme monotones sur l'année). Les produits industriels (crèmes, entremets et desserts lactés) qui intègrent des colorants alimentaires (érythrosine, E 127) ou des agents de texture alimentaire (épaississants et gélifiants) d'origine végétale marine (alginate, E 401-405 ; agar-agar, E 406 ; carraghénane, E 407) qui peuvent contribuer à augmenter la concentration en iode ont fait l'objet de mesures spécifiques.

Les produits issus de la mer, seconde source en iode dans toutes les enquêtes européennes sont bien documentés pour les espèces animales les plus consommées (espèces sauvages pêchées dans l'Océan atlantique). Cependant, les poissons d'élevage occupent aujourd'hui une place importante dans la consommation française. Les conditions d'élevage (compléments alimentaires) peuvent être la source de modifications profondes des concentrations minérales et vitaminiques dans les tissus (y compris poissons d'eau douce). La congélation ne semble pas modifier la concentration en iode dans les tissus, alors que la cuisson selon ses modes (bouilli, frit, grillé) entraînerait des pertes de 20 à 40 %, variables selon les tissus et les espèces concernées. Les sources concernent essentiellement des produits crus, les produits traditionnellement consommés en conserves (sardines, thon) sont bien documentés dans les tables. Une légère surestimation des apports en iode liés aux produits d'origine marine est donc probable.

Les œufs (et produits dérivés) sont riches en iode du fait de l'utilisation d'aliments minéraux et vitaminés en élevage aviaire. L'iode se concentre principalement dans le jaune sous une forme stable. Les sources ne mentionnent pas de variations saisonnières.

Les boissons assurent selon le sexe et l'âge 8 à 11 % des apports en iode. La concentration en iode dans l'eau de boisson varie selon l'environnement géochimique. La concentration en iode utilisée dans la table de composition alimentaire correspond à la moyenne des concentrations en iode mesurées dans les échantillons d'eau de Paris (10-25 µg/L). Cette valeur a été considérée comme valide pour cette étude, la majeure partie de la population vivant en France dans des grands bassins sédimentaires, à l'exception de la Bretagne. Pour les eaux de sources et les eaux minérales, la valeur retenue dans la table de composition correspond à la médiane des concentrations en iode de plus de 60 eaux consommées en France et en Europe.

Les produits raffinés, sucres et corps gras, sont quasi totalement dépourvus d'iode (Tableau 15). Leur contribution est donc insignifiante. Certaines préparations riches en sucres raffinés et/ou en graisses peuvent avoir des concentrations en iode élevées en raison

de la présence d'œufs (mayonnaise, sauces) ou de produits lactés concentrés (chocolat au lait, boisson chocolatée sucrée). Les produits animaux et végétaux sont naturellement pauvres en iode. Les algues constituent naturellement une exception (Tableau 24).

La concentration en iode du sel ajouté a été fixée à 12,5 µg/g. La moyenne des concentrations en iode mesurées par titrimétrie ou colorimétrie lors des contrôles effectués par l'U557 INSERM dans des paquets de sel fin et des salières individuelles était de 12,1 µg/g ; 95,5 % des concentrations en iode des échantillons de sel fin étaient entre 10 et 15 µg/g. La contribution du sel iodé aux apports en iode (< 2 %) est sous-estimée, le sel de cuisson n'étant pas pris en compte dans les calculs. La contribution du sel iodé doit être analysée avec prudence, en l'absence de toute enquête représentative sur les conditions d'utilisation du sel à usage domestique dans la population française.

Les compléments alimentaires et/ou les produits diététiques contenant de l'iode ou à base de cendres ou d'extraits d'algues ne sont pas identifiés dans cette étude, leur contribution n'est donc pas incluse dans le calcul de l'apport total en iode.

II.2.3.2 Validité externe

La population enquêtée provient d'un échantillon national dont la représentativité globale a été vérifiée par comparaison avec les enquêtes et recensements de l'INSEE. La réalisation de l'enquête en 4 vagues réparties sur une période de 11 mois a permis de tenir compte de l'effet saisonnier. Enfin la méthode de recueil des consommations alimentaires individuelles employée, et le carnet de consommation de 7 jours consécutifs, sont considérés comme la méthode la plus pertinente.

II.2.4 Conclusions

Les apports alimentaires en iode calculés dans l'enquête INCA correspondent à la situation présente dans la population vivant en France en 2004 (Tableau 7). Les concentrations en iode dans les aliments ont été réactualisées et la concentration en iode du sel enrichi (12,5 µg/g) correspond à la réglementation en vigueur. Ils constituent donc les données de base de toute nouvelle proposition d'enrichissement portant soit sur le sel iodé, soit sur de nouveaux vecteurs d'enrichissement en iode.

La couverture des besoins en iode est satisfaite chez tous les enfants de plus de 2 ans. Il existe cependant un risque préoccupant de dépassement des limites supérieures de sécurité chez les plus jeunes enfants de moins de 3 ans.

Les niveaux d'apports alimentaires quotidiens en iode dans l'enquête INCA confirment l'existence d'une déficience en iode légère dans la population adulte vivant en France. Les femmes à tous les âges sont plus exposées que les hommes. Ces résultats montrent une bonne cohérence avec les évaluations du statut biologique en iode des adultes de l'étude SU.VI.MAX (Tableau 5). Les apports en iode sont faibles chez les sujets de plus de 70 ans et diminuent parallèlement à la baisse des apports énergétiques. Cette déficience en iode est associée à une morbidité dont la prévalence et la sévérité varient en fonction du degré de déficience. Les anomalies observées dans la population adulte de l'étude SU.VI.MAX concernent la morphologie thyroïdienne, goitre et pathologie nodulaire (Valeix *et al.* 2001), et les dysthyroïdies biologiques (hypothyroïdie et hyperthyroïdie) (Valeix *et al.* 2004).

Les jeunes adolescentes et les femmes en âge de procréer apparaissent comme des groupes à risque prioritaires. Les possibilités d'augmentation des apports en iode en particulier à destination des femmes en âge de procréer paraissent particulièrement étroites en regard des risques de dépassement existant chez les jeunes enfants.

Les produits laitiers constituent le premier vecteur d'iode chez le jeune enfant, leur contribution dépassant 50 % des apports en iode. Le groupe de travail a reconnu que cette situation constituait un obstacle à toute nouvelle proposition d'enrichissement en vue d'améliorer les apports en iode dans la population générale. Le groupe de travail a donc

souhaité réaliser en concertation avec les milieux professionnels une analyse préalable des conditions de gestion des sources d'iode dans ce vecteur.

II.2.5 Références

Favier J.C., Ireland-Ripert J., Toque C., Feinberg M. - Répertoire général des aliments. Table de composition, 2^e édition, Lavoisier Technique & Documentation, INRA Editions, 1995.

Comité des Salines de France - Rapport du Délégué Général, 2003.

Goldberg G.R., Black A.E., Jebb S.A., Cole T.J., Murgatroyd P.R., Coward W.A., Prentice A.M. - Critical evaluation of energy intake using fundamental principles of energy physiology : 1. Derivation of cut-off limits to identify under-reporting. *European Journal of Clinical Nutrition* 1991; 45: 569-581.

Lamand M., Tressol J.C., Bellanger J. - The mineral and trace element composition in French food items and intake levels in France. *Journal of Trace Elements and Electrolytes in Health and Disease* 1994; 8: 195-202.

Mennen L., Lafay L., Valeix P., Galan P., Volatier J-L., Castetbon K., Hercberg S. - Etude de validation de l'estimation des ajouts en sel (NaCl) pour l'enquête INCA2. *Journées Scientifiques de l'InVS* 2001; 22. Paris.

Portions alimentaires SU.VI.MAX. - Manuel photos pour l'estimation des quantités. Polytechnica, 1994, Paris.

Valeix P., Zarebska M., Bensimon M., Cousty C., Bertrais S., Galan P., Hercberg S. - Nodules thyroïdiens à l'échographie et statut en iode des adultes volontaires de l'étude SU.VI.MAX. *Annales d'Endocrinologie* 2001; 62: 499-506.

Valeix P., Dos Santos C., Castetbon K., Bertrais S., Cousty C., Hercberg S. - Statut thyroïdien et fréquences des dysthyroïdies chez les adultes inclus dans l'étude SU.VI.MAX en 1994-1995. *Annales d'Endocrinologie* 2004; 65: 477-486.

Volatier J-L. - Enquête INCA individuelle et nationale sur les consommations alimentaires. CREDOC, AFSSA, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Tec & Doc, Paris, 2000, 158 p.

II.3 L'iode alimentaire

Le terme iode recouvre toutes les formes d'iode, minérales et organiques présentes dans les aliments.

II.3.1 Métabolisme

L'iode est un substrat indispensable à la synthèse des hormones thyroïdiennes, thyroxine et triiodothyronine. La biosynthèse des hormones thyroïdiennes s'effectue dans les follicules de la glande thyroïde. Elle comporte deux réactions successives catalysées par la thyroperoxydase, l'iodation des résidus tyrosyl, suivie de leur couplage pour former les thyronines iodées. La thyroxine ou tétraiodothyronine (T₄) contient 65,4 % d'iode et la triiodothyronine (T₃) 56,6 %. La plupart des actions des hormones thyroïdiennes sur les tissus cibles sont liées à la liaison de la T₃ avec ses récepteurs nucléaires. Le pool de T₃ circulant est issu en grande partie de la conversion périphérique de la prohormone T₄ en T₃ active sous l'effet des 5'-désiodases (Köhrle 1999).

Les hormones thyroïdiennes sont impliquées dans le développement, la croissance et la différenciation des principaux tissus de l'organisme et dans la régulation des voies métaboliques indispensables à la vie (thermogenèse, métabolismes des lipides, protéines et hydrates de carbone). Elles ont un rôle prépondérant dans le développement du système nerveux central durant les périodes fœtale et néonatale. La déficience en iode est donc associée principalement à un risque de déficit hormonal précoce en hormones thyroïdiennes pouvant être à l'origine d'anomalies du développement cérébral et de troubles psychomoteurs (Hetzel 1983).

II.3.2 Absorption et biodisponibilité

II.3.2.1 Absorption

L'iode est présent dans les aliments essentiellement sous forme libre (iodure) rapidement absorbée au niveau de l'estomac et de l'intestin grêle (> 90 %). L'iode alimentaire introduit sous forme d'iodate (sel enrichi, compléments alimentaires) est immédiatement retrouvé

réduit dans le plasma (Bürgi *et al.* 2001). La cinétique de réduction des iodates en iodures est cependant peu ou mal connue.

L'absorption de l'iode contenu dans les œufs est proche de 100 %, elle varie de 66 % à 100 % dans les algues selon leurs concentrations en iode organique ou inorganique (Tableau 24). Dans le lait, l'iode est présent sous forme d'iodure (77 %), et d'iode lié aux protéines et aux lipides (23 %) libéré par traitement thermique. Chez des femmes ($n = 12$) recevant un régime riche en produits laitiers et consommant environ 200 µg d'iode par jour (dont 37 % dans les produits laitiers), 89 % de l'iode ingéré était excrété dans les urines et 11 % dans les fèces (Jahreis *et al.* 2001).

L'absorption digestive de l'iode organique en particulier des hormones thyroïdiennes, prescrites chez l'homme en tant que traitement substitutif (100-125 µg) ou freinateur (100-200 µg), ou présentes naturellement dans les tissus animaux est estimée à 70-80 % de la quantité ingérée (Hurrell 1997).

II.3.2.2 Biodisponibilité

Du fait de la compétition entre le rein et la thyroïde, seule une fraction de l'iodure plasmatique est susceptible d'être incorporée par la thyroïde. Le taux de fixation de l'iode par la thyroïde traduit la capacité du thyrocyte à transférer l'iodure à travers la membrane basolatérale grâce à un transporteur actif (Na^+/I^-) (Dai *et al.* 1996). La quantité d'iode qui entre dans la thyroïde par unité de temps (24 heures) varie selon le statut iodé de la population (Wong *et al.* 1977). Aux Etats-Unis, la fixation thyroïdienne de l'iode à 24 h est inférieure à 20 %, alors qu'en France, compte tenu d'un niveau d'apport en iode modérément déficitaire variable selon les régions, 20 à 40 % de l'iode absorbé pénètre dans la thyroïde, le reste étant excrété dans les urines.

II.3.2.3 Facteurs modifiant la biodisponibilité de l'iode

Des facteurs extrinsèques antagonistes de l'iodure par inhibition compétitive au niveau du système de transport actif de l'iode diminuent la biodisponibilité de l'iode. Ingérées à doses suffisantes, ces substances alimentaires organiques ou inorganiques (glucosinolates, glucosides cyanogénétiques) ont un pouvoir goitrigène et contribuent à augmenter les besoins en iode (Gaitan 1989). La goitrine et les flavonoïdes diminuent la synthèse des hormones thyroïdiennes en inhibant la thyroperoxydase.

L'absorption de la lévothyroxine (T_4) est diminuée par la prise de carbonate de calcium, de sulfate ferreux, ou d'hydroxydes de magnésium et d'aluminium, ou lors de traitements hypocholestérolémiants (clofibrate, cholestyramine) et de régimes riches en fibres solubles (Singh *et al.* 2000).

Il existe de plus des interactions fonctionnelles entre les statuts en sélénium et en fer, et le métabolisme de l'iode (Derumeaux *et al.* 2003). Expérimentalement, les effets de la carence en iode sur le volume de la thyroïde et la TSH sont majorés par une déficience en sélénium. Une anémie sévère s'accompagne d'une chute de la T_4 et d'une augmentation de la TSH (Beard *et al.* 1998).

II.3.3 Les Apports Nutritionnels Conseillés (ANC)

Les apports nutritionnels conseillés (ANC) pour l'iode évoluent en fonction de l'âge et ne font pas état de besoins spécifiques pour les femmes (Tableau 14). La grossesse s'accompagne d'un besoin supplémentaire en iode qui perdure lorsque l'allaitement maternel est pratiqué. Bien que la masse active et les besoins énergétiques soient moindres chez les sujets âgés, les besoins en iode sont *a priori* considérés comme égaux à ceux de l'adulte jeune (Afssa 2001).

Tableau 14. Les apports nutritionnels conseillés en iode ($\mu\text{g}/24 \text{ h}$) pour la population française (Afssa 2001)

Catégories	Iode ($\mu\text{g}/24 \text{ h}$)
Enfants	
1-3 ans	80
4-6 ans	90
7-9 ans	120
10-12 ans	150
Adolescent(e)s	
13-15 ans	150
16-19 ans	150
Adultes	
20-64 ans	150
> 65 ans	150
Grossesse	200
Allaitement	200
Personnes âgées > 75 ans	150

Les apports nutritionnels conseillés pour l'iode chez l'adulte sont fixés au niveau européen à $100 \mu\text{g}/24 \text{ h}$ (SCF 2002). Les apports conseillés les plus élevés en Europe ($200 \mu\text{g}/24 \text{ h}$) sont proposés en Allemagne et en Autriche (German Nutrition Society 2002).

II.3.4 Sources alimentaires

II.3.4.1 Sources principales

La majeure partie des aliments, à l'exception de ceux issus du milieu marin, sont dépourvus de quantités notables d'iode (Tableau 15). Les concentrations en iode les plus élevées concernent les mollusques (moules, huîtres) et crustacés (crevettes, homards, langoustes) comestibles, enfin les poissons d'origine marine. Les tissus animaux (viande de boucherie, volailles) sont naturellement pauvres en iode. Les concentrations sont de même très réduites dans les végétaux et les fruits.

Le lait ainsi que les produits laitiers transformés et les œufs sont devenus des vecteurs importants d'iode dans l'alimentation des populations des pays industrialisés, du fait de l'utilisation de compléments alimentaires riches en iode et/ou de la contamination de la chaîne alimentaire par des substances iodées. La contribution des produits laitiers à la couverture des besoins en iode en France fera l'objet d'un chapitre spécifique.

Tableau 15. Concentration en iode dans les principaux groupes d'aliments consommés en France (moyenne en $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ de fraction comestible) (Valeix 2003)

Groupes d'aliments	Iode (μg)	étendue
Mollusques, Crustacés	183	28-313
Poissons (marins)	111	17-330
Poissons (eau douce)	4	1,7-9
Œufs	48	9-52
Lait	15	2,8-25,8
Produits laitiers frais	18	8-21
Fromages	26	19-50
Viandes	5	2-9
Volailles	2,5	2-5
Charcuterie	13,8	1-32
Céréales	7	5-10
Pain	7	2,4-19
Légumineuses	4	1-13
Légumes verts	1,4	0,5-15
Pomme de terre	2	0,2-3
Fruits	1,3	0,1-4
Fruits secs	2,7	1-4
Eaux de boisson (dont minérales)	1,5	0,5-6,5
Matières grasses (huiles, beurre)	2,9	2,7-4,4
Sucre (saccharose)	traces	-
Sel de table enrichi en iode (sel fin)*	12	10-15
Sel de cuisine enrichi en iode (gros sel)*	10	8-12
Sel de table ou de cuisine*	< 1	-
Algues ($\mu\text{g}/\text{g}$ frais)	45	10-1300
Algues ($\mu\text{g}/\text{g}$ m.s.)	320	70-8500

*concentrations exprimées en $\mu\text{g}/\text{g}$ de sel

II.3.4.2 Sources alimentaires annexes

Les agents de texture alimentaires (épaississants et gélifiants) colloïdes d'origine végétale marine (alginates, carraghénanes, agar-agar) enrichissent en iode les aliments dans lesquels ils sont abondamment incorporés. Les alginates de sodium (E 401), potassium (E 402), ammonium (E 403), propylène glycol (E 405) calcium (E 404), et l'agar-agar (E 406) et les carraghénanes (E 407) sont utilisés comme structurants des charcuteries, crèmes, flans, entremets et comme gélifiants dans la confection des crèmes, des jus de fruits et des desserts lactés. La concentration en iode des alginates peut atteindre 900 µg/100 g.

L'érythrosine (tétraiodofluorescéine) est un colorant rouge orangé (E 127), utilisé par les industries pharmaceutiques et agroalimentaires (céréales enrichies, desserts, fruits au sirop, fruits confits, crèmes et pâtisseries). L'érythrosine est utilisée essentiellement dans les pays anglo-saxons (USA). En France, son usage est limité aux cerises en conserve ou confites (200 mg/kg) et aux bigarreaux au sirop (150 mg/kg). La biodisponibilité de l'iode contenu dans l'érythrosine est très faible (0,5 % chez l'homme) mais augmente sous l'effet d'un traitement thermique (Barbano *et al.* 1984).

II.3.5 Innocuité

Les effets toxiques de l'iode sont bien documentés chez l'animal, les doses létales sont élevées chez le rat et la souris (10 à 22 g/kg) avec l'existence d'effets tératogènes. Les effets observés chez l'animal sont toutefois difficiles à transposer chez l'homme, les mécanismes régulateurs du métabolisme des hormones thyroïdiennes étant différents selon les espèces.

II.3.5.1 Toxicité aiguë de l'iode

Les cas d'intoxications aiguës accidentelles ou suicidaires sont exceptionnels. La dose létale pour l'homme est de 2 à 4 g.

II.3.5.2 Toxicité chronique d'origine professionnelle ou iatrogène

L'ingestion, l'inhalation ou le contact avec l'iode ou ses dérivés sont rares en milieu professionnel (désinfectants, herbicides, colorants). Les intoxications iatrogènes accidentelles sont fréquentes. Certains désinfectants et de nombreux dérivés iodés sont des antiseptiques très efficaces qui associent l'iode à une substance tensioactive (povidone iodée).

Les produits de contraste radio-opaques iodés, et de nombreux médicaments organoiodés contiennent entre 30 et 60 % de leur masse sous forme d'iode et sont responsables de surcharges iodées ponctuelles. Chez l'homme, au delà de 60 ans, l'amiodarone (Cordarone®) utilisé comme antiarythmique et antiangoreux est responsable de la majorité des hyperthyroïdies induites par l'iode en entraînant une surcharge importante en iode persistant plusieurs mois après l'arrêt de la prise (Wiersinga 1997).

II.3.5.3 Toxicité chronique par ingestion alimentaire

II.3.5.3.1 Toxicité chronique par la consommation de compléments alimentaires

Les compléments alimentaires sont responsables de nombreux cas de surcharges temporaires en iode. Ils sont traditionnellement utilisés dans un objectif de supplémentation ou comme adjuvants des régimes amaigrissants. Les composants principaux sont l'iodure de potassium ou des préparations à base d'algues. Les gélules ou comprimés contiennent 25 à 400 mg d'extraits secs de Fucus, approximativement 25 à 600 µg d'iode. En Angleterre, l'utilisation des compléments alimentaires correspond selon les conseils d'utilisation à une ingestion journalière supplémentaire de 45-5000 µg d'iode (Norman *et al.* 1987).

II.3.5.3.2 Toxicité chronique par des sources alimentaires à l'état endémique

Les surcharges chroniques en iode d'origine alimentaire sont traditionnellement décrites parmi les populations du Japon (Konno *et al.* 1994), de Corée (Moon *et al.* 1999) ou de Norvège qui introduisent de façon continue des algues fraîches ou séchées dans leur alimentation. Des surcharges chroniques en iode ont été décrites plus récemment en Chine dues à la consommation d'eau de boisson provenant de nappes souterraines et contenant selon la profondeur du forage de 27,2 à 661,2 µg d'iode par litre (Ma *et al.* 1982).

Aux Etats-Unis, en Australie et dans les pays scandinaves, les enquêtes nationales de consommations alimentaires montrent qu'à partir de 1970 des proportions croissantes d'individus, et plus particulièrement les enfants, étaient exposés à des surcharges chroniques en iode (3 à 5 fois les apports conseillés), résultat d'une incorporation massive d'iode dans les produits transformés.

La prise en compte des risques associés à ces apports élevés en iode a conduit les autorités des pays concernés à réglementer l'utilisation de certains produits riches en iode dans l'industrie agroalimentaire (érythrosine, iodate de potassium), ou à inciter les industriels à une autolimitation de leurs usages. Aux Etats-Unis, le pourcentage de surcharges modérées en iode (concentration en iode urinaire > 500 µg/L) dans la population adulte a ainsi été abaissé de 27,8 % à 5,3 % entre 1971-74 (NHANES I) et 1988-94 (NHANES III), les surcharges sévères (concentration urinaire en iode > 1 mg/L) chutant dans les mêmes proportions de 5,3 à 1,3 % (Hollowell *et al.* 1998). L'industrie laitière américaine s'est attachée dans le même temps à limiter la concentration d'iode dans le lait en dessous de 500 µg/L, seuil au delà duquel, pour de nombreux états, un lait est considéré comme impropre à la consommation humaine.

En Angleterre, les plus forts consommateurs de lait parmi les enfants âgés de 1 an ½ à 4 ans ½, ont des apports alimentaires en iode qui dépassent largement les limites supérieures de sécurité de 210-280 µg/24 h (MAFF 2000).

Très exceptionnellement, l'introduction de l'iodation du sel dans des programmes de lutte contre la carence en iode s'est accompagnée dans certains pays africains (Cameroun, Kenya, Nigeria, Congo, Tanzanie, Zambie, Zimbabwe) de signes cliniques de lignée thyroïdienne évocateurs de surcharges en iode. Ces surcharges étaient le résultat de programmes inadaptés avec un taux d'enrichissement du sel en iode trop élevé (30-100 mg/kg), une sous-estimation de la consommation domestique de sel, et une absence de structures fiables de contrôle sur les unités assurant souvent de façon artisanale l'enrichissement du sel en iode (Delange *et al.* 1999).

II.3.5.4 Surcharges expérimentales

La thyroïde saine est capable de s'adapter à des variations importantes des apports en iode. Cependant dans les populations exposées chroniquement à des apports élevés en iode, on constate la présence d'anomalies cliniques (goitre) ou biologiques (distribution de la TSH) qui montrent qu'en dépit d'un statut majoritairement euthyroïdien, certains sujets exposés échappent à ces mécanismes régulateurs.

Expérimentalement chez l'homme, un apport supplémentaire de 500 µg d'iode (KI) pendant 28 jours, en plus de l'apport journalier habituel estimé à 250 µg provoque une baisse légère de la T₄ libre et une hausse réciproque de la TSH, qui maintiennent les volontaires dans les limites de l'euthyroïdie, bien que certains dépassent le seuil de référence (TSH ≥ 5,0 mU/L) (Chow *et al.* 1991). Des apports élevés en iode favoriseraient l'apparition ou à la progression des pathologies thyroïdiennes auto-immunes, ce que suggèrent les corrélations géographiques comparant des populations à apports alimentaires (modérément) élevés en iode à celles ayant des apports en iode adéquats ou légèrement déficitaires (Laurberg *et al.* 1998).

II.3.5.5 Effets secondaires à une augmentation de la consommation d'iode

Dans les populations exposées à une déficience sévère en iode, l'introduction du sel iodé a été suivie d'une augmentation transitoire de l'incidence des hyperthyroïdies. Ces hyperthyroïdies surviendraient en présence d'un goitre ancien multinodulaire ou d'une thyroïde anormale présentant des zones autonomes correspondant à une hétérogénéité fonctionnelle du parenchyme (Delange *et al.* 1999). Des observations identiques ont également été rapportées dans les pays exposés à une déficience modérée en iode en relation avec une augmentation du taux d'enrichissement du sel iodé (Autriche, Argentine). Plusieurs études épidémiologiques ont fait un parallèle entre les "épidémies" de thyrotoxicose et les variations saisonnières de la concentration en iode dans le lait (Nelson *et al.* 1985).

La population adulte en France est dans son ensemble exposée à une déficience légère en iode. Il existe donc un risque d'augmentation temporaire de l'incidence de thyrotoxicose chez les sujets de plus de 60 ans, en particulier dans les régions où les apports alimentaires en iode sont les plus faibles (Auvergne, Rhône-Alpes, Franche-Comté, Lorraine, Alsace, Champagne-Ardenne). La prévision du risque est difficile, dans la mesure où les sujets à risque porteurs d'anomalies thyroïdiennes sont le plus souvent asymptomatiques. Dans l'étude de Whickham (Grande-Bretagne), à l'issue d'un suivi de 20 ans (1974-1994), l'incidence annuelle de l'hyperthyroïdie spontanée était de 0,8/1000 chez la femme et nulle chez l'homme (Vanderpump *et al.* 1995).

Le groupe de travail s'est donc assuré dans ses recommandations d'enrichissement en iode que le risque accru d'hyperthyroïdie a bien été pris en compte et que les propositions d'augmentation des apports alimentaires en iode et le calendrier d'application de cette mesure visent à prévenir et à réduire ce risque potentiel.

II.3.5.6 Limites supérieures de sécurité des apports en iode

En relation avec l'enrichissement en iode de certains produits alimentaires et du risque d'apports excessifs chez les plus forts consommateurs de produits laitiers, le SCF a récemment adopté une limite supérieure de sécurité pour l'iode de 600 µg/24 h chez l'adulte appliquée aux enfants après pondération par le poids (Scientific Committee on Food 2002).

La limite supérieure de sécurité d'apport total en iode est de 1100 µg/24 h pour les Etats-Unis, l'Australie et la Nouvelle-Zélande, de 1000 µg/24 h pour l'OMS, ainsi que pour le comité d'experts WHO/FAO/IAEA (WHO 1996).

Le groupe de travail a pris en compte pour le sujet adulte une limite supérieure de sécurité de 600 µg/24 h. Pour les autres tranches d'âge (≥ 3 ans) cette valeur a été calculée et rapportée à la surface corporelle (Tableau 16). Les calculs ont été effectués sur les observations de l'étude longitudinale de croissance des garçons français et appliqués aux filles (Sempé *et al.* 1979). Les surfaces corporelles ont été calculées selon la formule de Du Bois : surface corporelle $S[m^2] = P[kg]^{0,425} \times T[cm]^{0,725} \times 71,8 \times 10^{-4}$ (Du Bois *et al.* 1916).

Tableau 16. Variations semestrielles et annuelles de la taille (cm) et du poids (kg) des filles, et chez les garçons de la surface corporelle (m²), et des limites supérieures de sécurité pour l'iode entre 3 et 21 ans (µg/24 h)

Age (ans)	Filles		Garçons		Surface corporelle moyenne (m ²)	Limite supérieure de sécurité (µg/24 h)
	taille moyenne (cm)	poids moyenne (kg)	taille moyenne (cm)	poids moyenne (kg)		
3,0	92,7	13,60	94,2	14,14	0,60	200,0
3,5	96,4	14,52	97,9	15,15	0,63	211,8
4,0	99,8	15,36	101,3	16,02	0,66	222,3
4,5	103,1	16,32	104,5	16,95	0,70	232,9
5,0	106,3	17,22	107,7	17,87	0,73	243,5
5,5	109,3	18,06	110,8	18,90	0,76	254,5
6,0	112,2	19,02	113,8	19,87	0,79	265,1
6,5	115,2	20,11	116,8	21,03	0,83	276,7
7,0	118,2	21,26	119,7	22,23	0,86	288,4
7,5	121,1	22,48	122,5	23,44	0,90	300,0
8,0	123,9	23,83	125,3	24,73	0,93	311,9
8,5	126,7	25,24	128,0	26,09	0,97	324,1
9,0	129,4	26,66	130,6	27,47	1,00	336,1
9,5	132,1	28,10	133,1	28,84	1,04	347,9
10,0	134,7	29,62	135,6	30,34	1,08	360,3
10,5	137,7	31,44	138,0	31,81	1,11	372,3
11,0	140,7	33,39	140,5	33,30	1,15	384,6
11,5	144,1	35,42	143,1	35,07	1,19	398,4
12,0	147,7	37,80	145,8	36,73	1,23	411,9
12,5	151,2	40,58	149,2	39,24	1,29	430,8
13,0	154,3	43,23	152,5	41,60	1,34	448,6
13,5	156,8	45,61	156,2	44,60	1,40	470,2
14,0	158,7	47,78	159,9	47,70	1,47	492,1

Age (ans)	Filles		Garçons		Surface corporelle moyenne (m ²)	Limite supérieure de sécurité (µg/24 h)
	taille	poids	taille	poids		
	moyenne (cm)	moyenne (kg)	moyenne (cm)	moyenne (kg)		
14,5	160,1	49,60	163,5	51,00	1,54	514,6
15,0	161,1	50,80	166,7	54,00	1,60	534,7
15,5	161,9	51,80	169,2	56,40	1,64	550,6
16,0	162,4	52,10	171,1	58,40	1,68	563,3
16,5	162,7	52,40	172,5	60,00	1,71	573,2
17,0	162,9	52,60	173,5	61,30	1,73	580,9
17,5	163,1	52,70	174,1	62,40	1,75	586,8
18,0	163,2	52,80	174,5	63,30	1,77	591,3
18,5	163,3	52,90	174,8	63,90	1,78	594,4
19,0	163,3	53,00	175,0	64,30	1,78	596,5
19,5	163,3	53,00	175,1	64,60	1,79	597,9
20,0	163,3	53,00	175,2	64,80	1,79	599,0
20,5	163,3	53,00	175,3	64,90	1,79	599,6
21,0	163,3	53,00	175,3	65,00	1,79	600,0

Les valeurs des limites supérieures de sécurité d'apport total en iode (µg/24 h) ont été arrondies et correspondent au point médian de chaque groupe d'âge (Tableau 17). La répartition des enfants par tranche d'âge a été effectuée en tenant compte des ANC et de l'échantillon des enfants de l'enquête INCA.

Tableau 17. Limites supérieures de sécurité d'apport total en iode (µg/24 h) du SCF (2002) et du Groupe de Travail (GT) Iode de l'AFSSA (2004)

Limites supérieures de sécurité (µg/24 h)			
Age (ans)	SCF	Age (ans)	GT Iode AFSSA
1-3	200	3	200
4-6	250	4-6	250
7-10	300	7-9	300
11-14	450	10-14	450
15-17	500	15-17	500
> 18	600	> 18	600

La détermination du niveau d'enrichissement impose que l'innocuité de l'enrichissement en iode soit vérifiée pour toutes les tranches d'âge de la population en s'assurant que les apports nutritionnels les plus élevés en iode dans la population (95^e ou 97,5^e percentiles) ne dépassent pas les limites supérieures de sécurité adoptées.

II.3.6 Références

- Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) - Iode. In : Apports nutritionnels conseillés pour la population française, 3^e édition, 2001, p. 161-165.
- Barbano D.M., Dellavalle M.E. - Thermal degradation of FD & Red N° 3 and release of free iodide. *Journal of Food Protection* 1984; 47: 668-669.
- Beard J.L., Brigham D.E., Kelley S.K., Green M.H. - Plasma thyroid hormone kinetics are altered in iron-deficient rats. *Journal of Nutrition* 1998; 128: 1401-1408.
- Bürgi H., Schaffner T., Seiler J.P. - The toxicology of iodate : a review of the literature. *Thyroid* 2001; 11: 449-456.
- Chow C.C., Phillips D.I.W., Lazarus J.H., Parkes A.B. - Effect of low dose iodide supplementation on thyroid function in potentially susceptible subjects : are dietary iodide levels in Britain acceptable? *Clinical Endocrinology* 1991; 34: 413-416.
- Dai G., Levy O., Carrasco N. - Cloning and characterization of the thyroid iodide transporter. *Nature* 1996; 379: 458-460.
- Delange F., De Benoit B., Alnwick D. - Risks of iodine-induced hyperthyroidism after correction of iodine deficiency by iodized salt. *Thyroid* 1999; 9: 545-556.
- Derumeaux H., Valeix P., Castetbon K., Bensimon M., Boutron-Ruault M.C., Arnaud J., Hercberg S. - Association of selenium with thyroid volume and echostructure in 35- to 60-year-old French adults. *European Journal of Endocrinology* 2003; 148: 309-315.
- Du Bois D., Du Bois E.F. - Clinical calorimetry X. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine* 1916; 17: 863-871.
- Gaitan E. - *Environmental Goitrogenesis*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 1989, 250 p.
- German Nutrition Society (DGE) - Iodine. In : References values for nutrient intakes. Frankfurt/Main, Umschau/Braus, 2002, p. 161-165.

- Hetzel B.S. - Iodine deficiency disorders (IDD) and their eradication. *Lancet* 1983; 2: 1126-1129.
- Hollowell J.G., Staehling N.W., Hannon W.H., Flanders D.W., Gunter E.W., Maberly G.F., Braverman L.E., Pino S., Miller D.T., Garbe P.L., DeLozier D.M., Jackson R.J. - Iodine nutrition in the United States. Trends and public health implications : Iodine excretion data from National Health and Nutrition Examination Surveys I and III (1971-1974 and 1988-1994). *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 1998; 83: 3401-3408.
- Hurrell R.F. - Bioavailability of iodine. *European Journal of Clinical Nutrition* 1997; 51, Suppl. 1: S9-S12.
- Jahreis G., Hausman W., Kiessling G., Franke K., Leiterer M. - Bioavailability of iodine from normal diets rich in dairy products - results of balance studies in women. *Experimental and Clinical Endocrinology and Diabetes* 2001; 109: 163-167.
- Köhrle J. - Local activation and inactivation of thyroid hormones : the deiodinase family. *Molecular and Cellular Endocrinology* 1999; 151: 103-119.
- Konno N., Makita H., Yuri K., Iizuka N., Kawasaki K. - Association between dietary iodine intake and prevalence of subclinical hypothyroidism in the coastal regions of Japan. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 1994; 78: 393-397.
- Laurberg P., Pedersen K.M., Hreidarsson A., Sigfusson N., Iversen E., Knudsen P.R. - Iodine intake and the pattern of thyroid disorders : a comparative epidemiological study of thyroid abnormalities in the elderly in Iceland and in Jutland, Denmark. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 1998; 83: 765-769.
- Ma T., Yu Z., Lu T., Wang S., Dong C., Hu X., Zhu H., Liu R., Yuan C., Wang G., Cai H., Wang Q. - High-iodide endemic goiter. *Chinese Medical Journal* 1982; 95: 692-696.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF) - Iodine in milk. *Food Surveillance Information* 2000, sheet N° 198.
- Moon S., Kim J. - Iodine content of human milk and dietary iodine intake of Korean lactating mothers. *International Journal of Food Science and Nutrition* 1999; 50: 165-171.
- Nelson M., Phillips D.I.W. - Seasonal variations in dietary iodine intake and thyrotoxicosis. *Human Nutrition: Applied Nutrition* 1985; 39A: 213-216.
- Norman J.A., Pickford C.J., Sanders T.W., Waller M. - Human intake of arsenic and iodine from seaweed-based food supplements and health foods available in the UK. *Food Additives and Contaminants* 1987; 5: 103-109.
- Scientific Committee on Food (SCF) - Opinion of the Scientific Committee on Food on the tolerable upper intake level of iodine. European Commission, Brussels, 2002, 25 p.
- Sempé M., Pedron G., Roy-Pernot M.P. - Auxologie. Paris, Théraplix, 1979, vol 1, 205 p.
- Singh N., Singh P.N., Hershman J.M. - Effect of calcium carbonate on the absorption of levothyroxine. *Journal of the American Medical Association* 2000; 283: 2822-2825.
- Valeix P. - L'iode dans l'alimentation. In : L'iode, Dossier Scientifique de l'Institut Français pour la Nutrition, Paris, 2003; 13: 11-45.
- Vanderpump M.P.J., Tunbridge W.M.G., French J.M., Appleton D., Bates D., Clark F., Grimley Evans J., Hasan D.M., Rodgers H., Tunbridge F., Young E.T. - The incidence of thyroid disorders in the community : a twenty-year follow-up of the Whickham survey. *Clinical Endocrinology* 1995; 43: 55-68.
- Wiersinga W.M. - Amiodarone and the thyroid. In : *Pharmacotherapeutics of the thyroid gland*, eds : A.P. Weetman, A. Grossman, Handbook of experimental pharmacology, 1997; 128: 225-287, Springer-Verlag, Berlin.
- World Health Organization (WHO) - Iodine. In : Trace elements in human nutrition and health. World Health Organization, Geneva, 1996, p. 49-71.
- Wong E.T., Schultz A.L. - Changing values for the normal thyroid radioactive iodine uptake test. *Journal of the American Medical Association* 1977; 238: 1741-1743.

II.4 Impact de l'utilisation de composés iodés en alimentation et en santé animales sur la composition en iode des produits laitiers

II.4.1 Introduction

Grâce à une grande diversification, les produits laitiers ont su s'adapter aux goûts et aux désirs de consommateurs exigeants et ont acquis une légitimité nutritionnelle auprès de tous les groupes d'âge. Dans tous les pays industrialisés occidentaux, l'industrie laitière est de plus devenue un élément essentiel de prévention nutritionnelle de la déficience en iode.

En référence au mode de conduite des bovins laitiers, l'iode est d'abord un nutriment indispensable présent dans les aliments minéraux et vitaminés utilisés par les éleveurs pour répondre à des objectifs de production performants ; l'iode est également le principe actif de désinfectants iodés (iodophores) utilisés pour garantir la qualité bactériologique du lait, en contribuant notamment à limiter les infections mammaires. Au bout du compte, les facteurs d'enrichissement du lait en iode ont contribué de manière significative à la régression spectaculaire de la carence en iode en Europe depuis le milieu du 20^e siècle.

Les enquêtes de consommation alimentaire réalisées sur de vastes échantillons représentatifs de sujets (Etats-Unis, Grande-Bretagne, Pays-Bas) ont montré que les produits laitiers constituaient à tous les âges la principale contribution aux apports en iode, mais qu'il existait aussi chez les plus forts consommateurs, en particulier chez les enfants, un risque d'exposition chronique à des apports excessifs en iode. Les données de l'enquête INCA confirment une situation identique en France, avec une forte valorisation des produits laitiers chez les enfants.

Le groupe de travail a considéré que la consommation de lait et de produits laitiers riches en iode constituait un élément essentiel de prévention nutritionnelle dont la promotion dans le cadre des recommandations du PNNS ne pouvait que participer à l'amélioration de la couverture des besoins en iode de la population. Avec une consommation annuelle moyenne de plus de 400 kg d'équivalents lait par habitant, soit plus d'un litre par jour, on dispose pour la population vivant en France d'un indicateur nutritionnel très favorable, mais qui ne reflète ni les importantes disparités régionales, ni les distributions des consommations alimentaires individuelles en fonction du sexe et de l'âge.

Le groupe de travail a reconnu qu'il existait dans les résultats de l'analyse des données de consommations individuelles de l'enquête INCA un risque de dépassement des limites supérieures de sécurité pour l'iode avec des conséquences potentiellement néfastes pour la santé (Tableau 7). Il importe donc d'inciter l'industrie laitière à contrôler l'utilisation des produits sources d'iode participant à l'enrichissement en iode du lait. Cette étape constitue un préalable indispensable à toute proposition visant à augmenter les apports en iode dans la population française *via* l'enrichissement en iode d'un nouvel aliment vecteur.

II.4.2 Les concentrations en iode du lait en France

II.4.2.1 Concentrations en iode de laits de citerne

Une enquête nationale a été effectuée dans 537 laiteries en 1983 (70 départements) et 1984 (64 départements) (Aumont *et al.* 1987). Les échantillons de lait ont été collectés dans les citernes en hiver (décembre à février) et en été (mai à juin). Au total, 143 laiteries en 1983 et 132 en 1984, ont fait l'objet de prélèvements. Les concentrations en iode ont été mesurées par la méthode de Sandell-Kolthoff après minéralisation potassique. Les analyses effectuées avant et après traitement thermique (pasteurisation, traitement UHT) dans 45 laiteries n'ont pas montré de différences significatives des concentrations en iode associées aux traitements. Les concentrations moyennes ($\mu\text{g}/100\text{ g}$) et les variations saisonnières (hiver contre été) des concentrations en iode mesurées durant les deux années de l'enquête sont présentées, ainsi que celles de 15 échantillons de lait de brebis (9 en hiver, 6 en été) recueillis et analysés selon la même technique (Tableau 18).

Tableau 18. Concentration moyenne et variations saisonnières des concentrations en iode ($\mu\text{g}/100\text{ g}$) dans les citernes de lait de vache et dans des laits de brebis (1983-1984).

	vache				brebis	
	hiver 1983	été 1983	hiver 1984	été 1984	hiver 1983	été 1984
<i>n</i>	143	143	132	132	9	6
moyenne ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	9,7	4,4	9,3	2,3	55,2	41,8
étendue ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	0,9-89,4	0,9-36,3	0,8-38,4	0,4-16,9	11,6-118,3	14,5-93,7
> 50 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (%)		0,5		0,3	66,1	33,3

Cette étude confirme l'importance du facteur saisonnier dans la variation de la teneur en iode des laits de vache. Les laits collectés en hiver contiennent en moyenne 2 à 3 fois plus d'iode que ceux recueillis en été. Ce facteur saisonnier n'est pas présent dans les laits de brebis, dont les concentrations en iode sont très élevées en toute saison. Le risque de surcharge en iode (> 50 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) est très faible pour le lait de vache, alors qu'il est très élevé pour le lait de brebis.

II.4.2.2 Concentrations en iode des laits de grande consommation

On ne dispose que d'informations très réduites sur les concentrations en iode dans les laits de consommation. Deux laboratoires, Aquaron (1991) et Valeix (données non publiées, 2001) ont effectué des mesures dans des laits de grande consommation (entier, écrémé, demi écrémé) des principales marques vendues par la grande distribution. Les analyses les plus nombreuses concernaient des laits demi écrémés en provenance de plusieurs départements (Aquaron) ou achetés dans la région parisienne (Valeix). Les concentrations en iode (moyenne, médiane) étaient supérieures à 10 µg/100 g dans les 2 séries (Tableau 19). Dans la région parisienne, 70,7 % des échantillons contenaient plus de 10 µg/100 g et 41,5 % avaient une concentration en iode supérieure à l'ANC (150 µg/24 h). Aucun échantillon ne présentait de concentration supérieure à 50 µg/100 g. Les deux séries reflétaient l'existence d'un facteur saisonnier jusqu'au niveau de la consommation. Les laits vendus en hiver étaient toujours plus riches en iode que ceux d'été.

