

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 25 juin 2018

AVIS **de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,** **de l'environnement et du travail**

relatif au risque d'excès d'apport en iode lié à la consommation d'algues dans les denrées alimentaires¹

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont publiés sur son site internet.

L'Anses s'est auto-saisie le 28 avril 2017 afin d'évaluer le risque d'excès d'apport en iode lié à la consommation d'algues dans les denrées alimentaires.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

■ Contexte

L'arrêté du 24 juin 2014, ci-après nommé arrêté « plantes », établit la liste des plantes, autres que les champignons, autorisées dans les compléments alimentaires et les conditions de leur emploi. Dans ce nouveau contexte réglementaire, l'Anses a décidé de créer en 2016 le groupe de travail (GT) « Plantes », qui a notamment pour mission d'identifier les plantes, présentes dans l'annexe I de cet arrêté, pouvant présenter un risque pour la santé humaine lorsque consommées à des fins nutritionnelles ou physiologiques, en particulier sous forme de compléments alimentaires. Dans cet arrêté, on entend par « plantes », les plantes entières incluant les algues et les microalgues.

Les algues présentes dans la liste de l'annexe I de l'arrêté « plantes », sont connues comme des espèces végétales qui concentrent l'iode et qui peuvent être consommées comme aliments, condiments, compléments alimentaires ou ingrédients alimentaires. En 2005, l'Anses a évalué l'impact nutritionnel de l'introduction de composés iodés dans les produits agroalimentaires (Afssa 2005). Ce rapport pointait notamment que la consommation de compléments alimentaires à base d'algues pouvait entraîner un risque d'apport excessif en iode. Au niveau national, l'arrêté du 9 mai 2006, relatif aux nutriments pouvant être employés dans la fabrication des compléments alimentaires, fixe une dose journalière maximale (DJM) de 150 µg d'iode dans les compléments

¹ Selon l'article 2 du règlement (CE) n° 178/2002, on entend par denrée alimentaire (ou aliment), toute substance ou produit, transformé, partiellement transformé ou non transformé, destiné à être ingéré ou raisonnablement susceptible d'être ingéré par l'être humain.

alimentaires. Au niveau européen, l'Efsa a fixé une limite supérieure de sécurité (LSS) pour l'iode de 600 µg/jour chez l'adulte (Efsa 2006).

La liste de l'arrêté "plantes" comprend 540 plantes dont une trentaine d'algues, microalgues (cyanobactéries et algues microscopiques, assimilées aux « algues » par le public) et plantes halophytes (végétaux supérieurs de zones maritimes) pouvant être utilisées dans la formulation des compléments alimentaires. La teneur en iode dans ces différents organismes peut être très variable et le risque de dépassement des limites réglementaires en iode lors de leur consommation n'est pas négligeable.

Compte tenu de ces informations et des effets indésirables rapportés dans la littérature liés à la consommation d'algues, le GT « Plantes » a proposé à l'Anses de s'autosaisir afin d'établir un état des lieux des connaissances sur ces produits et, le cas échéant, d'émettre des recommandations afin de protéger les populations à risque qui pourraient être identifiées.

■ **Objet de la saisine**

L'Anses s'est auto-saisie afin d'évaluer le risque d'excès d'apport en iode lié à la consommation d'algues dans les denrées alimentaires (aliments, aliments enrichis ou compléments alimentaires). Les algues prises en compte dans le cadre de cette évaluation des risques sont celles contenant de l'iode et susceptibles d'être consommées sur le marché français.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) ».

L'expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Nutrition Humaine ». L'Anses a confié l'expertise au groupe de travail (GT) « Plantes ». Ce GT s'inscrit dans le cadre des missions du CES « Nutrition Humaine » auquel il est rattaché, en lui fournissant un appui scientifique spécifique dans le domaine de la pharmacognosie.

Les travaux se sont appuyés sur les rapports de quatre experts du GT « Plantes » et sur l'audition d'un professeur d'endocrinologie, spécialiste de la thyroïde. Ils ont été présentés au CES tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques le 12 janvier et le 9 février 2018. Ils ont été adoptés par le CES réuni le 14 mars 2018.

Le dispositif de nutrivigilance de l'Anses a été sollicité afin d'analyser les signalements d'effets indésirables déclarés en lien avec la consommation de compléments alimentaires à base d'algues.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES

L'analyse et les conclusions présentées ci-dessous synthétisent les rapports d'experts des rapporteurs du GT « Plantes » et l'examen conduit par le CES « Nutrition humaine ».

3.1. Rappels de physiologie sur l'iode

L'iode est un halogène indispensable à la synthèse des hormones thyroïdiennes, la tri-iodothyronine (T3) et la tétra-iodothyronine (T4 ou thyroxine), qui jouent un rôle fondamental dans les processus de croissance et de maturation cellulaire, dans la thermogénèse, l'homéostasie glucidique et lipidique ainsi que dans la modulation transcriptionnelle de la synthèse protéique. D'autre part, le rôle de l'iode dans le développement cérébral du fœtus au cours des premiers mois de la grossesse est crucial.

3.2. L'iode dans l'alimentation

L'iode est retrouvé dans l'eau de boisson et dans la nourriture, essentiellement sous forme d'iodures, à des concentrations très variables. Les iodures s'accumulent dans les organismes marins dont les algues marines, tandis que sur les sols, de petites quantités d'iode sont incorporées par les végétaux puis sont ultérieurement ingérées par les herbivores (Medrano-Macias *et al.* 2016). Dans cet avis, le terme générique « iode » recouvre toutes les formes d'iode, minérales et organiques présentes dans les aliments.

Selon les résultats de l'étude Inca3 (Anses 2017), les produits à base de viandes, poissons, œufs (VPO) contribuent à 22 % des apports en iode chez les adultes (dont 9,2 % pour les poissons) suivis par les produits laitiers (hors boissons chaudes) à hauteur de 20 %. Les autres vecteurs importants d'iode sont les fruits et légumes et les produits à base de fruits et légumes (12 %, dont 6,9 % pour les soupes et les bouillons), les produits céréaliers (12 %, dont 6,4 % pour les pains et les produits de panification sèche), les boissons chaudes (7,7 %) et les condiments, herbes, épices et sauces (6,8 %). Dans cette étude, les algues sont considérées comme des légumes, conformément à la nomenclature européenne.

D'après les données du Ciqua² issues du Ceva³, les algues marines présentent des teneurs élevées et variables en iode, mais leur consommation est faible (Ceva 2011-2013). Sous forme sèche, les algues sont les aliments qui présentent en moyenne la concentration en iode la plus élevée. Ce marché est en expansion, notamment chez les personnes suivant un régime végétalien (Le Bras, Lesueur, *et al.* 2015).

3.3. Les références nutritionnelles de l'iode

3.3.1. Les apports satisfaisants

Dans son avis relatif à l'élaboration des références nutritionnelles (Anses 2016b), l'Anses a retenu un apport satisfaisant (AS) pour l'iode chez l'adulte (18-64 ans) de 150 µg/jour. Chez la femme enceinte ou allaitante, l'apport satisfaisant pour l'iode est de 200 µg/jour. Chez l'enfant, il est de 90 à 130 µg/jour selon la tranche d'âge considérée (Efsa 2017).

Tableau 1. Références nutritionnelles en iode exprimées en µg/jour pour la population française.

| Tranche d'âge ou population | Apport iode (µg/jour) | Référence |
|------------------------------|-----------------------|------------------|
| 1-3 ans | 90 | AS (Efsa 2017) |
| 4-6 ans | 90 | |
| 7-10 ans | 90 | |
| 11-14 ans | 120 | |
| 15-17 ans | 130 | |
| Homme et femme (+ 18 ans) | 150 | AS (Anses 2016b) |
| Femme enceinte ou allaitante | 200 | AS (Efsa 2017) |

² Le Centre d'information sur la qualité des aliments (Ciqua) fait partie de l'unité Observatoire des aliments de l'Anses.