Tableau 19. Concentrations en iode (moyenne ± écart-type, médiane) et variations saisonnières (µg/100 g) dans des laits demi écrémés de grande consommation

	Aquaron (1986-1988)	Valeix (1999-2001)
Iode (µg/100 g)	(n = 109)	(n = 41)
moyenne (± écart-type)	11,3 (±5,9)	13,5 (±5,1)
étendue	2,0-27,2	5,9-25,8
médiane	-	11,7
été	6,2 (n = 17)	10,7* (n = 25)
hiver	20,3 (n = 5)	16,7* (n = 16)

* médiane

Les résultats des études effectuées en France confirment la présence de quantités importantes d'iode dans le lait consommé ainsi que l'existence d'un facteur de variation saisonnière. Les traitements thermiques et mécaniques n'affectent pas de façon significative la concentration en iode du lait.

Toutefois, toutes les analyses effectuées en France ne répondent pas aux exigences en matière de contrôle et doivent donc être interprétées avec prudence, en particulier du fait des faibles effectifs et de l'absence de représentativité.

II.4.3 Les concentrations en iode du lait dans les pays industrialisés

II.4.3.1 Recensement des études

Les enquêtes réalisées dans les pays industrialisés attestent toutes de concentrations élevées d'iode dans les échantillons de lait, qu'ils proviennent de laiteries ou qu'ils soient destinés à la consommation (Tableau 20). On dispose cependant de peu d'études nationales et les conditions d'échantillonnage sont rarement explicitées. Seule la Grande-Bretagne dispose de contrôles réguliers des concentrations en iode dans le lait qui tiennent compte, d'une part des traitements physiques (entier, demi écrémé, écrémé) et thermiques (pasteurisation, stérilisation, traitement UHT) du lait, et d'autre part, des types de conduite des élevages (intensif, biologique) (8 enquêtes entre 1977-1979 et 1998-1999) (Tableau 20).

II.4.3.2 Les facteurs de variation

En l'absence d'enquêtes nationales répétées, le facteur temporel est difficile à évaluer. On constate néanmoins une augmentation continue des concentrations en iode au niveau européen. En Grande-Bretagne, entre 1977-1979 et 1998-1999, les concentrations en iode sont passées de 7,0 à 20,0 µg/100 g dans les laits d'hiver, de 37,0 à 43,0 µg/100 g dans les laits d'été, et les moyennes annuelles de 23,0 à 31,1 µg/100 g (MAFF 2000). En France, les concentrations en iode mesurées dans le lait dans les études réalisées en 1983-1984, 1986-1988 et 1999-2001 semblent témoigner d'une évolution identique.

Le facteur de variation régional est rarement significatif dans les enquêtes nationales. La saison semble constituer, dans tous les pays, le principal facteur de variation, les laits d'hiver étant toujours plus riches en iode que ceux d'été, le ratio des concentrations hiver/été variant de 1,5 à plus de 5. Il existe également un facteur de variation intra-saisonnier que l'on retrouve aussi bien dans les concentrations des laits d'hiver que dans celles des laits d'été (Tableau 20).

Tableau 20. Les concentrations moyennes et saisonnières en iode (moyenne \pm écart-type, étendue) dans le lait mesurées dans les pays industrialisés ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)

Moyennes Pays (années)	annuelle			hiver			été			références
	n	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	étendue	n	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	étendue	n	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	étendue	
USA Californie										Bruhn 1983
1977	644	36,1 \pm 33,7	5,8-388,6							
1978	426	38,8 \pm 37,6	6,5-292,4							
1979	96	56,9 \pm 32,0	2,6-210,4							
1980	473	47,4 \pm 30,4	4,9-203,8							
1981	1389	25,6 \pm 23,4	2,2-404,8							
USA 1975-1985	75	34 \pm 23	2-94							Pennington 1987
USA 1980-1981	378	49,9	3,0-348,4							Bruhn 1985
USA 1982-1990	124	23,0 \pm 9,0	16,0-34,0	28	27 \pm 8	22-34	36	19 \pm 8	16-23	Pennington 1990
USA 2001-2002	18	46,4 \pm 8,8	35,2-67,2	18	46,4 \pm 9,2		18	36,5 \pm 6,6		Pearce 2004
Canada 1987										Fischer 1987
demi écrémé		28,6 \pm 20,1	5,2-13,0							
entier		27,2 \pm 14,5	7,0-69,4							
Allemagne 1984			2,9-5,9			3,3-9,9			2,0-4,1	Wiechen 1985
Bavière 1997	370	11,5	2,4-29,8	30	18,0 \pm 5,2	8,0-29,4	29	8,4 \pm 3,5	2,6-15,4	Preiss 1997
N. Zélande 1997										Cressey 2003
entier (UHT)	11	12	5-32							
entier	20	9	4-25							
Norvège 2000*				19	23,2*	10,3-27,2	18	8,8*	6,3-12,2	Dahl 2003
G. Bretagne 1979					37,0	29,0-50,0		7,0	5,0-11,0	Wenlock 1982
G. Bretagne 1985				24	22,3	15,8-29,9	24	10,0	7,3-12,2	Phillips 1988
G. Bretagne 1991	13	15,0	4,0-31,0	13	21,0	11,0-31,0	13	9,0	4,0-17,0	Lee 1994
G. Bretagne 1998-1999	220	31,1	8,0-93,0	106	43,0	21,0-93,0	114	20,0	8,0-36,0	MAFF 2000
Danemark 1998		26,8 \pm 6,4	22,9-37,1			24,2-37,1			22,9-23,9	Rasmussen 2000
Finlande 1980					26,0			7,8		Varo 1982
Suède 1996	24	14 \pm 2	10-20	24	17		24	12		L-Mansson 2003

* médiane

Les pratiques récentes d'élevage affectent peu les concentrations en iode dans le lait. Les études effectuées dans les élevages biologiques donnent des résultats discordants. En Suède (Toledo *et al.* 2002), les concentrations en iode (moyenne \pm écart-type) ne sont pas statistiquement différentes entre les élevages traditionnels (14 \pm 2,2 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) et les grandes (15,4 \pm 5,7 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) ou les petites exploitations (13,5 \pm 3,5 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) pratiquant un élevage biologique. Au Danemark (Rasmussen *et al.* 2000), les concentrations en iode dans les laits biologiques (16,7 \pm 4,6 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) sont inférieures à celles des laits traditionnels (26,8 \pm 6,4 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). Dahl *et al.* 2003, rapportent une différence de même sens, aussi bien dans les laits d'hiver (16,7 \pm 11,1 contre 23,1 \pm 3,4 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) que dans ceux d'été (5,1 \pm 2,5 contre 9,3 \pm 1,7 $\mu\text{g}/100\text{ g}$).

II.4.3.3 Innocuité de l'iode dans le lait

De nombreuses études fixent à 500 μg d'iode par litre (ou par kg) la concentration maximale d'iode au delà de laquelle un lait serait impropre à la consommation humaine. L'origine et les critères d'établissement de ce seuil n'ont pu être établis avec précision. La Suisse et

l'Australie sont les seuls états à mentionner ce seuil dans leurs plans de surveillance. Par ailleurs, on ne dispose à ce sujet d'aucune statistique pour les pays de l'Union européenne.

Aux Etats-Unis, où les concentrations en iode dans le lait sont très élevées, ce seuil est souvent atteint. En Californie (1977-1981), les concentrations en iode les plus élevées dépassaient 4 mg par kg, alors que 21,1 % des échantillons de lait en 1977, 22,1 % en 1978, 58,3 % en 1979, 38,3 % en 1980 et 9,0 % en 1981 avaient une concentration en iode supérieure à 500 µg/kg (Bruhn *et al.* 1983).

Dans l'enquête nationale réalisée en France en 1983-1984 à la collecte, les concentrations en iode supérieures à 500 µg/kg étaient exceptionnelles dans les laits de vache, alors qu'elles concernaient près de 50 % des laits de brebis (Aumont *et al.* 1987). En ce qui concerne les analyses effectuées sur des échantillons de laits au niveau de la distribution, les résultats étaient toujours inférieurs à ce seuil.

II.4.3.4 Bénéfices et risques du couple vecteur lait-iodé

Toutes les études confirment la part prépondérante assurée par le lait dans la couverture des besoins en iode dans les pays occidentaux. Selon les âges et le sexe, les consommations alimentaires de lait et de produits laitiers assurent de 20 à 60 % des apports en iode et contribuent très largement à la prophylaxie de la déficience en iode. Les contributions respectives du lait, de l'ultra frais laitier, des fromages, et du groupe d'aliments produits laitiers à l'apport total d'iodé ont été calculées pour la population vivant en France à partir des données de l'enquête INCA (Tableaux 8-13).

Les enquêtes nationales sur les consommations alimentaires individuelles font apparaître de grandes variations de consommation entre les individus, les forts consommateurs de produits laitiers sont définis comme ceux dont la consommation excède le 95^e percentile, les faibles consommateurs comme ceux dont la consommation est inférieure au 5^e percentile (Tableau 23). Dans l'enquête anglaise (COT 2000), on observe des écarts importants pour les consommations de lait et de produits laitiers entre les jeunes enfants et les adultes. Si chez les adultes (16-64 ans) la couverture des besoins nutritionnels en iode est adéquate, il existe un risque de dépassement des limites supérieures de sécurité chez les enfants entre 1 an ½ et 4 ans ½, principalement en hiver lorsque les concentrations en iode dans le lait sont les plus élevées (43,0 µg/100 g) (MAFF 2000). En France, les résultats de l'enquête INCA font de même apparaître chez plus de 5 % des enfants de 3 ans, un risque de dépassement des limites supérieures de sécurité pour l'iodé (Tableau 7).

II.4.4 L'origine de l'iodé dans le lait

Compte tenu de la place prépondérante du lait et des produits laitiers dans la couverture des besoins en iode, le groupe de travail a souhaité évaluer l'importance respective des trois voies d'introduction de l'iodé dans les produits laitiers : les aliments minéraux et vitaminés, les désinfectants iodés et les médicaments vétérinaires riches en iode.

Cette réflexion a exploité des données bibliographiques et des informations collectées par les experts vétérinaires membres du groupe de travail auprès des divers acteurs concernés (fabricants d'aliments et de concentrés minéraux et vitaminiques, de produits sanitaires, de machines à traire). Bien que tous les laits puissent être concernés, l'intérêt s'est porté uniquement sur le lait de vache en raison de son importance nutritionnelle très prépondérante.

En raison des dispositions de la réglementation et de l'importance du nombre de fournisseurs d'aliments et de concentrés minéraux et vitaminés, cette recherche ne doit pas être considérée comme une analyse exhaustive des produits et des pratiques, travail qui serait plutôt du ressort du CES "Alimentation animale".

Par cette démarche, le groupe de travail, en s'appuyant sur les compétences de ses membres vétérinaires, a souhaité s'assurer que sa proposition de réduction modérée de la concentration moyenne en iode dans les produits laitiers, nécessaire avant toute proposition d'un nouvel aliment vecteur d'iode, était compatible avec les exigences des professionnels, en matière de santé et de sécurité des élevages laitiers.

II.4.4.1 Les voies d'introduction de l'iode dans le lait

II.4.4.1.1 Facteurs nutritionnels

Les teneurs en iode des fourrages et de l'eau consommés par les vaches varient selon la nature du sol, la saison et la distance à la mer. On considère qu'en France, 42 % des foins de prairies permanentes sont déficitaires en iode (concentration < 0,12 mg l/kg m.s.). Les valeurs les plus basses ont été trouvées dans le Massif central, les Alpes, et les Vosges (Piel 1978). Si les teneurs en iode de la ration sont en général suffisantes pour les animaux en croissance, elles sont par contre insuffisantes pour les vaches laitières en production. Les besoins nutritionnels en iode peuvent être augmentés par l'absorption de facteurs antithyroïdiens présents dans certaines familles d'aliments, notamment les Crucifères. L'utilisation d'aliments concentrés en minéraux, donc en iode, apparaît alors recommandée pour assurer les besoins en iode des vaches et permettre une production laitière attendue. Les sources d'iode utilisées en Europe à cette fin sont l'iodate de calcium anhydre $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ ou hexahydraté $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, et l'iodure de potassium (KI) ou de sodium (NaI).

La teneur maximale en iode dans la ration totale des ruminants a été abaissée de 40 à 10 mg/kg d'aliment complet (directive 96/7/CEE), afin de garantir une concentration en iode dans le lait inférieure à 500 µg par litre. Une révision de la directive 96/7/CEE est actuellement en cours au niveau de l'Autorité européenne de sécurité des aliments. Les recommandations en matière d'apports d'iode obéissent principalement à des exigences de santé de la vache et ne sont pas définies par rapport à des critères nutritionnels relatifs au lait en tant que produit alimentaire destiné à la consommation humaine.

II.4.4.1.2 Facteurs sanitaires (hygiène de la traite)

L'iode est utilisé sous forme de complexes (iodophores), mélanges d'iode et d'une substance tensioactive (polyvinylpyrrolidone, PVP) qui assurent une libération progressive d'iode. Les spectres d'action de l'iode sont proches de ceux du chlore. Les iodophores sont actifs contre tous les micro-organismes, y compris les virus. Ils sont essentiellement utilisés pour la prévention des infections mammaires (mammites) en production laitière, pathologie la plus fréquente chez la vache laitière avec l'infertilité. Les iodophores sont aussi utilisés, à égalité avec les produits chlorés, comme désinfectants de surface dans l'entretien et le nettoyage des machines à traire et pour la désinfection statique des circuits.

II.4.4.1.3 Facteurs médicamenteux

L'utilisation de médicaments contenant de l'iode est exceptionnelle en santé animale. Leur impact peut être considéré comme insignifiant sur le bilan iodé total.

II.4.4.2 Facteurs de variations de la teneur en iode du lait

II.4.4.2.1 Variabilité liée aux facteurs nutritionnels

Les apports recommandés de la vache dépendent du stade physiologique (vache tarie, vache en début de lactation ou en pleine lactation). Les concentrations en iode sont naturellement faibles dans les matières premières végétales (fourrages, céréales, tourteaux d'oléagineux) et les éleveurs ne disposent pas de tables de composition alimentaires en micronutriments récentes et fiables. Dans ce cadre, un apport suffisant d'iode dans la ration de la vache laitière dépend au premier chef de la teneur et des modes d'utilisation des aliments minéraux et vitaminés. Ainsi, on peut estimer que les aliments minéraux et vitaminés (AMV) apportent 70 à 80 % de l'iode alimentaire des vaches en lactation en hiver,

contre 50 à 60 % en été, leur contribution dépendant des pratiques des éleveurs, ainsi que du système fourrager et du niveau de production laitière. Les bilans d'iode calculés pour les divers systèmes fourragers (ensilage de maïs et tourteau de soja ou de colza, ensilage d'herbe et de maïs, foin ou ensilage d'herbe et regain, pâturage) montrent que, même avec les concentrations en iode les plus faibles dans les AMV, les risques de bilans négatifs de couverture des besoins en iode sont actuellement très limités. Par ailleurs, la teneur élevée en iode des AMV conjointement aux teneurs en minéraux majeurs (phosphore, calcium, magnésium, etc.), sur lesquelles l'apport en AMV est calculé, occasionne des apports en iode fréquemment supérieurs aux besoins de la vache laitière. Quant à la stratégie de supplémentation des firmes productrices d'aliments concentrés, elle est basée sur l'apport total des besoins d'iode *via* les seuls AMV (sans tenir compte de l'apport des fourrages), les aliments concentrés distribués aux vaches pour leur permettre d'assurer leur production laitière ayant par ailleurs une teneur en iode correspondant aux besoins des animaux.

II.4.4.2 Variabilité liée aux facteurs sanitaires (hygiène de la traite)

Les produits iodés pour l'hygiène de la traite sont utilisés par environ 60 % des éleveurs. Le trempage des trayons avant la traite avec un iodophore induit une augmentation de 35-54 µg d'iode par kg de lait pour une production de 25 kg/24 h (Aumont 1987). Cette contamination, due principalement à un passage transcutané, diminue avec l'augmentation de la production laitière. Les conditions d'utilisation des iodophores sont variables selon les pays. En France, 90 % des éleveurs pratiqueraient un post-trempage des trayons, et 15 % un pré-trempage. En prenant en compte une contamination moyenne de 50 µg/kg, et une fréquence d'utilisation des iodophores de 60 %, ces pratiques de trempage auraient comme conséquence un enrichissement moyen sur l'année de 25,2 µg d'iode supplémentaires par kg de lait.

L'utilisation des produits d'hygiène iodés pour la désinfection du matériel de traite entraîne également un dépôt d'iode au niveau des parties en caoutchouc (manchons trayeurs) qui passe ensuite dans le lait. L'absorption de l'iode est relativement importante pour les élastomères (buna) et le caoutchouc, moindre pour le néoprène.

II.4.5 Proposition de réduction de la teneur en iode du lait

Il apparaît qu'une homogénéisation des teneurs du lait en iode constitue un préalable à l'introduction d'un nouveau vecteur d'iode pour la couverture des besoins en cet oligo-élément dans les différentes tranches d'âge de la population française. Dans ce cadre, l'objectif principal doit être de ramener tout au long de l'année la concentration d'iode à un chiffre voisin de celle actuellement constatée au niveau des laits d'été, c'est-à-dire à une valeur proche des 10,7 µg/100 g mis en évidence dans la plus récente étude disponible (Valeix, données non publiées, 2001).

II.4.5.1 Réduction liée à l'utilisation des aliments minéraux et vitaminés

Afin d'aller vers l'homogénéisation des teneurs en iode du lait collecté pour la consommation humaine quel que soit la saison, une démarche de réduction des concentrations en iode des AMV semble possible, avec le souci de mieux adapter les apports en iode aux besoins. Cet objectif pourrait également être atteint par une sensibilisation des éleveurs à utiliser l'étiquetage sur les concentrations en iode dans les AMV et par des conseils d'utilisation spécifiques adaptés aux situations physiologiques et aux contraintes environnementales. La diminution des concentrations des AMV devrait aboutir à une homogénéisation des différences saisonnières, puisqu'on peut estimer que les quantités d'AMV distribuées en France aux vaches laitières par les éleveurs durant la phase hivernale sont en moyenne 2 à 3 fois supérieures à celles de la phase de pâturage.

II.4.5.2 Réduction associée à l'utilisation de produits sanitaires iodés

Les conditions d'utilisation des iodophores sont identiques tout au long de l'année et n'expliquent pas la variabilité saisonnière des concentrations en iode mesurées dans le lait. La suppression de l'iode de trempage est difficile parce qu'elle risquerait de détériorer la

qualité hygiénique du lait. Toutefois, la diffusion de bonnes pratiques de lavage/séchage après trempage des trayons dans une solution iodée, et le respect des conditions d'emploi des désinfectants de surface (durée de contact, lavage, séchage) pourraient diminuer de 20 % le transfert de l'iode dans le lait durant la traite.

II.4.5.3 Limites et portée des propositions de réduction de l'iode dans le lait

Une réduction de 15 à 20 % des concentrations en iode dans le lait semble réalisable à court terme en sollicitant la coopération des fabricants d'aliments minéraux et vitaminiques dans leurs offres de formulations alimentaires et des éleveurs dans leurs pratiques comportementales, ces deux approches n'étant pas exclusives mais complémentaires.

Les propositions émises par le groupe de travail concernent l'ensemble des élevages. Il s'agit donc de propositions "moyennes" qui ne prennent pas en considération la diversité des conditions d'élevage. Il appartient au CES "Alimentation animale" d'adapter ces propositions à la réalité géographique et économique de l'élevage en France.

II.4.6 Simulation de la réduction de la concentration d'iode dans les produits laitiers

Les bénéfices attendus d'une réduction des concentrations en iode dans les produits laitiers sont mis en évidence par le calcul des apports en iode après simulation d'une réduction de 19 % de la teneur en iode du lait et des produits laitiers (Tableau 21).

Tableau 21. Apports médians d'iode et pourcentages de sujets dépassant les limites supérieures de sécurité (LSS) selon le sexe et l'âge (sel iodé à 12,5 µg/g inclus) sans diminution ou avec une diminution de 19 % de la teneur en iode du lait et des produits laitiers.

Age (ans)	n	Apport médian d'iode (µg/24 h)		% d'individus ayant des apports > LSS	
		Sans diminution	Avec diminution de 19 %	Sans diminution	Avec diminution de 19 %
Enfants					
3	85	121,7	106,1	5,9	3,5
4-6	256	125,8	114,0	1,2	0,0
7-9	252	130,4	118,1	0,4	0,4
Hommes					
10-14	216	132,4	122,2	0,0	0,0
15-19	71	139,1	130,1	0,0	0,0
20-34	160	149,3	139,2	0,0	0,0
35-44	146	143,1	133,4	0,0	0,0
45-59	142	140,5	133,8	0,0	0,0
60-69	91	144,2	137,0	0,0	0,0
> 70	62	126,7	119,1	0,0	0,0
Femmes					
10-14	209	123,9	115,4	0,0	0,0
15-19	85	127,0	118,8	0,0	0,0
20-34	209	125,2	116,7	0,0	0,0
35-44	136	127,0	118,0	0,0	0,0
45-59	171	123,5	115,9	0,0	0,0
60-69	83	122,8	109,5	0,0	0,0
> 70	84	110,0	102,6	0,0	0,0

La diminution de la concentration en iode dans les produits laitiers entraîne une réduction des apports en iode proportionnelle à la consommation de ce groupe d'aliments dans chaque groupe d'âge. La réduction des apports médians est en moyenne de 11,3 % chez les enfants entre 3 et 9 ans, et respectivement de 6,7 % chez les hommes et 7,8 % chez les femmes âgés de plus de 10 ans.

II.4.7 Conclusions

Les calculs des apports en iode dans l'enquête INCA montrent qu'il existe un risque de dépassement des limites supérieures de sécurité, en particulier chez les jeunes enfants. Ce risque peut être contenu par une réduction modérée des concentrations en iode dans les produits laitiers, lesquels assurent entre 3 et 9 ans plus de 40 % des apports en iode. Cette réduction n'affecte que modérément les apports en iode des adultes.

Le groupe de travail considère qu'une réduction de 15 à 20 % des concentrations en iode dans les produits laitiers est nécessaire. Cette réduction serait sans conséquence sur la santé animale et n'aurait aucun retentissement économique sur les intérêts des professionnels concernés.

Le groupe de travail souhaite que cette demande de réduction soit transmise au CES "Alimentation animale" et que les experts vétérinaires membres du présent groupe de travail communiquent au CES "Alimentation animale" tous les éléments ayant permis d'aboutir à cette proposition.

II.4.8 Références

- Aquaron R. - Teneur en iode total des laits de femmes et des laits de vaches en France. In : Alimentation et nutrition dans les pays en développement. D. Lemonnier, Y. Yngenbleek, P. Hennart eds, Karthala-ACCT-AUPELF, Paris, 1991, 585-594.
- Aumont G. - Milk iodine residues after a post-milking iodophor teat-dipping. *Annales de Recherche Vétérinaire* 1987; 18: 375-378.
- Aumont G., Le Querrec F., Lamand M., Tressol J.C. - Iodine content of dairy milk in France in 1983 and 1984. *Journal of Food Protection* 1987; 50: 490-493.
- Bruhn J.C., Franke A.A., Bushnell R.B., Weisheit H., Hutton G.H., Gurtle G.C. - Sources and content of iodine in California milk and dairy products. *Journal of Food Protection* 1983; 46: 41-46.
- Bruhn J.C., Franke A.A. - Iodine in cow's milk produced in the USA in 1980-1981. *Journal of Food Protection* 1985; 48: 397-399.
- Committee on Toxicity of chemicals in food, consumer products and the environment (COT) - Statement on iodine in cow's milk. Department of Health, 2000.
- Cressey P.J. - Iodine content of New Zealand dairy products. *Journal of Food Composition and Analysis* 2003; 16: 25-36.
- Dahl L., Opsahl J.A., Meltzer H.M., Julshamn K. - Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. *British Journal of Nutrition* 2003; 90: 679-685.
- Fischer P.W.F., Giroux A. - Iodine content of Canadian retail milk samples. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* 1987; 20: 166-169.
- Lee S.M., Lewis J., Buss D.H. - Iodine in British foods and diets. *British Journal of Nutrition* 1994; 72: 435-446.
- Lindmark-Mansson H., Fondén R., Pettersson H.E. - Composition of Swedish dairy milk. *International Dairy Journal* 2003; 13: 409-425.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF) - Iodine in milk. Food Surveillance Information Sheet N°198, 2000.
- Pearce E.N., Pino S., He X., Bazrafshan H.R., Lee S.L., Braverman L.E. - Sources of dietary iodine : bread, cow's milk, and infant formula in the Boston area. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2004; 89: 3421-3424.
- Pennington J.A.T., Wilson D.B., Young B.E., Johnson R.D., Vanderveen J.E. - Mineral content of market samples of fluid whole milk. *Journal of the American Dietetic Association* 1987; 87: 1036-1042
- Pennington J.A.T. - Iodine concentrations in US milk : variation due to time, season, and region. *Journal of Dairy Science* 1990; 73: 3421-3427.
- Phillips D.I.W., Nelson M., Barker D.J.P., Morris J.A., Wood T.J. - Iodine in milk and the incidence of thyrotoxicosis in England. *Clinical Endocrinology* 1988; 28: 61-66.
- Piel H.P. - La teneur en iode de foins de prairie permanente de première coupe récoltés en France. *Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, INRA* 1978; 34: 5-10.
- Preiss U., Alfaro Santos C., Spitzer A., Wallnöfer P.R. - Der jodgehalt der bayerischen konsummilch. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft* 1997; 36: 221-224.
- Rasmussen L.B., Larsen E.L., Ovesen L. - Iodine content in drinking water and other beverages in Denmark. *European Journal of Clinical Nutrition* 2000; 54: 57-60.
- Toledo P., Andren A., Björck L. - Composition of raw milk from sustainable production systems. *International Dairy Journal* 2002; 12: 75-80.
- Varo P., Saari E., Paaso A., Koivistoinen P. - Iodine in Finnish foods. *International Journal of Vitamin and Nutrition Research* 1982; 52: 80-89.
- Wenlock R.W., Buss D.H. - Trace nutrients 4. Iodine in British foods. *British Journal of Nutrition* 1982; 47: 381-390.
- Wiechen A., Kock B. - Zum jodgehalt von molkereisammelmilch in der Bundesrepublik Deutschland. *Milchwissenschaft* 1985; 40: 522-525.

II.5 Stratégies communautaires pour augmenter les apports en iode

II.5.1 Campagnes d'information et d'éducation nutritionnelle

En France, les sources traditionnelles (produits de la mer) ou nouvelles d'iode (produits laitiers) n'ont fait l'objet d'aucune campagne de promotion et d'éducation nutritionnelle. Il subsiste cependant pour les milieux professionnels de fortes capacités de promotion répondant à des objectifs de santé publique. L'intérêt nutritionnel de l'addition d'iode au sel à usage domestique reste ignoré de la plupart des consommateurs. Dans la partie relative aux comportements et attitudes nutritionnelles de l'enquête INCA, l'iode n'apparaissait pas dans la hiérarchie des nutriments recherchés, alors que 10 % des hommes et 12 % des femmes déclaraient éviter le sel. Le risque que l'iode soit mécaniquement associé à cet évitement ne peut donc être exclu.

II.5.1.1 Produits de la pêche et de l'aquaculture

II.5.1.1.1 La consommation des produits de la pêche et de l'aquaculture

Les produits de la pêche et de l'aquaculture constituent la première source d'iode alimentaire (Tableau 15). La consommation annuelle de produits aquatiques en France en 2002 était évaluée à 12,8 kg par personne, intermédiaire entre la consommation des pays à forte tradition maritime comme le Royaume-Uni (17 kg) ou la Belgique (16 kg) et celle de pays continentaux comme la Suisse (8 kg) ou la Pologne (7-8 kg) (CFCE 2002).

Dans l'enquête INCA, les consommations journalières de poissons, crustacés et coquillages étaient respectivement pour les hommes et les femmes normoévaluants de 36 et 32 g. La consommation journalière de poissons était de 23,0 g chez les adultes jeunes (15 à 24 ans), elle augmentait avec l'âge, les sujets de 65 ans et plus avaient la consommation la plus élevée (34,7 g). Les consommations journalières chez les enfants étaient respectivement de 23 et 22 g pour les garçons et les filles, en plateau entre 6 et 14 ans. Chez les adultes normoévaluants, les taux de consommateurs hebdomadaires étaient de 80 % pour le poisson et de 33 % pour les crustacés et mollusques. Chez les enfants, les taux de consommateurs hebdomadaires étaient de 79 % pour le poisson et de 21 % pour les crustacés et mollusques. Interrogés sur leurs préférences alimentaires, 21 % des enfants répondaient "aimer beaucoup" le poisson, à égalité avec les 20 % déclarant "ne pas aimer du tout" le poisson (Volatier 2000). Dans le volet français de l'étude européenne EPIC (European Investigation into Cancer and Nutrition) les moyennes régionales ajustées des consommations totales de produits de la mer (g/24 h) des femmes de 40 à 65 ans, étaient de 40,4 dans le sud-est, 35,0 dans le sud-ouest, 52,4 dans le nord-ouest et 38,0 g/24 h dans le nord-est, entre 1992 et 2000 (Welch *et al.* 2002).

En 2002, les volumes annuels par personne des achats (frais et surgelés) étaient de 5,4 kg (42,2 %) de poissons, 1,0 kg (7,6 %) de crustacés, 2,3 kg (17,7 %) de coquillages, 0,2 kg (1,3 %) de céphalopodes, 2,0 kg (16,1 %) de produits traiteurs et saurisserie, et 1,9 kg (15,1 %) de conserves. Les achats annuels de produits frais représentaient 5,9 kg (45,9 %) par personne, les surgelés 3,7 kg (29,0 %), les conserves 1,9 kg (15,1 %) et les produits traiteurs et de saurisserie 1,3 kg (10,0 %). Les produits de la pêche étaient pour 71,5 % consommés à domicile et pour 28,5 % hors domicile (restaurations commerciale et collective) (OFIMER 2004).

Après une légère augmentation de la consommation autour de 2000 en relation avec la crise de l'ESB, la consommation des produits de la pêche est revenue à des volumes proches de ceux des années 1990. La consommation des produits de la mer frais baisse, alors que celle des produits aquatiques transformés (saurisserie, produits traiteurs, conserves) progresse. Les prix, la méconnaissance des produits et de leurs modes de préparation sont les obstacles majeurs au développement de la consommation. Les résultats publiés sur les risques de contamination des poissons en dioxine, PCB et pesticides et les

recommandations de l'AFSSA en matière de consommation des poissons peuvent constituer des freins à la promotion de la consommation de poissons, en particulièrement chez les femmes enceintes.

II.5.1.1.2 Stabilité de l'iode dans les produits de la pêche et de l'aquaculture

L'efficacité d'une supplémentation en iode de l'alimentation humaine par l'intermédiaire de la consommation de poissons d'eau douce élevés avec une nourriture enrichie en iode par apport d'algues marines a été récemment évaluée. Les poissons nourris avec un régime enrichi par de l'iode (32 mg/kg) apporté par *Laminaria digitata* (0,4 % d'iode) ont été comparés à ceux nourris avec un régime normal non enrichi (2 mg/kg). Dans le groupe expérimental, la concentration moyenne (\pm écart-type) en iode de la chair de poisson après 9 mois de régime augmentait de 14,3 (\pm 1,0) à 53,9 (\pm 8,6) $\mu\text{g}/100\text{ g}$, avec une concentration très importante d'iode dans la peau (140-150 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). Chez 14 volontaires dont le statut en iode était évalué pendant 6 jours consécutifs à partir de la mesure de la concentration en iode rapportée à la créatinine dans les urines du matin, la consommation d'un repas contenant 250 g de filet de poissons élevés avec un régime riche en iode provoquait une augmentation de la concentration en iode dans les urines du jour suivant la prise, de 66-73 $\mu\text{g}/\text{g}$ créatinine à environ 100 $\mu\text{g}/\text{g}$ créatinine (Schmid *et al.* 2003).

Les effets des divers types de cuisson sur les pertes en iode ont été mesurés dans des filets de carrelet et d'églefin. Les pertes d'iode dans les filets d'églefin, selon qu'ils étaient grillés, frits, ou pochés (court-bouillon) étaient respectivement de 23,1, 19,8 et 66,1 %. Dans les filets de carrelet pochés, la perte en iode était de 43,7 %, presque intégralement retrouvée dans l'eau de cuisson (Harrisson *et al.* 1965).

La composition en minéraux du poisson, notamment entier, dans les conditions optimales de congélation (durée de congélation \leq 3 mois à -30°C) est peu différente de celle du poisson frais (AFSSA 2004). Les effets des différents procédés de conservation, par le froid (réfrigération, congélation, surgélation) ou la chaleur (pasteurisation, appertisation) sur la migration ou les pertes en iode dans les aliments transformés ne sont pas connus. Les conséquences des procédés de transformation sur les teneurs en iode des nouveaux produits élaborés frais ou surgelés sont donc difficiles à évaluer. Ces produits de la mer en croissance rapide (produits traiteurs, conserves) concernent des produits de base, comme les poissons panés ou en pâte à frire, les "fish fingers" et les "fish cakes", les "pies" et gratins à base de produits de la mer ainsi que les garnitures de sandwiches ("sandwich fillers") en sauce ou en mayonnaise, mais aussi des produits à forte valeur ajoutée comme le surimi, la charcuterie de poisson (terrines et rillettes) et les salades de fruits de mer.

II.5.1.2 Produits laitiers

II.5.1.2.1 La consommation des produits laitiers

La consommation de produits laitiers est le déterminant principal du statut en iode des populations en France et en Europe (Tableaux 11-13). Les sources EUROSTAT permettent une comparaison des consommations de produits laitiers en Europe. En 1999, la consommation de laits liquides était de 74,1 kg par habitant en France, la consommation la plus élevée était de 160,8 kg en Irlande, la plus basse en Grèce avec 58,1 kg. La consommation annuelle de fromages était de 23,7 kg par habitant en France, la plus élevée était de 25,4 kg en Grèce, la plus basse de 6,3 kg en Irlande.

La consommation annuelle en kg par habitant d'équivalent lait entier mis en œuvre pour la fabrication des produits laitiers consommés était de 323 kg en moyenne pour les 15 pays de l'UE. Elle était supérieure à 400 kg dans 3 pays (France 406 kg, Suède 450 kg, Finlande 496 kg) et inférieure à 200 kg dans deux pays (Espagne 189 kg, Portugal 199 kg). En France, la consommation annuelle en kg par habitant d'équivalent lait entier utilisés pour la fabrication des produits laitiers a peu varié entre 1990 (403 kg) et 1999 (406 kg) (CNIEL 2003).

Tableau 22. Consommations annuelles moyennes (kg/habitant) et évolution de la consommation (%) des produits laitiers en France de 1992 à 2002

Produits laitiers	1992	1994	1996	1998	2000	2002	1992-2002
Lait	78,5	75,8	75,4	75,5	73,3	70,8	-9,8 %
Yaourts	17,2	17,7	18,5	19,6	20,3	20,3	18,0 %
Fromages	22,8	22,8	23,3	23,6	24,1	24,6	7,9 %
Fromages fondus	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	18,2 %
Desserts lactés frais	6,3	6,6	6,9	7,3	7,6	7,6	20,6 %
Crème de consommation	3,3	3,5	3,7	3,9	4,2	4,2	27,3 %

La consommation de lait liquide est en baisse continue (Tableau 22), compensée par le développement de nouveaux produits frais, yaourts, desserts lactés frais et entremets (CNIEL, 2003). Le repère de consommation du PNNS pour le lait et les produits laitiers (yaourts, fromages) est de consommer "3 produits laitiers par jour". La consommation d'une portion de fromage, d'un yaourt et de 200 mL de lait correspond à un apport de 50 à 60 µg d'iode. Les résultats des études épidémiologiques récentes de consommation alimentaire montrent que 20 à 40 % seulement de la population en France consommaient au moins 3 produits laitiers par jour, et que la majorité des adultes avaient une consommation de produits laitiers trop faible pour atteindre ce repère (Savanovitch 2004).

Dans l'enquête INCA, 39 % des garçons et 44 % des filles associaient spontanément la bonne alimentation à la consommation de produits laitiers. Garçons et filles classaient à égalité (75 %) les produits laitiers en premier parmi les aliments à privilégier pour avoir une bonne alimentation. Le lait avait un taux de consommateurs hebdomadaires de 92 % chez les enfants et représentait parmi les boissons la deuxième quantité consommée (219 g/24 h). Chez les adultes normoévaluants, le taux de consommateurs sur une semaine était supérieur à 90 % pour les fromages et les produits laitiers hors lait, et de 68 % pour le lait. Les femmes étaient plus nombreuses (36 %) que les hommes (21 %) à classer le calcium parmi les nutriments recherchés.

Tableau 23. Distribution des consommations journalières (moyenne ± écart-type [E.T.], médiane et percentiles) de produits laitiers (g/24 h) chez les adultes normoévaluants et les enfants de l'enquête INCA

Age (ans)	n	moyenne	E.T.	5 ^e	25 ^e	50 ^e	75 ^e	95 ^e
Enfants								
3	85	400,9	162,0	109,8	323,3	388,3	517,8	680,8
4-6	256	346,6	139,3	97,8	263,5	358,4	426,1	584,4
7-9	252	329,0	149,6	79,2	242,1	329,8	420,3	580,5
Hommes								
10-14	216	314,8	193,4	67,5	193,6	279,5	379,4	699,5
15-19	71	264,4	165,5	52,7	146,2	221,2	365,5	606,8
20-34	160	270,1	177,3	59,7	124,9	222,7	376,3	640,9
35-44	146	225,2	163,9	39,7	98,5	188,0	302,9	599,9
45-59	142	206,9	134,2	39,2	104,6	186,9	267,0	403,7
60-69	91	227,4	148,4	49,2	112,1	202,7	302,2	528,7
≥ 70	62	231,5	136,8	68,0	106,0	201,3	311,1	495,3
Femmes								
10-14	209	289,7	169,0	65,8	169,7	265,3	379,8	611,0
15-19	85	254,7	152,9	38,2	138,6	244,7	352,8	505,4
20-34	209	262,6	150,7	62,5	148,4	247,0	354,4	533,0
35-44	136	248,0	147,7	41,9	147,1	235,1	319,8	539,0
45-59	171	235,0	138,3	57,9	138,6	214,4	302,0	491,3
60-69	83	246,9	133,4	47,2	135,6	251,4	343,7	498,9
≥ 70	84	280,7	178,3	56,8	172,4	261,2	352,0	555,8

Dans l'enquête INCA, les profils de consommations journalières des produits laitiers diminuent avec l'âge des enfants (Tableau 23). Chez les adultes normoévaluants à partir de 15 ans, les médianes des consommations des produits laitiers sont toujours plus élevées chez les femmes que chez les hommes, les femmes consomment en moyenne plus de lait et

d'ultra frais laitier, 127 g et 83 g contre 110 g et 66 g pour les hommes, mais moins de fromage, 33 g contre 46 g pour les hommes. Seules les jeunes adolescentes (10-14 ans) ont une consommation médiane de produits laitiers moindre que celle des jeunes adolescents.

II.5.1.2.2 Stabilité de l'iode dans les produits laitiers

Dans le lait, l'iode est présent sous forme d'iodure (77 %) et d'iode lié aux protéines et aux lipides (23 %) libéré par traitement thermique. La formation de complexes protéines-lipides-iodure ne modifie pas de façon significative l'absorption de l'iode présent dans le lait maternel et le lait de vache (Jahreis *et al.* 2001). Les traitements physiques (standardisation en matière grasse, écrémage, homogénéisation) et thermiques (pasteurisation, stérilisation simple ou UHT) de la chaîne du lait ne modifient pas de façon significative la concentration initiale en iode du lait cru. Pour le lait liquide et les produits laitiers ultra frais, le facteur saisonnier constitue la source majeure de variabilité des concentrations en iode.

II.5.1.3 Les algues marines alimentaires

Les algues marines sont une source naturelle d'iode dans les cuisines traditionnelles du Japon à l'Indonésie. En Corée du Sud, les algues représentent 66 % des apports en iode de l'adulte, le lait et les produits laitiers 11 %, et le poisson 9 % (Kim *et al.* 1998). Les algues marines concentrent tous les halogènes, dont l'iode, avec cependant de grandes variations selon les espèces récoltées, le lieu et la saison. Les algues brunes (Phéophycées) ont les concentrations en iode (moyenne \pm écart-type, étendue) les plus élevées (1544 ± 1954 $\mu\text{g/g}$ m.s., 77,2-5939 $\mu\text{g/g}$ m.s.) comparées aux algues rouges (Rhodophycées) (153 ± 124 $\mu\text{g/g}$ m.s., 28,8-431 $\mu\text{g/g}$ m.s.) et aux algues vertes (Chlorophycées) ($72,1 \pm 52,8$ $\mu\text{g/g}$ m.s., 12,9-154 $\mu\text{g/g}$ m.s.).

La présence d'iodotyrosines (MIT et DIT) et de faibles quantités d'iodothyronines (T_4) indique que certaines espèces d'algues ont la capacité d'organifier l'iode. La concentration d'iode inorganique (essentiellement iodure) varie selon les espèces de 20 à 80 % de l'iode total et détermine la biodisponibilité de l'iode qui dépend également de la nature des traitements physiques appliqués aux algues en vue de leur consommation (Katamine *et al.* 1987).

En France, l'exploitation des algues alimentaires est limitée à 12 espèces (CSHPF 1990, 1997). Les principales sont la laminaire sucrée (*Laminaria saccharina*), le haricot ou spaghetti de mer (*Himanthalia elongata*), la laitue de mer (*Ulva sp.*), plusieurs espèces de nori (*Porphyra umbilicalis*) et une algue d'introduction récente, l'ouessanne (*Undaria pinnatifida*) originaire des côtes japonaises (wakamé). La production nationale d'algues fraîches était de 258 tonnes en 2002 (source : Chambre Syndicale Nationale des Algues Marines) et les importations d'algues séchées de 42 tonnes (source : Douanes). L'essentiel de la consommation est constitué de 4 espèces d'algues, dont 30 % de laitue de mer (*Ulva sp.*), 30 % de dulse (*Palmaria palmata*), 16 % de haricot ou spaghetti de mer (*Himanthalia elongata*), enfin du nori (*Porphyra umbilicalis*) rentrant dans la fabrication des sushis (Tableau 24).

Tableau 24. Concentration en iode ($\mu\text{g/g}$ de matière sèche [m.s.]) des principales algues alimentaires autorisées en France.

Classes	Espèces	Nom vernaculaire	Iode (étendue)
Phéophycées	<i>Laminaria digitata</i>	tali, laminaire, kombu (angl. <i>kelp</i>)	2020-7454
	<i>Laminaria saccharina</i>	laminaire sucrée, kombu royal	2789-5277
	<i>Fucus vesiculosus</i>	goémon noir	240-728
	<i>Undaria pinnatifida</i>	ouessane (wakamé)	118-347
	<i>Himanthalia elongata</i>	haricot de mer (spaghetti de mer)	90-168
Rhodophycées	<i>Palmaria palmata</i>	dulse	40-541
	<i>Porphyra umbilicalis</i>	nori (angl. <i>laver</i>)	67-188
Chlorophycées	<i>Ulva sp</i>	ulve (laitue de mer)	10-131

Source : CEVA

La commercialisation en France des 12 espèces d'algues qui ont reçu un avis favorable du CSHPF ou de l'Afssa est soumise à une réglementation stricte associant des critères toxicologiques (teneurs maximales autorisées en métaux lourds et en iode) et microbiologiques (concentrations de germes) à des restrictions de consommation. Les algues marines entrent également dans la composition de nombreux compléments alimentaires.