³ Centre d'étude et de valorisation des algues (Ceva)

3.3.2. Les limites supérieures de sécurité (LSS)

L'Efsa a proposé une limite supérieure de sécurité (LSS) pour l'iode de 600 µg/jour chez l'adulte (Efsa 2006). Elle correspond à la quantité maximale d'iode qui n'est pas susceptible d'entraîner des effets indésirables lorsqu'elle est ingérée de façon chronique. Cette limite a été adaptée à chaque tranche d'âge sur la base des différences des surfaces corporelles (Tableau 2).

Tableau 2. Limites supérieures de sécurité d'apport total en iode (µg/jour).

| Population | LSS pour l'iode |
|---|-------------------------|
| Adulte (homme, femme, femme enceinte, femme allaitante) | 600 µg/jour |
| Enfant | 500 µg/jour (15-17 ans) |
| | 450 µg/jour (11-14 ans) |
| | 300 µg/jour (7-10 ans) |
| | 250 µg/jour (4-6 ans) |
| | 200 µg/jour (1-3 ans) |

3.4. Conséquences cliniques d'apports inadaptés en iode

3.4.1. Le déficit d'apport en iode

Les effets cliniques d'un statut déficitaire en iode sont le résultat d'un apport insuffisant d'iode conduisant à un dysfonctionnement de la thyroïde. Ces troubles sont retrouvés à tous les stades de développement et sont particulièrement préoccupants pendant la grossesse et la petite enfance. En effet, le développement du cerveau chez l'Homme s'étend de la période fœtale aux trois ans de l'enfant. Une carence sévère en iode induit un déficit en hormones thyroïdiennes et par conséquent non seulement un ralentissement des activités métaboliques de l'organisme mais aussi une modification du développement du cerveau, entraînant un retard mental irréversible (OMS 2004). La carence chronique en iode peut également conduire à une hypertrophie de la thyroïde avec un élargissement de la glande thyroïde, communément appelé goitre.

De plus, certains aliments tels que ceux appartenant à la famille des *Brassicaceae* (anciennement crucifères) ou le manioc par exemple sont susceptibles d'induire une moindre incorporation de l'iode à la voie de biosynthèse des hormones thyroïdiennes (Bruneton 2016). Les produits de dégradation de métabolites secondaires de ces plantes (certains glucosinolates ou isothiocyanates de *Brassicaceae* et hétérosides cyanogènes du manioc) peuvent diminuer la biodisponibilité de l'iode (Felker, Bunch, et Leung 2016). Des interactions concernant la captation de l'iode sont aussi observées en présence d'isoflavones du soja (Doerge et Sheehan 2002).

3.4.2. L'excès d'apport en iode

Les cas d'intoxication aiguë à l'iode, qu'ils soient accidentels ou suicidaires, sont exceptionnels. Les doses de 2 à 3 g d'iode (30-40 mg d'iode/kg p.c.) peuvent être létales pour l'homme même si des cas de survie ont été rapportés après ingestion de 10 à 15 g d'iode (Efsa 2006). Une prise d'iode supérieure à 10 mg par jour est toxique pour certains individus (OMS 1988).

La thyroïde saine est capable de s'adapter à de grandes variations d'apport en iode. L'excès d'iode dans l'organisme entraîne pendant deux ou trois jours une saturation aiguë de la captation de l'iode (effet Wolff-Chaikoff, se déclenchant à partir de 2000 µg/j). Si l'excès d'apport d'iode se prolonge, on peut observer des effets indésirables tels que des diarrhées et céphalées, plus rarement des dermatites et jusqu'à un dysfonctionnement cardiaque, surtout chez les sujets de plus de 50 ans (Leung et Braverman 2012).

Une étude subchronique menée chez des rats Wistar femelles exposées par gavage pendant 60 jours à des doses d'iodure de potassium de 7 et 350 mg/kg/j suggère qu'une prise excessive d'iode (correspondant à plus de 100 fois l'apport recommandé) pourrait également entraîner une baisse de la fertilité féminine (Mahapatra et Chandra 2017).

Une exposition alimentaire chronique excessive à l'iode perturbe le fonctionnement de la glande thyroïde, qui peut se manifester sous la forme de goitre, d'hypothyroïdie ou d'hyperthyroïdie (Leung et Braverman 2014).