II.5.1.4 Les compléments alimentaires

La directive 2002/46 autorise l'utilisation des iodures et iodates de sodium et de potassium dans la composition des compléments minéraux et vitaminiques sous réserve que l'AJR (150 µg/24 h) ne soit pas dépassé. En France, l'iode est peu représenté parmi les compléments alimentaires accessibles sur le marché. Les concentrations en iode sont comprises entre 97,5 et 150 µg par comprimé (iodure de potassium) (dictionnaire VIDAL® 200).

En Angleterre, sur un éventail de compléments alimentaires plus large (44 complexes de minéraux et vitamines) la prise journalière moyenne recommandée (médiane, étendue) représentait un apport de 94 µg d'iode (104 µg, 11-171 µg) (Lee *et al.* 1994). Au Danemark (1988), dans une étude de communauté (423 sujets âgés de 68 ans) 30,8 % des sujets consommaient un complément alimentaire contenant de l'iode (Pedersen *et al.* 1995). Dans l'étude DanThyr (Danemark, 1997-1998) portant sur 939 hommes (60-65 ans) et 3 710 femmes (18-65 ans), 27,8 % des sujets prenaient journalièrement un complément alimentaire apportant 150 µg d'iode, et 6,6 % un complément apportant moins de 150 µg (Rasmussen *et al.* 2002). En Europe, 13 à 50 % des femmes enceintes utiliseraient des compléments alimentaires contenant de l'iode (Zimmermann *et al.* 2004).

Les autres sources d'iode correspondent à des compléments alimentaires à base d'algues (*Fucus vesiculosus*) ou de phytoplancton ("compléments nutritionnels marins") traditionnellement utilisées comme adjuvants des régimes amaigrissants. Les gélules ou comprimés contiennent 25 à 400 mg d'extraits secs de *Fucus*, approximativement 25 à 600 µg d'iode. Les concentrations en iode des compléments alimentaires à base d'extraits d'algues (*Macrocystis pyrifera*, Laminariacées [angl. *kelp*]) mesurées en Angleterre étaient comprises entre 20 et 1200 µg/g (moyenne 191 µg/g) correspondant selon les conseils d'utilisation à une ingestion journalière de 45-5000 µg d'iode (Norman *et al.* 1987). Dans l'ouest des Etats-Unis (1982), les produits à base d'algues (*kelp*) représentaient 5,1 % des compléments alimentaires (Schutz *et al.* 1982).

On ne dispose pas d'informations sur leur fréquence de consommation en France. Leur contribution à l'apport alimentaire n'est pas connue, d'autant plus que l'étiquetage des compléments alimentaires n'est pas explicite, plusieurs dénominations étant utilisées (poudre de fucus, extrait de fucus, fucus) sans que l'on puisse identifier leurs spécificités.

Les compléments alimentaires à base d'huile de poisson ou d'huile de foie de poisson (morue, saumon) sources importantes de vitamines A et D sont également naturellement riches en iode. Les huiles de maquereau commun (*Scomber scombrus*), de sébaste (*Sebastes marinus*) et de saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) contiennent respectivement 28, 62 et 68 % d'iode (Karl *et al.* 1999). On ne dispose cependant pas d'informations récentes sur la nature et la biodisponibilité de l'iode présent dans ces huiles.

Les compléments alimentaires à base d'huile de poisson ou d'huile de foie de poisson représentaient 5,8 % des compléments consommés par les enfants anglais et écossais entre 4-12 ans (1992-1993) (Bristow *et al.* 1997), 10,3 % de ceux consommés dans un échantillon national irlandais (18-64 ans) (Kiely *et al.* 2001) et 7,6 % de ceux consommés dans l'étude danoise Danthyr (Knudsen *et al.* 2002). On ne dispose pas d'informations sur la consommation en France des compléments à base d'huile de poisson ou d'huile de foie de poisson.

II.5.2 Enrichissement du sel en iode

II.5.2.1 Historique

La mise en évidence de l'effet protecteur du sel alimentaire naturellement riche en iode sur le risque de goitre endémique repose sur les observations de J.B. Boussingault en Colombie (1833). Il faudra cependant attendre les résultats des études de Marine et Kimball (1917-1920) à Akron (Ohio) pour que l'action tant thérapeutique que prophylactique de l'iode soit reconnue (Marine *et al.* 1920). Ce n'est finalement qu'en 1922 que le sel enrichi artisanalement en iode est introduit comme mesure de santé publique dans la prévention du goitre endémique parmi la population du canton suisse d'Appenzell. Très rapidement cette

pratique s'étendra aux autres cantons de la Confédération helvétique, ainsi qu'aux pays proches (Autriche, 1923).

II.5.2.2 Les techniques d'enrichissement en iode du sel

Le sel de qualité alimentaire ($\text{NaCl} \geq 97\%$, poids sec, hors additifs, *Codex alimentarius*) peut être enrichi en iodures ou iodates, de sodium ou de potassium (NaI , NaIO_3 , KI , KIO_3). Les solutions d'iodure (ou d'iodate) sont pulvérisées en continu sur le sel à enrichir qui est ensuite conditionné après séchage. Pour éviter une reprise en masse, les sels fins sont le plus souvent additionnés d'un produit anti-agglomérant (carbonate de magnésium et/ou phosphate tricalcique).

II.5.2.3 Stabilité du sel enrichi en iode

On constate dans le sel enrichi en iode une diminution de la concentration de l'iode lorsque le sel est exposé à un excès d'humidité et de ventilation, à une température de stockage élevée, à un pH acide, et qu'il renferme des traces d'oxydes métalliques (Fe , Cu). Ces pertes peuvent être ralenties, voire diminuées par l'utilisation d'iodates, moins solubles (solubilité NaIO_3 : 90 g/L ; KIO_3 : 81,3 g/L, à 20 °C) que les iodures (solubilité NaI : 1790 g/L ; KI : 1270 g/L, à 20 °C). Elles sont également atténuées par la présence des agents stabilisants et dessiccateurs autorisés.

L'OMS indique qu'il faut prendre en compte une perte moyenne en iode de 20 % dans le sel enrichi entre l'unité de production et le consommateur. Les pertes dépendent étroitement des conditions extérieures en particulier de l'humidité : après 6 mois à 40 °C et 60 % d'humidité relative, les pertes en iode dans des lots de sel enrichis à 100 ppm en iodate ou iodure de potassium étaient respectivement de 7 % et 12 % (Diosady *et al.* 2002).

Les traitements thermiques influencent également la stabilité du sel iodé. Les pertes en iode par chauffage à 200 °C pendant 24 h, étaient respectivement de 60 et 40 % en présence ou en l'absence d'agents oxydants, (Biber *et al.* 2002). Dans une autre étude, la perte en iode d'un sel enrichi en iodate était de 18,5 % après chauffage à 350 °C (température maximale de cuisson des aliments) (Bhatnagar *et al.* 1997). D'après Wang *et al.* (1999) un sel iodé soumis à un chauffage à sec ne contient plus que 42,3 % de sa concentration initiale.

En conclusion, l'origine du sel, la présence d'impuretés, la qualité de l'emballage et l'humidité relative sont les principaux facteurs affectant la stabilité de l'iode dans le sel iodé.

II.5.2.4 Stabilité du sel iodé dans les aliments

La concentration en iode durant la préparation de produits alimentaires salés avec du sel iodé (KIO_3) évolue selon les conditions de milieu, la présence d'additifs alimentaires, d'épices, et du contact avec des métaux agissant comme catalyseurs d'oxydoréduction. Les pertes en iode mesurées dans des aliments salés avec du sel iodé dépendent de la concentration du milieu en sucres réducteurs (glucose, lactose), en acides (citrique, phosphorique), et en conservateurs (bisulfite de sodium). Elles varient également selon l'acidité du milieu (pH 3 à pH 9), et le matériau des ustensiles de cuisson (verre, acier inoxydable, aluminium, cuivre). Les pertes en iode sont importantes en présence de condiments ou d'épices (ail, poivre, pâte de curry, piment frais ou séché), et augmentent au contact du cuivre, elles atteignent 100 % avant même toute cuisson, en présence d'acide ascorbique (concentration 0,1 % et 0,5 %) (Chavasit *et al.* 2002). Ces mêmes auteurs ont montré que les concentrations en iode de sauces de poisson supplémentées en fer et en iode (33,3 μg d'iode/100 mL) sous la forme de KI ou KIO_3 en vue de remplacer le sel iodé dans les pays asiatiques, restaient stables après 3 mois de conservation à température ambiante (Chavasit *et al.* 2003).

Les pertes en iode après ajout de sel iodé durant la préparation des aliments varient selon les types de cuisson. Wang *et al.* (1999) ont étudié l'effet de différents facteurs sur la rétention d'iode dans des aliments chinois. L'iode était ajouté par l'intermédiaire du sel avant cuisson. La rétention d'iode variait avec le type d'aliments, le type et la durée de cuisson (braisage, friture, ragoût, vapeur, pochage [stir frying, deep frying, stewing, steaming, boiling]) et la concentration initiale en

eau des aliments préparés. La rétention d'iode variait de façon considérable (37 à 98 %) selon le type de cuisson. La rétention d'iode après "stewing" et "steaming" était en général plus forte qu'après "frying" même pour des durées de cuisson plus importantes (10 min contre 1-2 min). Elle variait aussi pour un même type de cuisson (frying) en fonction du type d'aliments (37 à 86 %). Shi *et al.* (1998) ont mesuré les effets de la cuisson et du type d'aliments sur la stabilité de l'iode apporté par du sel iodé. La rétention de l'iode était meilleure lors de cuisson en ragoût ou à la vapeur que par friture. La rétention dépendait aussi de la nature des aliments végétaux. Après friture, les rétentions d'iode étaient respectivement de 84, 57, 45 et 37 % pour les légumes secs, les légumes verts, les tubercules et les haricots. Après cuisson en ragoût, les rétentions d'iode étaient respectivement de 66, 53, 47 et 43 % pour les légumes secs, les tubercules, les haricots et la viande. Enfin la stabilité de l'iode organique dans les aliments était supérieure à celle de l'iode inorganique. Goindi *et al.* (1995) ont mesuré les pertes de l'iode apporté par du sel iodé (15 ppm) dans 50 préparations indiennes selon 6 modes de cuisson. La perte moyenne en iode et sa variabilité (étendue) dépendaient des techniques de cuisson : rôti 5,9 % (3,3-7,8 %), friture 19,6 % (15,7-23,3 %), vapeur 20,6 % (18,2-23,1 %), vapeur avec haute pression 21,9 % (3,3-66,7 %), braisage 26,7 % (4,2-50,0 %) et pochage 36,6 % (28,0-66,7 %).

En conclusion, les pertes en iode pouvant survenir entre l'enrichissement en iode avec du sel iodé et la consommation du produit, semblent très variables selon les aliments et les techniques de cuisson.

II.5.3 Le sel iodé en Europe

Le taux d'enrichissement du sel en iode dans chacun des pays européens a été calculé en tenant compte de la sévérité de la déficience en iode dans la population. Il intègre les pertes naturelles en iode avant consommation (qualité du sel, environnement, conditionnement) et est pondéré par les consommations nationales moyennes de sel alimentaire.

Tableau 25. La réglementation sur le sel iodé dans les pays de l'Union Européenne et la Suisse (mise à jour 2003) (avec la collaboration de B. Moinier, Comité des Salines de France, Association des Producteurs de Sel Européens)

Pays	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Allemagne	1983 (20)	2001	KIO ₃	15-25	V	sel domestique (~ 57 %) agroalimentaire (1991) (~ 43 %)
Autriche	1923 (5)	1999	KI	15-20	V	sel domestique (95 %) agroalimentaire
Belgique	1990	1992	NaI, KI, KIO ₃		V	sel domestique (~ 10 %)
Danemark	1998	2000	KI	8-12	S	sel domestique
Espagne	1982		KI, KIO ₃	51-69	V	sel domestique (~ 16 %)
Finlande		1998	KI	25	V	sel domestique (> 90 %)
France	1952 (10-15)	2003	NaI, KI	15-20	V	sel domestique (45-50 %)
Grande-Bretagne		1992	KI	10-22	V	sel domestique (~ 2,5 %)
Grèce	1976 (30)	2000	KI	40-60	V	sel domestique (~ 18 %)
Irlande		1992	KI	10-22	V	sel domestique
Italie	1972	1998	KI, KIO ₃	24-42	V	sel domestique (~ 3 %)
Luxembourg		2000	NaIO ₃ , KIO ₃	15	V	sel domestique
Norvège		1992	KI	5	V	sel domestique
Pays-Bas	1928	1999	KI, KIO ₃	30-40	V	sel domestique
				70-85	V	sel destiné à la boulangerie
				20-30	V	sel destiné aux produits carnés
Portugal	1971	1996	KI	25-35	V	sel domestique
Suède	1983		KI, NaI	40-70	V	sel domestique
Suisse	1922 (3,75)	2002	KI, KIO ₃	20-30	V	sel domestique (~ 95 %)
				10	V	agroalimentaire (~ 70 %)

(1) date d'introduction (taux initial, mg l/kg), (2) date de dernière révision, (3) substance d'apport nutritionnel, (4) taux d'enrichissement en vigueur (mg/l/kg), (5) usage V (volontaire) S (systématique), (6) taux d'utilisation (pénétration) %

L'accès à un sel enrichi en iode est autorisé dans tous les pays européens, et le taux moyen (étendue) d'enrichissement est de 15-20 mg (5-60 mg) par kg de sel, avec des taux très variables, de 8-13 mg/kg au Danemark à 40-70 mg/kg en Turquie (Tableau 25).

L'enrichissement est volontaire et limité au sel à usage domestique dans la plupart des pays d'Europe occidentale, il n'est obligatoire que dans 10 pays, principalement d'Europe centrale. L'enrichissement est en majorité à base d'iodure de potassium, certains états autorisant indifféremment les deux formes, iodure et iodate. L'utilisation du sel iodé par les industries agroalimentaires reste exceptionnelle. La pénétration du sel iodé est cependant très variable selon les pays. Seuls 27 % des ménages européens ont accès à un sel iodé. Le pourcentage de sel iodé à usage domestique est inférieur à 5 % en Italie et en Angleterre, il atteint 45-50 % en France, 50-60 % aux USA, et dépasse 90 % en Suisse et en Autriche.

II.5.4 Le sel iodé en France

II.5.4.1 Le marché du sel alimentaire en France

Les ventes de sel destiné à la consommation humaine (importations comprises) sont voisines de 400 000 tonnes et représentent 18 à 20 % du marché total du sel. Les ventes de sel en petits conditionnements (emballages de 100, 250, 500 g, et 1 kg) étaient en 2002 de 85 000 tonnes, réparties entre sel fin (25,3 %), gros sel (60,9 %), sel gris (12,4 %) et autres, dont fleur de sel (1,4 %).

Des informations détaillées sur les apports alimentaires (mesure indirecte) et l'élimination urinaire de sodium (total des ingesta sodés) dans la population française sont disponibles dans le rapport "Sel" de l'AFSSA (AFSSA 2002). Les aliments transformés représentent plus de 80 % des apports quotidiens : le pain (et les biscottes), la charcuterie, les soupes, les fromages, et les plats composés constituant les 5 principaux vecteurs de sel dans les deux enquêtes françaises INCA (OCA) et SU.VI.MAX (U557 INSERM). Les données existantes montrent que le sel d'ajout volontaire ne contribue que très marginalement à l'apport total en chlorure de sodium (< 10 % dans la majorité des études) et que dans les populations occidentales la fraction des utilisateurs de salière domestique est de l'ordre de 50 à 60 %.

Les habitudes de consommation du sel domestique et d'utilisation de la salière ont été récemment évaluées dans un sous-échantillon de 157 volontaires (42-67 ans) de la cohorte SU.VI.MAX. La pesée des salières individuelles à l'issue des 7 journées d'enquêtes alimentaires montrait que les volontaires ajoutaient en moyenne 2,03 g de sel par semaine (0,29 g/24 h) à leurs plats. Évalué sur les seuls utilisateurs de salière (56 %), l'ajout volontaire de sel était en moyenne de 3,34 g par semaine (0,48 g/24 h).

II.5.4.2 La réglementation française sur l'iodation du sel

Les modalités de l'enrichissement en iode du sel alimentaire ont été précisées aux industriels par l'arrêté du 28 février 1952, puis reprises sans changement dans les arrêtés du 23 juin 1993 et du 28 mai 1997. Elles portaient sur la substance d'apport nutritionnel (iodure de sodium), le taux d'enrichissement (12,5 mg/kg de sel, avec une tolérance de 10-15 mg d'iode par kg de sel). L'enrichissement était autorisé pour les seuls sels alimentaires en emballages maximum de 1 kg, et l'adjonction d'agents stabilisateurs et dessiccateurs (20 mg/kg de phosphate tricalcique (E 341), magnésie (E 528), oxyde de magnésium (E 530), ou carbonate de magnésium (E 504) seuls ou en mélange, 35 mg/kg d'hyposulfite de sodium) était autorisée. Enfin seules les dénominations "sel de table iodé" et "sel de cuisine iodé" étaient autorisées sur les emballages, ainsi que l'indication de l'année et du trimestre de fabrication.

L'arrêté du 28 mai 1997 a été modifié par un récent avis de l'AFSSA (AFSSA 31 juillet 2002). Les changements concernent la substance d'apport nutritionnel utilisée pour l'enrichissement (NaI ou KI), le taux d'enrichissement (15-20 mg/kg de sel), et l'extension de l'autorisation d'utiliser du sel iodé à la restauration collective et hors foyer (Annexe 2). En l'absence de

conclusions définitives sur l'innocuité des iodates, l'AFSSA a suivi l'avis de l'Académie de Médecine recommandant l'enrichissement du sel avec des iodures de sodium ou de potassium exclusivement. Ces modifications ne s'appliquent pas aux sels artisanaux (sels de Guérande, Noirmoutier et Ré).

La surveillance de la qualité de l'enrichissement du sel en iode est assurée par les industriels par échantillonnages aléatoires en sortie de production et par les laboratoires de contrôle de la DGCCRF. Des analyses effectuées à l'occasion de programmes d'évaluation du statut en iode de la population française (ISTNA/CNAM, 1997), ont fourni des résultats satisfaisants pour les lots de "sel fin" et médiocres pour les échantillons de "gros sel". Les concentrations moyennes d'iode mesurées par titrimétrie et/ou colorimétrie étaient respectivement dans les paquets de sel fin ($n = 45$) et de gros sel ($n = 18$) de 12,1 et 9,9 mg/kg. Une très large fraction (95,5 %) des échantillons de sel fin se situait dans l'intervalle de 10-15 mg/kg, contre 50 % des échantillons de gros sel. Ces analyses effectuées sur des paquets de sel clos, ne permettent cependant pas de connaître la qualité exacte du sel enrichi en iode tel que consommé par les individus. Celle-ci dépend des conditions de conservation dans les cuisines (humidité, température, ventilation, lumière), du type de conditionnement (emballages papier, boîtes verseuses) et de la fréquence des achats de sel par les ménages (taux de renouvellement).

II.5.4.3 Efficacité de la prophylaxie par le sel iodé

Le taux de pénétration du sel iodé en France (sel fin et gros sel en petits conditionnements) est en diminution constante, 55 % en 1988, 45 % en 1997. Ce taux est estimé à 47 % en 2002 (Tableau 26) (Comité des Salines de France, 2003).

Tableau 26. Evolution du taux de pénétration du sel iodé en France (1988-2002)

Années	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	2002
Taux de pénétration (%)	55	54	55	52	50	49	48	44	43	45	47

Cette baisse du taux de pénétration est le fait de la concurrence de sels alimentaires à moindre prix et non iodés en provenance de pays voisins, du développement des ventes de sels artisanaux (non iodés) qui représentent 10 % des ventes en petits conditionnements (sels de Guérande, Noirmoutier et Ré) et d'une absence d'implication des pouvoirs publics, en particulier en direction des populations des régions les plus exposées à la déficience en iode.

Les enquêtes épidémiologiques récemment conduites dans divers pays européens et aux Etats-Unis montrent que selon les pays, la fraction réellement ingérée de sel ne représente que 15 à 30 % du sel de cuisson utilisé pour la préparation des aliments, réduisant ainsi de façon significative la contribution du sel enrichi en iode dans la couverture des besoins en iode. Le sel iodé, après soustraction des pertes d'iode liées à l'utilisation, aux modes de préparation, de conservation et de cuisson, ne représente en fait qu'une faible fraction de l'apport total d'iode.

Les recommandations du rapport "Sel" de l'AFSSA (AFSSA 2002) de réduire de 20 % l'apport moyen de chlorure de sodium devraient conduire les consommateurs à modifier leurs comportements, aussi bien dans la recherche des produits artisanaux ou agroalimentaires (étiquetage du NaCl), que dans les pratiques individuelles d'utilisation du sel (fréquence d'utilisation des salières individuelles et quantité de sel ajoutée). Ces recommandations devraient donc en partie atténuer les bénéfices attendus du récent avis de l'AFSSA (31 juillet 2002) modifiant la réglementation sur l'enrichissement en iode du sel de qualité alimentaire.

L'efficacité du sel iodé dans la prophylaxie de la déficience en iode dans les pays européens semble le plus souvent très largement surévaluée : (1) les quantités de sel alimentaire citées dans la littérature (3 à 5 g par jour) sont très supérieures aux quantités ingérées associées aux prises alimentaires mêmes augmentées du sel de cuisson, (2) les quantités sont

appliquées à la totalité de la population et non aux seuls utilisateurs, (3) la totalité du sel alimentaire à usage domestique est considérée comme enrichi en iode.

En France, sous l'hypothèse d'indépendance des fréquences d'utilisation et de choix du type de sel d'ajout (iodé contre non iodé) un quart des sujets (26,4 %) utilisent quotidiennement du sel iodé (0,48 g par jour). La contribution totale du sel iodé à usage domestique est cependant légèrement sous-évaluée, le sel de cuisson n'étant pas pris en compte dans l'évaluation des apports en iode.

Dans les pays anciennement les plus marqués par la carence en iode (Suisse, Autriche), l'iodation du sel reste un objectif prioritaire de santé publique dans la lutte contre la déficience en iode. L'efficacité du sel iodé a été régulièrement maintenue par des ajustements successifs du taux d'enrichissement aux réductions des apports sodés dans la population. En Suisse, le taux d'enrichissement en iode (mg l/kg de sel) a ainsi été successivement augmenté de 3,75 (1922), à 7,5 (1962), 15 (1980) et 20 mg/g de sel (1998). Ces progressions ont cependant été insuffisantes pour compenser les effets des importations de sel non iodé et des campagnes de réduction des apports sodés, et ont conduit à autoriser l'utilisation de sel iodé dans certains produits alimentaires transformés (pain, fromages, produits de charcuterie traités en salaison, conserves et plats préparés) (Als *et al.* 2003).

En conclusion, toutes les études mettent en évidence une relation temporelle entre le début de l'introduction du sel iodé et la réduction du risque de déficience en iode dans les populations européennes. Cependant l'interprétation de l'implication du sel iodé dans les augmentations récentes de la consommation alimentaire d'iode est ambiguë en l'absence d'un cadre expérimental. En effet, la part potentielle relative liée à l'effet propre de l'amélioration de la supplémentation individuelle par le sel iodé est difficile à distinguer des conséquences, d'une part, des évolutions des consommations alimentaires de produits naturellement riches en iode (produits de la pêche et de l'aquaculture) et d'autre part, de l'apparition de nouvelles sources d'iode alimentaire (produits laitiers et œufs).

II.5.5 Stratégies complémentaires : introduction de sel iodé dans les produits alimentaires transformés

Parmi les 15 pays de l'UE plus la Suisse, l'Allemagne, l'Autriche, le Danemark, les Pays-Bas et la Suisse autorisent l'utilisation de sel iodé dans les produits alimentaires transformés. Dans les onze autres pays, seul le sel à usage domestique peut être enrichi en iode. Les taux d'enrichissement en iode en vigueur pour les produits industriels sont compris entre 8-12 mg/kg de sel au Danemark et 70-85 mg/kg de sel aux Pays-Bas. En Allemagne, Autriche et Danemark, les sels à usage domestique ou destinés aux industries agroalimentaires ont des taux d'enrichissement identiques, alors qu'aux Pays-Bas et en Suisse, des taux d'enrichissement différents ont été adoptés. En Allemagne, Autriche et Suisse, l'autorisation d'utilisation de sel enrichi en iode est valable pour la totalité des produits transformés. Aux Pays-Bas, cette autorisation ne concerne que le sel des produits de boulangerie (70-85 mg d'iode/kg) et des produits carnés (20-30 mg d'iode/kg), au Danemark, elle s'applique exclusivement au sel destiné aux produits de boulangerie (8-12 mg/kg).

II.5.5.1 L'expérience des Etats-Unis

L'iodate de potassium (KIO_3) a été introduit à partir de 1955 dans la fabrication du pain aux Etats-Unis pour des impératifs purement technologiques et sans objectif nutritionnel. L'iodate de potassium est un améliorant chimique à action lente qui augmente le volume de la pâte et améliore la mie et la texture du pain en agissant sur la structure du réseau de gluten au cours du pétrissage. L'utilisation intensive de KIO_3 s'est traduite par des concentrations en iode très élevées dans certains produits de boulangerie de grande consommation comme le pain de mie (884 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) ou les petits pains (246 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) soit, rapportées à l'unité de consommation, 150 μg d'iode par tranche de pain de mie et 99 μg par petit pain (Pittman *et al.* 1969). Les risques d'apports excessifs en iode ont conduit les professionnels américains à réduire progressivement l'utilisation de l'iodate de potassium. Pearce *et al.* (2004)

rappellent qu'à Boston en 2001-2002, la concentration médiane (moyenne \pm écart-type) en iode de 20 marques de pain était de 16 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ($268,2 \pm 611,1\ \mu\text{g}/100\text{ g}$), trois types de pain apportant plus de 1,2 mg d'iode par 100 g.

II.5.5.2 L'expérience de l'Australie (Tasmanie)

L'utilisation de KIO_3 dans la préparation du pain a été introduite en 1966 en Tasmanie comme mesure de prophylaxie de la déficience en iode. L'introduction parallèle des iodophores dans l'industrie laitière a augmenté le risque d'apports excessifs en iode et l'incidence des épisodes de thyrotoxicose (Hipsley *et al.* 1956). Le lait étant devenue de ce fait la source principale d'iode dans la population australienne, l'utilisation de KIO_3 dans la préparation du pain a été rapidement abandonnée.

II.5.5.3 L'expérience des Pays-Bas

En 1943, les Pays-Bas pour lutter contre le goitre endémique réapparu durant la deuxième guerre mondiale, ont introduit le sel iodé dans la préparation du pain (46 mg de KI par kg de sel). Pour répondre aux divers recours devant le Conseil d'Etat, fondés sur l'absence de respect du libre choix du consommateur à consommer un aliment non enrichi, cette mesure a été reconduite en reconnaissant à la profession la liberté d'utiliser du sel non iodé dans la fabrication du pain, et aux distributeurs la liberté d'importer du pain non enrichi en iode (Bread Act). La baisse de consommation du pain dans la population a été compensée par des augmentations successives du taux d'enrichissement du sel destiné à la boulangerie (46-51, 55-65, 70-85 mg/kg de sel). L'utilisation du sel iodé dans la fabrication du pain est complémentaire de l'iodation du sel à usage domestique enrichi en KI (23-29 mg/kg de sel) dont le taux de pénétration est cependant faible. Les Pays-Bas se distinguent des autres pays européens par les faibles concentrations en iode (44 mg/kg) mesurées dans les produits laitiers (Van Dokkum *et al.* 1982). L'utilisation des iodophores serait exceptionnelle dans les élevages laitiers.

En 1991-1993, les apports journaliers en iode (moyenne \pm écart-type) évalués sur 3 jours consécutifs, étaient entre 20-49 ans et 50-79 ans, chez les hommes respectivement de 196 (± 67) et 172 (± 49) $\mu\text{g}/24\text{ h}$, et chez les femmes respectivement de 149 (± 36) et 140 (± 44) $\mu\text{g}/24\text{ h}$. Les pourcentages d'apports journaliers en iode inférieurs à 100 $\mu\text{g}/24\text{ h}$ étaient respectivement pour les mêmes groupes d'âge de 5 et 8 % chez les hommes, et de 4 et 13 % chez les femmes (Brussard *et al.* 1997). Afin de réduire la fréquence des apports en iode inférieurs à 100 $\mu\text{g}/24\text{ h}$, plusieurs options d'enrichissement ont été simulées à partir de l'enquête nationale de consommation alimentaire (Dutch Nutrition Surveillance System 1987-1988).

Quatre options d'enrichissement ont été évaluées :

- (1) utilisation de sel iodé enrichi à 100 mg de KI par kg de sel dans la fabrication du pain,
- (2) enrichissement en iode du lait et des produits laitiers (hors fromage) avec 25, 50, ou 100 μg de KI par kg,
- (3) enrichissement en iode de la margarine avec 400, 600, ou 800 μg de KI par kg,
- (4) utilisation de sel iodé enrichi à 10, 50, ou 100 mg de KI par kg de sel pour la fabrication d'un ensemble de produits alimentaires transformés (jambon, fromage de Hollande, biscottes, biscuits secs).

Pour chaque option d'enrichissement, les apports moyens en iode et les pourcentages de sujets consommant plus de 500 et 1000 μg d'iode par jour, ou ayant des apports inférieurs au seuil de déficience de 100 $\mu\text{g}/24\text{ h}$, ont été calculés pour chaque groupe d'âge.

L'augmentation des apports moyens en iode était de 13 % à 45 % selon les options, avec une réduction moyenne de 65 % du nombre de sujets ayant des apports en iode inférieurs à 100 $\mu\text{g}/24\text{ h}$. L'apport additionnel d'iode par la margarine avait le plus faible impact. Les risques d'apports en iode supérieurs à 1 mg/24 h étaient les plus faibles avec les options pain seul, ou associé aux biscottes et biscuits (Brussard *et al.* 1995). Les résultats de ces simulations n'ont pas conduit à des modifications de la réglementation.

II.5.5.4 L'expérience de la Suisse

La Suisse autorise l'utilisation du sel iodé (KI) dans la fabrication de produits alimentaires transformés avec un taux d'enrichissement en iode inférieur à celui du sel iodé à usage domestique (20-30 mg KI/kg de sel). Le sel iodé destiné à la fabrication du pain, des fromages, des produits de charcuterie traités en salaison, des conserves et des plats préparés, est enrichi à 10 mg KI/kg de sel, celui destiné à la fabrication des potages industriels, des bouillons et des fumets, à 20 mg KI/kg de sel. L'utilisation du sel iodé par l'industrie agroalimentaire qui consomme 75 % de la production du sel de qualité alimentaire, est très variable selon les produits. Als *et al.* (1995) rapportent que les boulangers, les charcutiers et les fabricants de fromage interrogés en 1993 sur l'utilisation du sel iodé étaient ignorants de son intérêt nutritionnel. La plupart des artisans interrogés mettaient en avant le caractère "naturel" de leurs produits pour écarter l'utilisation du sel iodé. L'utilisation du gros sel pour fromagerie (non iodé) dans la fabrication des fromages affinés semble *a priori* exclure l'utilisation du sel iodé.

Selon Als *et al.* (1995), 97 % de la production du pain serait faite avec du sel iodé (20 mg KI/kg de sel). En 1992, la consommation moyenne de pain en Suisse était évaluée à 130 g/24 h, et sa contribution aux apports en iode à 24 µg par jour.

II.5.5.5 L'expérience de l'Allemagne

L'Allemagne autorise l'utilisation du sel iodé (KIO₃) dans la fabrication de produits alimentaires transformés depuis 1991. D'après Jahreis *et al.* (2001) les principales familles d'aliments contribuant de façon significative aux apports alimentaires en iode étaient le lait et les produits laitiers (37 %), les produits à base de viande (21 %), le pain et les produits à base de céréales (19 %), les boissons (11 %), les poissons (9 %) et les fruits et légumes (3 %). Dans l'enquête nationale de consommation alimentaire réalisée en 1996 (*n* = 2 500 sujets âgés de plus de 13 ans), 75 % des sujets déclaraient utiliser du sel iodé et 1,3 % des compléments alimentaires à base d'iode. Dans le sous-échantillon de parturientes (*n* = 739) 19,6 % avaient utilisé un complément alimentaire à base d'iode durant leur grossesse (Gärtner *et al.* 2001). Les concentrations élevées en iode mesurées dans les produits à base de viande, saucisses et pièces cuites saumurées (32,4 à 160,7 µg/100 g) sont dues à l'utilisation de sel nitrité iodé et/ou à l'utilisation d'érythrosine en particulier dans le salami (160,7 µg/100 g) (Jahreis *et al.* 2001). La littérature ne mentionne aucune autre information sur l'utilisation de sel iodé dans d'autres secteurs de l'agroalimentaire.

II.5.6 Conclusions

A partir du recensement des expériences européennes et des politiques de santé publique susceptibles d'augmenter la consommation d'iode dans la population générale, plusieurs stratégies peuvent être envisagées pour réduire la déficience en iode dans la population vivant en France :

- la promotion de la consommation des aliments naturellement riches en iode : produits marins (dont algues),
 - la promotion de la consommation des aliments secondairement enrichis en iode : produits laitiers, œufs,
 - la promotion de la supplémentation par des compléments alimentaires minéraux riches en iode, ou des compléments alimentaires à base d'algues,
 - la promotion du sel iodé (taux de pénétration) et l'augmentation du taux d'enrichissement du sel en iode,
 - l'enrichissement en iode d'un nouveau vecteur alimentaire (ou de nouveaux produits vecteurs alimentaires).
- ◆ Les deux premières mesures correspondent à des familles d'aliments dont les fréquences de consommation dans les études épidémiologiques nutritionnelles sont inférieures aux repères de consommation du PNNS. Leur promotion dans la perspective d'une alimentation variée et équilibrée (actions de communication auprès du grand public

et des professionnels de santé, guides alimentaires INPES) ne peut donc qu'être positive en matière d'amélioration des apports individuels en iode.

- ◆ Les algues alimentaires peuvent être consommées selon les critères fixés par l'AFSSA, cependant leur consommation expose à des risques d'excès.
- ◆ Les expériences de promotion de supplémentation par des compléments alimentaires sont le plus souvent inefficaces à atteindre les groupes à risque, la consommation de compléments alimentaires à base d'algues expose les utilisateurs à des risques de dépassement des limites supérieures de sécurité.
- ◆ La diminution de la consommation de sel au niveau domestique et les incitations à limiter son utilisation pèsent de façon négative sur la promotion du sel iodé à usage domestique. Bien que son intérêt à long terme puisse être discuté, il est indispensable à moyen terme de favoriser les conditions d'une augmentation du taux d'utilisation (pénétration) du sel iodé dans la population, condition préalable à toute nouvelle augmentation du taux d'enrichissement.
- ◆ Ces éléments plaident en faveur de la promotion d'un aliment vecteur ou d'un ensemble d'aliments vecteurs d'iode permettant d'augmenter la consommation alimentaire d'iode de façon maîtrisée dans un souci d'efficacité et de sécurité, sans opposition avec les recommandations nutritionnelles. De nombreuses incertitudes demeurent cependant sur la stabilité de l'iode du sel iodé ajouté dans les aliments transformés.

II.5.7 Références

Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) - Rapport Sel : évaluation et recommandations. 2002, 200 p.

Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) - Avis de l'AFSSA relatif à l'évaluation des différences qui existent entre le poisson d'appellation "frais" et le poisson d'appellation "congelé", de deux points de vue : celui de la nutrition et celui de l'information au consommateur au moment de l'achat. AFSSA, 22 décembre 2004.

Als C., Haldimann M., Bürgi E., Donati F., Gerber H., Zimmerli B. - Swiss pilot study of individual seasonal fluctuations of urinary iodine concentration over two years : is age-dependency linked to the major source of dietary iodine? *European Journal of Clinical Nutrition* 2003; 57: 636-646.

Als C., Lauber K., Brander L., Lüscher D., Rösler H. - The instability of dietary iodine supply over time in an affluent society. *Experientia* 1995; 51: 623-633.

Bhatnagar A., Maharda N.S., Ambardar V.K., Dham D.N., Magdum M., Sankar R. - Iodine loss from iodised salt on heating. *Indian Journal of Pediatrics* 1997; 64: 883-885.

Biber F.Z., Unak P., Yurt F. - Stability of iodine content in iodized salt. *Isotopes and Environmental Health Studies* 2002; 38: 87-93.

Bristow A., Qureshi S., Rona R.J., Chinn S. - The use of nutritional supplements by 4-12 year olds in England and Scotland. *European Journal of Clinical Nutrition* 1997; 51: 366-369.

Brussaard J.H., Brants H.A.M., Hulshof K.F.A.M., Kistemaker C., Löwik M.R.H. - Iodine intake and urinary excretion among adults in the Netherlands. *European Journal of Clinical Nutrition* 1997; 51: S59-S62.

Brussaard J.H., Hulshof K.F.A.M., Löwik M.R.H. - Calculated iodine intake before and after simulated iodization (Dutch Nutrition Surveillance System). *Annals of Nutrition and Metabolism* 1995; 39: 85-94.

Chavasit V., Malaivongse P., Judprasong K. - Study on stability of iodine in iodated salt by use of different cooking model conditions. *Journal of Food Composition and Analysis* 2002; 15: 265-276.

Chavasit V., Nopburabutr P., Kongkachuichai R. - Combating iodine and iron deficiencies through the double fortification of fish sauce, mixed fish sauce, and salt brine. *Food and Nutrition Bulletin* 2003; 24: 200-207.

C.F.C.E. (Centre Français du Commerce Extérieur) - Le marché des produits de la mer. Synthèses 2002. Belgique, Pologne, Royaume-Uni, Suisse.

C.N.I.E.L. (Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière) - L'économie laitière en chiffres, 2003, 198 p.

Diosady L.L., Alberti J.O., Ramcharan K., Venkatesh Mannar M.G. - Iodine stability in salt double-fortified with iron and iodine. *Food and Nutrition Bulletin* 2002; 23: 196-207.

Gärtner R., Manz F., Grossklaus R. - Representative data of iodine intake and urinary excretion in Germany. *Experimental and Clinical Endocrinology and Diabetes* 2001; 109: 2-7.

Goindi G., Karmarkar M.G., Kapil U., Jagannathan J. - Estimation of losses of iodine during different cooking procedures. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 1995; 4: 225-227.

Harrison M.T., McFarlane S., Harden R.McG., Wayne E. - Nature and availability of iodine in fish. *American Journal of Clinical Nutrition* 1965; 17: 73-77.

- Hipsley E.H. - A new method for preventing goitre in Canberra (the use of iodized salt in bread baking). *Medical Journal of Australia* 1956; 1: 532-533.
- Jahreis G., Hausmann W., Kiessling G., Franke K., Leiterer M. - Bioavailability of iodine from normal diets rich in dairy products - results of balance studies in women. *Experimental and Clinical Endocrinology and Diabetes* 2001; 109: 163-167.
- Karl H., Münkner W. - Jod in marinen lebensmitteln. *Ernährungs-Umschau* 1999; 46: 288-291.
- Katamine S., Mamiya K., Sekimoto K., Hoshino N., Totsuka K., Suzuki M. - Differences in bioavailability of iodine among iodine-rich foods and food colors. *Nutrition Reports International* 1987; 35: 289-297.
- Kiely M., Flynn A., Harrington K.E., Robson P.J., O'Connor N., Hannon E.M., O'Brien M.M., Bell S., Strain J.J. - The efficacy and safety of nutritional supplement use in a representative sample of adults in the North/South Ireland Food Consumption Survey. *Public Health Nutrition* 2001; 4: 1089-1097.
- Kim J.Y., Moon S.J., Kim K.R., Sohn C.Y., Oh J.J. - Dietary iodine intake and urinary iodine excretion in normal Korean adults. *Yonsei Medical Journal* 1998; 39: 355-362.
- Knudsen V.K., Rasmussen L.B., Haraldsdottir J., Ovesen L., Bülow I., Knudsen N., Jorgensen T., Laurberg P., Perrild H. - Use of dietary supplements in Denmark is associated with health and former smoking. *Public Health Nutrition* 2002; 5: 463-468.
- Lee S.M., Lewis J., Buss D.H., Holcombe G.D., Lawrance P.R. - Iodine in British foods and diets. *British Journal of Nutrition* 1994; 72: 435-446.
- Marine D., Kimball O.P. - Prevention of simple goiter in man. *Archives of Internal Medicine* 1920; 25: 661-672.
- Norman J.A., Pickford C.J., Sanders T.W., Waller M. - Human intake of arsenic and iodine from seaweed-based food supplements and health foods available in the UK. *Food Additives and Contaminants* 1987; 5: 103-109.
- OFIMER - Le marché français des produits de la pêche et de l'aquaculture, 2004, 17 p.
- Pearce E.N., Pino S., He X., Bazrafshan H.R., Lee S.L., Braverman L.E. - Sources of dietary iodine : bread, cow's milk, and infant formula in the Boston area. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2004; 89: 3421-3424.
- Pedersen K.M., Iversen E., Laurberg P. - Urinary iodine excretion and individual iodine supplementation among elderly subjects : a cross-sectional investigation in the commune of Randers, Denmark. *European Journal of Endocrinology* 1995; 132: 171-174.
- Pittman J.A., Dailey G.E., Beschi R.J. - Changing normal values for thyroïdal radioiodine uptake. *New England Journal of Medicine* 1969; 280: 1431-1434.
- Rasmussen L.B., Ovesen L., Bülow I., Jorgensen T., Knudsen N., Laurberg P., Perrild H. - Dietary iodine intake and urinary iodine excretion in a Danish population : effect of geography, supplements and food choice. *British Journal of Nutrition* 2002; 87: 61-69.
- Savanovitch C. (coordonnateur) - Situation et évolution des apports alimentaires de la population française, 1997-2003. Institut de Veille Sanitaire 2004, 112 p.
- Schmid S., Ranz D., He M.L., Burkard S., Lukowicz M.V., Reiter R., Arnold D., Le Deit H., David M., Rambeck W.W.A. - Marine algae as natural source of iodine in the feeding of freshwater fish - a new possibility to improve iodine supply in man. *Revue de Médecine Vétérinaire* 2003; 154: 645-648.
- Schutz H.G., Read M., Bendel R., Bhalla V.S., Harrill I., Monagle J.E., Sheehan E.T., Standal B.R. - Food supplement usage in seven Western states. *American Journal of Clinical Nutrition* 1982; 36: 897-901.
- Shi L., Zhou R., Wang G. - Effects of cooking methods on iodine content in iodized salt. *Wei Sheng Yan Jiu* 1998; 27: 412-414.
- Van Dokkum W., De Vos R.H., Cloughley F.A., Hulshof K.F.A.M., Dukel F., Wijsman J.A. - Food additives and food components in total diets in the Netherlands. *British Journal of Nutrition* 1982; 48: 223-231.
- Volatier J-L. - Enquête INCA individuelle et nationale sur les consommations alimentaires. CREDOC, AFSSA, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Tec & Doc, Paris, 2000, 158 p.
- Wang G.Y., Zhou R.H., Wang Z., Shi L., Sun M. - Effects of storage and cooking on the iodine content in iodized salt and study on monitoring iodine content in iodized salt. *Biomedical Environmental Sciences* 1999; 12: 1-9.
- Welch A.A., Lund E., Amiano P., Dorronsoro M., Brustad M., Kumle M., Rodriguez M., Lasheras C., Janzon L., Jansson J., Luben R., Spencer E.A., Overvad K., Tjønneland A., Clavel-Chapelon F., Linseisen J., Klipstein-Grobusch K., Benetou V., Zavitsanos X., Tumino R., Galasso R., Bueno-de-Mesquita H.B., Ocké M.C., Charrondière U.R., Slimani N. - Variability of fish consumption within the 10 European countries participating in the European Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Public Health Nutrition* 2002; 5: 1276-1285.
- Zimmermann M., Delange F. - Iodine supplementation of pregnant women in Europe : a review and recommendations. *European Journal of Clinical Nutrition* 2000; 58: 979-984.