Par ailleurs, des apports élevés en iode favoriseraient l'apparition ou la progression des pathologies thyroïdiennes auto-immunes, ce que suggèrent les comparaisons de populations avec des apports alimentaires modérément élevés en iode à celles ayant des apports en iode adéquats ou légèrement déficitaires (Laurberg *et al.* 1998).

La consommation d'aliments ou de compléments alimentaires à base d'algues peut également être associée à une hyperthyroïdie (Müssig 2009), ou à une hypothyroïdie. On peut l'observer notamment par l'intermédiaire de la thyroïdite de Hashimoto, thyroïdite chronique auto-immune aboutissant à terme à une hypothyroïdie. Certaines populations, comme la population japonaise, sont davantage touchées en raison d'un régime alimentaire riche en iode (en raison de leur forte consommation de poissons crus et d'algues, notamment). Les expositions chroniques à l'iode d'origine alimentaire sont traditionnellement décrites parmi les populations du Japon et de Corée qui introduisent de façon régulière des algues fraîches ou séchées dans leur alimentation (Moon et Kim 1999). La prévalence élevée d'hypothyroïdie dans les régions côtières du Japon a été associée à des apports excessifs d'iode liés à la consommation d'algues (Konno *et al.* 1994). 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, ou à inciter les industriels à une autorégulation de leurs usages (Leung et Braverman 2014).

3.5. Les espèces d'algues considérées pour la consommation humaine en France

3.5.1. Données de production et d'exposition

Les espèces considérées sont identifiées comme vivant dans un biotope marin et sont appelées « algues » par le grand public (Le Bras *et al.* 2014). Ce sont certaines microalgues, les macroalgues et les plantes halophytes. Le terme générique « algues » sera utilisé dans cet avis.

Les algues sont utilisées pour de nombreuses applications dans l'industrie agroalimentaire, la chimie et la microbiologie, qui représentent 75 % du marché des macroalgues (produites et importées). Certaines espèces d'algues peuvent être consommées comme des légumes ou transformées (séchées, salées...). Depuis les années 1960, ce sont surtout les propriétés technologiques des extraits d'algues qui sont valorisées par le secteur des industries agroalimentaires. Leurs comportements rhéologiques très variés en font des additifs texturants très utilisés dans les aliments transformés. La contribution des additifs alimentaires à base d'algues n'est pas prise en compte dans les données d'exposition aux algues. Ces produits ne sont pas considérés comme des denrées alimentaires à base d'algues.

La France produit chaque année entre quarante mille et soixante-dix mille tonnes d'algues fraîches (14 % de la production européenne). En comparaison, la production mondiale est de vingt millions de tonnes dont 95 % sont produits par phyculture en Asie (FAO 2014). L'indication de l'origine géographique ou du mode de production des algues est rarement précisé sur l'étiquette des produits. Seulement 1 % de la production française est destinée à la consommation humaine (Ceva 2014). Au niveau mondial, les algues destinées à l'alimentation humaine directe (en tant que légume) représentent entre 20 et 45 % de la production.

La consommation des algues est traditionnelle dans de nombreux pays asiatiques. Au Japon, la consommation d'algues est estimée entre 1,5 kg et 2,5 kg d'algues sèches par personne et par an (Zava et Zava 2011). La consommation des algues alimentaires est un phénomène émergent en France et en Europe, notamment induit par le développement de la restauration japonaise et de la consommation de certains sushis. Dans ce contexte, une étude nationale de consommation des algues alimentaires a été menée auprès de huit cent vingt-cinq personnes à travers la France (Le Bras *et al.* 2014). Les résultats de cette étude montrent que plus de la moitié de la population (58 %) consomme des algues alimentaires au moins une fois par an. Néanmoins, seulement 20 % en consomme régulièrement (au moins une fois par mois), dont une faible proportion de consommateurs (9 %) intègre les algues dans leur alimentation (au moins une fois par semaine). Une grande partie des consommateurs (91 %) mange des algues exclusivement dans le contexte de la cuisine japonaise. L'étude Idealg (Le Bras *et al.* 2014) montre que 22 % des consommateurs n'a pas conscience du fait de consommer des algues, notamment lors de la consommation de produits asiatiques.