III Simulations d'enrichissement en iode

Dans cette partie, un rappel des recommandations générales de l'Afssa sur l'adjonction de substances nutritives dans les aliments est présenté (Afssa 2004) et les points spécifiques à la nutrition iodée sont argumentés (chapitre 8).

Dans un second temps, le groupe de travail a évalué le ratio bénéfice/risque du scénario d'enrichissement en iode de l'ensemble du sel alimentaire (chapitre 9). Ce scénario a été évalué en réponse à une demande de l'ANIA, notamment dans une optique de libre circulation des produits en Europe, où des pays voisins de la France (tels que l'Allemagne ou la Suisse) autorisent l'enrichissement en iode du sel alimentaire dans les produits alimentaires transformés. Cette approche ne correspond donc pas à un choix préalable de vecteurs potentiels précis avant simulation.

Dans un troisième temps (chapitre 10), une recherche prospective d'aliments vecteurs pertinents a été effectuée en suivant la méthodologie énoncée au chapitre 8.

III.1 Les critères de décision de l'enrichissement et du choix du vecteur

III.1.1 Introduction

Le groupe de travail a repris tous les éléments relatifs à l'adjonction de substances nutritives dans les aliments à des fins d'enrichissement discutés par l'Afssa dans un rapport sur le choix d'un couple nutriment-aliment vecteur (Afssa 2004). Toutes les conditions exposées dans ce rapport seront reprises intégralement dans ce chapitre, seuls seront argumentés les points spécifiques à la nutrition iodée.

Dans son rapport, l'Afssa souligne, en préambule, que toute proposition d'enrichissement doit répondre à une double exigence de santé publique et de sécurité :

- l'intérêt nutritionnel de l'addition du nutriment dans l'aliment doit être clairement établi dans un souci de santé publique et de respect du consommateur,
- la consommation de l'aliment vecteur (ou des aliments vecteurs) proposé(s) ne doit pas être à l'origine de déséquilibres alimentaires par rapport aux recommandations actuelles et ne doit pas comporter de risque sanitaire.

Le problème de la gestion de la nutrition iodée au niveau de la population vivant en France est rendu complexe par le fait qu'il existe deux vecteurs "historiques" de l'iode :

- d'une part, depuis 1952 le sel enrichi en iode dont la consommation est difficile à quantifier et dont l'évaluation des conditions d'emploi se heurte dans tous les pays à des obstacles méthodologiques importants qui ne permettent pas de juger de manière totalement objective de son efficacité dans la prophylaxie de la déficience en iode,
- d'autre part, les produits laitiers vecteur principal d'iode, dont les plus forts consommateurs sont exposés à des effets potentiellement indésirables.

La distribution des apports alimentaires en iode dans la population vivant en France montre qu'il existe un risque de dépassement de près de 6 % des limites supérieures de sécurité chez les plus jeunes enfants de 3 ans. En théorie, une distribution des apports est considérée comme dangereuse si les percentiles les plus élevés de la distribution des apports du nutriment dans la population dépassent les seuils de sécurité. Si cette situation préexiste avant tout enrichissement, elle exclut en première intention toute proposition d'un nouvel enrichissement qui ne prendrait pas en compte cette situation.

Le groupe de travail a donc considéré comme condition préalable à toute proposition d'introduction d'un nouvel aliment vecteur d'iode, une réduction de 15-20 % de la concentration en iode des produits laitiers susceptible de réduire à moins de 5 % le risque de dépassement de la limite supérieure de sécurité chez les jeunes enfants.

Cette réduction appliquée aux données de consommations individuelles de l'enquête INCA a permis de déterminer les apports de base en iode de la population et leur répartition au sein de cette population (Tableau 27). Toutes les simulations d'enrichissement évaluées dans ce rapport s'appliquent à cette population, dont le niveau d'apport en iode sera dénommé "situation de base" dans la suite de ce rapport.

III.1.2 Bénéfice nutritionnel pour le consommateur d'un enrichissement en iode

Depuis les années 1920, il est démontré qu'une supplémentation en iode réduit les risques de retard de développement du cerveau du fœtus et du jeune enfant. En marge des effets reconnus de l'iode sur le développement neurologique, de nombreuses études mettent en évidence un effet protecteur de l'iode sur la pathologie thyroïdienne, en particulier sur la pathologie nodulaire et ses complications. Plusieurs études d'observation transversales suggèrent une relation inverse entre les apports alimentaires en iode et le risque de cancer de la thyroïde. La supplémentation en iode ne modifie pas de façon significative l'incidence des cancers de la thyroïde, mais aurait un impact pronostique favorable sur le risque de décès en orientant le degré de différenciation des cancers thyroïdiens vers des types histologiques de meilleur pronostic.

De nombreux pays ont choisi comme mesure de santé publique l'enrichissement en iode d'un vecteur alimentaire, le plus souvent le sel alimentaire, parfois en autorisant l'utilisation de sel iodé dans la fabrication du pain et des produits de boulangerie, ou plus rarement des produits alimentaires transformés. Peu de pays ont rendu cette mesure obligatoire, et la plupart des pays européens autorisent l'enrichissement du sel en iode et son utilisation sur une base volontaire. La problématique de l'enrichissement en iode du sel ou d'un vecteur alimentaire est discutée dans de nombreux pays, mais à ce jour, les aspects d'efficacité et de sécurité de ces mesures n'ont fait l'objet d'aucune étude.

III.1.3 Critères d'identification des groupes à risque d'insuffisance d'apport en iode

◆ Les critères biologiques

Les critères biologiques d'évaluation du statut en iode d'une population reposent sur la mesure de la concentration de l'iode excrété dans les urines qui est un bon reflet des apports alimentaires. Le bilan des études réalisées en France fait apparaître un risque de déficience légère à l'adolescence qui s'accroît chez les adultes avec l'âge. Cette déficience est toujours plus marquée chez les femmes. Le statut biologique en iode des femmes enceintes au début et en fin de grossesse indique que la femme enceinte est exposée à une déficience modérée durant toute la durée de la grossesse. Cette déficience en iode est confirmée en fin de grossesse par les concentrations en iode mesurées dans le lait maternel recueilli en début de lactation. On ne dispose pas d'informations sur le statut biologique en iode de la population âgée de plus de 60 ans vivant en France.

◆ Les données de consommation alimentaire

L'exploitation des données de consommations alimentaires individuelles de l'étude INCA permet de décrire la distribution des apports alimentaires en iode dans la population générale vivant en France et dans certains groupes d'âge prédéfinis sur des critères physiologiques.

L'établissement des ANC repose sur la détermination du besoin nutritionnel moyen (BNM). L'ANC correspond au BNM auquel on ajoute deux écarts-types, ce qui permet de couvrir, en théorie, les besoins de 97,5 % des individus d'une population homogène (AFSSA 2001). Le BNM est égal à 0,77 % de l'ANC pour la majorité des nutriments. Dans le cas de l'iode, la

distribution des besoins est supposée gaussienne avec un écart-type de 20 % du BNM. (Institute of Medicine 2001). Avec un ANC pour l'iode de 150 µg, le BNM est donc égal à 107 µg (71 % de l'ANC). Dans le présent document, les valeurs des BNM retenues correspondent à 71 % des ANC français. La prévalence d'inadéquation des apports par rapport aux besoins, c'est-à-dire la proportion de sujets dont les apports alimentaires sont inférieurs à leurs besoins, a été définie par le pourcentage de sujets dont les apports sont inférieurs au BNM calculé (Carriquiry 1999). Les prévalences d'inadéquation ont ensuite été calculées en appliquant cette règle à chacun des groupes prédéfinis. Les valeurs ponctuelles des prévalences d'inadéquation fluctuent selon les valeurs de référence (BNM) choisies (exemple : BNM français, EAR issus des RDA américains, etc.). De ce fait, les prévalences d'inadéquation doivent surtout être considérées comme des ordres de grandeur, pour hiérarchiser les groupes plus ou moins à risque d'insuffisance d'apport, et pour évaluer globalement une diminution relative de l'inadéquation en fonction des scénarios d'enrichissement.

Tableau 27. Situation de base : distribution des apports alimentaires en iode (moyenne ± écart-type [E.T.], médiane, 5^e et 95^e percentiles) et prévalences d'inadéquation (%) après réduction de 19 % de l'iode dans les produits laitiers et sans autre enrichissement que le sel domestique (12,5 µg/100 g)

Age (ans)	n	I (µg/24 h)					% de sujets			
		moyenne	E.T.	5 ^e	médiane	95 ^e	inadéquation	< besoin basal	> 250 µg/24 h	> LSS
Enfants										
3	85	118,3	57,0	53,2	106,1	189,0	5,9	0,0	3,5	3,5
4-6	256	115,2	31,3	66,2	114,0	168,8	3,5	0,0	0,0	0,0
7-9	252	120,4	35,0	69,2	118,1	177,0	14,3	1,2	0,4	0,4
Hommes										
10-14	216	132,1	47,2	72,9	122,2	215,4	31,9	2,3	0,9	0,0
15-19	71	132,6	41,2	69,2	130,1	207,7	26,8	8,5	0,0	0,0
20-34	160	146,5	44,8	90,8	139,2	219,0	19,4	2,5	1,9	0,0
35-44	146	137,2	41,0	84,2	133,4	222,2	27,4	4,1	2,1	0,0
45-59	142	144,6	52,5	80,8	133,8	245,4	23,2	4,9	4,2	0,0
60-69	91	138,1	44,6	73,2	137,0	221,8	23,1	9,9	1,1	0,0
> 70	62	124,6	41,7	68,5	119,1	210,9	35,5	11,3	0,0	0,0
Femmes										
10-14	209	116,7	38,5	54,6	115,4	187,4	39,7	7,2	0,5	0,0
15-19	85	116,8	41,4	55,0	118,8	184,3	36,5	18,8	1,2	0,0
20-34	209	123,1	40,6	67,4	116,7	204,0	39,7	11,0	0,5	0,0
35-44	136	127,1	47,1	70,6	118,0	218,8	33,1	8,8	1,5	0,0
45-59	171	119,5	38,9	64,8	115,9	195,5	42,1	12,9	0,0	0,0
60-69	83	118,1	40,7	59,5	109,5	200,7	45,8	14,5	0,0	0,0
> 70	84	114,8	42,1	65,7	102,6	194,9	56,0	19,0	1,2	0,0

L'utilisation du sel domestique correspond aux données de l'enquête de validation SUVIMAX-INCA, présentée précédemment dans le rapport.

La prévalence d'inadéquation des apports en iode, après réduction de 19 % de la concentration en iode des produits laitiers, est faible chez les moins de 10 ans ; elle augmente au delà de 10 ans, est en moyenne de 20 % chez les hommes et voisine de 40 % chez les femmes. Les prévalences d'inadéquation sont plus élevées chez les hommes après 70 ans, et chez les femmes au delà de 60 ans que chez les sujets jeunes (Tableau 27).

Dans son rapport, l'AFSSA identifie comme groupe à risque majeur d'inadéquation des apports par rapport aux besoins, tout groupe défini sur des critères d'âge, de sexe ou de besoins physiologiques spécifiques dont l'intervalle de confiance à 95 % de la prévalence d'inadéquation des apports par rapport aux besoins ne contient pas la valeur de 50 % mais contient celle de 70 %. Il n'existe donc pas, sur la base de ce critère, de groupe à haut risque d'inadéquation pour l'iode. Cependant, les prévalences d'inadéquation observées suggèrent

qu'il existe pour plusieurs groupes de la population française un risque modéré mais non négligeable d'inadéquation des apports par rapport aux besoins. Les données disponibles, sur le statut biologique en iode des femmes en âge de procréer dans la population vivant en France, suggèrent qu'un risque léger à modéré de déficience en iode est associé à une prévalence élevée d'anomalies morphologiques (hyperplasie thyroïdienne) ou biologiques (distribution de la thyroïdostimuline). Pour ce nutriment, il est donc important de considérer aussi comme à risque d'insuffisance d'apport des groupes n'atteignant pas des prévalences d'inadéquation extrêmement élevées (50-70 %), mais présentant tout de même des valeurs relativement hautes d'inadéquation (20-40 %).

◆ **Besoin basal d'apport en iode**

Le groupe de travail a proposé que la définition des groupes à risque d'avoir des apports alimentaires en iode insuffisants soit complétée en utilisant un critère supplémentaire correspondant au seuil minimum d'apport en iode en dessous duquel l'apparition de signes cliniques de carence devient de plus en plus probable. Ce seuil a été arbitrairement fixé à 50 % de l'ANC en Allemagne et aux Pays-Bas, soit respectivement à 100 et 70 µg/24 h.

On dispose pour l'adulte de données quantitatives sur le métabolisme intrathyroïdien de l'iode permettant de déterminer un besoin basal à partir de données expérimentales. Le besoin basal en iode correspondant à l'apport alimentaire en iode nécessaire pour assurer une concentration minimale en iodure plasmatique de 0,10 µg/100 mL. La clairance thyroïdienne est adaptative et assure une entrée d'iode stable dans la thyroïde malgré les variations de la concentration d'iodure d'origine alimentaire ou physiologique. Il existe une relation inverse entre la concentration en iodure plasmatique et le taux de fixation de l'iode par la thyroïde qui détermine la quantité d'iode entrant dans la glande. Chez l'adulte jeune, dans des conditions expérimentales, cet apport alimentaire est compris entre 70 et 80 µg par jour (Riggs 1952 ; Wayne *et al.* 1964). La valeur de 80 µg/24 h a été retenue pour l'adulte pour tenir compte des conditions expérimentales. Le besoin basal a été calculé pour chaque âge proportionnellement au rapport des surfaces corporelles calculées pour chaque âge chez les garçons à la surface corporelle calculée de l'adulte. Ces valeurs ne sont pas applicables aux très jeunes enfants (moins de 3 ans).

Il ressort de ces différents points, la nécessité d'adapter la notion de groupe à risque d'inadéquation des apports par rapport aux besoins en tenant compte des spécificités du nutriment concerné. Dans le cas de l'iode, il est apparu qu'un risque léger d'inadéquation des apports peut être associé à des manifestations cliniques de la déficience iodée.

Ainsi, la définition des groupes de la population française considérés comme population cibles pour un enrichissement en iode a pris en compte 3 types de critères :

- **le statut biologique en iode,**
- **les données d'apports alimentaires en iode pour la définition du niveau d'inadéquation par rapport aux besoins,**
- **le besoin physiologique de base en iode.**

Les groupes à risque d'insuffisance d'apport ainsi identifiés sont donc les adolescents et les adultes, et particulièrement les femmes en âge de procréer.

Malgré des prévalences d'inadéquation élevées observées chez les personnes âgées, celles-ci n'ont pas été considérées comme à risque d'inadéquation des apports et donc comme une population cible pour un éventuel enrichissement en iode. En effet, compte tenu des incertitudes sur les besoins en iode des sujets âgés et du risque d'autonomie thyroïdienne dans cette population, le groupe de travail a considéré que la persistance chez les sujets de plus de 70 ans d'une insuffisance légère des apports en iode, après enrichissement, constituait plus un bénéfice qu'un risque pour cette population. En d'autres termes, la persistance chez la personne âgée d'une déficience légère est plus acceptable que l'apparition d'un risque lié à un excès, même faible d'apport iodé.

On ne peut également exclure l'existence d'un risque d'inadéquation des apports en iode au niveau régional, les variations par grandes régions géographiques du statut biologique en iode mesuré dans l'étude SU.VI.MAX suggérant que les habitudes alimentaires en matière d'accès aux sources alimentaires d'iode sont loin d'être uniformes.

III.1.4 Les critères d'innocuité de l'enrichissement

◆ Limites supérieures de sécurité pour l'iode

Le groupe de travail a adopté pour le sujet adulte la limite supérieure de sécurité de 600 µg/24 h récemment proposée par le SCF (Scientific Committee on Food 2002). Une limite supérieure de sécurité propre à chaque âge a ensuite été calculée sur la base du rapport des surfaces corporelles calculées (Tableau 16). On s'assurera de l'absence de risque de dépassement des limites supérieures de sécurité dans les simulations, d'après la distribution des apports dans la population. En règle générale, une distribution des apports est considérée comme dangereuse si les plus forts consommateurs du nutriment (95^e ou 97,5^e percentile de la distribution des apports du nutriment dans la population) dépassent les seuils de sécurité. Ce critère, classiquement utilisé en toxicologie, ne revient pas à considérer qu'il n'est pas préoccupant que 5 % (ou 2,5 %) des sujets d'une population dépassent les limites de sécurité. Il prend seulement en compte le fait que la puissance statistique des études, sur lesquelles on estime les prévalences de dépassement, ne permet pas de connaître avec précision les consommations des extrêmes de la distribution. On se place donc dans un raisonnement probabiliste. Dans les analyses effectuées sur la population INCA, **le 95^e percentile de la distribution des apports en iode a été utilisé pour des raisons de puissance statistique, les effectifs étant relativement limités par tranche d'âge.**

◆ Limites de sensibilité à l'augmentation des apports en iode

Le groupe de travail a mis en avant le risque d'hyperthyroïdie transitoire induite par une augmentation importante des apports en iode dans une population chroniquement exposée à un déficit des apports en iode. Il s'agit d'un risque exceptionnel, dont la prévision est actuellement impossible en l'absence de marqueurs individuels de susceptibilité. Pour diminuer ce risque, **le groupe de travail a introduit un seuil de sensibilité de 250 µg/24 h chez l'adulte, valeur au delà de laquelle la probabilité d'induire une hyperthyroïdie transitoire est non négligeable chez les sujets porteurs d'anomalies thyroïdiennes préalables** (Delange *et al.* 1999 ; Dunn *et al.* 1998).

III.1.5 Critères de choix de l'aliment vecteur ou des aliments vecteurs d'iode

Le groupe de travail s'est appuyé sur les arguments du rapport de l'AFSSA pour guider ses propositions d'aliment vecteur :

◆ Consommations alimentaires

L'enquête INCA permet d'évaluer les consommations alimentaires de tous les groupes d'âge et de sexe pour l'ensemble des aliments, ce qui permet de guider le choix des aliments vecteurs potentiels. **Le principe de base retenu par l'AFSSA est que l'aliment vecteur préférentiel doit être plus fortement consommé par les groupes de population identifiés comme à risque d'inadéquation, et plus faiblement consommé par les groupes non identifiés comme à risque.**

◆ Conformité avec les recommandations nutritionnelles

L'adéquation des aliments vecteurs aux recommandations nutritionnelles a été évaluée en référence aux recommandations nutritionnelles générales du PNNS.

◆ Critères technologiques

Les propositions d'enrichissement doivent être acceptables par les professionnels tant sur le plan technologique que gustatif, et ne pas avoir de conséquence sur le maintien de la qualité des produits enrichis. Elles ne doivent pas constituer une contrainte économique pouvant

justifier une augmentation du prix des produits enrichis. Elles doivent également garantir le libre choix du consommateur de pouvoir accéder à un produit non enrichi.

◆ **Critères socioéconomiques**

Le ou les vecteurs doivent concerner des produits de grande consommation accessibles au niveau national dans des conditions qui économiquement ne puissent être perçues comme des contraintes financières. Les aliments ou familles d'aliments proposés doivent concerner la population générale sans exclusive culturelle.

III.1.6 Détermination du niveau d'enrichissement et de son utilité : études de simulation

L'enrichissement en iode sera considéré comme efficace et peu risqué s'il permet d'augmenter les apports en iode, notamment dans les groupes à risque d'insuffisance d'apport sans que cet enrichissement n'entraîne, chez les forts consommateurs, de risque de dépassement des limites supérieures de sécurité.

◆ **Vérification de l'innocuité de l'enrichissement proposé**

Le groupe de travail a retenu comme critère de jugement une fréquence de dépassement des limites supérieures de sécurité $\leq 5\%$.

◆ **Vérification de l'intérêt nutritionnel de l'enrichissement proposé**

Deux principaux critères de jugement ont été retenus :

(1) une diminution de la prévalence d'inadéquation des apports en iode, notamment chez les adolescentes et les femmes en âge de procréer,

(2) une diminution du pourcentage d'individus ayant des apports en iode inférieurs au besoin de base, notamment chez les adolescentes et les femmes en âge de procréer.

◆ **Adéquation avec les objectifs de la loi de santé publique**

Le groupe de travail s'est assuré que l'objectif d'une réduction de 20 % de la déficience en iode, inscrit dans la loi relative à la politique de santé publique, était compatible avec la réduction des prévalences d'inadéquation des apports par rapport aux besoins atteinte par l'enrichissement proposé.

III.1.7 Références

Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) - Les apports nutritionnels conseillés pour la population française, 3^e édition, Editions Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 2001, 605 p.

Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) - Cahier des charges pour le choix d'un couple nutriment-aliment vecteur, 2004, 79 p.

Carriquiry A.L. - Assessing the prevalence of nutrient inadequacy. *Public Health and Nutrition* 1999; 2: 23-33.

Delange F., De Benoist B., Alnwick D. - Risks of iodine-induced hyperthyroidism after correction of iodine deficiency by iodized salt. *Thyroid* 1999; 9: 545-556.

Dunn J.T., Semigran M.J., Delange F. - The prevention and management of iodine-induced hyperthyroidism and its cardiac features. *Thyroid* 1998; 8: 101-106.

Institute of Medicine - Iodine. In : Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdene, nickel, silicon, vanadium, and zinc. National Academy Press, 2001, Washington D.C, p. 258-289.

Riggs D.S. - Quantitative aspects of iodine metabolism in man. *Pharmacological Reviews* 1952; 4: 284-370.

Wayne E.J., Koutras D.A., Alexander W.D. - Iodine requirements in man. In : Clinical aspects of iodine metabolism. Blackwell, Oxford, 1964, p. 93-98.

III.2 Simulations d'enrichissement en iode de la totalité du sel alimentaire

III.2.1 Objectifs

L'objectif est d'évaluer l'impact d'un enrichissement en iode du sel alimentaire utilisé (dans la préparation d'aliments transformés (en plus de l'enrichissement déjà autorisé du sel domestique), sur les apports alimentaires en iode de la population INCA. Cette hypothèse de travail revient à enrichir en iode la totalité du sel comestible par la population. Elle recouvre, en grande partie, le concept d'iodation universelle (Universal Salt Iodization) défendu par le Comité international pour la lutte contre les troubles dus à la carence en iode (ICCIDD, International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders) et les instances internationales (OMS, UNICEF) en charge du suivi de la déficience en iode dans le monde (WHO 2001).

Afin de proposer une méthode simple de simulation, ainsi que pour des raisons techniques énoncées plus loin, les trois taux d'enrichissement en iode évalués ont été considérés comme uniformément applicables à la totalité du sel alimentaire (salière, cuisson, et industriel). On a choisi dans les simulations d'assimiler chaque taux d'enrichissement en iode évalué, à sa valeur centrale :

- **12,5 mg d'iode/g de sel**, pour l'enrichissement actuel à 10-15 µg/g du sel de table et de cuisson,
- **17,5 mg d'iode/g de sel**, pour l'enrichissement à 15-20 µg/g du sel de table et de cuisson), proposé dans l'avis du 31 juillet 2002 de l'Afssa,
- **20,0 mg d'iode/g de sel**, pour l'enrichissement à 15-25 µg/g du sel industriel allemand, évalué dans une optique de libre circulation des produits alimentaires transformés.

La valeur centrale de la tolérance admissible a été retenue comme la plus probable, 95,5 % des analyses effectuées de façon aléatoire sur des échantillons de sel enrichi en iode étaient dans les limites de variation admises.

III.2.2 Méthodes

III.2.2.1 Réduction initiale de la teneur en iode des produits laitiers

Toute promotion de l'enrichissement des aliments en iode en vue de répondre aux besoins des groupes à risque d'inadéquation (notamment adolescentes, femmes adultes) est exclue en l'absence d'une réduction préalable de la concentration en iode dans les produits laitiers, du fait des dépassements des limites supérieures de sécurité déjà trop importants pour les enfants de 3 ans, avant enrichissement.

Le groupe de travail a donc retenu dans ses hypothèses de travail une réduction préalable de 19 % des teneurs en iode du lait (et des produits laitiers). La concentration en iode du lait retenue dans les simulations est ainsi réduite de 13,6 à 11 µg pour 100 g de lait. La situation de base en iode de cette population est décrite dans le Tableau 27, pour un sel de table iodé à 12,5 µg d'iode par g de sel.

III.2.2.2 La consommation du sel

La consommation du sel au niveau communautaire a été décomposée en 3 sources :

- le sel alimentaire à usage individuel (salière) utilisé au domicile et hors foyer (cantines, restaurants),
- le sel alimentaire à usage industriel utilisé dans le traitement d'aliments, les produits de conserve et les aliments conditionnés à préparation instantanée,
- le sel alimentaire de cuisson utilisé au domicile et hors foyer.

◆ Utilisation du sel de table (salière)

Les ajouts de sel de table (salières à usage domestique, et hors foyer) ont été estimés à partir des résultats de l'enquête de validation INCA-SU.VI.MAX (Mennen *et al.* 2001). Cette enquête de validation porte sur des adultes, mais faute d'information, ses résultats ont été extrapolés à l'ensemble de la population INCA (enfants compris). La proportion

d'utilisateurs de salière (domicile et hors foyer) était de 56,1 %. La quantité moyenne de sel ajoutée aux aliments était de 0,48 g par jour. Le taux de pénétration du sel iodé était évalué en 2002 à 47 % (Comité des Salines de France). Pour chacun des trois niveaux d'enrichissement évalués, le sel iodé contient respectivement 12,5, 17,5 ou 20 µg d'iode par g de sel, ce qui revient à attribuer respectivement 6,0, 8,4 ou 9,6 µg d'iode supplémentaires par jour à 26,3 % des sujets enfants et adultes de l'enquête INCA, soit :

- 268 sujets tirés au sort aléatoirement parmi les 1 018 enfants de l'enquête INCA
- 389 sujets tirés au sort aléatoirement parmi les 1 474 adultes de l'enquête INCA

◆ Utilisation du sel industriel

Pour simuler l'enrichissement spécifique du sel alimentaire utilisé industriellement, l'idéal en termes méthodologiques aurait été de pouvoir déterminer avec exactitude les aliments consommés par les sujets INCA qui sont effectivement industriels (par opposition à ceux "fait maison") et donc susceptibles de contenir du sel alimentaire iodé. La variable déclarative production "maison" ou aliment acheté "tout prêt" du carnet de consommation INCA présente un nombre important de valeurs manquantes (20 %) et n'a encore jamais été validée. De plus, cette notion est fortement liée à l'appréciation du consommateur.

L'Association Nationale des Industries Agroalimentaires (ANIA) sollicitée n'a pu fournir d'informations sur la proportion de produits industriels que dans certains groupes d'aliments (produits laitiers, biscuits, par exemple), ces données étant encore indisponibles pour de nombreux groupes de produits (exemple : dans le groupe viandes, combien sont consommées sous forme de préparations industrielles déjà salées, combien sont cuisinées à la maison, etc.). Le problème de la détermination de l'origine des produits (production "maison" ou aliment acheté "tout prêt") reste non résolu à l'heure actuelle, et mériterait de futures investigations en association avec les professionnels.

◆ Utilisation du sel de cuisson

Du fait des lacunes en termes de données énoncées ci-dessus, les choix suivants ont été effectués : étant donné que le sel domestique de cuisson était déjà autorisé pour l'enrichissement en iode, et que l'on cherchait par ailleurs à simuler l'enrichissement de tout le sel utilisé industriellement, **on a considéré que tout le sel contenu dans les aliments était enrichi en iode à la même concentration.** Pour calculer la quantité de sel (NaCl [g]) à partir de la variable sodium (mg) de la table CIQUAL, on a tenu compte des masses atomiques du sodium (Na = 23) et du chlore (Cl = 35,5). Soit $Na (mg) \times 0,00254 =$ quantité de NaCl (g). De ce fait, il n'était plus nécessaire de savoir si l'aliment avait été préparé par le sujet (avec du sel domestique de cuisson iodé) ou consommé cuisiné (avec du sel iodé dans la restauration) ou acheté tout prêt (préparé avec du sel alimentaire industriel iodé).

Etant donné que dans la réalité, ni les sujets au domicile, ni la restauration n'utilisent exclusivement du sel iodé pour la cuisson, cette méthode correspond à une évaluation maximaliste de l'exposition. L'absence d'information sur la provenance du produit énoncée plus haut, et de données sur l'utilisation du sel iodé pour la cuisson (au domicile, en restauration collective et hors foyer) ne permettaient pas de réaliser une étude plus fine. Il est important de noter que ce scénario est cependant possible, étant donné que le sel de cuisson iodé est déjà librement disponible actuellement sur le marché, et qu'il est donc tout à fait pertinent de se baser sur cette évaluation, dans une optique de protection du consommateur.

Cette maximisation de l'exposition est certainement en grande partie contrebalancée par le fait que si en théorie les tables de composition alimentaire du CIQUAL sont censées prendre en compte le sel de cuisson, ce n'est pas le cas en pratique pour un certain nombre d'aliments préparés.

III.2.2.3 Méthode de travail retenue

- ◆ La méthode retenue revient donc à considérer que la concentration en sodium (Na) d'un aliment dans la table de composition du CIQUAL convertie en son équivalent chlorure de sodium ($NaCl = Na \times 0,00254$) représente le sel naturellement présent dans le produit,

augmenté du sel de cuisson et du sel alimentaire industriel dans l'aliment tel que consommé, mais qu'elle ne prend pas en compte le sel de table, ajouté en plus par le sujet dans son assiette, selon les modalités décrites précédemment.

- ◆ La méthodologie adoptée revient donc à considérer comme également "enrichissable" en iode la fraction de sel naturellement présente dans les aliments, faute de savoir la différencier du sel de cuisson ou du sel d'origine industrielle, à partir des tables de composition. On a cependant exclu de l'enrichissement les groupes d'aliments consommés sans transformation industrielle (lait, eaux minérales naturelles et eaux de source, fruits) ou ne subissant pas de transformations industrielles susceptibles d'introduire du sel (boissons, huiles, sucres et dérivés) (Tableau 28). Les conditions d'un enrichissement ont par contre été appliquées à tous les autres groupes d'aliments.
- ◆ On ne prend pas en compte le fait que dans certains groupes d'aliments transformés, l'enrichissement en sel iodé est impossible pour une fraction d'entre eux (exemple : pain biologique, etc.). Si nous disposons de la proportion de produits industriels non enrichissables dans certains groupes d'aliments (exemples : pain, biscottes), cette information est loin d'être disponible pour tous les groupes d'aliments.

Tableau 28. Les groupes d'aliments retenus comme vecteurs potentiels de sel iodé dans l'enquête INCA

Groupes d'aliments enrichissables en sel iodé	Groupes d'aliments non enrichissables en sel iodé
Abats	Boissons alcoolisées
Autres céréales	Boissons chaudes
Autres graisses	BRSA sauf jus de légumes
Beurre	Café
Biscuits	Chocolat
Boissons de l'effort/substitut de repas	Compotes et fruits cuits
Céréales pour petit déjeuner	Eaux
Charcuterie	Fruits
Condiments et sauces	Fruits secs et graines oléagineuses non salées
Crustacés et mollusques	Huiles
Entrées	Lait
Entremets	Sucres et dérivés
Fromages	
Fruits secs et graines oléagineuses salées (pour l'apéritif)	
Glaces	
Jus de légumes (carotte, tomate)	
Légumes (hors pommes de terre)	
Légumes secs	
Margarine	
Œufs et dérivés	
Pain, biscottes	
Pâtes	
Pâtisserie	
Pizzas, quiches et pâtisseries salées	
Plats composés	
Poissons	
Pommes de terre et apparentés	
Riz et semoule	
Sandwiches, casse-croûte	
Soupes	
Ultra frais laitier	
Viandes	
Viennoiseries	
Volailles et gibiers	

III.2.3 Résultats des simulations d'enrichissement en iode de la totalité du sel alimentaire

Toutes les simulations ont été effectuées en prenant en compte une réduction de 19 % des concentrations en iode dans les produits laitiers telle que décrite au tableau 27.

Afin d'évaluer les conséquences de l'enrichissement en iode de la totalité du sel alimentaire sur la distribution des apports en iode, les 3 taux d'enrichissement ont d'abord été appliqués au seul sel d'ajout à usage individuel (salière), puis étendus au sel enrichissable (sel de cuisson, sel alimentaire industriel).

On dispose ainsi pour chacun des 3 taux d'enrichissement évalués, de deux modalités représentant au total 6 scénarios d'enrichissement en iode. Dans les tableaux de résultats, les colonnes 12,5, 17,5 et 20,0 correspondent aux résultats des simulations d'enrichissement en iode à 12,5, 17,5 et 20,0 µg/g de sel limitées au sel d'ajout à usage individuel (salière), et les colonnes 12,5A, 17,5A et 20,0A aux résultats des simulations d'enrichissement en iode à 12,5, 17,5 et 20,0 µg/g de sel de la totalité du sel enrichissable (sel d'ajout individuel, sel de cuisson, sel alimentaire industriel).

Pour chaque scénario d'enrichissement, les caractéristiques suivantes des apports alimentaires en iode ont été estimées séparément par sexe et pour chacun des groupes d'âge prédéfinis :

- les caractéristiques de la distribution des apports alimentaires en iode (µg/24 h) (médiane, 95^e percentile) (Tableau 29),
- la prévalence d'inadéquation des apports alimentaires en iode (µg/24 h) par rapport aux besoins (% de sujets dont les apports en iode sont inférieurs au BNM) (Tableau 30),
- la proportion de sujets dont les apports alimentaires en iode (µg/24 h) sont inférieurs au besoin physiologique de base (Tableau 30),
- la proportion de sujets dont les apports alimentaires en iode (µg/24 h) sont supérieurs à 250 µg/24 h (Tableau 31),
- la proportion de sujets dont les apports alimentaires en iode (µg/24 h) sont supérieurs aux limites supérieures de sécurité pour l'iode (Tableau 31),
- la contribution de chaque groupe d'aliments aux apports alimentaires en iode (µg/24 h) pour les enfants (Tableau 32) et pour les adultes (Tableaux 33-35).

Pour chaque scénario d'enrichissement en iode de la totalité du sel alimentaire, les contributions (%) les plus élevées aux apports en iode (≥ 5 %) d'aliments ou de familles d'aliments sont identifiées par des chiffres en gras et soulignés dans les tableaux 32-35.

Tableau 29. Distributions des apports en iode (moyenne ± E.T., médiane, 95^e percentile) dans chaque scénario de simulation d'enrichissement en iode du sel

Age (ans)	n	12,5			17,5			20			12,5A			17,5A			20A		
		moyenne ±ET	50 ^e	95 ^e															
Enfants																			
3	85	118,3±57,0	106,1	189,0	119,2±57,2	106,1	191,4	119,6±57,3	106,1	192,3	168,2±64,1	160,0	274,2	189,0±68,2	182,4	310,7	199,4±70,5	193,6	329,0
4-6	256	115,2±31,3	114,0	168,8	115,8±31,4	114,6	168,8	116,1±31,5	114,9	168,8	174,5±44,6	170,6	255,0	198,9±51,8	195,1	292,8	211,0±55,6	207,7	309,5
7-9	252	120,4±35,0	118,1	177,0	121,0±35,1	118,4	177,8	121,4±35,1	118,6	179,0	192,6±53,3	184,2	292,1	222,1±62,2	212,8	338,8	236,9±66,8	227,0	362,7
Hommes																			
10-14	216	132,1±47,2	122,2	215,4	132,7±47,3	122,4	215,4	133,1±47,3	122,7	215,6	221,2±76,3	210,4	357,7	257,5±89,8	246,7	416,5	275,6±96,8	262,1	448,9
15-19	71	132,6±41,2	130,1	207,7	133,3±41,4	130,1	207,7	133,7±41,4	130,1	207,7	220,0±58,7	219,2	308,4	255,7±68,1	255,2	367,5	273,6±73,0	272,2	400,5
20-34	160	146,5±44,8	139,2	219,0	147,1±44,9	139,4	220,8	147,5±45,0	140,0	221,7	257,7±66,9	255,1	384,2	302,8±79,1	300,9	453,7	325,4±85,5	319,8	486,6
35-44	146	137,2±41,0	133,4	222,2	137,7±40,8	134,3	222,2	137,9±40,7	134,8	222,2	252,7±63,9	248,3	367,1	299,4±75,6	294,5	438,4	322,7±81,8	317,6	476,7
45-59	142	144,6±52,5	133,8	245,4	145,3±52,6	135,5	245,4	145,6±52,7	136,1	245,4	263,8±73,6	246,7	384,5	312,1±86,8	294,4	476,3	336,2±93,9	316,9	516,8
60-69	91	138,1±44,6	137,0	221,8	138,9±44,6	137,9	222,8	139,2±44,7	138,8	222,8	254,5±70,9	254,0	368,4	301,7±84,7	303,4	443,5	325,3±92,0	324,3	485,7
≥ 70	62	124,6±41,7	119,1	210,9	125,2±41,8	119,6	213,3	125,5±41,9	119,6	214,5	229,9±62,9	221,9	357,2	272,8±73,7	263,0	402,8	294,2±79,3	285,3	430,8
Femmes																			
10-14	209	116,7±38,5	115,4	187,4	117,3±38,6	115,4	189,0	117,6±38,6	115,4	190,2	188,2±52,5	186,8	284,2	217,3±59,8	218,6	317,9	231,9±63,7	234,0	336,6
15-19	85	116,8±41,4	118,8	184,3	117,4±41,6	118,8	184,3	117,7±41,8	118,8	184,3	191,5±58,2	185,5	308,0	222,1±66,4	218,5	355,7	237,3±70,7	236,9	379,6
20-34	209	123,1±40,6	116,7	204,0	123,7±40,7	118,3	204,0	124,1±40,8	118,6	204,0	204,6±53,6	197,9	305,2	237,8±60,7	229,5	351,5	254,5±64,4	245,1	371,2
35-44	136	127,1±47,1	118,0	218,8	127,8±47,2	118,0	218,8	128,2±47,2	118,0	218,8	212,4±60,4	204,6	319,2	247,3±68,1	237,5	365,7	264,8±72,2	254,2	386,7
45-59	171	119,5±38,9	115,9	195,5	120,1±39,0	115,9	195,5	120,4±39,1	115,9	195,5	204,7±58,4	199,6	322,8	239,4±68,5	228,8	382,6	256,7±73,8	245,1	408,5
60-69	83	118,1±40,7	109,5	200,7	118,8±40,9	109,5	200,7	119,1±41,1	110,7	200,7	206,6±61,0	202,2	326,5	242,7±71,5	237,5	380,1	260,7±77,0	255,8	412,1
≥ 70	84	114,8±42,1	102,6	194,9	115,3±42,3	103,6	195,4	115,6±42,4	104,2	195,4	200,1±54,8	192,2	314,2	234,8±62,7	231,6	360,0	252,1±66,9	247,2	382,3

Tableau 30. Prévalence d'inadéquation des apports par rapport aux besoins et proportion de sujets dont les apports en iode sont inférieurs au besoin physiologique de base dans chaque scénario de simulation d'enrichissement en iode du sel

Age (ans)	n	prévalence d'inadéquation (%)						< besoin de base (%)					
		12,5	17,5	20,0	12,5A	17,5A	20,0A	12,5	17,5	20,0	12,5A	17,5A	20,0A
Enfants													
3	85	5,9	5,9	5,9	1,2	1,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4-6	256	3,5	3,5	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7-9	252	14,3	13,5	13,5	1,2	1,2	0,8	1,2	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0
Hommes													
10-14	216	31,9	31,0	30,6	1,9	0,9	0,9	2,3	2,3	2,3	0,0	0,0	0,0
15-19	71	26,8	26,8	26,8	2,8	0,0	0,0	8,5	8,5	8,5	0,0	0,0	0,0
20-34	160	19,4	19,4	18,8	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	2,5	0,0	0,0	0,0
35-44	146	27,4	27,4	25,3	0,0	0,0	0,0	4,1	4,1	4,1	0,0	0,0	0,0
45-59	142	23,2	23,2	22,5	0,0	0,0	0,0	4,9	3,5	3,5	0,0	0,0	0,0
60-69	91	23,1	22,0	20,9	0,0	0,0	0,0	9,9	8,8	8,8	0,0	0,0	0,0
≥ 70	62	35,5	35,5	35,5	0,0	0,0	0,0	11,3	11,3	11,3	0,0	0,0	0,0
Femmes													
10-14	209	39,7	39,2	38,8	6,2	1,9	1,9	7,2	7,2	7,2	0,0	0,0	0,0
15-19	85	36,5	34,1	34,1	7,1	3,5	2,4	18,8	18,8	18,8	2,4	2,4	1,2
20-34	209	39,7	39,7	39,7	0,5	0,0	0,0	11,0	10,0	10,0	0,0	0,0	0,0
35-44	136	33,1	33,1	31,6	0,0	0,0	0,0	8,8	8,8	8,1	0,0	0,0	0,0
45-59	171	42,1	42,1	42,1	0,6	0,0	0,0	12,9	12,9	12,9	0,0	0,0	0,0
60-69	83	45,8	44,6	44,6	0,0	0,0	0,0	14,5	14,5	14,5	0,0	0,0	0,0
≥ 70	84	56,0	54,8	53,6	1,2	1,2	0,0	19,0	19,0	19,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 31. Pourcentages de sujets dont les apports alimentaires en iode sont supérieurs à 250 µg/24 h ou dépassent les limites supérieures de sécurité (LSS) dans chaque scénario de simulation d'enrichissement en iode du sel

Age (ans)	n	≥ 250 µg/24 h (%)						≥ LSS (%)					
		12,5	17,5	20,0	12,5A	17,5A	20,0A	12,5	17,5	20,0	12,5A	17,5A	20,0A
Enfants													
3	85	3,5	3,5	3,5	7,1	9,4	14,1	3,5	3,5	3,5	18,8	28,2	40,0
4-6	256	0,0	0,0	0,0	5,9	13,7	19,5	0,0	0,0	0,0	5,9	13,7	19,5
7-9	252	0,4	0,4	0,4	13,5	25,0	33,3	0,4	0,4	0,4	3,6	11,5	15,1
Hommes													
10-14	216	0,9	0,9	0,9	30,6	46,8	55,6	0,0	0,0	0,0	1,4	3,7	4,6
15-19	71	0,0	0,0	0,0	31,0	54,9	62,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-34	160	1,9	1,9	1,9	52,5	72,5	79,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
35-44	146	2,1	2,1	2,1	48,6	71,9	81,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
45-59	142	4,2	4,2	4,2	47,2	73,2	83,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,8
60-69	91	1,1	1,1	1,1	52,7	74,7	78,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
≥ 70	62	0,0	0,0	0,0	32,3	59,7	72,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Femmes													
10-14	209	0,5	0,5	0,5	12,4	27,8	36,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
15-19	85	1,2	1,2	1,2	9,4	27,1	36,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-34	209	0,5	0,5	0,5	18,7	36,8	46,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35-44	136	1,5	1,5	1,5	19,9	41,9	52,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
45-59	171	0,0	0,0	0,0	20,5	39,2	46,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60-69	83	0,0	1,2	1,2	20,5	39,8	54,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
≥ 70	84	1,2	1,2	1,2	13,1	34,5	48,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 32. Contribution de chaque groupe d'aliments (%) aux apports totaux en iode chez les enfants et jeunes adolescents : scénarios 12,5A, 17,5A et 20,0A d'enrichissement en iode de la totalité du sel alimentaire

Groupes d'aliments	12,5A					17,5A					20,0A				
	3 ans	4-6 ans	7-9 ans	H 10-14	F 10-14	3 ans	4-6 ans	7-9 ans	H 10-14	F 10-14	3 ans	4-6 ans	7-9 ans	H 10-14	F 10-14
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Pain, biscottes	4,3	6,2	8,3	11,1	8,7	5,0	7,1	9,4	12,5	9,8	5,3	7,5	9,8	13,1	10,3
Plats composés	5,1	6,0	7,0	8,0	7,5	5,7	6,5	7,6	8,6	8,1	5,9	6,8	7,9	8,8	8,3
Lait	18,4	14,6	12,5	10,4	11,1	16,4	12,8	10,9	8,9	9,6	15,5	12,1	10,2	8,3	9,0
Charcuterie	5,6	5,7	6,2	6,4	7,1	6,6	6,6	7,1	7,2	7,9	7,0	7,0	7,4	7,5	8,2
Poissons	7,3	9,6	8,6	8,0	8,3	6,7	8,8	7,8	7,1	7,5	6,5	8,5	7,4	6,8	7,2
Fromages	4,9	4,9	5,0	5,1	5,5	5,2	5,2	5,2	5,2	5,7	5,3	5,3	5,2	5,3	5,8
Pizzas, quiches et pâtisseries salées	1,9	2,7	3,1	4,0	3,8	2,0	2,8	3,2	4,1	4,0	2,1	2,8	3,2	4,1	4,0
Viennoiseries	2,3	3,3	3,3	3,5	3,0	2,5	3,6	3,7	3,8	3,3	2,6	3,8	3,8	4,0	3,4
Ultra frais laitier	7,4	6,7	5,4	4,3	4,9	6,9	6,2	4,9	3,8	4,4	6,7	5,9	4,7	3,7	4,2
Pâtisserie	2,1	3,5	3,9	3,4	3,9	2,1	3,4	3,8	3,4	3,8	2,1	3,4	3,8	3,4	3,8
Biscuits	4,3	4,5	3,9	3,1	3,3	4,7	4,9	4,2	3,3	3,4	4,9	5,0	4,3	3,3	3,5
Céréales pour petit déjeuner	7,3	2,4	3,1	2,7	2,3	7,0	2,7	3,4	3,1	2,6	6,9	2,9	3,6	3,2	2,7
Entremets	5,6	4,5	4,1	3,7	3,7	5,1	4,1	3,7	3,3	3,3	4,9	3,9	3,5	3,1	3,1
Soupes	3,6	2,9	3,2	2,6	2,6	4,3	3,4	3,7	3,0	3,1	4,7	3,7	4,0	3,1	3,3
Œufs et dérivés	2,5	3,6	3,1	3,3	3,4	2,4	3,3	2,9	3,0	3,1	2,3	3,2	2,8	2,8	3,0
Sandwiches, casse-croûte	0,8	1,2	1,4	2,1	2,1	0,9	1,3	1,5	2,3	2,3	0,9	1,3	1,6	2,4	2,3
Pommes de terre et apparenté	1,7	1,8	1,9	2,1	2,1	1,8	1,9	1,9	2,1	2,1	1,8	1,9	1,9	2,1	2,1
Viandes	1,4	1,7	1,8	2,3	2,1	1,4	1,6	1,8	2,2	2,0	1,4	1,6	1,7	2,1	2,0
Crustacés et mollusques	0,8	1,2	1,3	2,0	1,5	0,8	1,1	1,2	1,8	1,4	0,8	1,1	1,2	1,7	1,3
Condiments et sauces	1,5	1,5	1,6	1,3	1,6	1,7	1,7	1,6	1,4	1,7	1,8	1,7	1,7	1,4	1,8
Eaux	1,9	2,1	2,0	1,7	2,1	1,7	1,8	1,7	1,5	1,8	1,6	1,7	1,6	1,4	1,7
Boissons chaudes	2,6	2,3	1,9	1,7	1,6	2,3	2,0	1,6	1,4	1,4	2,2	1,9	1,5	1,3	1,3
Légumes (hors pommes de terre)	1,0	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,2	1,1	1,3	1,3	1,3	1,2
Volailles et gibiers	0,8	0,9	1,1	1,2	1,2	0,8	0,9	1,1	1,1	1,2	0,8	0,9	1,1	1,1	1,2
Sel de table	1,3	0,8	0,8	0,7	0,8	1,6	1,0	1,0	0,8	0,9	1,7	1,1	1,1	0,9	1,0
BRSA	0,8	0,9	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5	0,6	0,6
Entrées	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7
Glaces	0,6	0,7	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5
Riz et semoule	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
Fruits	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Boissons de l'effort/substitut de repas	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Chocolat	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2
Légumes secs	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3
Pâtes	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Sucres et dérivés	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Beurre, huile, margarine	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Abats	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Café	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1

Tableau 33. Contribution de chaque groupe d'aliments (%) aux apports totaux en iode chez les adultes : scénario 12,5A d'enrichissement en iode de la totalité du sel alimentaire

Groupes d'aliments	Femmes						Hommes					
	15-19 ans (%)	20-34 ans (%)	35-44 ans (%)	45-59 ans (%)	60-69 ans (%)	> 70 ans (%)	15-19 ans (%)	20-34 ans (%)	35-44 ans (%)	45-59 ans (%)	60-69 ans (%)	> 70 ans (%)
Pain, biscottes	9,2	10,9	12,2	13,0	15,3	14,6	10,9	12,9	16,1	17,4	19,7	19,6
Charcuterie	7,6	7,6	9,1	8,2	7,3	5,9	5,5	10,4	8,3	11,9	7,7	7,6
Fromages	5,6	6,7	8,2	8,3	9,3	7,1	4,6	7,1	9,5	9,8	9,6	10,1
Poissons	9,2	7,8	7,7	8,7	10,3	10,9	7,0	6,2	7,5	8,2	9,3	9,4
Plats composés	8,4	7,1	7,2	5,3	4,7	4,6	7,6	7,4	9,1	5,9	5,2	4,5
Œufs et dérivés	3,9	3,4	4,0	5,4	5,3	3,9	5,0	4,0	4,0	5,5	4,5	5,1
Soupes	2,6	3,1	4,2	6,6	9,0	11,7	2,9	2,3	3,5	5,1	7,7	8,5
Lait	8,4	7,7	6,0	5,7	5,3	8,2	7,7	5,5	4,5	3,5	4,6	5,2
Crustacés et mollusques	2,1	3,3	2,9	2,8	2,0	4,0	2,1	1,8	2,6	3,3	2,9	3,4
Ultra frais laitier	5,5	5,4	5,4	5,5	6,4	5,9	4,7	4,6	3,0	2,9	2,9	3,2
Pâtisserie	3,6	3,4	2,9	3,7	2,6	2,9	2,8	2,4	2,5	2,6	3,4	2,3
Pizzas, quiches et pâtisseries salées	4,8	5,0	3,7	2,6	2,5	1,9	7,0	5,5	3,8	2,6	1,7	2,2
Viandes	2,1	1,7	2,0	2,1	1,7	1,6	2,4	2,1	2,2	2,1	1,9	1,9
Condiments et sauces	1,8	2,3	2,1	2,5	2,3	1,4	1,5	1,8	1,8	2,0	1,7	1,4
Entremets	4,0	3,0	2,9	1,9	1,3	2,6	3,9	4,0	2,8	1,7	2,0	1,7
Boissons alcoolisées	0,1	0,4	0,5	0,7	0,6	0,5	0,1	0,8	1,3	1,5	1,4	1,4
Pommes de terre et apparenté	1,9	1,5	1,2	1,3	1,2	1,2	2,3	1,7	1,4	1,4	1,2	1,5
Sandwiches, casse-croûte	1,6	2,3	1,8	1,0	0,4	0,2	3,5	4,7	2,3	1,4	0,5	0,2
Volailles et gibiers	0,9	1,2	1,2	1,4	1,1	1,1	1,4	1,2	1,2	1,3	1,3	0,8
Café	0,3	1,0	1,4	1,4	1,1	1,0	0,3	0,9	1,3	1,2	1,2	1,0
Eaux	2,1	2,2	2,1	1,7	1,5	1,1	2,4	2,1	1,5	1,2	1,2	1,5
Légumes (hors pommes de terre)	1,3	1,3	1,5	1,6	1,4	1,1	1,1	1,1	1,3	1,2	1,3	1,1
Biscuits	2,4	1,8	1,6	1,3	1,3	1,5	2,4	1,8	1,5	1,0	0,9	1,0
Viennoiseries	2,7	2,9	1,8	1,3	0,8	1,2	2,8	2,3	2,3	1,0	1,3	1,0
Entrées	0,9	0,9	1,1	0,6	0,6	0,3	0,4	0,7	0,9	0,6	0,7	0,5
Sel de table	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8	0,7	0,8	0,6	0,5	0,6	0,7	0,7
Boissons chaudes	1,1	1,3	0,8	0,9	0,9	0,6	1,9	0,8	0,6	0,4	0,6	0,4
Fruits	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	0,8
Glaces	0,6	0,6	0,3	0,5	0,2	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2
Légumes secs	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2
Riz et semoule	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,2
Pâtes	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Beurre, huile, margarine	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Abats	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Margarine	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
BRSA	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2	0,7	0,5	0,2	0,1	0,1	0,2
Céréales pour petit déjeuner	1,7	0,6	0,3	0,4	0,3	0,4	1,8	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1
Boissons de l'effort/substitut de repas	0,0	0,2	0,6	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 34. Contribution de chaque groupe d'aliments (%) aux apports totaux en iode chez les adultes : scénario 17,5A d'enrichissement en iode de la totalité du sel alimentaire

Groupes d'aliments	Femmes						Hommes					
	15-19 ans (%)	20-34 ans (%)	35-44 ans (%)	45-59 ans (%)	60-69 ans (%)	> 70 ans (%)	15-19 ans (%)	20-34 ans (%)	35-44 ans (%)	45-59 ans (%)	60-69 ans (%)	> 70 ans (%)
Pain, biscottes	10,4	12,2	13,8	14,5	17,0	16,3	12,2	14,3	17,8	19,3	21,7	21,7
Charcuterie	8,4	8,4	9,4	9,0	7,9	6,6	6,3	11,2	9,3	12,5	8,2	8,1
Fromages	5,8	6,8	8,4	8,4	9,3	7,2	4,7	7,2	9,6	10,0	9,6	10,2
Poissons	8,3	7,0	7,0	7,8	9,1	9,6	6,2	5,5	6,6	7,2	8,2	8,3
Plats composés	9,1	7,6	7,8	5,7	5,0	4,9	8,1	7,9	9,5	6,3	5,6	4,9
Soupes	3,0	3,6	4,9	7,7	10,5	13,6	3,4	2,7	4,0	5,8	8,9	9,8
Œufs et dérivés	3,5	3,1	3,6	4,9	4,7	3,5	4,5	3,5	3,5	4,9	4,0	4,6
Crustacés et mollusques	1,9	3,1	2,7	2,6	1,9	3,6	1,9	1,6	2,4	2,9	2,6	3,1
Lait	7,2	6,6	5,1	4,8	4,5	7,0	6,6	4,7	3,8	2,9	3,9	4,4
Pizzas, quiches et pâtisseries salées	5,0	5,1	3,7	2,7	2,4	1,9	7,2	5,6	3,8	2,6	1,7	2,1
Ultra frais laitier	5,0	4,9	4,9	4,9	5,7	5,2	4,2	4,1	2,7	2,6	2,6	2,8
Pâtisserie	3,5	3,3	2,9	3,7	2,6	2,8	2,7	2,4	2,5	2,5	3,3	2,3
Condiments et sauces	2,0	2,5	2,2	2,6	2,4	1,4	1,6	1,9	1,9	2,0	1,8	1,4
Viandes	2,0	1,7	1,9	2,0	1,6	1,5	2,3	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8
Sandwiches, casse-croûte	1,7	2,5	2,0	1,1	0,4	0,2	3,8	5,1	2,5	1,6	0,5	0,2
Entremets	3,6	2,7	2,6	1,7	1,1	2,3	3,5	3,5	2,4	1,5	1,8	1,5
Pommes de terre et apparentés	1,8	1,5	1,1	1,3	1,2	1,2	2,2	1,7	1,4	1,4	1,1	1,4
Boissons alcoolisées	0,1	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,1	0,7	1,1	1,3	1,1	1,2
Volailles et gibiers	0,9	1,2	1,2	1,3	1,1	1,1	1,4	1,2	1,2	1,3	1,2	0,8
Légumes (hors pommes de terre)	1,4	1,4	1,7	1,7	1,5	1,1	1,2	1,1	1,4	1,2	1,4	1,2
Biscuits	2,5	1,9	1,7	1,3	1,4	1,5	2,5	1,8	1,5	1,1	0,9	1,0
Viennoiseries	2,9	3,2	2,0	1,4	0,8	1,3	3,1	2,5	2,5	1,1	1,4	1,1
Café	0,3	0,9	1,2	1,2	0,9	0,8	0,2	0,8	1,1	1,0	1,1	0,8
Eaux	1,8	1,9	1,8	1,4	1,3	0,9	2,0	1,8	1,3	1,0	1,0	1,2
Entrées	1,0	0,9	1,2	0,6	0,6	0,3	0,4	0,7	1,0	0,7	0,7	0,5
Sel de table	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,9	1,0	0,7	0,6	0,7	0,9	0,8
Légumes secs	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2
Boissons chaudes	1,0	1,1	0,7	0,8	0,8	0,5	1,6	0,7	0,5	0,3	0,5	0,3
Fruits	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,7
Glaces	0,6	0,5	0,3	0,4	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Riz et semoule	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2
Céréales pour petit déjeuner	2,0	0,7	0,4	0,4	0,3	0,4	2,0	0,4	0,2	0,2	0,3	0,1
Beurre, huile, margarine	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Abats	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
BRSA	0,5	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,6	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1
Chocolat	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Pâtes	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Sucres et dérivés	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tableau 35. Contribution de chaque groupe d'aliments (%) aux apports totaux en iode chez les adultes : scénario 20,0A d'enrichissement en iode de la totalité du sel alimentaire

Groupes d'aliments	Femmes						Hommes					
	15-19 ans (%)	20-34 ans (%)	35-44 ans (%)	45-59 ans (%)	60-69 ans (%)	> 70 ans (%)	15-19 ans (%)	20-34 ans (%)	35-44 ans (%)	45-59 ans (%)	60-69 ans (%)	> 70 ans (%)
Pain, biscottes	10,9	12,8	14,4	15,1	<u>17,7</u>	16,9	12,8	14,9	18,4	20,0	<u>22,5</u>	22,4
Charcuterie	8,7	8,8	<u>9,6</u>	9,3	8,2	6,8	6,6	11,5	9,7	<u>12,7</u>	8,4	8,3
Fromages	5,8	6,9	8,5	8,5	<u>9,3</u>	7,3	4,7	7,3	9,6	10,0	9,5	<u>10,3</u>
Poissons	8,0	6,7	6,7	7,4	8,6	<u>9,1</u>	6,0	5,2	6,3	6,9	<u>7,8</u>	<u>7,8</u>
Plats composés	<u>9,4</u>	7,8	8,0	5,8	5,2	5,0	8,3	8,1	<u>9,7</u>	6,4	5,7	5,1
Soupes	3,2	3,8	5,2	8,1	11,0	<u>14,4</u>	3,6	2,8	4,2	6,1	9,4	<u>10,3</u>
Œufs et dérivés	3,4	3,0	3,4	4,7	4,5	3,3	4,4	3,4	3,3	4,7	3,8	4,3
Crustacés et mollusques	1,8	3,0	2,6	2,5	1,8	3,5	1,9	1,6	2,3	2,8	2,5	3,0
Lait	<u>6,7</u>	6,2	4,8	4,5	4,2	6,5	<u>6,2</u>	4,4	3,5	2,7	3,6	4,1
Pizzas, quiches et pâtisseries salées	5,0	<u>5,1</u>	3,7	2,7	2,4	1,9	<u>7,3</u>	5,6	3,8	2,6	1,7	2,1
Pâtisserie	3,5	3,3	2,9	3,6	2,6	2,8	2,7	2,4	2,4	2,5	3,3	2,3
Ultra frais laitier	4,8	4,7	4,6	4,7	<u>5,4</u>	5,0	4,0	3,9	2,5	2,4	2,5	2,7
Condiments et sauces	2,0	2,5	2,3	2,7	2,4	1,4	1,6	2,0	1,9	2,1	1,8	1,4
Viandes	2,0	1,7	1,9	1,9	1,6	1,5	2,3	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7
Sandwiches, casse-croûte	1,8	2,6	2,0	1,1	0,5	0,2	3,9	5,3	2,5	1,6	0,5	0,2
Entremets	3,4	2,5	2,4	1,6	1,1	2,2	3,3	3,2	2,3	1,4	1,7	1,4
Légumes (hors pommes de terre)	1,5	1,4	1,7	1,8	1,5	1,2	1,3	1,2	1,4	1,3	1,4	1,2
Pommes de terre et apparentés	1,8	1,5	1,1	1,3	1,1	1,2	2,2	1,6	1,3	1,3	1,1	1,4
Volailles et gibiers	0,9	1,2	1,2	1,3	1,1	1,1	1,4	1,2	1,1	1,3	1,2	0,8
Boissons alcoolisées	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,1	0,6	1,0	1,2	1,1	1,1
Biscuits	2,6	1,9	1,7	1,4	1,4	1,5	2,5	1,8	1,5	1,1	0,9	1,0
Viennoiseries	3,0	3,3	2,1	1,4	0,8	1,3	3,2	2,6	2,5	1,1	1,4	1,1
Eaux	1,7	1,8	1,7	1,3	1,2	0,9	1,9	1,7	1,2	1,0	0,9	1,1
Café	0,2	0,8	1,1	1,1	0,9	0,8	0,2	0,8	1,0	0,9	1,0	0,8
Sel de table	1,0	1,0	1,1	0,9	1,1	0,9	1,1	0,8	0,6	0,7	0,9	0,9
Entrées	1,0	1,0	1,2	0,7	0,7	0,3	0,4	0,7	1,0	0,7	0,7	0,5
Légumes secs	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2
Boissons chaudes	0,9	1,0	0,6	0,7	0,7	0,5	1,5	0,6	0,4	0,3	0,5	0,3
Fruits	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,7
Riz et semoule	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2
Glaces	0,5	0,5	0,3	0,4	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Céréales pour petit déjeuner	2,0	0,7	0,4	0,5	0,3	0,4	2,0	0,4	0,2	0,2	0,3	0,1
Beurre, huile, margarine	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Abats	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
BRSA	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1
Chocolat	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Pâtes	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

III.2.4 Validité

Aux limites spécifiques à ces simulations d'enrichissement de la totalité du sel alimentaire abordées au début de ce chapitre, s'ajoutent plusieurs problèmes généraux également pertinents pour le chapitre 10 :

- ◆ l'ajout de sel de table (salière) a été calculé à partir de fréquences et de quantités de sel ajoutées recueillies dans un échantillon d'adultes volontaires de l'étude SU.VI.MAX attentifs aux risques liés à leur alimentation, et n'est donc pas totalement représentatif des modes d'utilisation de la salière dans la population générale, notamment dans celle des enfants ; compte tenu des hypothèses de consommation, leurs corrections seraient cependant insignifiantes en termes de quantités absolues d'iode,
- ◆ Les apports en iode sont potentiellement surestimés :
 - les concentrations en iode utilisées dans les tables de composition concernent le plus souvent les produits crus et ne prennent pas en compte les pertes liées aux modes de préparation des aliments. Ce risque de surestimation déjà mentionné concerne principalement les poissons et préparations à base de poissons, une surestimation de 20 à 30 % de la contribution du groupe d'aliments poissons et crustacés à l'apport total d'iode est probable,
 - les concentrations du sel iodé domestique (12,5, 17,5 et 20,0 µg/g) utilisées dans les simulations correspondent probablement à des valeurs optimales supérieures aux concentrations moyennes du sel iodé consommé dans les conditions habituelles d'usage par les ménages du fait des pertes liées aux conditions de stockage.

Le problème majeur, d'un point de vue méthodologique, tient en l'absence d'une validation de la table de composition des aliments en iode par une mesure conjointe des apports alimentaires et de l'excrétion d'iode dans un échantillon de volontaires.

Si par certains aspects l'évaluation réalisée dans ce chapitre est maximaliste, elle minimise les apports par plusieurs autres aspects. Malgré ces incertitudes, **les dépassements des limites supérieures de sécurité sont très nettement au dessus de 5 % chez les enfants de 3 ans.**

Les principaux aliments vecteurs d'iode qui ressortent dans les scénarios avec enrichissement en iode de la totalité du sel alimentaire (notamment : charcuterie, plats composés, pizzas, quiches, pâtisseries salées, sandwiches) correspondent bien à des produits transformés contenant du sel alimentaire industriel. Cela conforte l'idée que ce sont bien des produits transformés qui ont été enrichis dans les simulations précédentes, et que les effets observés dans les différents scénarios ne résultent pas (ou peu) d'une maximisation par l'enrichissement du sel de cuisson ou du sel naturellement présent dans les aliments.

III.2.5 Conclusions

- ◆ **Augmentation du taux d'enrichissement en iode du sel de table (salière)**
Une augmentation du taux d'enrichissement en iode limitée au sel d'ajout volontaire (salière) a peu d'effets sur la distribution des apports en iode au niveau de la population (Tableau 29). Ces chiffres confirment que le sel d'ajout volontaire (salière) comme vecteur de sel iodé n'a qu'un impact marginal sur la correction de la déficience en iode dans la population vivant en France et que l'augmentation du taux d'enrichissement actuel de 10-15 µg/g à 15-20 µg/g de sel proposée par l'Afssa (Afssa, avis 31 juillet 2002) n'aura que peu d'effets sur les apports moyens en iode.
- ◆ **Enrichissement en iode du sel alimentaire industriel**
 - l'utilisation en plus du sel d'ajout volontaire (salière), de sel iodé dans la préparation des produits alimentaires industriels se traduit par des augmentations importantes des apports moyens en iode qui dépassent les ANC chez tous les enfants et chez les adultes normoévaluants hommes et femmes,
 - **l'utilisation en plus du sel d'ajout volontaire (salière), de sel iodé dans la préparation des produits alimentaires industriels conduit à des extrêmes**

d'apports alimentaires en iode dépassant les limites supérieures de sécurité, notamment chez les enfants, ceux de 3 ans en particulier, qui atteignent des niveaux inacceptables, et ce dès un enrichissement à 12,5 mg/g de sel des produits alimentaires transformés,

- sans enrichissement en iode, hors sel de table (salière), les principaux vecteurs d'iode sont globalement les produits laitiers, les poissons et les œufs et dérivés. **L'utilisation de sel iodé dans les produits alimentaires industriels contribue à faire apparaître comme des vecteurs principaux d'iode, des aliments (ou des familles d'aliments) dont on ne souhaite pas promouvoir (voire dont on souhaite limiter) la consommation dans le cadre notamment du Programme National Nutrition Santé (aliments riches en lipides et/ou en sel).**

Le groupe de travail a donc considéré que tout enrichissement généralisé du sel alimentaire en iode irait à l'encontre de plusieurs critères énoncés dans le "Cahier des charges pour le choix d'un couple nutriment-aliment vecteur" de l'Afssa, et serait potentiellement préjudiciable à la population.

III.2.6 Références

Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) - Cahier des charges pour le choix d'un couple nutriment-aliment vecteur. Paris, 2004, 80 p.

Mennen L., Lafay L., Valeix P., Galan P., Volatier J.L., Castetbon K., Hercberg S. - Etude de validation de l'estimation des ajouts en sel (NaCl) pour l'enquête INCA2. Journées Scientifiques de l'InVS, 2001 Paris.

WHO/UNICEF/ICCIDD - Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. A guide for programme managers. WHO/NHD/01.1, WHO, 2001, Geneva, 107 p.

III.3 Simulation d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries

III.3.1 Choix de l'aliment vecteur

Etant donnée la diversité des contraintes précédemment énoncées dans le chapitre 8 (culturelles, nutritionnelles, etc.), et les caractéristiques des groupes "à risque" / "non à risque", une solution répondant parfaitement à l'ensemble des critères n'a pu être trouvée pour l'iode. En effet, de nombreux aliments parmi les plus consommés dans l'enquête INCA ne peuvent être aisément enrichis en iode, soit pour des raisons technologiques comme le beurre, la margarine, les huiles, l'eau, les légumes, les viandes, les pommes de terre, soit parce qu'ils appartiennent à des familles d'aliments dont on ne souhaite pas favoriser la consommation pour des raisons d'équilibre nutritionnel (charcuterie, fromages, sucres). Un compromis a donc été établi :

- ◆ **le groupe de travail a opté pour des aliments largement consommés par tous : les produits de panification.** Dans la hiérarchie des aliments les plus consommés dans l'enquête INCA, le groupe pain, biscottes a un taux de consommation hebdomadaire de 98 % chez les adultes normoévaluants et de 97 % chez les enfants. Les consommations moyennes des aliments du groupe pain et biscottes sont respectivement de 61,5 g/24 h chez l'enfant entre 3 et 14 ans et de 122,6 g/24 h chez les adultes. Les enfants consomment proportionnellement moins de pain et de biscottes que les adultes. En effet, entre 3 et 14 ans, les quantités de pain et de biscottes consommées par les enfants rapportées à la ration journalière (g/24 h) ou à l'énergie (g/1000 kcal) sont inférieures respectivement de 35 et 42 % aux consommations des adultes. **Le choix du groupe pain, biscottes paraît donc pertinent car il permet de concilier une moindre consommation chez les moins exposés à une forte consommation chez les groupes à risque.**

- ◆ Les produits de viennoiserie (croissant, brioche et petits pains variés) moins hydratés, souvent sucrés, ont une teneur lipidique variable mais assez forte pouvant atteindre 25 %, ils constituent donc des compléments énergétiques sources éventuelles de déséquilibres alimentaires. Cependant, les proportions habituelles des composants essentiels, farine, eau, sel et levure étant communes avec le pain, **il paraît impossible pour les professionnels, artisans ou industriels, de dissocier, au stade de la préparation, le pain des viennoiseries. Le groupe de travail a donc considéré que toute proposition d'enrichissement en iode du pain devait être évaluée en incluant les produits de viennoiserie.**
- ◆ le jambon cuit n'a pas été retenu comme aliment vecteur pour deux raisons :
 - malgré ses qualités nutritionnelles et un enrichissement potentiellement faisable (via le sel industriel de cuisson), le jambon cuit n'a pas été retenu, car il était plus fréquemment consommé par les populations non à risque d'insuffisance d'apports (enfants) que par les groupes cibles.
 - il n'est pas envisageable que certaines populations soient exclues de cette mesure de santé publique en raison de contraintes culturelles.
- ◆ l'efficacité des œufs enrichis en iode comme aliment vecteur est réduite du fait des faibles quantités journalières consommées et des fréquences de consommation trop basses.

III.3.2 Les consommations de pain, biscottes et viennoiseries

Les consommations de pain augmentent avec l'âge, la quantité moyenne consommée par les hommes dépasse de plus de 50 % celle des femmes. Les biscottes sont plus consommées par les femmes que par les hommes, et en plus grandes quantités au delà de 60 ans. Les viennoiseries sont plus consommées par les adolescents et les jeunes adultes (Tableau 36).

Tableau 36. Consommations journalières du pain, des biscottes et des viennoiseries (g/24 h) (moyenne, écart-type [E.T.], médiane, 5^e et 95^e percentiles) dans la population INCA

Age (ans)	n	pain (g/24 h)				biscottes (g/24 h)				viennoiseries (g/24 h)				
		moyenne ±E.T.	5 ^e	50 ^e	95 ^e	moyenne ±E.T.	5 ^e	50 ^e	95 ^e	moyenne ±E.T.	5 ^e	50 ^e	95 ^e	
Enfants														
3	85	30,1 ±29,1	0,0	20,7	79,4	1,8 ±4,0	0,0	0,0	8,0	14,4 ±21,4	0,0	4,3	57,1	
4-6	256	46,1 ±48,1	0,0	37,1	108,6	1,6 ±4,1	0,0	0,0	9,9	22,2 ±28,5	0,0	14,3	80,7	
7-9	252	66,8 ±65,5	3,6	53,0	162,7	2,5 ±7,1	0,0	0,0	17,1	25,0 ±35,4	0,0	15,7	80,0	
Hommes														
10-14	216	104,0 ±91,9	13,9	80,3	274,3	1,8 ±7,4	0,0	0,0	10,3	31,5 ±56,6	0,0	10,4	124,3	
15-19	71	107,0 ±90,4	0,0	88,5	283,1	2,3 ±7,5	0,0	0,0	24,6	26,6 ±42,5	0,0	7,9	107,1	
20-34	160	148,0 ±90,8	28,6	137,1	309,0	2,5 ±14,6	0,0	0,0	8,6	24,5 ±37,1	0,0	7,9	100,0	
35-44	146	167,1 ±104,3	34,6	163,9	371,8	3,6 ±13,3	0,0	0,0	21,4	21,9 ±48,2	0,0	0,0	86,4	
45-59	142	182,0 ±120,4	60,0	164,7	352,9	5,3 ±19,2	0,0	0,0	27,4	11,2 ±26,5	0,0	0,0	63,6	
60-69	91	192,3 ±123,5	29,7	164,3	453,6	3,3 ±10,2	0,0	0,0	28,6	13,4 ±33,1	0,0	0,0	92,9	
≥ 70	62	174,2 ±92,2	26,3	177,1	362,9	7,5 ±21,8	0,0	0,0	59,4	10,2 ±27,6	0,0	0,0	50,0	
Femmes														
10-14	209	70,8 ±58,8	4,3	55,3	176,7	2,4 ±6,9	0,0	0,0	14,3	22,6 ±24,0	0,0	15,7	73,6	
15-19	85	73,9 ±61,5	7,1	60,7	202,5	2,9 ±8,0	0,0	0,0	14,9	20,1 ±29,8	0,0	7,9	101,4	
20-34	209	95,7 ±67,1	8,7	88,7	208,0	5,3 ±14,8	0,0	0,0	25,7	24,2 ±38,0	0,0	10,0	85,7	
35-44	136	107,9 ±65,4	15,7	91,4	236,2	3,4 ±11,5	0,0	0,0	16,0	16,8 ±29,0	0,0	4,4	75,7	
45-59	171	103,5 ±65,1	12,9	90,0	214,7	3,5 ±7,8	0,0	0,0	21,4	10,9 ±26,2	0,0	0,0	57,1	
60-69	83	122,6 ±79,8	30,7	111,8	233,6	7,5 ±15,5	0,0	0,0	36,6	6,7 ±12,6	0,0	0,0	37,9	
≥ 70	84	114,4 ±99,7	13,7	95,0	242,9	5,1 ±11,3	0,0	0,0	28,6	9,8 ±23,5	0,0	0,0	60,0	

III.3.3 Objectifs des simulations d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries

L'objectif est d'évaluer l'impact de simulations d'enrichissements en iode à taux croissants, du pain, des biscottes et des viennoiseries sur les apports en iode de la population INCA et d'en mesurer les bénéfices en termes de couverture des besoins en iode, notamment dans les groupes les plus exposés à une insuffisance d'apport, ainsi que d'évaluer les risques de dépassement des limites supérieures de sécurité.

III.3.3.1 Méthodes

La première étape a consisté à déterminer les items INCA appartenant aux groupes "pains, biscottes" et "viennoiserie" susceptibles d'être enrichis, puis leurs contributions respectives dans la composition d'aliments, d'après une base de recettes établie par l'OCA (Observatoire des Consommations Alimentaires) (Tableau 37).

Tableau 37. Proportion potentiellement enrichissable des aliments appartenant aux groupes "Pains, biscottes" et "Viennoiserie"

Aliments INCA			
	%		%
<i>Pain, biscottes</i>		<i>Sandwiches, casse-croûte</i>	
Pain baguette	100	Sandwich baguette (sans autre précision)	55
Pain complet	100	Sandwich crudités	52
Pain de campagne	100	Sandwich crudités dinde	52
Pain de mie	100	Sandwich crudités "grec"	47
Pain de seigle	100	Sandwich crudités jambon	54
Pain de seigle et froment	100	Sandwich crudités œuf	52
Pain grillé domestique	100	Sandwich crudités porc	52
Pain sans sel	100	Sandwich crudités poulet	64
Pain type "Poilâne"	100	Sandwich crudités thon	55
Biscottes (sans spécification)	100	Sandwich fromage	60
		Sandwich jambon	55
<i>Viennoiseries</i>		Sandwich jambon beurre	60
Brioche	100	Sandwich jambon fromage	50
Pain au lait	100	Sandwich kebab	50
Pain aux raisins	100	Sandwich merguez	55
Pain au chocolat	100	Sandwich pain complet	55
Croissant	100	Sandwich pain de mie (sans autre précision)	50
Croissant aux amandes	100	Sandwich pâté	55
Croissant au beurre	100	Sandwich salami	55
		Sandwich (sans autre précision)	60
<i>Entremets</i>		Sandwich saucisson	60
Pain perdu	31	Sandwich saumon	72
		Pan bagna	45
<i>Plats composés</i>		Cheese burger	40
Croque-madame (œuf)	40	Cheese burger double	30
Croque-monsieur	55	Hamburger	40
		Hot dog à la moutarde	55
		Toasts salés	50

Cinq taux d'enrichissement : 10, 20, 30, 40, et 50 µg d'iode ajoutés par 100 g de pain, de biscottes et de viennoiseries ont été utilisés dans les simulations. Chaque taux d'enrichissement a été successivement appliqué à la totalité de la fraction du pain, des biscottes et des viennoiseries susceptible d'être enrichie, ou aux 2/3 de cette fraction, dans l'hypothèse d'une moindre implication des professionnels (paludiers et/ou boulangers). Les pourcentages enrichissables sont de 86 % pour le pain, 95 % pour les biscottes, et 100 % pour les viennoiseries selon les indications fournies par les professionnels (G. Brochoire, INBP). Dans l'hypothèse d'une participation de 2/3 des

professionnels, les proportions enrichissables calculées sont de 57 % pour le pain, 63 % pour les biscottes et 97 % pour les viennoiseries. Les pourcentages de produits non enrichissables totalisent des productions artisanales comme les pains au levain ou de tradition, les pains biologiques et les produits importés (5 % pour le pain et les biscottes).

Les artisans et industriels concernés sont *a priori* favorables à ces propositions d'enrichissement en iode qui leur permettraient d'associer un bénéfice nutritionnel supplémentaire à leurs produits. On ne peut cependant exclure un manque d'adhésion de la part de certains professionnels.

Pour prendre en compte le fait que seule une fraction du pain, des biscottes et des viennoiseries est enrichie, on procède de la manière suivante : pour le pain, par exemple, lorsque l'on modélise le scénario où 86 % du pain est enrichi, on tire au sort aléatoirement x sujets, qui recevront uniquement du pain enrichi, et dont la somme des consommations de pain représente 86 % de la quantité totale de pain consommée dans INCA. Les autres sujets recevront uniquement du pain non enrichi. Cette méthode permet de maximiser le risque de dépassement des limites supérieures de sécurité, tout en étant la plus plausible, étant données les habitudes de consommation et d'achat de ce type de produit : on fait l'hypothèse qu'un sujet aura tendance à acheter le plus souvent son pain au même endroit. Les trois tirages au sort, du pain, des biscottes et des viennoiseries sont par contre indépendants, un sujet peut par exemple consommer du pain enrichi et des biscottes non enrichies.

III.3.3.2 Les scénarios d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries

Toutes les simulations d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries dans l'enquête INCA ont été évaluées en prenant comme condition initiale une diminution de 19 % des concentrations en iode dans les produits laitiers.

Les apports de base en iode avant simulation (scénario 0) correspondent aux apports en iode dans la population INCA, après réduction de 19 % de l'iode dans les produits laitiers, et utilisation du sel domestique (salière) enrichi à 17,5 µg/g de sel, selon les conditions de l'enquête de validation INCA-SU.VI.MAX précédemment décrite (Tableau 38). Le taux d'enrichissement à 17,5 µg/g de sel domestique correspond au dernier avis de l'AFSSA sur l'autorisation d'enrichissement du sel iodé (AFSSA 31 juillet 2002).

Les simulations ne prennent pas en compte dans le calcul des apports en iode, la fraction résiduelle d'iode présente après cuisson dans les aliments ayant été salés avec du sel de cuisson iodé, du fait des conditions de recueil de l'information dans l'enquête INCA et de l'absence de données dans la littérature sur les conditions d'utilisation (fréquences et quantités) du sel de cuisson. Ceci tend à sous-estimer légèrement les apports en iode.

On dispose donc en plus du scénario de base (scénario 0), de 10 scénarios d'enrichissement :

- Scénario 0 : **pas d'enrichissement du pain, des biscottes et des viennoiseries** (Tableau 38),
- scénario 1 : enrichissement à **10 µg d'iode par 100 g, de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries** (Tableau 39),
- scénario 2 : enrichissement à **20 µg d'iode par 100 g, de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries** (Tableau 40),
- scénario 3 : enrichissement à **30 µg d'iode par 100 g, de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries** (Tableau 41),
- scénario 4 : enrichissement à **40 µg d'iode par 100 g, de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries** (Tableau 42),
- scénario 5 : enrichissement à **50 µg d'iode par 100 g, de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries** (Tableau 43),

- scénario 6 : enrichissement à **10 µg d'iode par 100 g, de 57 % du pain, 63 % des biscottes et 67 % des viennoiseries** (Tableau 44),
- scénario 7 : enrichissement à **20 µg d'iode par 100 g, de 57 % du pain, 63 % des biscottes et 67 % des viennoiseries** (Tableau 45),
- scénario 8 : enrichissement à **30 µg d'iode par 100 g, de 57 % du pain, 63 % des biscottes et 67 % des viennoiseries** (Tableau 46),
- scénario 9 : enrichissement à **40 µg d'iode par 100 g, de 57 % du pain, 63 % des biscottes et 67 % des viennoiseries** (Tableau 47),
- scénario 10 : enrichissement à **50 µg d'iode par 100 g, de 57 % du pain, 63 % des biscottes et 67 % des viennoiseries** (Tableau 48).

Les résultats de chaque scénario d'enrichissement sont présentés séparément par sexe et selon les groupes d'âge prédéfinis (Tableaux 38-48). Ils comprennent :

- les caractéristiques des distributions des apports alimentaires en iode (moyenne, écart-type, médiane, 5^e et 95^e percentiles),
- la prévalence d'inadéquation des apports alimentaires en iode par rapport aux besoins,
- le pourcentage de sujets dont les apports alimentaires en iode sont inférieurs aux besoins de base en iode,
- le pourcentage de sujets dont les apports alimentaires en iode sont supérieurs à 250 µg/24 h,
- le pourcentage de sujets dont les apports alimentaires en iode dépassent les limites supérieures de sécurité pour l'iode (LSS).

Du fait des fluctuations d'échantillonnage et de tirage au sort ainsi que des effectifs relativement restreints, les résultats fournis doivent surtout être considérés comme des ordres de grandeur.