Les principales algues alimentaires utilisées pour l'alimentation humaine en France (Le Bras *et al.* 2014) sont les suivantes :

- le haricot de mer ou spaghetti de mer (*Himanthalia elongata*) ;
- la laitue de mer ou ulve (*Ulva* spp.) ;
- la dulse (*Palmaria palmata*) ;
- le nori (*Porphyra* spp.) ;
- le wakamé (*Undaria pinnatifida*) ;
- le kombu royal (*Saccharina latissima*, anciennement *Laminaria saccharina*).

En France, douze espèces de macroalgues et une espèce de microalgue ont fait l'objet d'un avis favorable du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHP 1997) pour une utilisation en alimentation humaine, comme légume ou condiment. D'autres algues ont fait l'objet d'avis favorables de l'Afssa et d'une autorisation selon le règlement (CE) n° 258/97 (UE 1997). Les autres espèces considérées sont issues de la liste des plantes autorisées dans les compléments alimentaires de l'arrêté du 24 juin 2014, élargie à la liste du projet Belfrit⁴ et à la liste de la DGCCRF⁵ recensant les plantes éligibles à l'article 15 du décret n° 2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires⁶. L'ensemble des macroalgues, microalgues et plantes halophytes susceptibles d'être consommées en France est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 3. Liste des macroalgues, microalgues et plantes halophytes, susceptibles d'être consommées en France.

| Nom scientifique | Nom commun | Type d'algues | Teneur en iode* (µg/g) | | | | Statut** |
|--|----------------------------------|---------------|------------------------|------|-----|----------------|---|
| | | | min | max | moy | n ⁷ | |
| Macroalgues | | | | | | | |
| <i>Alaria esculenta</i> (L.) Grev. | Wakamé atlantique | brune | 99 | 1110 | 346 | 15 | Algue alimentaire Arrêté « plantes » |
| <i>Ascophyllum nodosum</i> (L.) Le Jolis | Ascophyllum noueux | brune | 148 | 1770 | 682 | 43 | Algue alimentaire Arrêté « plantes » |
| <i>Chondrus crispus</i> Stackhouse | Mousse d'Irlande, piocha, lichen | rouge | 193 | 550 | 346 | 5 | Algue alimentaire Arrêté « plantes » |
| <i>Corallina officinalis</i> L. | - | rouge | - | - | - | - | Belfrit Art-15 |
| <i>Enteromorpha</i> spp. | Aonori | verte | 27 | 251 | 94 | 7 | Algue alimentaire |
| <i>Fucus serratus</i> L. | Fucus, varech denté | brune | 212 | 884 | 400 | 46 | Algue alimentaire Arrêté « plantes » |

⁴ Liste harmonisée de 1025 plantes répertoriées en Belgique, en France et en Italie, pouvant être employées dans les compléments alimentaires.

⁵ Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes - DGCCRF

⁶ https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/dgccrf/secure/teleicare/Table-Plantes.pdf

⁷ « n » correspond au nombre de lots analysés.

Avis de l'Anses
Saisine n° 2017- SA-0086

| | | | | | | | | |
|--|--|-------|------|-------|------|----|--|---|
| <i>Fucus vesiculosus</i> L. | Fucus, varech vésiculeux | brune | | | | | | Algue alimentaire Arrêté «plantes» |
| <i>Gelidium corneum</i> (Hudson) J.V.Lamouroux | Agar-agar | rouge | - | - | - | - | | Arrêté «plantes» |
| <i>G. amansii</i> J.V.Lamouroux | - | rouge | - | - | - | - | | Arrêté «plantes» |
| <i>G. sesquipedale</i> (Clemente) Thuret | - | rouge | - | - | - | - | | Arrêté «plantes» |
| <i>Gracilaria gracilis</i> (Stackhouse) Steentoft, L.M. Irvine & Farnham | Ogonori | rouge | - | - | - | - | | Arrêté «plantes» |
| <i>Gracilaria verrucosa</i> (Hudson) Papenfuss | Gracilaire, ogo, ogonori | rouge | 227 | 7770 | 4943 | 13 | | Algue alimentaire |
| <i>Himanthalia elongata</i> (L.) S.F.Gray | Haricot, Spaghetti de mer | brune | 74 | 248 | 144 | 8 | | Algue alimentaire Arrêté «plantes» |
| <i>Hizikia fusiformis</i> (Harvey) Okamura | - | brune | - | - | - | - | | Belfrit |
| <i>Laminaria digitata</i> (L.) J.V. Lamouroux | Laminaire | brune | 1891 | 10415 | 4855 | 42 | | Algue alimentaire Arrêté «plantes» |
| <i>Laminaria hyperborea</i> (Gunnerus) Foslie | - | brune | - | - | - | - | | Arrêté «plantes» |
| <i>Laminaria palmata</i> Bory | - | brune | - | - | - | - | | Belfrit Art-15 |
| <i>Macrocystis pyrifera</i> (L.) C.Agardh | Kelp | brune | - | - | - | - | | Arrêté «plantes» |
| <i>Mastocarpus stellatus</i> (Stackh.) Guiry | Steack de mer | rouge | - | - | - | - | | Arrêté «plantes» |
| <i>Padina pavonica</i> (L.) Thivy | - | brune | - | - | - | - | | Algue alimentaire |
| <i>Palmaria palmata</i> (L.) F.Weber & D.Mohr | Dulse | rouge | 67 | 1119 | 325 | 17 | | Algue alimentaire Arrêté «plantes» |
| <i>Phymatolithon calcareum</i> (Pallas) W.H.Adey & D.L.McKibbin ex Woelkering & L.M.Irvine Syn. ⁸ <i>Lithothamnium calcareum</i> | - | rouge | - | - | - | - | | Arrêté «plantes», Belfrit et Art-15 Algue alimenraire |
| <i>Porphyra dioica</i> J.Brodie & L.M.Irvine | Nori | rouge | | | | | | Algue alimentaire |
| <i>Porphyra laciniata</i> (Lightfoot) C.Agardh | Nori | rouge | | | | | | Algue alimentaire |
| <i>Porphyra leucosticta</i> Thuret | Nori | rouge | | | | | | Algue alimentaire |
| <i>Porphyra purpurea</i> (Roth) C.Agardh | Nori | rouge | 5 | 215 | 51 | 18 | | Algue alimentaire |
| <i>Poryphora tenera</i> (Kjellman) N.Kikuchi, M.Miyata, M.S.Hwang & H.G.Choi | Nori | rouge | | | | | | Algue alimentaire |
| <i>Poryphora umbilicalis</i> Kützing | Nori | rouge | | | | | | Algue alimentaire Arrêté «plantes» |
| <i>Poryphora yezoensis</i> (Ueda) M.S.Hwang & H.G.Choi | Nori | rouge | - | - | - | - | | Algue alimentaire |
| <i>Pyropia tenera</i> (Kjellman) N.Kikuchi, M.Miyata, M.S.Hwang & H.G.Choi | Nori | rouge | - | - | - | - | | Belfrit Art-15 |
| <i>Saccharina latissima</i> (L.) C.E.Lane, C.Mayes, Druehl & G.W.Saunders Syn. <i>Laminaria saccharina</i> | Laminaire sucrée, boudrier de Neptune, kombu royal | brune | 36 | 6396 | 3407 | 37 | | Algue alimentaire Arrêté «plantes» |
| <i>Saccharina japonica</i> (Areschoug) C.E.Lane, C.Mayes, Druehl & G.W.Saunders Syn. <i>Laminaria japonica</i> | Kombu | brune | 1828 | 3140 | 2359 | 6 | | Algue alimentaire Arrêté «plantes» |
| <i>Sargassum fusiforme</i> (Harvey) Setchell | Hizijii | brune | - | - | - | - | | Arrêté «plantes» |
| <i>Ulva lactuca</i> L. | Laitue de mer, ulve | verte | 70 | 267 | 92 | 34 | | Algue alimentaire Arrêté «plantes» |
| <i>Undaria pinnatifida</i> (Harvey) Suringar | Wakamé, fougère de mer | brune | 20 | 1437 | 191 | 23 | | Algue alimentaire Arrêté «plantes» |