Tableau 38. Scénario 0 de base : pas d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries

Age (ans)	n	I (µg/24 h)					Inadéquation(%)	< besoin basal (%)	> 250 µg/24 h (%)	> LSS (%)
		moyenne	E.T.	5 ^e	médiane	95 ^e				
Enfants										
3	85	119,2	57,2	53,2	106,1	191,4	5,9	0,0	3,5	3,5
4-6	256	115,8	31,4	66,8	114,6	168,8	3,5	0,0	0,0	0,0
7-9	252	121,0	35,1	69,9	118,4	177,8	13,5	0,8	0,4	0,4
Hommes										
10-14	216	132,7	47,3	72,9	122,4	215,4	31,0	2,3	0,9	0,0
15-19	71	133,3	41,4	69,2	130,1	207,7	26,8	8,5	0,0	0,0
20-34	160	147,1	44,9	91,9	139,4	220,8	19,4	2,5	1,9	0,0
35-44	146	137,7	40,8	84,2	134,3	222,2	27,4	4,1	2,1	0,0
45-59	142	145,3	52,6	81,8	135,5	245,4	23,2	3,5	4,2	0,0
60-69	91	138,9	44,6	73,2	137,9	222,8	22,0	8,8	1,1	0,0
> 70	62	125,2	41,8	70,9	119,6	213,3	35,5	11,3	0,0	0,0
Femmes										
10-14	209	117,3	38,6	54,6	115,4	189,0	39,2	7,2	0,5	0,0
15-19	85	117,4	41,6	57,2	118,8	184,3	34,1	18,8	1,2	0,0
20-34	209	123,7	40,7	68,7	118,3	204,0	39,7	10,0	0,5	0,0
35-44	136	127,8	47,2	70,6	118,0	218,8	33,1	8,8	1,5	0,0
45-59	171	120,1	39,0	66,3	115,9	195,5	42,1	12,9	0,0	0,0
60-69	83	118,8	40,9	61,0	109,5	200,7	44,6	14,5	1,2	0,0
> 70	84	115,3	42,3	65,7	103,6	195,4	54,8	19,0	1,2	0,0

Tableau 39. Scénario 1 : taux d'enrichissement en iode à 10 µg/100 g, de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries

Age (ans)	n	I (µg/24 h)					Inadéquation(%)	< besoin basal (%)	> 250 µg/24 h (%)	> LSS (%)
		moyenne	E.T.	5 ^e	médiane	95 ^e				
Enfants										
3	85	123,4	57,5	55,9	113,7	191,9	5,9	0,0	3,5	3,5
4-6	256	122,2	32,5	73,3	120,9	176,6	2,3	0,0	0,0	0,0
7-9	252	129,1	37,0	74,2	126,0	192,7	9,9	0,8	0,4	0,4
Hommes										
10-14	216	145,1	52,7	78,1	135,6	244,9	23,6	1,4	3,2	0,0
15-19	71	145,5	43,2	80,9	139,1	215,0	18,3	4,2	0,0	0,0
20-34	160	162,5	46,8	95,8	155,2	235,8	12,5	0,6	2,5	0,0
35-44	146	154,6	45,2	93,1	152,6	244,5	13,7	2,1	4,1	0,0
45-59	142	162,7	55,6	94,1	150,3	268,2	14,1	1,4	7,7	0,0
60-69	91	157,9	49,8	76,9	154,0	246,6	15,4	5,5	3,3	0,0
> 70	62	140,7	43,8	84,2	133,0	238,7	22,6	3,2	3,2	0,0
Femmes										
10-14	209	125,9	40,5	61,6	124,3	197,5	33,5	4,8	0,5	0,0
15-19	85	125,5	43,3	60,2	121,6	199,6	28,2	15,3	1,2	0,0
20-34	209	135,5	41,8	78,6	130,3	221,7	25,4	6,2	1,4	0,0
35-44	136	139,2	47,1	81,0	130,7	237,7	17,6	3,7	2,9	0,0
45-59	171	130,3	40,3	74,8	125,8	206,8	32,7	7,6	0,6	0,0
60-69	83	130,8	44,2	72,9	122,4	222,2	28,9	10,8	2,4	0,0
> 70	84	126,2	44,9	65,7	116,3	207,4	38,1	9,5	2,4	0,0

Tableau 40. Scénario 2 : taux d'enrichissement en iode à 20 µg/100 g, de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries

Age (ans)	n	I (µg/24 h)					Inadéquation(%)	< besoin basal (%)	> 250 µg/24 h (%)	> LSS (%)
		moyenne	E.T.	5 ^e	médiane	95 ^e				
Enfants										
3	85	127,6	58,0	66,6	116,1	195,0	4,7	0,0	3,5	4,7
4-6	256	128,5	34,6	73,7	126,7	196,9	0,8	0,0	0,0	0,0
7-9	252	137,1	40,0	75,5	133,2	207,5	7,1	0,8	1,2	0,4
Hommes										
10-14	216	157,4	59,8	80,8	146,7	279,5	18,1	0,9	7,4	0,5
15-19	71	157,6	46,8	83,2	151,6	233,3	12,7	4,2	1,4	0,0
20-34	160	177,9	51,0	96,5	172,4	252,6	8,1	0,0	7,5	0,0
35-44	146	171,5	52,0	98,5	172,9	266,9	8,9	0,7	7,5	0,0
45-59	142	180,1	61,4	97,3	171,0	290,8	8,5	0,7	12,7	0,0
60-69	91	176,8	57,8	92,7	172,3	274,1	9,9	2,2	12,1	0,0
> 70	62	156,3	48,2	96,1	147,5	257,0	11,3	3,2	6,5	0,0
Femmes										
10-14	209	134,4	43,4	65,4	131,2	208,2	27,8	2,9	1,0	0,0
15-19	85	133,6	45,7	67,0	127,9	217,1	21,2	11,8	1,2	0,0
20-34	209	147,4	44,1	84,6	141,7	237,0	17,7	3,8	2,4	0,0
35-44	136	150,6	48,2	91,4	142,6	253,6	13,2	1,5	5,1	0,0
45-59	171	140,5	42,8	83,1	135,1	224,4	24,0	3,5	1,8	0,0
60-69	83	142,8	48,8	84,3	135,3	238,2	25,3	4,8	4,8	0,0
> 70	84	137,1	49,4	80,3	128,8	221,3	23,8	4,8	3,6	0,0

Tableau 41. Scénario 3 : taux d'enrichissement en iode à 30 µg/100 g, de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries

Age (ans)	n	I (µg/24 h)					Inadéquation(%)	< besoin basal (%)	> 250 µg/24 h (%)	> LSS (%)
		moyenne	E.T.	5 ^e	médiane	95 ^e				
Enfants										
3	85	131,9	58,7	74,0	122,2	198,1	4,7	0,0	3,5	4,7
4-6	256	134,9	37,5	76,3	132,3	218,1	0,8	0,0	0,8	0,8
7-9	252	145,1	43,9	76,9	140,4	222,8	6,3	0,8	2,0	0,8
Hommes										
10-14	216	169,7	68,1	85,9	159,5	307,8	15,3	0,5	10,2	0,5
15-19	71	169,8	51,8	83,2	164,4	261,6	11,3	4,2	9,9	0,0
20-34	160	193,3	56,9	99,1	188,9	287,1	7,5	0,0	17,5	0,0
35-44	146	188,4	60,5	104,5	187,0	289,2	6,8	0,7	15,8	0,0
45-59	142	197,6	69,4	99,7	190,9	310,1	7,7	0,7	19,0	0,0
60-69	91	195,8	67,5	104,4	194,1	313,4	6,6	2,2	15,4	0,0
> 70	62	171,8	54,5	100,3	158,4	284,5	8,1	1,6	11,3	0,0
Femmes										
10-14	209	142,9	47,0	70,7	138,4	224,5	24,9	1,4	2,4	0,0
15-19	85	141,7	48,9	71,8	136,3	229,0	17,6	9,4	1,2	0,0
20-34	209	159,2	47,6	91,8	155,1	251,3	12,4	1,9	5,7	0,0
35-44	136	162,0	50,3	99,9	153,9	261,2	7,4	1,5	5,1	0,0
45-59	171	150,8	46,3	87,5	145,0	241,9	19,9	2,3	2,9	0,0
60-69	83	154,8	54,5	89,7	148,2	254,2	14,5	3,6	7,2	0,0
> 70	84	148,0	55,5	84,6	142,4	239,3	21,4	4,8	3,6	0,0

Tableau 42. Scénario 4 : taux d'enrichissement en iode à 40 µg/100 g, de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries

Age (ans)	n	I (µg/24 h)					Inadéquation(%)	< besoin basal (%)	> 250 µg/24 h (%)	> LSS (%)
		moyenne	E.T.	5 ^e	médiane	95 ^e				
Enfants										
3	85	136,1	59,7	74,3	127,2	202,7	4,7	0,0	3,5	5,9
4-6	256	141,3	41,0	80,7	138,9	231,1	0,8	0,0	3,1	3,1
7-9	252	153,1	48,4	81,1	148,3	240,1	5,6	0,0	3,6	1,2
Hommes										
10-14	216	182,0	77,2	89,6	169,4	340,4	13,9	0,5	13,0	0,5
15-19	71	181,9	57,9	83,2	177,2	289,9	9,9	4,2	12,7	0,0
20-34	160	208,6	64,1	100,7	202,7	315,8	6,3	0,0	24,4	0,0
35-44	146	205,3	70,0	106,9	205,2	324,1	5,5	0,7	21,2	0,0
45-59	142	215,0	78,9	101,5	206,8	331,4	7,7	0,7	26,8	0,0
60-69	91	214,8	78,4	109,5	217,3	360,0	4,4	2,2	19,8	0,0
> 70	62	187,3	62,0	101,7	171,0	313,9	6,5	1,6	11,3	0,0
Femmes										
10-14	209	151,4	51,2	76,6	147,6	238,4	20,1	1,0	3,8	0,0
15-19	85	149,8	52,7	73,6	142,8	239,1	17,6	9,4	4,7	0,0
20-34	209	171,0	51,9	97,6	168,6	275,1	9,1	1,9	9,6	0,0
35-44	136	173,4	53,4	105,8	165,3	268,1	5,1	0,7	7,4	0,0
45-59	171	161,0	50,6	90,3	156,8	256,6	14,6	1,8	6,4	0,0
60-69	83	166,8	60,9	90,5	155,6	270,2	8,4	2,4	9,6	0,0
> 70	84	158,9	62,6	85,5	151,3	267,3	15,5	4,8	7,1	0,0

Tableau 43. Scénario 5 : taux d'enrichissement en iode à 50 µg/100 g, de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries

Age (ans)	n	I (µg/24 h)					Inadéquation(%)	< besoin basal (%)	> 250 µg/24 h (%)	> LSS (%)
		moyenne	E.T.	5 ^e	médiane	95 ^e				
Enfants										
3	85	140,4	61,0	74,7	130,7	207,4	3,5	0,0	4,7	7,1
4-6	256	147,7	44,9	83,9	144,4	231,5	0,8	0,0	3,5	3,5
7-9	252	161,1	53,3	82,7	156,1	256,9	5,2	0,0	5,6	1,6
Hommes										
10-14	216	194,4	86,8	91,5	176,8	370,8	12,5	0,0	19,0	1,9
15-19	71	194,1	64,6	83,2	193,4	318,3	9,9	2,8	19,7	0,0
20-34	160	224,0	72,1	103,0	219,5	347,2	6,3	0,0	36,3	0,0
35-44	146	222,2	80,2	108,4	219,6	351,2	4,8	0,0	32,9	0,0
45-59	142	232,4	89,5	104,0	223,0	370,7	6,3	0,7	38,7	0,7
60-69	91	233,8	90,0	114,3	233,2	402,7	3,3	2,2	35,2	0,0
> 70	62	202,8	70,5	103,7	185,5	348,7	6,5	0,0	22,6	0,0
Femmes										
10-14	209	159,9	55,9	82,9	156,4	255,9	17,7	0,5	6,2	0,0
15-19	85	157,9	56,9	75,4	148,0	256,3	14,1	7,1	7,1	0,0
20-34	209	182,8	57,0	99,6	178,1	298,4	7,2	1,9	11,0	0,0
35-44	136	184,8	57,2	111,8	176,1	288,2	4,4	0,7	11,8	0,0
45-59	171	171,2	55,5	93,6	163,3	277,1	11,1	0,6	9,4	0,0
60-69	83	178,8	67,8	91,6	163,0	286,2	6,0	2,4	9,6	0,0
> 70	84	169,9	70,4	86,6	162,7	290,9	11,9	3,6	8,3	0,0

Tableau 44. Scénario 6 : taux d'enrichissement en iode à 10 µg/100 g, de 57 % du pain, 63 % des biscottes et 67 % des viennoiseries

Age (ans)	n	I (µg/24 h)					Inadéquation(%)	< besoin basal (%)	> 250 µg/24 h (%)	> LSS (%)
		moyenne	E.T.	5 ^e	médiane	95 ^e				
Enfants										
3	85	122,1	57,1	55,9	110,9	191,9	5,9	0,0	3,5	3,5
4-6	256	119,9	32,1	73,1	119,4	170,3	2,7	0,0	0,0	0,0
7-9	252	126,1	36,5	73,0	123,3	186,3	11,9	0,8	0,4	0,4
Hommes										
10-14	216	140,9	49,8	74,7	131,7	230,5	25,0	1,9	2,3	0,0
15-19	71	141,9	42,8	79,1	135,3	214,8	18,3	5,6	0,0	0,0
20-34	160	157,1	46,6	94,4	151,3	233,1	15,6	1,3	2,5	0,0
35-44	146	148,8	44,9	89,3	145,1	244,5	18,5	2,1	4,1	0,0
45-59	142	157,5	56,2	88,0	148,4	268,2	17,6	2,1	7,7	0,0
60-69	91	150,1	47,7	74,0	147,0	242,8	16,5	6,6	2,2	0,0
> 70	62	135,3	42,8	73,4	127,2	229,8	24,2	6,5	0,0	0,0
Femmes										
10-14	209	122,7	39,3	59,4	121,0	192,2	35,4	5,3	0,5	0,0
15-19	85	122,9	42,6	59,6	121,6	199,1	28,2	16,5	1,2	0,0
20-34	209	131,7	41,9	72,9	125,8	211,8	32,1	7,7	1,4	0,0
35-44	136	135,5	47,4	78,4	125,4	237,7	23,5	5,9	2,2	0,0
45-59	171	127,1	40,2	73,5	119,0	206,7	35,1	9,4	0,6	0,0
60-69	83	127,0	44,9	68,1	120,2	217,3	34,9	13,3	2,4	0,0
> 70	84	123,5	44,3	71,1	112,8	203,6	42,9	9,5	2,4	0,0

Tableau 45. Scénario 7 : taux d'enrichissement en iode à 20 µg/100 g, de 57 % du pain, 63 % des biscottes et 67 % des viennoiseries

Age (ans)	n	I (µg/24 h)					Inadéquation(%)	< besoin basal (%)	> 250 µg/24 h (%)	> LSS (%)
		moyenne	E.T.	5 ^e	médiane	95 ^e				
Enfants										
3	85	125,0	57,2	66,6	114,1	192,4	4,7	0,0	3,5	3,5
4-6	256	123,9	33,7	73,3	121,0	189,8	1,2	0,0	0,0	0,0
7-9	252	131,2	39,0	75,2	127,8	193,0	9,9	0,8	1,2	0,4
Hommes										
10-14	216	149,1	54,0	76,8	137,0	240,3	20,4	1,4	3,7	0,0
15-19	71	150,6	45,9	79,1	142,7	231,3	14,1	5,6	1,4	0,0
20-34	160	167,1	50,4	95,0	162,1	248,4	12,5	0,6	4,4	0,0
35-44	146	159,9	51,7	90,8	151,2	266,9	16,4	1,4	6,8	0,0
45-59	142	169,7	62,9	94,1	157,6	282,8	14,1	1,4	9,9	0,0
60-69	91	161,4	53,6	81,5	157,8	272,0	12,1	4,4	9,9	0,0
> 70	62	145,4	46,4	73,4	137,5	243,2	16,1	6,5	3,2	0,0
Femmes										
10-14	209	128,0	40,9	62,2	125,9	197,4	31,6	3,8	0,5	0,0
15-19	85	128,3	44,5	63,2	123,3	215,4	23,5	14,1	1,2	0,0
20-34	209	139,7	44,4	81,1	134,8	227,8	27,8	4,8	2,4	0,0
35-44	136	143,2	48,9	82,7	135,0	238,5	18,4	3,7	3,7	0,0
45-59	171	134,2	42,7	79,1	127,4	218,4	29,2	5,8	1,8	0,0
60-69	83	135,1	50,3	70,5	129,5	233,9	32,5	9,6	3,6	0,0
> 70	84	131,7	48,4	75,5	121,1	219,5	31,0	6,0	2,4	0,0

Tableau 46. Scénario 8 : taux d'enrichissement en iode à 30 µg/100 g, de 57 % du pain, 63 % des biscottes et 67 % des viennoiseries

Age (ans)	n	I (µg/24 h)					Inadéquation(%)	< besoin basal (%)	> 250 µg/24 h (%)	> LSS (%)
		moyenne	E.T.	5 ^e	médiane	95 ^e				
Enfants										
3	85	128,0	57,5	67,5	115,3	192,9	4,7	0,0	3,5	3,5
4-6	256	128,0	36,0	73,8	124,3	197,1	1,2	0,0	0,4	0,4
7-9	252	136,3	42,2	76,7	133,9	202,1	8,7	0,8	1,6	0,8
Hommes										
10-14	216	157,3	59,7	81,2	143,2	260,6	18,5	0,9	6,0	0,0
15-19	71	159,2	50,2	79,1	151,6	251,7	12,7	5,6	5,6	0,0
20-34	160	177,1	55,8	95,9	169,0	279,0	11,3	0,6	11,9	0,0
35-44	146	170,9	60,3	91,6	161,4	280,3	15,1	1,4	11,6	0,0
45-59	142	181,9	71,8	94,1	168,0	300,4	12,7	1,4	14,1	0,0
60-69	91	172,6	61,7	87,2	165,1	296,2	9,9	4,4	11,0	0,0
> 70	62	155,4	52,2	73,9	146,8	271,1	14,5	6,5	6,5	0,0
Femmes										
10-14	209	133,4	43,3	67,4	131,0	212,4	29,7	2,9	1,0	0,0
15-19	85	133,8	47,3	67,1	128,0	223,8	21,2	12,9	1,2	0,0
20-34	209	147,7	48,0	83,5	141,3	241,3	23,0	4,3	3,8	0,0
35-44	136	150,8	51,5	83,6	144,2	238,5	16,2	3,7	3,7	0,0
45-59	171	141,2	46,3	82,4	133,3	237,1	25,7	3,5	2,9	0,0
60-69	83	143,3	56,8	70,5	133,2	250,5	26,5	9,6	6,0	0,0
> 70	84	139,9	54,2	77,4	130,6	238,4	27,4	6,0	2,4	0,0

Tableau 47. Scénario 9 : taux d'enrichissement en iode à 40 µg/100 g, de 57 % du pain, 63 % des biscottes et 67 % des viennoiseries

Age (ans)	n	I (µg/24 h)					Inadéquation(%)	< besoin basal (%)	> 250 µg/24 h (%)	> LSS (%)
		moyenne	E.T.	5 ^e	médiane	95 ^e				
Enfants										
3	85	130,9	58,0	67,5	118,7	193,4	4,7	0,0	3,5	3,5
4-6	256	132,1	38,9	73,8	127,8	197,1	1,2	0,0	1,6	1,6
7-9	252	141,4	46,0	77,7	137,7	214,3	7,9	0,4	1,6	1,2
Hommes										
10-14	216	165,5	66,4	82,0	150,1	295,8	18,1	0,9	8,8	0,0
15-19	71	167,8	55,5	79,1	163,6	265,8	11,3	5,6	9,9	0,0
20-34	160	187,1	62,3	97,0	178,6	306,2	10,6	0,6	17,5	0,0
35-44	146	182,0	70,0	93,6	166,5	291,6	13,7	1,4	15,8	0,0
45-59	142	194,1	82,2	96,4	176,0	325,2	12,7	1,4	21,8	0,0
60-69	91	183,8	71,1	93,0	174,9	341,6	6,6	4,4	14,3	0,0
> 70	62	165,5	59,4	78,5	158,7	288,7	12,9	6,5	6,5	0,0
Femmes										
10-14	209	138,7	46,4	72,8	133,7	225,1	25,8	2,9	1,4	0,0
15-19	85	139,3	50,6	70,6	131,7	233,7	21,2	11,8	3,5	0,0
20-34	209	155,7	52,5	86,4	148,4	265,1	20,1	4,3	7,2	0,0
35-44	136	158,5	54,9	84,2	149,7	259,4	14,7	2,9	5,1	0,0
45-59	171	148,3	50,7	84,7	138,9	255,7	21,1	3,5	5,8	0,0
60-69	83	151,5	64,0	70,5	137,7	267,0	24,1	8,4	9,6	0,0
> 70	84	148,1	61,1	79,2	141,6	256,3	22,6	6,0	6,0	0,0

Tableau 48. Scénario 10 : taux d'enrichissement en iode à 50 µg/100 g, de 57 % du pain, 63 % des biscottes et 67 % des viennoiseries

Age (ans)	n	I (µg/24 h)					Inadéquation(%)	< besoin basal (%)	> 250 µg/24 h (%)	> LSS (%)
		moyenne	E.T.	5 ^e	médiane	95 ^e				
Enfants										
3	85	133,8	58,7	67,5	122,3	193,9	3,5	0,0	3,5	3,5
4-6	256	136,2	42,3	74,6	131,4	206,8	1,2	0,0	2,0	2,0
7-9	252	146,5	50,4	77,7	141,0	228,0	7,5	0,4	3,2	1,2
Hommes										
10-14	216	173,6	73,8	84,1	158,2	330,5	15,7	0,9	12,0	0,5
15-19	71	176,5	61,5	80,4	172,6	279,4	11,3	4,2	14,1	0,0
20-34	160	197,1	69,8	98,6	185,4	324,4	10,0	0,6	24,4	0,0
35-44	146	193,1	80,5	93,7	174,0	320,5	13,7	0,7	23,3	0,0
45-59	142	206,2	93,5	96,8	184,0	348,7	11,3	1,4	28,2	0,7
60-69	91	195,1	81,5	98,7	182,1	379,9	5,5	4,4	19,8	0,0
> 70	62	175,6	67,7	82,0	167,4	304,6	12,9	4,8	8,1	0,0
Femmes										
10-14	209	144,1	49,9	75,6	137,5	234,6	24,4	2,4	2,4	0,0
15-19	85	144,7	54,5	71,1	136,7	256,3	17,6	10,6	7,1	0,0
20-34	209	163,6	57,7	86,7	152,8	287,4	18,2	4,3	8,1	0,0
35-44	136	166,2	59,2	88,7	154,9	274,4	13,2	2,9	8,1	0,0
45-59	171	155,3	55,8	85,5	143,2	276,0	18,1	2,9	7,0	0,0
60-69	83	159,6	71,7	70,5	143,2	283,6	22,9	8,4	9,6	0,0
> 70	84	156,3	68,8	81,0	150,4	274,3	20,2	3,6	6,0	0,0

III.3.4 Estimation des rapports bénéfice-innocuité des simulations d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries

Un scénario d'enrichissement est jugé intéressant s'il tend vers :

- ◆ **une diminution de la prévalence d'inadéquation, notamment dans les groupes à risque (10 ans et plus, chez les femmes principalement),**
- ◆ **moins de 5 % de sujets ayant des apports alimentaires en iode inférieurs au besoin de base en iode dans tous les groupes d'âge et de sexe,**
- ◆ **moins de 5 % de sujets ayant des apports alimentaires en iode dépassant les limites supérieures de sécurité dans tous les groupes d'âge et de sexe.**

On a pris en compte pour chacun des 10 scénarios d'enrichissement, les augmentations relatives des médianes des apports, et les diminutions relatives des prévalences d'inadéquation et de sujets ayant des apports inférieurs au besoin basal en iode (Tableaux 49-50). Les risques potentiels pour la population ont été estimés d'après les risques de dépassement des limites de sensibilité de 250 µg/24 h pour les adultes et des limites supérieures de sécurité à tous les âges (Tableaux 51-52).

◆ **enrichissement en iode à 10 µg/100 g du pain, des biscottes et des viennoiseries :**
Avec un enrichissement à 10 µg d'iode/100 g de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries, l'augmentation des médianes des apports en iode est proche de 10 % aussi bien chez les hommes que chez les femmes (Tableaux 39, 49). On constate une diminution importante du pourcentage de sujets ayant des apports en iode inférieurs au besoin basal. Chez les femmes entre 15-19 ans et au delà de 60 ans, les pourcentages d'apports inférieurs au besoin de base restent supérieurs à 10 % (Tableau 39). L'amélioration est moindre avec un enrichissement à 10 µg/100 g de 2/3 des fractions enrichissables (Tableaux 44, 50).

◆ **enrichissement en iode à 20 µg/100 g du pain, des biscottes et des viennoiseries :**
Avec un enrichissement à 20 µg d'iode/100 g de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries, les augmentations moyennes des médianes des apports en iode sont de 23,3 % chez les hommes et 18,1 % chez les femmes (Tableaux 40, 49). Les médianes des apports correspondent à 100 % des ANC chez les hommes à tous les âges, et en moyenne à 90 % des ANC chez les femmes. Les prévalences d'inadéquation diminuent respectivement de 58,1 % et 46,5 % en moyenne chez les hommes et les femmes, et les pourcentages d'apports en iode inférieurs au besoin basal en moyenne de 74,4 % et 65,2 % (Tableau 49). Dans tous les groupes d'âge, à l'exception des adolescentes entre 15-19 ans, moins de 5 % des apports en iode sont inférieurs au besoin basal. On n'observe pas de risque de dépassement supérieur à 15 % des limites de sensibilité, ou supérieur à 5 % des limites supérieures de sécurité.

L'amélioration est moindre avec un enrichissement à 20 µg/100 g de 2/3 des fractions enrichissables, avec chez les hommes comme chez les femmes des prévalences d'apports en iode inférieurs au besoin de base au dessus de 5 % (Tableaux 45, 50).

◆ **enrichissement en iode à 30 µg/100 g du pain, des biscottes et des viennoiseries :**
Avec un enrichissement à 30 µg d'iode/100 g de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries, les augmentations moyennes des médianes des apports en iode sont de 35,1 % chez les hommes et 27,7 % chez les femmes (Tableaux 41, 49). Les prévalences d'inadéquation diminuent respectivement de 65,6 et 58,9 % en moyenne chez les hommes et les femmes, et les pourcentages d'apports en iode inférieurs au besoin basal en moyenne de 78,9 et 75,2 % (Tableau 49). Le risque de dépassement des limites de sensibilité est supérieur à 15 % chez les hommes entre 20 et 70 ans, le risque de dépassement des limites supérieures de sécurité est inférieur à 5 % à tous les âges.

Dans l'hypothèse d'un enrichissement à 30 µg d'iode/100 g de 2/3 des fractions enrichissables, les prévalences d'inadéquation diminuent respectivement de 48,4 % et 40,7 % en moyenne chez les hommes et les femmes, et les pourcentages d'apports en iode inférieurs au besoin basal en moyenne de 55,6 % et 54,4 % (Tableau 50). On n'observe pas

de risque de dépassement supérieur à 15 % des limites de sensibilité, ou supérieur à 5 % des limites supérieures de sécurité (Tableau 52).

♦ **enrichissements en iode à 40 ou 50 µg/100 g du pain, des biscottes et des viennoiseries :**

Un enrichissement à 40 ou 50 µg d'iode/100 g de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries entraîne des dépassements très élevés des limites de sensibilité de 250 µg/24 h chez les hommes, ainsi qu'un risque supérieur à 5 % de dépassement des LSS chez les enfants les plus jeunes (Tableaux 43, 51).

Les risques de dépassements supérieurs à 15 % du seuil de sensibilité persistent dans l'hypothèse d'enrichissement à 40 ou 50 µg d'iode/100 g de 2/3 des fractions enrichissables (Tableau 52).

Tableau 49. Augmentations relatives des médianes des apports en iode (%) et diminutions relatives des prévalences d'inadéquation et des apports inférieurs au besoin basal (%) par rapport au scénario 0 pour chacun des taux d'enrichissement en iode de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries

Age (ans)	n	médiane (µg/24 h)	médiane (%)					inadéquation (%)					besoin basal (%)				
			taux (µg/100 g)					taux (µg/100 g)					taux (µg/100 g)				
			10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
Enfants																	
3	85	106,1	7,2	9,4	15,2	19,9	23,2	0,0	20,3	20,3	20,3	40,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4-6	256	114,6	5,5	10,6	15,4	21,2	26,0	34,3	77,1	77,1	77,1	77,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7-9	252	118,4	6,4	12,5	15,6	25,3	31,8	26,7	47,4	53,3	58,5	61,5	0,0	0,0	0,0	100	100
Hommes																	
10-14	216	122,4	10,8	19,9	30,3	38,4	44,4	23,9	41,6	50,6	55,2	59,7	39,1	60,9	78,3	78,3	100
15-19	71	130,1	6,9	16,5	26,4	36,2	48,7	31,7	52,6	57,8	63,1	63,1	50,6	50,6	50,6	50,6	67,1
20-34	160	139,4	11,3	23,7	35,5	45,4	57,5	35,6	58,2	61,3	67,5	67,5	76,0	100	100	100	100
35-44	146	134,3	13,6	28,7	39,2	52,8	63,5	50,0	67,5	75,2	79,9	82,5	48,8	82,9	82,9	82,9	100
45-59	142	135,5	10,9	26,2	40,9	52,6	64,6	39,2	63,4	66,8	66,8	72,8	60,0	80,0	80,0	80,0	80,0
60-69	91	137,9	11,7	24,9	40,8	57,6	69,1	30,0	55,0	70,0	80,0	85,0	37,5	75,0	75,0	75,0	75,0
> 70	62	119,6	11,2	23,3	32,4	43,0	55,1	36,3	68,2	77,2	81,7	81,7	71,7	71,7	85,8	85,8	100
Femmes																	
10-14	209	115,4	7,7	13,7	19,9	27,9	35,5	14,5	29,1	36,5	48,7	54,8	33,3	59,7	80,6	86,1	93,1
15-19	85	118,8	2,4	7,7	14,7	20,2	24,6	17,3	37,8	48,4	48,4	58,7	18,6	37,2	50,0	50,0	62,2
20-34	209	118,3	10,1	19,8	31,1	42,5	50,5	36,0	55,4	68,8	77,1	81,9	38,0	62,0	81,0	81,0	81,0
35-44	136	118,0	10,8	20,8	30,4	40,1	49,2	46,8	60,1	77,6	84,6	86,7	58,0	83,0	83,0	92,0	92,0
45-59	171	115,9	8,5	16,6	25,1	35,3	40,9	22,3	43,0	52,7	65,3	73,6	41,1	72,9	82,2	86,0	95,3
60-69	83	109,5	11,8	23,6	35,3	42,1	48,9	35,2	43,3	67,5	81,2	86,5	25,5	66,9	75,2	83,4	83,4
> 70	84	103,6	12,3	24,3	37,5	46,0	57,0	30,5	56,6	60,9	71,7	78,3	50,0	74,7	74,7	74,7	81,1

Tableau 50. Augmentations relatives des médianes des apports en iode (%) et diminutions relatives des prévalences d'inadéquation et des apports inférieurs au besoin basal (%) par rapport au scénario 0 pour chacun des taux d'enrichissement en iode de 57 % du pain, 63 % des biscottes et 67 % des viennoiseries

Age (ans)	n	médiane (µg/24 h)	médiane (%)					inadéquation (%)					besoin basal (%)				
			taux (µg/100 g)					taux (µg/100 g)					taux (µg/100 g)				
			10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
Enfants																	
3	85	106,1	4,5	7,5	8,7	11,9	15,3	0,0	20,3	20,3	20,3	40,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4-6	256	114,6	4,2	5,6	8,5	11,5	14,7	22,9	65,7	65,7	65,7	65,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7-9	252	118,4	4,1	7,9	13,1	16,3	19,1	11,9	26,7	35,6	41,5	44,4	0,0	0,0	0,0	50,0	50,0
Hommes																	
10-14	216	122,4	7,6	11,9	17,0	22,6	29,2	19,4	34,2	40,3	41,6	49,4	17,4	39,1	60,9	60,9	60,9
15-19	71	130,1	4,0	9,7	16,5	25,7	32,7	31,7	47,4	52,6	57,8	57,8	34,1	34,1	34,1	34,1	50,6
20-34	160	139,4	8,5	16,3	21,2	28,1	33,0	19,6	35,6	41,8	45,4	48,5	48,0	76,0	76,0	76,0	76,0
35-44	146	134,3	8,0	12,6	20,2	24,0	29,6	32,5	40,1	44,9	50,0	50,0	48,8	65,9	65,9	65,9	82,9
45-59	142	135,5	9,5	16,3	24,0	29,9	35,8	24,1	39,2	45,3	45,3	51,3	40,0	60,0	60,0	60,0	60,0
60-69	91	137,9	6,6	14,4	19,7	26,8	32,1	25,0	45,0	55,0	70,0	75,0	25,0	50,0	50,0	50,0	50,0
> 70	62	119,6	6,4	15,0	22,7	32,7	40,0	31,8	54,6	59,2	63,7	63,7	42,5	42,5	42,5	42,5	57,5
Femmes																	
10-14	209	115,4	4,9	9,1	13,5	15,9	19,2	9,7	19,4	24,2	34,2	37,8	26,4	47,2	59,7	59,7	66,7
15-19	85	118,8	2,4	3,8	7,7	10,9	15,1	17,3	31,1	37,8	37,8	48,4	12,2	25,0	31,4	37,2	43,6
20-34	209	118,3	6,3	13,9	19,4	25,4	29,2	19,1	30,0	42,1	49,4	54,2	23,0	52,0	57,0	57,0	57,0
35-44	136	118,0	6,3	14,4	22,2	26,9	31,3	29,0	44,4	51,1	55,6	60,1	33,0	58,0	58,0	67,0	67,0
45-59	171	115,9	2,7	9,9	15,0	19,8	23,6	16,6	29,3	39,0	49,9	57,0	27,1	55,0	72,9	72,9	77,5
60-69	83	109,5	9,8	18,3	21,6	25,8	30,8	21,7	27,1	40,6	46,0	48,7	8,3	33,8	33,8	42,1	42,1
> 70	84	103,6	8,9	16,9	26,1	36,7	45,2	21,7	43,4	50,0	58,8	63,1	50,0	68,4	68,4	68,4	81,1

Tableau 51. Augmentations relatives des médianes des apports en iode (%) et pourcentages de sujets ayant des apports supérieurs à 250 µg/24 h ou supérieurs aux limites supérieures de sécurité (LSS) par rapport au scénario 0, pour chacun des taux d'enrichissement en iode de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries

Age (ans)	n	médiane (µg/ 24 h)	médiane (%)					> 250 µg/24 h (%)					> LSS (%)						
			taux (µg/100 g)					taux (µg/100 g)					taux (µg/100 g)						
			10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50
Enfants																			
3	85	106,1	7,2	9,4	15,2	19,9	23,2	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,7	3,5	3,5	4,7	4,7	5,9	7,1
4-6	256	114,6	5,5	10,6	15,4	21,2	26,0	0,0	0,0	0,0	0,8	3,1	3,5	0,0	0,0	0,0	0,8	3,1	3,5
7-9	252	118,4	6,4	12,5	15,6	25,3	31,8	0,4	0,4	1,2	2,0	3,6	5,6	0,4	0,4	0,4	0,8	1,2	1,6
Hommes																			
10-14	216	122,4	10,8	19,9	30,3	38,4	44,4	0,9	3,2	7,4	10,2	13,0	19,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	1,9
15-19	71	130,1	6,9	16,5	26,4	36,2	48,7	0,0	0,0	1,4	9,9	12,7	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-34	160	139,4	11,3	23,7	35,5	45,4	57,5	1,9	2,5	7,5	17,5	24,4	36,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35-44	146	134,3	13,6	28,7	39,2	52,8	63,5	2,1	4,1	7,5	15,8	21,2	32,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45-59	142	135,5	10,9	26,2	40,9	52,6	64,6	4,2	7,7	12,7	19,0	26,8	38,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
60-69	91	137,9	11,7	24,9	40,8	57,6	69,1	1,1	3,3	12,1	15,4	19,8	35,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
> 70	62	119,6	11,2	23,3	32,4	43,0	55,1	0,0	3,2	6,5	11,3	11,3	22,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Femmes																			
10-14	209	115,4	7,7	13,7	19,9	27,9	35,5	0,5	0,5	1,0	2,4	3,8	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15-19	85	118,8	2,4	7,7	14,7	20,2	24,6	1,2	1,2	1,2	1,2	4,7	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-34	209	118,3	10,1	19,8	31,1	42,5	50,5	0,5	1,4	2,4	5,7	9,6	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35-44	136	118,0	10,8	20,8	30,4	40,1	49,2	1,5	2,9	5,1	5,1	7,4	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45-59	171	115,9	8,5	16,6	25,1	35,3	40,9	0,0	0,6	1,8	2,9	6,4	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60-69	83	109,5	11,8	23,6	35,3	42,1	48,9	1,2	2,4	4,8	7,2	9,6	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
> 70	84	103,6	12,3	24,3	37,5	46,0	57,0	1,2	2,4	3,6	3,6	7,1	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 52. Augmentations relatives des médianes des apports en iode (%) et pourcentages de sujets ayant des apports supérieurs à 250 µg/24 h ou supérieurs aux limites supérieures de sécurité (LSS) par rapport au scénario 0, pour chacun des taux d'enrichissement en iode de 57 % du pain, 63 % des biscottes et 67 % des viennoiseries

Age (ans)	n	médiane (µg/24 h)	médiane (%)					> 250 µg/24 h (%)					> LSS (%)						
			taux (µg/100 g)					taux (µg/100 g)					taux (µg/100 g)						
			10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50
Enfants																			
3	85	106,1	4,5	7,5	8,7	11,9	15,3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
4-6	256	114,6	4,2	5,6	8,5	11,5	14,7	0,0	0,0	0,0	0,4	1,6	2,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,6	2,0
7-9	252	118,4	4,1	7,9	13,1	16,3	19,1	0,4	0,4	1,2	1,6	1,6	3,2	0,4	0,4	0,4	0,8	1,2	1,2
Hommes																			
10-14	216	122,4	7,6	11,9	17,0	22,6	29,2	0,9	2,3	3,7	6,0	8,8	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
15-19	71	130,1	4,0	9,7	16,5	25,7	32,7	0,0	0,0	1,4	5,6	9,9	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-34	160	139,4	8,5	16,3	21,2	28,1	33,0	1,9	2,5	4,4	11,9	17,5	24,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35-44	146	134,3	8,0	12,6	20,2	24,0	29,6	2,1	4,1	6,8	11,6	15,8	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45-59	142	135,5	9,5	16,3	24,0	29,9	35,8	4,2	7,7	9,9	14,1	21,8	28,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
60-69	91	137,9	6,6	14,4	19,7	26,8	32,1	1,1	2,2	9,9	11,0	14,3	19,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
> 70	62	119,6	6,4	15,0	22,7	32,7	40,0	0,0	0,0	3,2	6,5	6,5	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Femmes																			
10-14	209	115,4	4,9	9,1	13,5	15,9	19,2	0,5	0,5	0,5	1,0	1,4	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15-19	85	118,8	2,4	3,8	7,7	10,9	15,1	1,2	1,2	1,2	1,2	3,5	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-34	209	118,3	6,3	13,9	19,4	25,4	29,2	0,5	1,4	2,4	3,8	7,2	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35-44	136	118,0	6,3	14,4	22,2	26,9	31,3	1,5	2,2	3,7	3,7	5,1	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45-59	171	115,9	2,7	9,9	15,0	19,8	23,6	0,0	0,6	1,8	2,9	5,8	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60-69	83	109,5	9,8	18,3	21,6	25,8	30,8	1,2	2,4	3,6	6,0	9,6	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
> 70	84	103,6	8,9	16,9	26,1	36,7	45,2	1,2	2,4	2,4	2,4	6,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

III.3.5 Choix du taux d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries

Les résultats des études de simulation montrent qu'avec un enrichissement en iode à 20 µg d'iode par 100 g de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries, on obtient une augmentation importante des apports en iode dans la totalité de la population et plus spécifiquement chez les femmes en âge de procréer. Les risques d'apports en iode supérieurs aux LSS sont nuls chez les adultes et restent en deçà de 5 % chez les enfants les plus jeunes. La proportion de sujets adultes ayant des apports en iode supérieurs à 250 µg/24 h est faible chez les femmes et inférieure à 15 % chez les hommes. Ce scénario fait le pari d'une forte mobilisation des professionnels, et en particulier des boulangers (artisans et industriels) qui sont dans leur ensemble favorables à cette proposition. Dans l'hypothèse d'une moindre adhésion (2/3 d'enrichissement) des résultats presque équivalents seraient obtenus avec un taux d'enrichissement en iode à 30 µg/100 g.

Aucun scénario ne permet d'obtenir une couverture satisfaisante des besoins en iode chez les adolescentes entre 15 et 19 ans, même dans l'hypothèse d'un enrichissement à 50 µg d'iode/100 g de 86 % du pain, 95 % des biscottes et 100 % des viennoiseries (Tableau 43). Ces résultats doivent être interprétés avec prudence du fait de la faible taille de l'échantillon. Ils peuvent également refléter des caractéristiques propres à cette tranche d'âge, nécessitant une étude appropriée.

III.3.6 Les différents modes d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries

En Europe, l'Allemagne, le Danemark, les Pays-Bas, et la Suisse ont mis en place un enrichissement en iode des produits de boulangerie sur une base volontaire. Les parts de marché des produits de boulangerie enrichis en iode semblent importantes, on ne dispose pas d'informations mettant en évidence une désaffection des consommateurs envers les produits enrichis. Dans ces pays, le sel iodé est utilisé comme vecteur de l'iode introduit dans les produits de boulangerie. La participation des professionnels a été facilitée par la part prépondérante du secteur industriel dans la fabrication du pain.

Aux Pays-Bas, le pain enrichi en iode avec du sel iodé est le vecteur principal d'iode, il contribue pour 40 à 50 % à la couverture des besoins en iode de la population adulte, loin devant les produits laitiers (5 %) (Van Dokkum *et al.* 1989). En Suisse, la contribution du pain est évaluée à environ 25 % des apports alimentaires totaux en iode de la population (Als *et al.* 1995).

La levure constitue un autre composant essentiel à la fabrication du pain, l'utilisation de levures de panification enrichies en iode pourrait constituer une alternative intéressante permettant de dissocier l'enrichissement en iode de l'utilisation du vecteur sel dans les produits de boulangerie.

III.3.6.1 Utilisation du sel iodé dans l'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries

L'addition du sel dans le pain répond à des impératifs tant organoleptiques que technologiques qui sont rappelés dans le rapport "Sel" de l'AFSSA (AFSSA 2002). La substitution du sel iodé à un sel naturellement dépourvu d'iode serait sans retentissement sur la qualité du pain. Dans les pays autorisant le sel iodé dans les produits de panification, le pain est devenu la première source d'iode dans la population adulte. Les pertes en iode à la cuisson sont estimées à 20 %. Les iodures de sodium ou de potassium sont les formes les plus stables à la cuisson. On ne dispose cependant pas de données quantitatives précises sur la stabilité de l'iode apporté par le sel iodé après cuisson dans le pain.

Les paludiers sont autorisés à enrichir le sel en iode depuis 1952 et peuvent s'adapter à la demande du marché en pratiquant des taux d'enrichissements différenciés répondant aux besoins. Cette maîtrise serait l'assurance d'une mise en œuvre rapide des recommandations d'enrichissement en iode des produits de panification.

III.3.6.2 Utilisation de la levure de panification dans l'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries

La levure de panification (*Saccharomyces cerevisiae*) pourrait constituer un vecteur d'enrichissement en iode des produits de boulangerie. Les iodures de sodium ou de potassium ne sont pas des facteurs de croissance pour la levure et subissent un transport trans-membranaire passif analogue à celui des chlorures. Les principales formes commerciales de levures sont la levure pressée utilisée principalement dans la panification traditionnelle, la crème de levure utilisée dans la boulangerie industrielle et la levure sèche limitée au petit marché de la ménagère. Les levures pressées et les levures liquides couvrent 100 % de la production de pain frais de panification (baguettes, baguettes campagne, pains courants, pains campagne, etc.) qui représentent 80 % de la consommation des produits de boulangerie.

La fabrication de compléments à base de levures enrichies en chrome ou en sélénium est en plein essor particulièrement aux Etats-Unis. On ne dispose pas d'informations sur les tentatives d'enrichissement en iode de levures sèches réalisées en Russie (10 mg d'iode par kg de matière sèche levure) et de levures pressées au Kazakhstan. L'utilisation des levures en France comme vecteur d'iode dans les produits de boulangerie serait facilitée par la très forte concentration du secteur, deux levuriers assurant les besoins de l'essentiel du marché. Les doses de levures utilisées par les artisans et les industriels varient cependant selon les produits, le type de panification et la température ambiante. On ne dispose pas actuellement d'enquêtes auprès des artisans ou des industriels permettant d'évaluer avec précision cette variabilité.

Le groupe de travail a considéré que la variabilité des doses de levures utilisées et l'absence de données expérimentales sur l'utilisation de levures enrichies dans les produits de panification constituaient des obstacles importants à une mise en œuvre rapide de cette technique d'enrichissement. Le groupe de travail a considéré qu'il fallait vivement encourager les levuriers dans le développement de cette alternative à l'utilisation du sel iodé.

Artisans et industriels se partagent à égalité le marché des produits de panification. Les artisans assurent l'essentiel de la production de pain frais (panification traditionnelle) et de la viennoiserie traditionnelle. Les industriels ont de fait le monopole de la fabrication du pain emballé, des biscottes, et de l'emploi de la surgélation dans la fabrication (boulangerie industrielle) de pain frais et de viennoiseries. Les professionnels (artisans et industriels) sont très attentifs à l'évolution du marché intérieur des produits de panification. Ils attendent des recommandations du PNNS une augmentation de la consommation des produits de boulangerie auxquels un enrichissement en iode donnerait un bénéfice nutritionnel supplémentaire.

III.3.7 Références

Als C., Lauber K., Brander L., Lüscher D., Rösler H. - The instability of dietary iodine supply over time in an affluent society. *Experientia* 1995; 51: 623-633.

Van Dokkum W., De Vos R.H., Muys T., Wessra J.A. - Minerals and trace elements in total diets in The Netherlands. *British Journal of Nutrition* 1989; 61: 7-15.

IV Recommandations du groupe de travail

IV.1 Stratégies

- ◆ **Toute proposition d'un nouvel aliment vecteur d'iode en vue d'améliorer les apports en iode au niveau de la population générale est subordonnée à une diminution de 15 à 20 % des concentrations en iode dans les produits laitiers, dont la richesse en iode expose les plus forts consommateurs et en particulier les jeunes enfants, à des risques de dépassement des limites supérieures de sécurité.**
- ◆ Les résultats des études de simulation des apports en iode dans la population INCA ne remettent pas en cause l'avis de l'AFSSA du 31 juillet 2002 relevant le taux d'enrichissement de 10-15 µg/g à 15-20 µg/g du sel iodé destiné aux particuliers et à la restauration collective et hors foyer. Ces résultats confirment cependant le faible impact de cette mesure sur l'augmentation des apports alimentaires en iode de la population.
- ◆ **Le groupe de travail considère que l'utilisation systématique de sel iodé dans les produits alimentaires transformés exposerait la population à des risques de dépassements importants des limites supérieures de sécurité pour l'iode et serait potentiellement dangereuse pour la population, même à de faibles taux d'enrichissement.**
- ◆ Le groupe de travail, considérant que de nombreux aliments ne peuvent être enrichis en iode pour des raisons technologiques ou d'équilibre nutritionnel, **recommande l'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries.** Cette recommandation vise à l'optimisation des apports en iode, c'est-à-dire à la réduction de la prévalence de l'inadéquation des apports alimentaires en iode sans favoriser les risques d'excès dans la population :
 - un **enrichissement à 20 µg d'iode par 100 g de la totalité du pain, des biscottes et de viennoiseries enrichissables en iode aurait un impact particulièrement net sur la distribution des apports alimentaires en iode dans la population.** Cet enrichissement représente une diminution moyenne d'environ 50 % du risque d'inadéquation des apports en iode chez les adultes, et réduit à moins de 5 % la prévalence des apports alimentaires en iode inférieurs au besoin de base.
 - pour répondre aux objectifs de la loi relative à la politique de santé publique de parvenir à une réduction de 20 % du risque de déficience en iode à 5 ans (2004-2008), **le groupe de travail s'est prononcé pour le choix pragmatique du sel alimentaire comme vecteur d'enrichissement en iode des produits de panification (pain, biscottes, viennoiseries) dans un souci de privilégier la faisabilité notamment en termes organoleptiques (acceptabilité par les consommateurs) et technologiques (faisabilité pour les acteurs économiques).** La concentration en iode du sel destiné à l'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries est indépendante de celle du sel de table et de cuisson et sa variation est liée à l'évolution des données de consommation de ces produits.
- ◆ **L'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries est proposé sur une base volontaire garantissant a priori aux consommateurs la liberté d'accéder à des produits non enrichis en iode,** tels que pain au levain, pains spéciaux, pains biologiques ou pain de tradition française qui ne devront pas tirer argument de l'absence d'enrichissement pour justifier d'un prix plus élevé. Il sera nécessaire de surveiller, au fur et à mesure de l'application des propositions d'enrichissement, que cette liberté du consommateur reste bien garantie.

IV.2 Communication relative aux aliments enrichis en iode

Dans la mesure où la mise sur le marché d'aliments enrichis en micro-nutriments s'accompagne de manière quasi systématique du développement d'une communication « santé » permettant de valoriser ces micro-nutriments, il est apparu important pour le groupe de travail de faire un point sur l'éventualité de l'utilisation par les industriels d'allégations relatives à l'iode dans le pain, les biscottes et les viennoiseries enrichis.

Toutes les formes de communication sont concernées, à savoir les allégations figurant sur l'étiquetage, la publicité auprès des consommateurs et l'information auprès des professionnels de santé.

Dans l'attente d'un règlement sur les allégations nutritionnelles, fonctionnelles et de santé, en cours d'élaboration au niveau communautaire, toute revendication nutritionnelle est soumise à l'obligation de publicité non-trompeuse (toute revendication doit pouvoir être justifiée sur le plan scientifique) (Code de la consommation) et ne doit jamais faire état de propriétés de prévention, de traitement ou de guérison de maladies humaines, ni évoquer de telles propriétés.

L'utilisation des allégations nutritionnelles quantitatives du type « source de » ou « riche en » est prévue par :

- le décret n° 93-1130 du 27 septembre 1993 concernant l'étiquetage relatif aux qualités nutritionnelles des denrées alimentaires,
- et l'avis de la Commission d'études des denrées alimentaires destinées à une alimentation particulière (CEDAP) du 8 juillet 1998 qui fixe les seuils permettant d'établir ces allégations.

L'iode étant prévu dans la liste des micro-nutriments pouvant faire l'objet de ce type d'allégations, un aliment est considéré comme « source d'iode » s'il contient plus de 15 % des Apports journaliers recommandés (AJR) en cet oligoélément pour 100 g ou 7,5 % des AJR pour 100 mL ou 5 % des AJR pour 100 kcal. Un aliment est considéré comme « riche en iode » s'il contient plus de 2 fois la valeur seuil prévue pour « source », soit 30 % des AJR pour 100 g, 15 % des AJR pour 100 mL ou 10 % des AJR pour 100 kcal.

En ce qui concerne les allégations fonctionnelles, c'est-à-dire celles relatives au rôle d'un aliment ou de l'un de ses constituants, dans la croissance, le développement ou les fonctions physiologiques normales de l'organisme, l'avis de la CEDAP du 18 décembre 1996 permet d'apprécier leur caractère non-trompeur. Ainsi, si le libellé exact de l'allégation est laissé à la discrétion de l'industriel, la seule propriété considérée comme scientifiquement établie pour l'iode est « élément indispensable à la synthèse des hormones thyroïdiennes ».

Toutefois, **exceptées les allégations quantitatives, « source d'iode » ou « riche en iode », le groupe de travail recommande que toute communication relative à l'iode fasse l'objet d'une évaluation au cas par cas, sur la base notamment du profil nutritionnel global de l'aliment.** Cette recommandation concerne les allégations relatives à la santé, c'est-à-dire celles faisant référence à une relation existant entre un aliment ou l'un de ses constituants et la santé (allégations fonctionnelles, fonctionnelles renforcées, relative à la réduction de facteur de risque de maladie).

Le groupe de travail rappelle que l'utilisation des viennoiseries comme vecteurs d'enrichissement en iode n'a pas été dictée par des considérations nutritionnelles mais est une conséquence de contraintes technologiques. Il réitère que la valorisation de ces produits par l'intermédiaire d'allégations santé n'est pas en accord avec les recommandations nutritionnelles actuelles.

IV.3 Mise en œuvre et suivi des recommandations d'enrichissement en iode du pain, des biscottes et des viennoiseries

- ◆ Le taux d'enrichissement recommandé suppose une forte adhésion des professionnels à cette mesure de santé publique. **Le groupe de travail souhaite que dans l'année suivant la publication du présent rapport, puissent être communiqués à l'Afssa tous les éléments permettant d'évaluer l'implication des professionnels concernés par les présentes recommandations.** Dans l'hypothèse d'une moindre participation des professionnels à cette démarche qui se traduirait par une proportion de produits enrichis plus faible, le groupe de travail propose d'enrichir à 30 µg d'iode /100 g la fraction enrichissable des produits de panification (pains, biscottes et viennoiseries).
- ◆ En raison de la diminution progressive prévue de la concentration en sel dans les produits de panification (-5 % par an), il reviendra aux professionnels concernés (paludiers, boulangers artisans et industriels) d'établir le moment venu, les correspondances entre les grammes de sel enrichis en iode, la teneur en iode de la pâte et celle du pain, des biscottes et de viennoiseries, pour atteindre les objectifs d'enrichissement en iode du produit fini.

IV.4 Recommandations vis-à-vis de la recherche

Il est indispensable d'inciter le développement des recherches en nutrition dans plusieurs domaines concernant la nutrition iodée et l'utilisation du sel alimentaire.

- ◆ Composition des aliments et mesure des consommations alimentaires :
 - amélioration des tables de composition alimentaire en sodium et en iode,
 - amélioration de la finesse des enquêtes de consommation en vue d'identifier et de suivre la provenance des aliments (industriel / fait maison),
 - suivi des consommations alimentaires des produits de panification enrichis en iode (enquête INCA2, Afssa),
 - mise en place d'un plan de surveillance de la teneur en iode du lait et des produits laitiers en amont (DGAL, Afssa).
- ◆ Technologies alimentaires :
 - développement de la recherche d'autres vecteurs d'iode en plus du sel, en particulier l'utilisation des levures de panification,
 - études sur la stabilité du sel iodé dans les aliments, prioritairement dans les produits de panification.
- ◆ Surveillance du statut en iode de la population vivant en France :
 - évaluations répétées du statut en iode dans la population grâce aux outils de surveillance des indicateurs biologiques de statut nutritionnel (enquête ENNS, InVS).
- ◆ Recherches en nutrition humaine :
 - études sur la validité des marqueurs biologiques du statut nutritionnel en iode chez la femme enceinte et chez les enfants de moins de 3 ans,
 - études sur la concentration en iode et ses déterminants dans le lait maternel,
 - études sur les besoins en iode du sujet âgé,
 - études sur les apports alimentaires en iode dans la population de plus de 70 ans et leurs relations avec la pathologie thyroïdienne.

V.1 Annexe 1 : Décision de création du groupe de travail

AGENCE FRANÇAISE DE SECURITÉ SANITAIRE DES ALIMENTS**Décision n°2003-09-355
relative au groupe de travail « Evaluation de l'impact nutritionnel de l'introduction de
composés iodés dans les produits agroalimentaires »**

Le directeur général de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments,

Vu le code de la santé publique, et notamment ses articles L.1323-4 et R.794-23 ;

Vu le décret n°99-242 du 26 mars 1999 relatif à l'organisation et au fonctionnement de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments ;

Vu l'arrêté du 23 août 2000 relatif aux comités d'experts spécialisés placés auprès de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments ;

Vu l'arrêté du 30 août 2000 portant nomination aux comités d'experts spécialisés placés auprès de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments ;

Vu le règlement intérieur de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments.

DECIDE :

Article premier. Il est créé sur proposition du comité d'experts spécialisé « Nutrition humaine » lors de la réunion du 24 avril 2003 un groupe de travail dénommé « **Evaluation de l'impact nutritionnel de l'introduction de composés iodés dans les produits agroalimentaires** ».

La thématique de ce groupe de travail s'intègre pleinement dans le cadre de la loi quinquennale relative à la politique de santé publique¹ puisqu'elle se réfère à l'un des 100 objectifs de santé publique retenus pour les années 2004-2008, notamment une réduction de 20 % de la fréquence de la déficience en iode de la population française.

Il convient de rappeler que l'Afssa a exprimé le 31 juillet 2002, dans le cadre de la modification de l'arrêté du 28 mai 1997 portant sur le sel de qualité alimentaire et les substances d'apport nutritionnel pouvant être utilisées pour sa supplémentation, un avis favorable à l'enrichissement en iode, sous forme de iodures, à hauteur de 15 à 20 mg/kg (moyenne de 17,5 mg/kg), du sel destiné aux particuliers et à la restauration collective ou hors foyer, mais exclut le sel destiné aux industries agroalimentaires. Cette restriction est étayée par la prise en compte d'un risque de surcharge en iode (dépassement de l'apport nutritionnel conseillé (ANC) de ce minéral, 150 µg/jour) dans une situation d'utilisation systématique du sel iodé en restauration en foyer, hors foyer et pour la fabrication des produits industriels².

Toutefois, trois éléments pourraient contribuer à une marginalisation de l'efficacité de cette orientation : 1) le faible impact de l'ajout volontaire de sel sur la prophylaxie de la déficience en iode dans la population française (seulement 20 % de l'apport total en sel provient du sel ajouté, dont 3 % de la salière domestique)³ ; 2) l'impact des recommandations de l'Afssa en faveur d'une réduction des apports sodés (-20 % en 5 ans), notamment via de meilleures pratiques culinaires et comportementales (utilisation non systématique de la salière domestique) et 3) la prépondérance des produits industriels dans la contribution aux apports en sel dans notre alimentation.

Ce travail vise donc à évaluer l'intérêt nutritionnel et l'éventuel risque sanitaire liés à l'enrichissement en iode de manière à proposer des mesures susceptibles de contribuer à la mise en œuvre d'une prophylaxie adéquate de la déficience en iode en France : notamment des recommandations pour un éventuel élargissement de la réglementation actuelle en vue d'une utilisation du sel iodé dans la fabrication d'un nombre limité d'aliments, des propositions pour une alternative à l'enrichissement du sel en iode, etc. L'utilisation de produits iodés en alimentation animale (compléments alimentaires), en santé animale (médicaments, désinfectants) et dans les industries laitières (désinfectants) constitue une source

¹ Document N°877 enregistré le 21 mai 2003 à la Présidence de l'Assemblée nationale

² Notes techniques N° 97.06 et 98.32 pour l'OCA (Observatoire des consommations alimentaires) sur les estimations par simulation de la consommation potentielle d'iode dans diverses hypothèses de supplémentation du sel en iode

³ The French national nutrition survey (INCA2/ENNS) : methods and design – Mennen LI et al. The fifth international conference on dietary assessment methods, Thailand, 26-29 janvier 2003

d'enrichissement caché en iode et l'évaluation de l'impact de ces pratiques constitue un préalable indispensable.

Article 2. Le groupe de travail mentionné à l'article premier est composé des membres suivants :

- Membres du comité d'experts spécialisé « Nutrition humaine » :

Mme Michèle GARABEDIAN
M. Jean-Philippe GIRARDET
M. Bruno LESOURD

- Autres experts :

M. Jacques BARNOUIN (INRA, Saint-Genès-Champagnelle)
M. Philippe BRUNSCHWIG (Institut de l'élevage, Angers – membre du CES « Alimentation animale »)
M. Bertrand FAROULT (Vétérinaire clinicien, Boos – membre du CES « Santé animale »)
M. Jacques ORGIAZZI (Hôpital Lyon sud)
M. Jean-Michel POUL (Afssa Fougères – membre du CES « Arômes, additifs et auxiliaires technologiques »)
M. Jean-Louis IMBS (Faculté de médecine, Strasbourg)
M Pierre VALEIX (U557/CNAM)

Article 3. M. Pierre VALEIX est nommé président du groupe de travail mentionné à l'article premier.

Article 4. Les représentants de la DGS, DGAL et DGCCRF peuvent être associés aux travaux du groupe en fonction des points à l'ordre du jour des réunions.

Article 5. Les conclusions du groupe de travail seront présentées au comité d'experts spécialisé « Nutrition humaine » dans un délai de 9 mois.

Article 6. Le secrétariat du groupe de travail mentionné à l'article premier est assuré par la direction de l'évaluation des risques nutritionnels et sanitaires.

Fait à Maisons-Alfort, le

Le Directeur général de l'Agence française de
sécurité sanitaire des aliments

Martin HIRSCH

V.2 Annexe 2 : Avis de l'Afssa du 31 juillet 2002



Afssa – Saisine n° 2000-SA-0184

Maisons-Alfort, le

AVIS

LE DIRECTEUR GÉNÉRAL

de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à la modification de l'arrêté du 28 mai 1997 portant sur le sel alimentaire et aux substances d'apport nutritionnel pouvant être utilisées pour sa supplémentation.

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a été saisie le 21 janvier 2000 par la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes d'une demande portant sur la modification de l'arrêté du 28 mai 1997 relatif au sel alimentaire et aux substances d'apport nutritionnel pouvant être utilisées pour sa supplémentation.

Les dispositions proposées concernent l'article 2 de l'arrêté sus-visé et portent sur l'enrichissement en iode du sel de qualité alimentaire.

L'avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF), en date du 15 septembre 1998, proposait un taux d'enrichissement en iode à 15-20 mg/ kg du sel (moyenne de 17,5 mg/ kg) destiné à la restauration collective et hors foyer et un élargissement de la forme d'enrichissement aux quatre combinaisons possibles : iodates et iodures de potassium et de sodium, à concentration en iode équivalente dans le sel enrichi.

L'avis de l'Académie de Médecine, en date du 7 décembre 1999, exprimait de sérieuses réserves sur l'avis du CSHPF et avait proposé que :

- le sel de qualité alimentaire soit enrichi en iode par les iodures de sodium ou de potassium (à l'exclusion des iodates correspondants) dans la proportion de 20 mg/ kg exprimée en iode ;
- cette disposition soit appliquée à la totalité du sel alimentaire destiné aux particuliers (sel de table) et aux industries agroalimentaires, à l'exception du sel artisanal ;
- le sel soit conditionné dans des emballages hermétiques avec une date limite d'utilisation n'excédant pas trois mois ;

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a donc été appelée à se prononcer sur :

- l'iodation du sel de qualité alimentaire ;
- le choix de la nature du sel iodé (iodure et/ ou iodate) ;
- le niveau d'enrichissement préconisé.

Après consultation du groupe de travail mixte « Valeur nutritionnelle et nouveaux aliments » du CSHPF et « Substances nutritives » de la Commission interministérielle d'étude des produits destinés à une alimentation particulière, réuni le 13 juin 2000 ; ainsi que les Comités d'experts spécialisés (CES) « Nutrition humaine », réuni le 22 janvier 2001 et le 21 mai 2002 et le CES « Additifs, arômes et auxiliaires technologiques », réuni le 6 février 2002, l'Afssa rend l'avis suivant :

Considérant que selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et le Conseil international pour la lutte contre les troubles dus à la carence en iode (ICCIDD),

- la couverture des apports journaliers recommandés (AJR) en iode d'une population est assurée lorsque l'iodurie médiane est supérieure à 100 µg/l ;

23, avenue du
Général de Gaulle
BP 19 - 947 01
Maisons-Alfort cedex
Tel 01 49 77 13 50
Fax 01 49 77 90 05
www.afssa.fr

REPUBLIQUE
FRANÇAISE

DERNS/Enr.22/Ind.D

1

- que la carence iodée reste un problème de santé publique dans la plupart des pays du Tiers-Monde et représente un problème de gravité variable dans les pays européens ;

Considérant qu'en France,

- une déficience existe et est inégalement répartie, avec un gradient de sévérité croissant du Nord-Ouest au Sud-Est. Les apports sont minimaux en Alsace, Lorraine, Franche-Comté, Massif Central et Pyrénées ;
- le statut iodé moyen du consommateur français résulte d'influences alimentaires très variées et que celui-ci tend à s'améliorer dans les populations diversifiant leur alimentation (usage ou non de sel domestique iodé, consommation de produits marins, de produits lactés etc) ;

Considérant que l'obligation d'iodation du sel ajouté apparaît utile et nécessaire pour mettre fin aux déficits persistants constatés actuellement et qu'au regard des données épidémiologiques (dont l'étude SU.VI.MAX : Supplémentation vitamines et minéraux antioxydants), un niveau d'enrichissement situé entre 15 à 20 mg/ kg (moyenne située à 17,5 mg/ kg) devrait être suffisant pour avoir un effet de cette mesure ;

Considérant toutefois que la généralisation de l'apport de sel iodé et le choix concomitant d'un niveau d'apport à 20 mg/ kg (niveau d'enrichissement préconisé par l'Académie de Médecine) pourrait entraîner un dépassement des AJR dans une proportion substantielle de la population, en particulier dans l'Ouest de la France d'après les simulations de consommation (étude ASPCC, 1998 : Association sucre et produits sucrés consommation communication) ;

Considérant que cet enrichissement concerne non seulement le sel destiné aux particuliers mais sera également étendu à la restauration collective et hors foyer ; que la généralisation de l'usage de sel iodé dans l'industrie alimentaire pourrait contribuer à une surconsommation d'iode, notamment chez les gros consommateurs de lait du fait de l'emploi des iodophores par l'industrie laitière ; que néanmoins, l'utilisation ciblée dans certains produits pourrait permettre d'améliorer l'efficacité de la mesure ;

Considérant que les formes d'enrichissement proposées sont :

- les formes salines des iodures de sodium et de potassium (INa, IK) qui, dans les conditions physiologiques, traversent la muqueuse digestive
- les formes salines des iodates de sodium et de potassium (IO3Na, IO3K) qui ne sont utilisées principalement, en nutrition humaine, que dans les campagnes massives d'éradication de la carence iodée ;

que le choix de l'emploi des iodates est fondé sur leur meilleure stabilité dans un environnement tropical chaud et humide mais que toutefois, cet environnement défavorable n'existe pas en France où le niveau d'iodation et les moyens de transport et de conservation sont aisément contrôlables ;

Considérant la large utilisation qui serait faite du sel enrichi en iodates et la diversité des populations qui pourraient être exposées ;

Considérant que sur les aspects toxicologiques :

- les études expérimentales réalisées n'ont pas permis d'établir une dose journalière admissible (DJA) pour les iodates de sodium et/ou de potassium;
- les données expérimentales existantes ne permettent pas d'évaluer totalement les risques liés aux éventuels effets génotoxiques des iodates à des doses compatibles avec l'exposition attendue, car il n'existe pas de données fiables notamment sur les effets des iodates dans des tests génotoxiques in vitro et/ou in vivo ;
- les données expérimentales sur la toxicocinétique des iodates ne permettent pas d'élucider leur taux de transformation en iodures, dans les aliments et/ou l'organisme ;

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments émet un avis favorable sur le niveau d'enrichissement, sous forme de iodures, à hauteur de 15 à 20 mg/kg du sel de qualité alimentaire (moyenne située à 17,5 mg/kg) exprimé en iode et destiné aux particuliers, avec obligation de cette mesure pour la restauration collective et hors foyer et à l'exclusion du sel destiné aux industries agroalimentaires.

Néanmoins, l'Afssa considère que l'enrichissement du sel de qualité alimentaire par des iodates de sodium ou de potassium ne peut pas être entièrement évalué dans l'état actuel des connaissances.

Elle ajoute par ailleurs qu'il est souhaitable d'évaluer à nouveau l'impact de la mesure dans un délai de deux ans. La mise en place d'un nouveau dispositif est donc envisageable :

- nouvelles études de simulation menées à partir d'enquêtes de consommation
- réactualisation des tables de composition des aliments en sodium et en iode.

Martin HIRSCH

V.3 Annexe 3 : Classification des aliments consommés dans l'enquête INCA en 44 groupes (903 lignes de produits utilisés dans INCA 1999)

g	Groupes d'aliments	Code Ciqual	Intitulé
01	Pain, biscottes	00703	Blini
01	Pain, biscottes	07001	Baguette de pain
01	Pain, biscottes	07004	Pain grillé domestique
01	Pain, biscottes	07100	Pain de campagne
01	Pain, biscottes	07110	Pain complet
01	Pain, biscottes	07125	Pain de seigle et froment
01	Pain, biscottes	07160	Pain sans sel
01	Pain, biscottes	07200	Pain de mie
01	Pain, biscottes	07300	Biscotte sans spécification
01	Pain, biscottes	90001	Galette de sarrasin
01	Pain, biscottes	90002	Pain de seigle
01	Pain, biscottes	90003	Pain type Poilane
02	Céréales pour petit déjeuner	00574	Farine bouillie petit déjeuner enfant
02	Céréales pour petit déjeuner	32000	Blé soufflé pour petit déjeuner
02	Céréales pour petit déjeuner	32001	Céréales chocolatées pour petit déjeuner
02	Céréales pour petit déjeuner	32003	Céréales sucrées pour petit déjeuner
02	Céréales pour petit déjeuner	32004	Muesli
02	Céréales pour petit déjeuner	32005	Pétales de maïs enrichi
02	Céréales pour petit déjeuner	32006	Riz soufflé enrichi
02	Céréales pour petit déjeuner	90004	Céréales sans autre précision pour petit déjeuner
03	Pâtes	09811	Pâtes alimentaires cuites
03	Pâtes	09822	Pâtes alimentaires aux oeufs cuites
04	Riz et semoule	09101	Riz blanc étuvé
04	Riz et semoule	09103	Riz complet cuit
04	Riz et semoule	09104	Riz blanc cuit
04	Riz et semoule	90005	Couscous (graine seule), semoule cuite
05	Autres céréales	09230	Mais éclaté à l'huile salé, pop corn
05	Autres céréales	09313	Flocons d'avoine cuit à l'eau, porridge
05	Autres céréales	09440	Farine blanche
05	Autres céréales	09510	Fécule de maïs
05	Autres céréales	09660	Germe de blé
05	Autres céréales	23426	Pâte feuilletée pur beurre, cuite
06	Viennoiseries	07601	Croissant
06	Viennoiseries	07710	Pain au lait
06	Viennoiseries	07720	Pain aux raisins
06	Viennoiseries	07730	Pain au chocolat
06	Viennoiseries	07741	Brioche
06	Viennoiseries	90006	Croissant au beurre
06	Viennoiseries	90007	Croissant aux amandes
07	Biscuits	23032	Brownie au chocolat et aux noix
07	Biscuits	23200	Pain d'épices
07	Biscuits	23909	Cake
07	Biscuits	24000	Biscuit sec
07	Biscuits	24015	Biscuit petit beurre
07	Biscuits	24036	Biscuit chocolaté
07	Biscuits	24049	Galette ou sablé (Sablé des Flandres, Galette St Sauveur, Beurré Nantais)
07	Biscuits	24430	Biscuit à la cuillère, champagne (biscuit)
07	Biscuits	24630	Madeleine
07	Biscuits	38105	Amuse-gueule à base de maïs
07	Biscuits	38401	Biscuit apéritif au fromage
07	Biscuits	90008	Barre confiturée AUTRE type Chamonix
07	Biscuits	90009	Barre confiturée fourrée type Fruitolu
07	Biscuits	90010	Biscuit apéritif salé
07	Biscuits	90011	Biscuit nappé de chocolat type Pépito
07	Biscuits	90012	Biscuit nappé de chocolat type Petit Écolier
07	Biscuits	90013	Biscuit sec AUTRE Sirtaki (raisins secs), Tuiles aux amandes
07	Biscuits	90014	Biscuit sec chocolaté AUTRE type Mikado
07	Biscuits	90015	Biscuit sec chocolaté type LU P'tit déjeuner
07	Biscuits	90016	Biscuit sec feuilleté type Petits Coeurs nature, Palmito, Feuilleté doré
07	Biscuits	90017	Cookie
07	Biscuits	90018	Gaufrette confiturée type Paille d'or
07	Biscuits	90019	Gaufrette fourrée crème grasse type Résille d'or ou Schock
07	Biscuits	90020	Génoise confiturée nappée type Barquette fruits Mini roulés (Captain choc)
07	Biscuits	90021	Génoise enrobée de chocolat Type Pim's, gâteau fourré (Captain Choc)
07	Biscuits	90022	Gôûter chocolaté fourré type Prince, Crock Image
07	Biscuits	90023	Langue de chat

g	Groupes d'aliments	Code Ciqual	Intitulé
07	Biscuits	90024	Madeleine confiturée type Coqueline
07	Biscuits	90025	Pâtisserie chocolatée type Napolitain Mini-roulé
07	Biscuits	90026	Quatre-quarts
08	Pâtisserie	00541	Tarte à la crème
08	Pâtisserie	00702	Crêpe sucrée fourrée ou non fourrée
08	Pâtisserie	23024	Macaron
08	Pâtisserie	23050	Gâteau de Savoie
08	Pâtisserie	23467	Chouquette
08	Pâtisserie	23477	Chou à la crème, éclair, religieuse
08	Pâtisserie	23490	Tarte aux pommes, tartelette aux pommes
08	Pâtisserie	23499	Tarte aux fruits, tartelette aux fruits
08	Pâtisserie	23589	Gâteau au fromage blanc
08	Pâtisserie	23855	Gaufre
08	Pâtisserie	23880	Beignet sucré, donut
08	Pâtisserie	23881	Beignet à la confiture, donut à la confiture
08	Pâtisserie	23950	Muffin
08	Pâtisserie	24520	Meringue
08	Pâtisserie	24666	Mille-feuille
08	Pâtisserie	90028	Baba au rhum
08	Pâtisserie	90029	Charlotte
08	Pâtisserie	90030	Crumble
08	Pâtisserie	90031	Gâteau à la crème
08	Pâtisserie	90032	Gâteau Mousse aux fruits
08	Pâtisserie	90033	Gâteau sans autre précision
08	Pâtisserie	90034	Pâtisserie orientale (corne de gazelle, makroud,...)
08	Pâtisserie	90035	Tourte aux amandes
09	Lait	00063	Lait entier cru
09	Lait	19011	Lait de croissance infantile
09	Lait	19023	Lait entier UHT
09	Lait	19024	Lait entier pasteurisé
09	Lait	19026	Lait entier concentré
09	Lait	19027	Lait entier concentré sucré
09	Lait	19041	Lait demi écrémé UHT
09	Lait	19042	Lait demi écrémé pasteurisé
09	Lait	19044	Lait demi écrémé en poudre
09	Lait	19050	Lait écrémé UHT
09	Lait	19054	Lait écrémé en poudre
09	Lait	19200	Lait de chèvre
09	Lait	19800	Bifidus, Lait fermenté nature
09	Lait	90036	Lait aromatisé UHT
09	Lait	90037	Lait fermenté (Fjord), lait ribot type Yorik
09	Lait	90038	Lait fermenté type Actimel LC1 Yakult
10	Ultra frais laitier	00583	Yaourt aux fruits et édulcorant maigre
10	Ultra frais laitier	00585	Bifidus aux fruits
10	Ultra frais laitier	00606	Fromage blanc aux fruits 0% M.G.
10	Ultra frais laitier	00607	Fromage blanc aux fruits 20% M.G.
10	Ultra frais laitier	19401	Crème de lait pasteurisée, crème fraîche pasteurisée
10	Ultra frais laitier	19410	Crème de lait épaisse, crème fraîche épaisse
10	Ultra frais laitier	19415	Crème de lait stérilisée liquide, crème fraîche stérilisée liquide
10	Ultra frais laitier	19430	Crème de lait légère, crème fraîche légère
10	Ultra frais laitier	19505	Fromage blanc nature 0% MG
10	Ultra frais laitier	19510	Fromage blanc nature 20% MG
10	Ultra frais laitier	19522	Fromage blanc 40% MG nature
10	Ultra frais laitier	19524	Fromage blanc demi-sel 40% MG
10	Ultra frais laitier	19530	Fromage blanc aromatisé salé 70% MG
10	Ultra frais laitier	19565	Petit-Suisse nature 40% MG
10	Ultra frais laitier	19600	Yaourt nature
10	Ultra frais laitier	19601	Yaourt nature au lait entier
10	Ultra frais laitier	19606	Yaourt nature maigre
10	Ultra frais laitier	19608	Yaourt sucré maigre
10	Ultra frais laitier	19609	Yaourt nature sucré
10	Ultra frais laitier	19610	Yaourt aromatisé
10	Ultra frais laitier	19611	Yaourt aromatisé au lait entier
10	Ultra frais laitier	19670	Yaourt aromatisé au lait écrémé
10	Ultra frais laitier	19700	Yaourt aux fruits au lait entier
10	Ultra frais laitier	19770	Yaourt à boire nature sucré
10	Ultra frais laitier	19771	Yaourt à boire aromatisé
10	Ultra frais laitier	19850	Fromage blanc genre Gervita nature
10	Ultra frais laitier	39000	Milk-shake
10	Ultra frais laitier	90039	Crème fraîche sans autre précision, crème de lait sans autre précision
10	Ultra frais laitier	90040	Bifidus type Bio, Fromage blanc aromatisé
10	Ultra frais laitier	90041	Fromage blanc de campagne (avec ou sans faisselle) de 0 à 40% MG
10	Ultra frais laitier	90043	Fromage blanc sans autre précision

g	Groupes d'aliments	Code Ciqual	Intitulé
10	Ultra frais laitier	90046	Petit-Suisse aromatisé 40% MG
10	Ultra frais laitier	90048	Petit-Suisse aux fruits
10	Ultra frais laitier	90051	Bifidus type BA, Bio, Yaourt aromatisé ou aux fruits, sur coulis
10	Ultra frais laitier	90052	Bifidus, yaourt
10	Ultra frais laitier	90054	Yaourt aux céréales type Breakfast
10	Ultra frais laitier	90055	Yaourt avec des morceaux de fruits ou à la pulpe de fruits 0% MG
10	Ultra frais laitier	90056	Yaourt avec des morceaux de fruits ou sur coulis de fruits
10	Ultra frais laitier	90057	Yaourt bulgare ou velouté à la pulpe de fruits
10	Ultra frais laitier	90058	Yaourt bulgare ou velouté nature
10	Ultra frais laitier	90059	Yaourt sans autre précision
10	Ultra frais laitier	90060	Crème de lait épaisse UHT, crème fraîche épaisse UHT
11	Fromages	12000	Camembert 40% MG
11	Fromages	12001	Camembert 45% MG
11	Fromages	12002	Camembert et apparenté 50% MG
11	Fromages	12010	Coulommiers
11	Fromages	12020	Brie
11	Fromages	12025	Carré de l'Est
11	Fromages	12028	Chaource
11	Fromages	12031	Neufchâtel
11	Fromages	12036	Maroilles
11	Fromages	12039	Munster
11	Fromages	12042	Pont l'Évêque
11	Fromages	12045	Reblochon
11	Fromages	12048	Rouy
11	Fromages	12049	Saint-Marcellin
11	Fromages	12051	Vacherin
11	Fromages	12060	Cottage, féta
11	Fromages	12105	Beaufort
11	Fromages	12110	Comté
11	Fromages	12115	Emmental
11	Fromages	12120	Parmesan
11	Fromages	12310	Fromage fondu 45% MG
11	Fromages	12315	Fromage fondu 65% MG
11	Fromages	12320	Fromage fondu 70% MG
11	Fromages	12500	Roquefort
11	Fromages	12520	Bleu sans autre précision (fromage)
11	Fromages	12705	Fromage pâte ferme 20-30% MG
11	Fromages	12720	Babybel, fromage genre Bonbel
11	Fromages	12723	Cantal
11	Fromages	12726	Cheddar
11	Fromages	12729	Édam
11	Fromages	12736	Gouda
11	Fromages	12743	Morbier
11	Fromages	12746	Pyrénées (fromage)
11	Fromages	12749	Raclette
11	Fromages	12752	Saint-Nectaire
11	Fromages	12755	Saint-Paulin
11	Fromages	12758	Tomme
11	Fromages	12805	Fromage de chèvre frais
11	Fromages	12810	Fromage de chèvre demi sec
11	Fromages	12815	Fromage de chèvre sec
11	Fromages	12820	Fromage de chèvre pâte molle
11	Fromages	12833	Crottin
11	Fromages	12845	Selles-sur-Cher
11	Fromages	90061	Apéricube
11	Fromages	90063	Bleu d'Auvergne
11	Fromages	90064	Bleu de Bresse, Mini Bleu de Bresse
11	Fromages	90065	Bleu des Causses
11	Fromages	90067	Boursin
11	Fromages	90068	Camembert sans autre précision
11	Fromages	90069	Caprice des dieux
11	Fromages	90070	Carré frais type Carré Gervais
11	Fromages	90071	Chamois d'Or
11	Fromages	90072	Chaumes
11	Fromages	90073	Chavroux (chèvre individuel)
11	Fromages	90075	Epoisses
11	Fromages	90076	Fol épi (fromage)
11	Fromages	90078	Fromage à cuire type Menu Fromage, Crousticho, Saint Chevrin
11	Fromages	90079	Fromage allégé (20-25% MG) à l'exclusion du fromage blanc
11	Fromages	90080	Fromage sans autre précision
11	Fromages	90081	Gorgonzola
11	Fromages	90082	Gruyère
11	Fromages	90083	Hollande (fromage)

g	Groupes d'aliments	Code Ciqual	Intitulé
11	Fromages	90084	Kiri
11	Fromages	90086	Leerdammer
11	Fromages	90087	Livarot
11	Fromages	90088	Maasdam
11	Fromages	90089	Mimolette
11	Fromages	90093	Mozzarella, ricotta
11	Fromages	90095	Pavé d'Affinois
11	Fromages	90097	Port Salut
11	Fromages	90098	P'tit Louis
11	Fromages	90100	Rambol aux noix
11	Fromages	90101	Ricotta, mozzarella
11	Fromages	90102	Saint-Albray
11	Fromages	90103	Saint-Moret
11	Fromages	90104	Saint-Moret allégé
11	Fromages	90106	Samos 99
11	Fromages	90108	Suprême
11	Fromages	90109	Tartare (fromage)
11	Fromages	90110	Vache qui rit
11	Fromages	90112	Vieux Pané
12	Oeufs et dérivés	22000	Oeuf entier cru
12	Oeufs et dérivés	22001	Blanc d'oeuf
12	Oeufs et dérivés	22002	Jaune d'oeuf
12	Oeufs et dérivés	22010	Oeuf dur
12	Oeufs et dérivés	22011	Oeuf poché
12	Oeufs et dérivés	22500	Omelette nature
12	Oeufs et dérivés	22501	Oeuf au plat salé
12	Oeufs et dérivés	22502	Oeuf brouillé beurre
13	Beurre	16400	Beurre
13	Beurre	16402	Beurre demi-sel
13	Beurre	16410	Beurre allégé
13	Beurre	80001	Beurre ajouté
13	Beurre	80002	Beurre de cuisson ajouté
14	Huiles	17040	Huile d'arachide
14	Huiles	17130	Huile de colza
14	Huiles	17220	Huile de noix
14	Huiles	17270	Huile d'olive vierge
14	Huiles	17440	Huile de tournesol
14	Huiles	17610	Huile de poisson
14	Huiles	17700	Huile mélangée équilibrée type Isio 4
14	Huiles	80003	Huile de cuisson ajoutée
15	Margarine	16615	Margarine sans autre précision
15	Margarine	16655	Margarine au tournesol en barquette
15	Margarine	16720	Margarine allégée
15	Margarine	80007	Margarine de cuisson ajoutée
15	Margarine	80008	Margarine ajoutée
15	Margarine	90113	Margarine au tournesol allégée
16	Autres graisses	16520	Saindoux
16	Autres graisses	16530	Lard
16	Autres graisses	16560	Graisse d'oie
17	Viandes	06100	Bœuf entrecôte grillé
17	Viandes	06101	Bœuf braisé
17	Viandes	06110	Bœuf faux filet grillé
17	Viandes	06200	Bœuf bifteck grillé
17	Viandes	06210	Bœuf ros bif rôti
17	Viandes	06220	Bœuf à bourguignon cuit
17	Viandes	06230	Bœuf à pot-au-feu cuit
17	Viandes	06250	Steak haché 5% MG cru
17	Viandes	06251	Steak haché 5% MG cuit
17	Viandes	06253	Steak haché 10% MG cuit
17	Viandes	06254	Steak haché 15% MG cru
17	Viandes	06255	Steak haché 15% MG cuit
17	Viandes	06257	Steak haché 20% MG cuit
17	Viandes	06510	Veau côte
17	Viandes	06520	Veau escalope cuit
17	Viandes	06531	Veau filet rôti
17	Viandes	06540	Veau poitrine
17	Viandes	06550	Veau rôti
17	Viandes	06560	Veau épaule
17	Viandes	06900	Cheval viande
17	Viandes	21501	Agneau côtelette grillé
17	Viandes	21503	Agneau gigot rôti
17	Viandes	21506	Agneau épaule cuit rôti
17	Viandes	21507	Agneau épaule maigre rôti

g	Groupes d'aliments	Code Ciqual	Intitulé
17	Viandes	28101	Porc côtelette grillé
17	Viandes	28202	Porc filet rôti maigre cuit
17	Viandes	28301	Porc rôti cuit
17	Viandes	28401	Porc travers braisé
17	Viandes	28451	Porc échine rôti
17	Viandes	90114	Viande sans autre précision
18	Volailles et gibiers	14000	Chevreuril rôti
18	Volailles et gibiers	14001	Lièvre en ragoût
18	Volailles et gibiers	14002	Sanglier
18	Volailles et gibiers	34000	Lapin en ragoût
18	Volailles et gibiers	36004	Poulet cuisse rôti
18	Volailles et gibiers	36005	Poulet rôti
18	Volailles et gibiers	36010	Poule viande et peau bouillie
18	Volailles et gibiers	36011	Poule viande bouillie
18	Volailles et gibiers	36100	Caille
18	Volailles et gibiers	36202	Canard rôti
18	Volailles et gibiers	36302	Dinde rôtie
18	Volailles et gibiers	36306	Dinde escalope sautée
18	Volailles et gibiers	36402	Faisan rôti
18	Volailles et gibiers	36602	Pigeon rôti
18	Volailles et gibiers	90044	Lapin sans autre précision
18	Volailles et gibiers	90045	Magret de canard
19	Abats	00246	Rognon de porc cuit
19	Abats	40004	Cervelle de porc cuite
19	Abats	40007	Cervelle de veau cuite
19	Abats	40050	Cœur sans autre précision
19	Abats	40053	Cœur de bœuf cuit
19	Abats	40103	Foie d'agneau cuit
19	Abats	40105	Foie de génisse cuit
19	Abats	40107	Foie de veau cuit
19	Abats	40109	Foie de volaille cuit
19	Abats	40203	Langue de bœuf cuite
19	Abats	40204	Langue de veau
19	Abats	40305	Ris de veau braisé
19	Abats	40401	Rognon sans autre précision cuit
19	Abats	40404	Rognon de porc
19	Abats	40407	Rognon d'agneau
19	Abats	40409	Rognon de veau
20	Charcuterie	00257	Jambon fumé
20	Charcuterie	08055	Rillettes
20	Charcuterie	08211	Pâté de campagne
20	Charcuterie	08232	Terrine de canard
20	Charcuterie	08240	Pâté de lapin
20	Charcuterie	08292	Pâté à base de poisson ou de crustacés
20	Charcuterie	08293	Tarama
20	Charcuterie	08295	Mousse de poisson
20	Charcuterie	08296	Terrine ou mousse de légumes
20	Charcuterie	08305	Pâté de foie de porc
20	Charcuterie	08316	Pâté de foie de volaille
20	Charcuterie	08320	Foie gras
20	Charcuterie	08350	Galantine
20	Charcuterie	08391	Pâté en croûte
20	Charcuterie	08400	Fromage de tête
20	Charcuterie	08550	Andouillette
20	Charcuterie	08601	Tripes
20	Charcuterie	08704	Boudin noir cuit
20	Charcuterie	08800	Boudin blanc
20	Charcuterie	28501	Lard maigre frais
20	Charcuterie	28720	Poitrine de porc fumée
20	Charcuterie	28725	Bacon fumé cuit
20	Charcuterie	28800	Jambon cru
20	Charcuterie	28802	Jambon sec DD (découenné dégraissé)
20	Charcuterie	28906	Jambon cuit supérieur DD
20	Charcuterie	28916	Jambon cuit
20	Charcuterie	28925	Jambon cuit DD (découenné dégraissé)
20	Charcuterie	30050	Chair à saucisse
20	Charcuterie	30104	Saucisse de Morteau
20	Charcuterie	30105	Saucisse de Montbéliard
20	Charcuterie	30110	Saucisse de Toulouse
20	Charcuterie	30115	Chipolata
20	Charcuterie	30125	Saucisse alsacienne fumée (Gendarme)
20	Charcuterie	30134	Saucisse de Francfort
20	Charcuterie	30150	Merguez

g	Groupes d'aliments	Code Ciqual	Intitulé
20	Charcuterie	30300	Saucisson sec
20	Charcuterie	30304	Rosette ou Fuseau
20	Charcuterie	30315	Chorizo sec
20	Charcuterie	30350	Salami
20	Charcuterie	30700	Saucisson à l'ail
20	Charcuterie	30730	Cervelas
20	Charcuterie	30742	Saucisse de Strasbourg
20	Charcuterie	30746	Saucisse cocktail
20	Charcuterie	30789	Mortadelle
20	Charcuterie	90115	Andouille
20	Charcuterie	90116	Coppa
20	Charcuterie	90117	Lardons
20	Charcuterie	90118	Pâté de tête
20	Charcuterie	90119	Saucisse sèche
20	Charcuterie	90120	Snack, saucisse
21	Poissons	00308	Raie frite
21	Poissons	26000	Anchois filets à l'huile semi-conserve
21	Poissons	26002	Carrelet frit
21	Poissons	26003	Carrelet à la vapeur
21	Poissons	26004	Oeufs de lompe semi-conserve
21	Poissons	26006	Colin d'Alaska
21	Poissons	26009	Flétan
21	Poissons	26010	Hareng saur, Rollmops
21	Poissons	26012	Hareng frit
21	Poissons	26013	Hareng fumé
21	Poissons	26014	Hareng grillé
21	Poissons	26015	Lieu noir
21	Poissons	26016	Limande-sole panée frite
21	Poissons	26017	Limande-sole à la vapeur
21	Poissons	26018	Lotte
21	Poissons	26019	Maquereau cuit au four
21	Poissons	26020	Maquereau frit
21	Poissons	26021	Merlan frit
21	Poissons	26022	Merlan à la vapeur
21	Poissons	26023	Cabillaud au four
21	Poissons	26024	Morue salée pochée
21	Poissons	26025	Cabillaud à la vapeur
21	Poissons	26027	Pilchard sauce tomate en conserve
21	Poissons	26028	Croquette de poisson frit
21	Poissons	26030	Poisson pané frit
21	Poissons	26031	Raie au four
21	Poissons	26033	Roussette braisée
21	Poissons	26034	Sardine à l'huile conserve
21	Poissons	26035	Sardine sauce tomate conserve
21	Poissons	26036	Saumon cru
21	Poissons	26037	Saumon fumé
21	Poissons	26038	Saumon à la vapeur
21	Poissons	26039	Thon au naturel en conserve
21	Poissons	26041	Thon cuit au four
21	Poissons	26042	Turbot sauvage
21	Poissons	26044	Merlu
21	Poissons	26046	Surimi bâtonnets
21	Poissons	26053	Thon cru
21	Poissons	26054	Poisson en sauce surgelé
21	Poissons	26057	Limande
21	Poissons	26060	Sole au four
21	Poissons	26063	Rascasse
21	Poissons	26065	Sardine crue
21	Poissons	26071	Thon à l'huile en conserve
21	Poissons	26072	Bar commun (loup)
21	Poissons	26073	Raie au court-bouillon
21	Poissons	26074	Roussette ou petite roussette crue
21	Poissons	26081	Baudroie grillée
21	Poissons	26082	Espadon frais
21	Poissons	26085	Rouget frais
21	Poissons	26086	Maquereau filet sauce tomate conserve
21	Poissons	26097	Maquereau filet au vin blanc conserve
21	Poissons	27000	Anguille cuite au four
21	Poissons	27002	Brochet cuit au four
21	Poissons	27004	Carpe au four
21	Poissons	27005	Perche au four
21	Poissons	27006	Truite de rivière au four
21	Poissons	27007	Truite de rivière à la vapeur

g	Groupes d'aliments	Code Ciqual	Intitulé
21	Poissons	27014	Truite arc en ciel au four
21	Poissons	27015	Truite arc en ciel à la vapeur
21	Poissons	34500	Grenouille cuise
21	Poissons	90121	Filet de julienne
21	Poissons	90122	Nugget de poisson
21	Poissons	90123	Poisson sans autre précision
22	Crustacés et mollusques	00325	Coquille St Jacques
22	Crustacés et mollusques	00333	Langoustine frite
22	Crustacés et mollusques	10000	Bigorneau cuit
22	Crustacés et mollusques	10002	Calmar frit
22	Crustacés et mollusques	10005	Crabe en conserve
22	Crustacés et mollusques	10007	Crevette cuite
22	Crustacés et mollusques	10008	Escargot
22	Crustacés et mollusques	10011	Huître
22	Crustacés et mollusques	10013	Moule cuite à l'eau
22	Crustacés et mollusques	10015	Langouste
22	Crustacés et mollusques	10016	Seiche
22	Crustacés et mollusques	10020	Bulot ou Buccin cuit
22	Crustacés et mollusques	10025	Crabe ou Tourteau poché
22	Crustacés et mollusques	90124	Fruits de mer
23	Légumes (hors pommes de terre)	00379	Potiron
23	Légumes (hors pommes de terre)	09230	Mais éclaté à l'huile salé, pop corn
23	Légumes (hors pommes de terre)	11000	Ail
23	Légumes (hors pommes de terre)	11004	Cornichon au vinaigre
23	Légumes (hors pommes de terre)	11014	Persil frais
23	Légumes (hors pommes de terre)	13004	Avocat
23	Légumes (hors pommes de terre)	20000	Artichaut
23	Légumes (hors pommes de terre)	20001	Asperge cuite
23	Légumes (hors pommes de terre)	20002	Aubergine cuite
23	Légumes (hors pommes de terre)	20003	Betterave rouge
23	Légumes (hors pommes de terre)	20005	Bette cuite
23	Légumes (hors pommes de terre)	20006	Brocoli cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20007	Carotte en conserve
23	Légumes (hors pommes de terre)	20008	Carotte cuite
23	Légumes (hors pommes de terre)	20009	Carotte crue
23	Légumes (hors pommes de terre)	20010	Champignon cru
23	Légumes (hors pommes de terre)	20011	Champignon appertisé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20012	Chicorée frisée crue
23	Légumes (hors pommes de terre)	20013	Chou de Bruxelles cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20014	Chou rouge cru
23	Légumes (hors pommes de terre)	20015	Chou vert
23	Légumes (hors pommes de terre)	20017	Chou-fleur cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20018	Coeur de palmier appertisé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20019	Concombre cru
23	Légumes (hors pommes de terre)	20020	Courgette crue
23	Légumes (hors pommes de terre)	20021	Courgette cuite
23	Légumes (hors pommes de terre)	20022	Cresson
23	Légumes (hors pommes de terre)	20023	Céleri branche cru
23	Légumes (hors pommes de terre)	20024	Céleri branche cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20025	Céleri-rave cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20026	Endive crue
23	Légumes (hors pommes de terre)	20027	Épinard cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20028	Fenouil
23	Légumes (hors pommes de terre)	20029	Germe de soja appertisé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20030	Haricot vert cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20031	Laitue crue
23	Légumes (hors pommes de terre)	20032	Laitue cuite
23	Légumes (hors pommes de terre)	20033	Navet cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20034	Oignon cru
23	Légumes (hors pommes de terre)	20035	Oignon cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20036	Petit pois appertisé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20037	Petit pois cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20038	Pissenlit cru
23	Légumes (hors pommes de terre)	20040	Poireau cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20041	Poivron vert jaune ou rouge cru
23	Légumes (hors pommes de terre)	20042	Poivron vert jaune ou rouge cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20043	Potiron appertisé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20045	Radis
23	Légumes (hors pommes de terre)	20046	Salsifis cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20047	Tomate crue
23	Légumes (hors pommes de terre)	20048	Tomate pelée en conserve
23	Légumes (hors pommes de terre)	20049	Mais doux en épis cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20050	Topinambour

g	Groupes d'aliments	Code Ciqual	Intitulé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20051	Macédoine de légumes
23	Légumes (hors pommes de terre)	20053	Aubergine crue
23	Légumes (hors pommes de terre)	20054	Cardon
23	Légumes (hors pommes de terre)	20055	Céleri-rave cru
23	Légumes (hors pommes de terre)	20062	Haricot vert appertisé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20063	Haricot beurre appertisé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20066	Mais doux appertisé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20070	Haricot vert surgelé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20071	Haricot vert surgelé cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20077	Chou de Bruxelles appertisé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20078	Céleri branche appertisé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20079	Champignon de Paris appertisé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20081	Salsifis appertisé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20083	Épinard surgelé haché
23	Légumes (hors pommes de terre)	20084	Petit pois surgelé
23	Légumes (hors pommes de terre)	20085	Poivron vert cru
23	Légumes (hors pommes de terre)	20086	Poivron vert cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20087	Poivron rouge cru
23	Légumes (hors pommes de terre)	20088	Poivron rouge cuit
23	Légumes (hors pommes de terre)	20089	Radis noir
23	Légumes (hors pommes de terre)	20095	Chou rouge cuit à l'eau
23	Légumes (hors pommes de terre)	20098	Endive cuite
23	Légumes (hors pommes de terre)	20099	Mâche
23	Légumes (hors pommes de terre)	20112	Oseille cuite à l'eau
23	Légumes (hors pommes de terre)	20128	Courge musquée pulpe
23	Légumes (hors pommes de terre)	90125	Chou blanc
23	Légumes (hors pommes de terre)	90126	Germe de soja cru
23	Légumes (hors pommes de terre)	90127	Légumes sans autre précision
23	Légumes (hors pommes de terre)	90128	Salade sans autre précision
24	Pommes de terre et apparenté	04000	Tapioca
24	Pommes de terre et apparenté	04002	Pomme de terre au four
24	Pommes de terre et apparenté	04003	Pomme de terre cuite à l'eau
24	Pommes de terre et apparenté	04004	Chips salées (pomme de terre)
24	Pommes de terre et apparenté	04005	Pomme de terre frite non salée
24	Pommes de terre et apparenté	04013	Pomme noisette précuite surgelée
24	Pommes de terre et apparenté	04018	Pomme de terre purée
24	Pommes de terre et apparenté	04021	Pomme de terre dauphine cuite
24	Pommes de terre et apparenté	04101	Patate douce
24	Pommes de terre et apparenté	90129	Pomme de terre sautée
25	Légumes secs	20500	Fève
25	Légumes secs	20501	Haricot blanc sec
25	Légumes secs	20502	Haricot blanc cuit
25	Légumes secs	20503	Haricot rouge cuit
25	Légumes secs	20505	Lentille cuite
25	Légumes secs	20506	Pois cassé
25	Légumes secs	20507	Pois chiche
25	Légumes secs	20508	Haricot flageolet appertisé
25	Légumes secs	20510	Lentille cuisinée appertisée
25	Légumes secs	20511	Haricot blanc appertisé
25	Légumes secs	20904	Tofu
25	Légumes secs	20905	Dessert au soja aux ferments vivants
26	Fruits	13000	Abricot frais
26	Fruits	13002	Ananas frais
26	Fruits	13005	Banane fraîche
26	Fruits	13007	Cassis frais
26	Fruits	13008	Cerise fraîche
26	Fruits	13009	Citron frais
26	Fruits	13012	Figue fraîche
26	Fruits	13014	Fraise fraîche
26	Fruits	13015	Framboise fraîche
26	Fruits	13016	Fruit de la Passion
26	Fruits	13018	Grenade fraîche
26	Fruits	13019	Groseille fraîche
26	Fruits	13021	Kiwi frais
26	Fruits	13023	Litchi frais
26	Fruits	13024	Clémentine ou Mandarine
26	Fruits	13025	Mangue fraîche
26	Fruits	13026	Melon frais
26	Fruits	13027	Mirabelle fraîche
26	Fruits	13028	Myrtille fraîche
26	Fruits	13029	Mûre (Ronce) fraîche
26	Fruits	13030	Nectarine non pelée fraîche
26	Fruits	13034	Orange fraîche

g	Groupes d'aliments	Code Ciqual	Intitulé
26	Fruits	13036	Pastèque fraîche
26	Fruits	13037	Poire non pelée fraîche
26	Fruits	13039	Pomme non pelée fraîche
26	Fruits	13040	Pamplemousse
26	Fruits	13041	Prune Reine-Claude fraîche
26	Fruits	13043	Pêche non pelée fraîche
26	Fruits	13044	Raisin blanc frais
26	Fruits	13045	Raisin noir frais
26	Fruits	13066	Kaki frais
26	Fruits	13071	Mûre noire (Mûrier) fraîche
27	Fruits secs et graines oléagineuses	13001	Abricot sec
27	Fruits secs et graines oléagineuses	13011	Datte sèche
27	Fruits secs et graines oléagineuses	13013	Figue sèche
27	Fruits secs et graines oléagineuses	13042	Pruneau sec
27	Fruits secs et graines oléagineuses	13046	Raisin sec
27	Fruits secs et graines oléagineuses	13051	Apéritifs (Fruits séchés pour apéritif)
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15000	Amande
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15001	Cacahuète
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15002	Cacahuète grillée salée
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15003	Châtaigne
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15004	Noisette
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15005	Noix
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15007	Noix de coco amande sèche
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15008	Noix du Brésil
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15009	Pistache rôtie salée
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15010	Sésame graine
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15011	Tournesol graine
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15015	Purée de marron en conserve
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15016	Crème de marrons vanillée en conserve
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15019	Noix de cajou salée
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15201	Pâte d'amande
27	Fruits secs et graines oléagineuses	15202	Pâte d'arachide
28	Glaces	39500	Glace au lait ou crème glacée en bac ou sans autre précision
28	Glaces	39503	Glace au lait ou crème glacée type Esquimaux
28	Glaces	39508	Glace au lait ou crème glacée en cornet
29	Chocolat	31000	Barre chocolatée biscuitée
29	Chocolat	31001	Barre chocolatée enrobée type Mars
29	Chocolat	31004	Chocolat au lait
29	Chocolat	31005	Chocolat à croquer
29	Chocolat	90131	Barre glacée type Mars, Nuts
29	Chocolat	90132	Barre sucrée pour enfant type Pingui, Coeur de lait
29	Chocolat	90133	Chocolat au lait aux fruits secs (amande, noisette)
29	Chocolat	90134	Chocolat blanc
30	Sucres et dérivés	00603	Confiture allégée
30	Sucres et dérivés	00613	Bonbons gélifiés
30	Sucres et dérivés	00614	Chewing-gum light
30	Sucres et dérivés	00700	Pâte à tartiner chocolatée Type Nutella
30	Sucres et dérivés	31002	Barre noix de coco enrobée
30	Sucres et dérivés	31003	Bonbons tout type
30	Sucres et dérivés	31006	Confiture tout type
30	Sucres et dérivés	31007	Chewing-gum
30	Sucres et dérivés	31008	Miel
30	Sucres et dérivés	31014	Pâte de fruits
30	Sucres et dérivés	31015	Sorbet
30	Sucres et dérivés	31016	Sucre blanc
30	Sucres et dérivés	31017	Sucre roux
30	Sucres et dérivés	80005	Sucre ajouté dans pdrt lait. enfant
30	Sucres et dérivés	80006	Sucre ajouté dans les cafés
30	Sucres et dérivés	90135	Barre céréalière
30	Sucres et dérivés	90136	Barre chocolatée céréalière
31	Eaux	90137	Eau de source
31	Eaux	90138	Eau du robinet
31	Eaux	90139	Eau minérale gazeuse
31	Eaux	90140	Eau minérale plate
31	Eaux	90141	Eau minérale sans autre précision
32	BRSA	00577	Bière sans alcool
32	BRSA	00619	Boisson aux extraits de thé
32	BRSA	00620	Boisson anisée sans alcool
32	BRSA	01011	Apéritif anisé sans alcool
32	BRSA	18000	Ananas jus à base de concentré
32	BRSA	18001	Soda light
32	BRSA	18002	Boisson au cacao sucrée (type Cacolac)
32	BRSA	18006	Carotte jus pasteurisé

g	Groupes d'aliments	Code Ciqual	Intitulé
32	BRSA	18007	Citron jus frais
32	BRSA	18010	Limonade, Seven'Up, Sprite
32	BRSA	18012	Jus d'orange à base de concentré, Minute Maid
32	BRSA	18013	Jus d'orange frais non sucré
32	BRSA	18014	Jus de pomme à base de concentré
32	BRSA	18015	Jus de pamplemousse à base de concentré
32	BRSA	18016	Jus de raisin pur pasteurisé
32	BRSA	18017	Sirup aux extraits de fruits
32	BRSA	18018	Coca-Cola, Pepsi-Cola, Soda au cola
32	BRSA	18019	Soda aux fruits
32	BRSA	18021	Jus de tomate pur pasteurisé
32	BRSA	18025	Jus de pamplemousse frais
32	BRSA	18031	Jus de lime (citron vert) en conserve
32	BRSA	18041	Noix de coco lait
32	BRSA	18043	Abricot nectar
32	BRSA	18054	Nectar de poire
32	BRSA	18059	Fruit exotique nectar
32	BRSA	18060	Coca-Cola light, Pepsi-Cola light, Soda au cola light
32	BRSA	18220	Citron préparation à diluer
32	BRSA	18301	Boisson au jus d'orange gazéifié
32	BRSA	18330	Boisson aux fruits exotiques
32	BRSA	18370	Mangue nectar pasteurisé
32	BRSA	18375	Nectar d'orange
32	BRSA	18900	Boisson au soja
32	BRSA	90142	Boisson sans autre précision
32	BRSA	90143	Gini
32	BRSA	90144	Jus d'abricot
32	BRSA	90146	Orangina, Soda orange
32	BRSA	90147	Perrier
32	BRSA	90148	Schweppes
33	Boissons alcoolisées	00588	Bière pression
33	Boissons alcoolisées	00590	Panaché
33	Boissons alcoolisées	01000	Pastis
33	Boissons alcoolisées	01001	Eau de vie
33	Boissons alcoolisées	01002	Gin
33	Boissons alcoolisées	01003	Liqueur
33	Boissons alcoolisées	01004	Rhum
33	Boissons alcoolisées	01005	Whisky
33	Boissons alcoolisées	01006	Vin doux
33	Boissons alcoolisées	01007	Apéritif à base de vin ou vermouth
33	Boissons alcoolisées	01008	Vodka
33	Boissons alcoolisées	01009	Apéritif à la gentiane
33	Boissons alcoolisées	01010	Pastis prêt à boire (1+5)
33	Boissons alcoolisées	05000	Bière brune
33	Boissons alcoolisées	05001	Bière ordinaire
33	Boissons alcoolisées	05002	Bière export
33	Boissons alcoolisées	05006	Cidre brut
33	Boissons alcoolisées	05007	Cidre doux
33	Boissons alcoolisées	05100	Pétillant de fruits
33	Boissons alcoolisées	05200	Vin blanc
33	Boissons alcoolisées	05201	Vin blanc mousseux
33	Boissons alcoolisées	05202	Vin rouge 09°
33	Boissons alcoolisées	05203	Vin rouge 10°
33	Boissons alcoolisées	05204	Vin rouge 11°
33	Boissons alcoolisées	05205	Vin rouge 12°
33	Boissons alcoolisées	90149	Champagne (boisson alcoolisée)
33	Boissons alcoolisées	90150	Cognac, Armagnac
33	Boissons alcoolisées	90151	Kir, Kir royal
33	Boissons alcoolisées	90152	Porto
33	Boissons alcoolisées	90153	Sangria
33	Boissons alcoolisées	90155	Vin sans autre précision
34	Café	18004	Café noir
34	Café	18005	Café en poudre soluble
35	Boissons chaudes	18004	Café noir
35	Boissons chaudes	18020	Thé infusé
35	Boissons chaudes	18100	Cacao en poudre
35	Boissons chaudes	18101	Boisson au chocolat en poudre
35	Boissons chaudes	18102	Boisson maltée sucrée en poudre
36	Pizzas, quiches et pâtisseries salées	25401	Friand au fromage
36	Pizzas, quiches et pâtisseries salées	25402	Friand à la viande
36	Pizzas, quiches et pâtisseries salées	25404	Pizza tomate et fromage
36	Pizzas, quiches et pâtisseries salées	25405	Quiche Lorraine
36	Pizzas, quiches et pâtisseries salées	25417	Tarte aux légumes

g	Groupes d'aliments	Code Ciqual	Intitulé
36	Pizzas, quiches et pâtisseries salées	25418	Croissant au jambon
36	Pizzas, quiches et pâtisseries salées	90156	Feuilleté au fromage
36	Pizzas, quiches et pâtisseries salées	90157	Feuilleté au poisson
36	Pizzas, quiches et pâtisseries salées	90158	Flamenkueche (tarte salée)
36	Pizzas, quiches et pâtisseries salées	90159	Flamiche picarde
36	Pizzas, quiches et pâtisseries salées	90160	Pizza sans autre précision
36	Pizzas, quiches et pâtisseries salées	90161	Pizza spéciale (4 saisons, fruits de mer, ...)
36	Pizzas, quiches et pâtisseries salées	90162	Pizza tomate jambon fromage
37	Sandwiches, casse-croûte	25403	Hot Dog à la moutarde
37	Sandwiches, casse-croûte	25413	Hamburger
37	Sandwiches, casse-croûte	25414	Cheeseburger
37	Sandwiches, casse-croûte	25415	Cheeseburger double
37	Sandwiches, casse-croûte	25428	Sandwich crudités grec
37	Sandwiches, casse-croûte	90163	Pan bagna
37	Sandwiches, casse-croûte	90164	Sandwich baguette sans autre précision
37	Sandwiches, casse-croûte	90166	Sandwich crudités
37	Sandwiches, casse-croûte	90167	Sandwich crudités dinde
37	Sandwiches, casse-croûte	90168	Sandwich crudités jambon
37	Sandwiches, casse-croûte	90169	Sandwich crudités oeuf
37	Sandwiches, casse-croûte	90170	Sandwich crudités porc
37	Sandwiches, casse-croûte	90171	Sandwich crudités poulet
37	Sandwiches, casse-croûte	90173	Sandwich crudités thon
37	Sandwiches, casse-croûte	90174	Sandwich fromage
37	Sandwiches, casse-croûte	90175	Sandwich jambon
37	Sandwiches, casse-croûte	90176	Sandwich jambon beurre
37	Sandwiches, casse-croûte	90177	Sandwich jambon fromage
37	Sandwiches, casse-croûte	90178	Sandwich Kebab
37	Sandwiches, casse-croûte	90179	Sandwich merguez
37	Sandwiches, casse-croûte	90180	Sandwich pain complet
37	Sandwiches, casse-croûte	90181	Sandwich pain de mie sans autre précision
37	Sandwiches, casse-croûte	90182	Sandwich pâté
37	Sandwiches, casse-croûte	90183	Sandwich salami
37	Sandwiches, casse-croûte	90184	Sandwich saucisson
37	Sandwiches, casse-croûte	90185	Sandwich saumon
37	Sandwiches, casse-croûte	90188	Sandwich sans autre précision
37	Sandwiches, casse-croûte	90189	Toasts salés
38	Soupes	25900	Soupe de lentilles
38	Soupes	25902	Julienne de légumes, soupe de légumes
38	Soupes	25904	Soupe de poisson en conserve
38	Soupes	25907	Soupe poireau pomme de terre conserve
38	Soupes	25908	Soupe poulet vermicelle
38	Soupes	25910	Soupe à l'oignon
38	Soupes	25912	Velouté de champignons
38	Soupes	25914	Velouté de tomate
38	Soupes	25916	Minestrone
39	Plats composés	00701	Beignet salé (fourré viande volaille ou poisson)
39	Plats composés	08913	Quenelle de volaille
39	Plats composés	08935	Quenelle au naturel appertisée
39	Plats composés	08936	Quenelle en sauce appertisée
39	Plats composés	10023	Beignet de crevette
39	Plats composés	25001	Blanquette de veau
39	Plats composés	25002	Cassoulet en conserve
39	Plats composés	25003	Choucroute garnie en conserve
39	Plats composés	25004	Choucroute sans garniture
39	Plats composés	25009	Hachis Parmentier
39	Plats composés	25013	Pot-au-feu
39	Plats composés	25018	Ratatouille niçoise
39	Plats composés	25019	Ravioli viande sauce tomate
39	Plats composés	25020	Soufflé au fromage
39	Plats composés	25029	Couscous garni
39	Plats composés	25031	Paella
39	Plats composés	25033	Boeuf bourguignon
39	Plats composés	25065	Boeuf carottes
39	Plats composés	25071	Potée auvergnate
39	Plats composés	25080	Cannelloni à la viande
39	Plats composés	25081	Lasagne
39	Plats composés	25103	Tomate farcie
39	Plats composés	25109	Spaghetti sauce tomate
39	Plats composés	25111	Chili con carne
39	Plats composés	25400	Croque-monsieur
39	Plats composés	25409	Crêpe au jambon surgelée cuite
39	Plats composés	25412	Bouchée à la reine au poulet
39	Plats composés	90190	Accras de morue

g	Groupes d'aliments	Code Ciqual	Intitulé
39	Plats composés	90191	Brochette d'agneau
39	Plats composés	90192	Brochette de boeuf
39	Plats composés	90193	Brochette de crevettes
39	Plats composés	90194	Brochette de poisson
39	Plats composés	90195	Brochette de volailles
39	Plats composés	90196	Brochette mixte de viande
39	Plats composés	90197	Carpaccio de boeuf
39	Plats composés	90198	Carpaccio de saumon
39	Plats composés	90199	Carpaccio de viande
39	Plats composés	90200	Confit de canard
39	Plats composés	90202	Coq au vin
39	Plats composés	90203	Crêpe fourrée salée
39	Plats composés	90204	Croque-madame (à l'oeuf)
39	Plats composés	90205	Fondue bourguignonne
39	Plats composés	90206	Gnocchis
39	Plats composés	90208	Gougère au beurre
39	Plats composés	90209	Gratin dauphinois
39	Plats composés	90210	Gratin de pâtes
39	Plats composés	90211	Gratin endives jambon
39	Plats composés	90212	Guacamole
39	Plats composés	90213	Légume farci (sauf tomate)
39	Plats composés	90214	Moussaka
39	Plats composés	90215	Navarin d'agneau
39	Plats composés	90216	Nugget de volaille
39	Plats composés	90217	Ossobuco
39	Plats composés	90218	Paupiette de veau
39	Plats composés	90219	Paupiette de volaille
39	Plats composés	90220	Poulet au curry
39	Plats composés	90221	Fondue savoyarde (fondue au fromage)
39	Plats composés	90222	Tomate à la provençale
39	Plats composés	90223	Bouchée à la reine, vol-au-vent sans autre précision
40	Entrées	25419	Rouleau de printemps
40	Entrées	25420	Nem, pâté impérial
40	Entrées	25600	Céleri rémoulade
40	Entrées	25601	Salade de thon et légumes en conserve
40	Entrées	25604	Salade verte sans assaisonnement
40	Entrées	25605	Champignon à la grecque
40	Entrées	25608	Taboulé
40	Entrées	90224	Crudités sans autre indication
41	Entremets	19420	Chantilly
41	Entremets	39200	Crème dessert industrielle chocolat type Danette
41	Entremets	39505	Crème dessert appertisée type Mont Blanc
41	Entremets	39700	Crème anglaise
41	Entremets	39710	Crème pâtissière
41	Entremets	90225	Bavarois
41	Entremets	90226	Clafoutis
41	Entremets	90227	Crème brûlée
41	Entremets	90228	Crème caramel
41	Entremets	90230	Dessert sans autre précision
41	Entremets	90231	Flan
41	Entremets	90232	Flan nappé caramel Type Flanby, Flandise
41	Entremets	90233	Gâteau de riz ou de semoule
41	Entremets	90234	Ile flottante
41	Entremets	90235	Lait gélifié type Dany, Créola, Yopi (chocolat, vanille caramel)
41	Entremets	90236	Liégeois, Viennois (chocolat, café et assimilé)
41	Entremets	90237	Mousse au chocolat
41	Entremets	90238	Mousse aux fruits
41	Entremets	90239	Omelette norvégienne
41	Entremets	90240	Pain perdu
41	Entremets	90242	Pêche Melba, poire Belle Hélène
41	Entremets	90243	Profiteroles
41	Entremets	90244	Riz au lait
41	Entremets	90245	Semoule au lait
41	Entremets	90246	Tiramisu
42	Compotes et fruits cuits	00591	Compote allégée
42	Compotes et fruits cuits	13003	Ananas au sirop en conserve
42	Compotes et fruits cuits	13022	Litchi au sirop en conserve
42	Compotes et fruits cuits	13038	Compote de pomme en conserve
42	Compotes et fruits cuits	13049	Macédoine de fruits au sirop conserve
42	Compotes et fruits cuits	13095	Pamplemousse au sirop
42	Compotes et fruits cuits	13096	Abricot au sirop léger en conserve
42	Compotes et fruits cuits	13097	Pêche au sirop en conserve
42	Compotes et fruits cuits	13098	Poire au sirop en conserve

g	Groupes d'aliments	Code Ciqual	Intitulé
43	Condiments et sauces	11001	Cube pour bouillon
43	Condiments et sauces	11003	Ciboule ou Ciboulette fraîche
43	Condiments et sauces	11005	Curry, en poudre
43	Condiments et sauces	11007	Gélatine
43	Condiments et sauces	11008	Ketchup
43	Condiments et sauces	11011	Mayonnaise sans autre précision
43	Condiments et sauces	11012	Mayonnaise allégée
43	Condiments et sauces	11013	Moutarde
43	Condiments et sauces	11015	Poivre moulu
43	Condiments et sauces	11017	Sel fin
43	Condiments et sauces	11018	Vinaigre
43	Condiments et sauces	11030	Sel de mer
43	Condiments et sauces	11100	Sauce barbecue
43	Condiments et sauces	11101	Sauce béchamel
43	Condiments et sauces	11102	Sauce béarnaise
43	Condiments et sauces	11104	Sauce de soja
43	Condiments et sauces	11105	Sauce hollandaise
43	Condiments et sauces	11106	Sauce Mornay
43	Condiments et sauces	11107	Sauce tomate sans viande
43	Condiments et sauces	11108	Sauce vinaigrette à l'huile d'olive
43	Condiments et sauces	11109	Sauce vinaigrette allégée
43	Condiments et sauces	11114	Sauce tomate à la viande
43	Condiments et sauces	13032	Olive noire en saumure
43	Condiments et sauces	13033	Olive verte en saumure
43	Condiments et sauces	80004	Assaisonnement ajouté
44	Boissons de l'effort et substitut de repas	00575	Édulcorant de synthèse
44	Boissons de l'effort et substitut de repas	00576	Boisson de l'effort
44	Boissons de l'effort et substitut de repas	00578	Substitut de repas

V.4 Annexe 4 : Différents scénarios d'enrichissement en iode de la totalité du sel alimentaire (sel de table, de cuisson, contenu dans les aliments transformés)

Scénario 12,5 : Enrichissement du sel de table à 12,5 µg d'iode/g de sel, pas d'enrichissement du sel de cuisson et contenu dans les aliments transformés

Age (ans)	n	moyenne (µg/24 h)	std	p5	p25	p50	p75	p95	prévalence d'inadéquation (%)	% < besoin physiologique de base	proportion de sujets dépassant les LSS	proportion de sujets dépassant 250 µg/24 h
3	85	118,3	57,0	53,2	93,9	106,1	131,1	189,0	5,9	0,0	3,5	3,5
4-6	256	115,2	31,3	66,2	94,5	114,0	133,2	168,8	3,5	0,0	0,0	0,0
7-9	252	120,4	35,0	69,2	96,3	118,1	140,8	177,0	14,3	1,2	0,4	0,4
H 10-14	216	132,1	47,2	72,9	99,9	122,2	159,1	215,4	31,9	2,3	0,0	0,9
H 15-19	71	132,6	41,2	69,2	105,1	130,1	166,1	207,7	26,8	8,5	0,0	0,0
H 20-34	160	146,5	44,8	90,8	114,2	139,2	174,0	219,0	19,4	2,5	0,0	1,9
H 35-44	146	137,2	41,0	84,2	105,2	133,4	162,4	222,2	27,4	4,1	0,0	2,1
H 45-59	142	144,6	52,5	80,8	110,4	133,8	165,8	245,4	23,2	4,9	0,0	4,2
H 60-69	91	138,1	44,6	73,2	107,9	137,0	164,3	221,8	23,1	9,9	0,0	1,1
H >70	62	124,6	41,7	68,5	96,0	119,1	145,9	210,9	35,5	11,3	0,0	0,0
F 10-14	209	116,7	38,5	54,6	93,4	115,4	137,0	187,4	39,7	7,2	0,0	0,5
F 15-19	85	116,8	41,4	55,0	92,4	118,8	139,2	184,3	36,5	18,8	0,0	1,2
F 20-34	209	123,1	40,6	67,4	95,0	116,7	143,6	204,0	39,7	11,0	0,0	0,5
F 35-44	136	127,1	47,1	70,6	102,4	118,0	142,3	218,8	33,1	8,8	0,0	1,5
F 45-59	171	119,5	38,9	64,8	91,9	115,9	140,4	195,5	42,1	12,9	0,0	0,0
F 60-69	83	118,1	40,7	59,5	88,2	109,5	138,0	200,7	45,8	14,5	0,0	0,0
F >70	84	114,8	42,1	65,7	85,4	102,6	136,7	194,9	56,0	19,0	0,0	1,2

Scénario 12,5A : Enrichissement de tout le sel alimentaire (table, cuisson et aliments transformés) à 12,5 µg d'iode/g de sel

Age (ans)	n	moyenne (µg/24 h)	std	p5	p25	p50	p75	p95	prévalence d'inadéquation (%)	% < besoin physiologique de base	proportion de sujets dépassant les LSS	proportion de sujets dépassant 250 µg/24 h
3	85	168,2	64,1	96,9	135,0	160,0	184,2	274,2	1,2	0,0	18,8	7,1
4-6	256	174,5	44,6	104,8	143,9	170,6	200,2	255,0	0,0	0,0	5,9	5,9
7-9	252	192,6	53,3	119,7	160,0	184,2	221,4	292,1	1,2	0,0	3,6	13,5
H 10-14	216	221,2	76,3	124,6	167,4	210,4	262,6	357,7	1,9	0,0	1,4	30,6
H 15-19	71	220,0	58,7	122,8	174,9	219,2	262,9	308,4	2,8	0,0	0,0	31,0
H 20-34	160	257,7	66,9	166,7	207,6	255,1	299,3	384,2	0,0	0,0	0,0	52,5
H 35-44	146	252,7	63,9	159,0	204,1	248,3	286,1	367,1	0,0	0,0	0,0	48,6
H 45-59	142	263,8	73,6	173,2	209,6	246,7	307,2	384,5	0,0	0,0	0,0	47,2
H 60-69	91	254,5	70,9	133,7	210,1	254,0	295,3	368,4	0,0	0,0	0,0	52,7
H >70	62	229,9	62,9	143,5	193,5	221,9	264,5	357,2	0,0	0,0	0,0	32,3
F 10-14	209	188,2	52,5	102,5	155,4	186,8	219,5	284,2	6,2	0,0	0,0	12,4
F 15-19	85	191,5	58,2	103,9	159,0	185,5	221,9	308,0	7,1	2,4	0,0	9,4
F 20-34	209	204,6	53,6	134,1	163,9	197,9	236,6	305,2	0,5	0,0	0,0	18,7
F 35-44	136	212,4	60,4	133,0	169,6	204,6	242,2	319,2	0,0	0,0	0,0	19,9
F 45-59	171	204,7	58,4	123,8	158,2	199,6	241,6	322,8	0,6	0,0	0,0	20,5
F 60-69	83	206,6	61,0	127,0	163,6	202,2	229,4	326,5	0,0	0,0	0,0	20,5
F >70	84	200,1	54,8	133,4	157,7	192,2	226,1	314,2	1,2	0,0	0,0	13,1

Scénario 17,5 : Enrichissement du sel de table à 17,5 µg d'iode/g de sel, pas d'enrichissement du sel de cuisson et contenu dans les aliments transformés

Age (ans)	n	moyenne (µg/24 h)	std	p5	p25	p50	p75	p95	prévalence d'inadéquation (%)	% < besoin physiologique de base	proportion de sujets dépassant les LSS	proportion de sujets dépassant 250 µg/24 h
3	85	119,2	57,2	53,2	94,7	106,1	131,1	191,4	5,9	0,0	3,5	3,5
4-6	256	115,8	31,4	66,8	94,5	114,6	133,8	168,8	3,5	0,0	0,0	0,0
7-9	252	121,0	35,1	69,9	96,7	118,4	142,9	177,8	13,5	0,8	0,4	0,4
H 10-14	216	132,7	47,3	72,9	101,9	122,4	160,3	215,4	31,0	2,3	0,0	0,9
H 15-19	71	133,3	41,4	69,2	105,1	130,1	167,0	207,7	26,8	8,5	0,0	0,0
H 20-34	160	147,1	44,9	91,9	115,4	139,4	174,0	220,8	19,4	2,5	0,0	1,9
H 35-44	146	137,7	40,8	84,2	106,3	134,3	162,4	222,2	27,4	4,1	0,0	2,1
H 45-59	142	145,3	52,6	81,8	111,6	135,5	166,3	245,4	23,2	3,5	0,0	4,2
H 60-69	91	138,9	44,6	73,2	108,6	137,9	164,3	222,8	22,0	8,8	0,0	1,1
H >70	62	125,2	41,8	70,9	96,0	119,6	145,9	213,3	35,5	11,3	0,0	0,0
F 10-14	209	117,3	38,6	54,6	93,4	115,4	137,6	189,0	39,2	7,2	0,0	0,5
F 15-19	85	117,4	41,6	57,2	92,4	118,8	139,2	184,3	34,1	18,8	0,0	1,2
F 20-34	209	123,7	40,7	68,7	96,0	118,3	145,2	204,0	39,7	10,0	0,0	0,5
F 35-44	136	127,8	47,2	70,6	102,9	118,0	143,5	218,8	33,1	8,8	0,0	1,5
F 45-59	171	120,1	39,0	66,3	92,3	115,9	140,4	195,5	42,1	12,9	0,0	0,0
F 60-69	83	118,8	40,9	61,0	88,2	109,5	138,7	200,7	44,6	14,5	0,0	1,2
F >70	84	115,3	42,3	65,7	85,5	103,6	137,5	195,4	54,8	19,0	0,0	1,2

Scénario 17,5A : Enrichissement de tout le sel alimentaire (table, cuisson et aliments transformés) à 17,5 µg d'iode/g de sel

Age (ans)	n	moyenne (µg/24 h)	std	p5	p25	p50	p75	p95	prévalence d'inadéquation (%)	% < besoin physiologique de base	proportion de sujets dépassant les LSS	proportion de sujets dépassant 250 µg/24 h
3	85	189,0	68,2	106,1	152,3	182,4	210,3	310,7	1,2	0,0	28,2	9,4
4-6	256	198,9	51,8	116,4	162,9	195,1	228,1	292,8	0,0	0,0	13,7	13,7
7-9	252	222,1	62,2	137,5	182,6	212,8	251,4	338,8	1,2	0,0	11,5	25,0
H 10-14	216	257,5	89,8	144,9	193,9	246,7	306,3	416,5	0,9	0,0	3,7	46,8
H 15-19	71	255,7	68,1	144,4	203,3	255,2	302,5	367,5	0,0	0,0	0,0	54,9
H 20-34	160	302,8	79,1	193,1	240,5	300,9	346,2	453,7	0,0	0,0	0,0	72,5
H 35-44	146	299,4	75,6	190,8	243,7	294,5	341,0	438,4	0,0	0,0	0,0	71,9
H 45-59	142	312,1	86,8	205,8	244,6	294,4	362,0	476,3	0,0	0,0	0,7	73,2
H 60-69	91	301,7	84,7	159,1	242,6	303,4	344,8	443,5	0,0	0,0	0,0	74,7
H >70	62	272,8	73,7	169,0	229,9	263,0	311,9	402,8	0,0	0,0	0,0	59,7
F 10-14	209	217,3	59,8	121,3	178,5	218,6	253,9	317,9	1,9	0,0	0,0	27,8
F 15-19	85	222,1	66,4	124,3	190,2	218,5	255,5	355,7	3,5	2,4	0,0	27,1
F 20-34	209	237,8	60,7	158,7	192,4	229,5	276,6	351,5	0,0	0,0	0,0	36,8
F 35-44	136	247,3	68,1	156,1	194,9	237,5	284,0	365,7	0,0	0,0	0,0	41,9
F 45-59	171	239,4	68,5	146,5	187,8	228,8	282,6	382,6	0,0	0,0	0,0	39,2
F 60-69	83	242,7	71,5	156,4	193,1	237,5	279,4	380,1	0,0	0,0	0,0	39,8
F >70	84	234,8	62,7	156,8	189,7	231,6	266,4	360,0	1,2	0,0	0,0	34,5

Scénario 20 : Enrichissement du sel de table à 20 µg d'iode/g de sel, pas d'enrichissement du sel de cuisson et contenu dans les aliments transformés

Age (ans)	n	moyenne (µg/24 h)	std	p5	p25	p50	p75	p95	prévalence d'inadéquation (%)	% < besoin physiologique de base	proportion de sujets dépassant les LSS	proportion de sujets dépassant 250 µg/24 h
3	85	119,6	57,3	53,2	94,7	106,1	131,1	192,3	5,9	0,0	3,5	3,5
4-6	256	116,1	31,5	66,8	95,2	114,9	134,2	168,8	3,5	0,0	0,0	0,0
7-9	252	121,4	35,1	70,2	97,4	118,6	143,1	179,0	13,5	0,8	0,4	0,4
H 10-14	216	133,1	47,3	72,9	102,5	122,7	161,1	215,6	30,6	2,3	0,0	0,9
H 15-19	71	133,7	41,4	69,2	105,1	130,1	167,0	207,7	26,8	8,5	0,0	0,0
H 20-34	160	147,5	45,0	91,9	116,0	140,0	174,0	221,7	18,8	2,5	0,0	1,9
H 35-44	146	137,9	40,7	84,2	106,9	134,8	162,4	222,2	25,3	4,1	0,0	2,1
H 45-59	142	145,6	52,7	83,0	111,6	136,1	166,3	245,4	22,5	3,5	0,0	4,2
H 60-69	91	139,2	44,7	73,2	108,8	138,8	164,3	222,8	20,9	8,8	0,0	1,1
H >70	62	125,5	41,9	72,1	96,0	119,6	145,9	214,5	35,5	11,3	0,0	0,0
F 10-14	209	117,6	38,6	54,6	94,4	115,4	137,6	190,2	38,8	7,2	0,0	0,5
F 15-19	85	117,7	41,8	58,4	92,4	118,8	140,0	184,3	34,1	18,8	0,0	1,2
F 20-34	209	124,1	40,8	68,9	96,5	118,6	145,5	204,0	39,7	10,0	0,0	0,5
F 35-44	136	128,2	47,2	70,6	103,4	118,0	143,5	218,8	31,6	8,1	0,0	1,5
F 45-59	171	120,4	39,1	66,3	92,4	115,9	140,4	195,5	42,1	12,9	0,0	0,0
F 60-69	83	119,1	41,1	62,2	88,2	110,7	138,7	200,7	44,6	14,5	0,0	1,2
F >70	84	115,6	42,4	65,7	86,0	104,2	137,5	195,4	53,6	19,0	0,0	1,2

Scénario 20A : Enrichissement de tout le sel alimentaire (table, cuisson et aliments transformés) à 20 µg d'iode/g de sel

	n	moyenne (µg/24 h)	std	p5	p25	p50	p75	p95	prévalence d'inadéquation (%)	% < besoin physiologique de base	proportion de sujets dépassant les LS	proportion de sujets dépassant 250 µg/24 h
3	85	199,4	70,5	110,7	160,9	193,6	225,2	329,0	1,2	0,0	40,0	14,1
4-6	256	211,0	55,6	122,5	173,4	207,7	243,7	309,5	0,0	0,0	19,5	19,5
7-9	252	236,9	66,8	148,9	194,1	227,0	266,1	362,7	0,8	0,0	15,1	33,3
H 10-14	216	275,6	96,8	155,1	208,0	262,1	328,8	448,9	0,9	0,0	4,6	55,6
H 15-19	71	273,6	73,0	154,5	218,8	272,2	320,3	400,5	0,0	0,0	0,0	62,0
H 20-34	160	325,4	85,5	205,0	256,1	319,8	370,7	486,6	0,0	0,0	0,6	79,4
H 35-44	146	322,7	81,8	205,5	262,3	317,6	368,3	476,7	0,0	0,0	0,7	81,5
H 45-59	142	336,2	93,9	221,1	264,9	316,9	390,7	516,8	0,0	0,0	2,8	83,8
H 60-69	91	325,3	92,0	171,8	257,0	324,3	371,8	485,7	0,0	0,0	0,0	78,0
H >70	62	294,2	79,3	180,0	245,4	285,3	336,5	430,8	0,0	0,0	0,0	72,6
F 10-14	209	231,9	63,7	130,7	188,0	234,0	271,2	336,6	1,9	0,0	0,5	36,4
F 15-19	85	237,3	70,7	133,7	204,2	236,9	272,4	379,6	2,4	1,2	0,0	36,5
F 20-34	209	254,5	64,4	172,1	206,6	245,1	295,4	371,2	0,0	0,0	0,0	46,9
F 35-44	136	264,8	72,2	167,2	207,3	254,2	306,7	386,7	0,0	0,0	0,7	52,2
F 45-59	171	256,7	73,8	157,9	200,7	245,1	302,1	408,5	0,0	0,0	0,0	46,2
F 60-69	83	260,7	77,0	166,2	206,3	255,8	299,6	412,1	0,0	0,0	0,0	54,2
F >70	84	252,1	66,9	169,7	200,8	247,2	284,2	382,3	0,0	0,0	0,0	48,8

Imprimerie Bialec - Nancy
Dépôt légal mars 2005 -

ISBN 2-11-095442-6