⁸ Syn. : correspond à une dénomination antérieure obsolète

| Plantes halophytes | | | | | | | |
|--|--|------------------|---|---|---|---|---|
| <i>Crambe maritima</i> L. | Chou marin | plante halophyte | - | - | - | - | Belfrit |
| <i>Crithmum maritimum</i> L. | Criste marine Fenouil marin | plante halophyte | - | - | - | - | Arrêté « plantes » |
| <i>Salicornia</i> spp. | Salicorne | plante halophyte | - | - | - | - | Plantes halophytes |
| Microalgue | | | | | | | |
| <i>Dunaliella salina</i> (Dunal) Teodoresco | - | microalgue | - | - | - | - | Arrêté « plantes » |
| <i>Haematococcus pluvialis</i> Flotow, syn. <i>Haematococcus lacustris</i> (Girod-Chantrans) Rostafinski | - | microalgue | - | - | - | - | Arrêté « plantes » |
| <i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C.Agardh | - | microalgue | - | - | - | - | Algue alimentaire |
| <i>Parachlorella kessleri</i> (Fott & Nováková) Krienitz, E.H.Hegewald, Hepperle, V.Huss, T.Rohr & M.Wolf | - | microalgue | - | - | - | - | Art-15 |
| <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault | Algue bleu-vert du lac Klamath, AFA | microalgue | - | - | - | - | Arrêté « plantes » |
| <i>Auxenochlorella protothecoides</i> (Krüger) Kalina & Puncochárová | - | microalgue | - | - | - | - | Art-15 |
| <i>Auxenochlorella pyrenoidosa</i> (H.Chick) Molinari & Calvo-Pérez | - | microalgue | - | - | - | - | Art-15 |
| <i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck | Chlorelle | microalgue | - | - | - | - | Arrêté « plantes » |
| <i>Chlorella sorokiniana</i> Shihira & R.W.Krauss | - | microalgue | - | - | - | - | Art-15 |
| <i>Scenedesmus vacuolatus</i> Shihira & Krauss | - | microalgue | - | - | - | - | Art-15 |
| <i>Arthrospira major</i> (Kützing ex Gomont) W.B.Crow Syn. : <i>Spirulina major</i> Kützing ex Gomont | Spiruline | microalgue | | | | | Algue alimentaire Arrêté « plantes » |
| <i>Arthrospira maxima</i> Setchell & N.L.Gardner Syn. : <i>Spirulina maxima</i> (Setchell & N.L.Gardner) Geitler | Spiruline | microalgue | - | - | - | - | Algue alimentaire Arrêté « plantes » |
| <i>Arthrospira fusiformis</i> (Voronikhin) Komarek & J.W.G.Lund) Syn. : <i>Spirulina platensis</i> (Gomont) Geitler | Spiruline | microalgue | | | | | Algue alimentaire Arrêté « plantes » |
| <i>Spirulina</i> P.J.F.Turpin ex M.Gomont | Spiruline | microalgue | | | | | Art-15 |

* Teneur en iode d'algues déshydratées issues des fiches nutritionnelles du site du CEVA (datées entre 2011 et 2015). Non déterminée pour toutes les algues.

** Le statut des algues, microalgues ou plantes halophytes :

- alimentaire selon le CEVA, issue de l'historique de consommation, ou d'avis du CSHPF ou de l'Anses ;

- algues présentes dans la liste de l'arrêté « plantes » ou dans les listes Belfrit ou « Article 15 » (Art-15) de la DGCCRF.

3.5.2. Les microalgues

Les microalgues d'eaux douces, terrestres ou marines sont des organismes unicellulaires appartenant aux groupes des cyanobactéries et des algues microscopiques.

La spiruline, dont le nom couvre les cyanobactéries du genre *Arthrospira* (anciennement *Spirulina*), est la microalgue la plus employée comme ingrédient alimentaire ou complément alimentaire en raison de son historique de consommation dans des pays tiers et de son potentiel nutritif. En France, la spiruline est commercialisée en vrac, sous forme de poudre ou de compléments alimentaires en gélules ou comprimés (Cornillier, Korsia-Meffre, et Senart 2008). Compte tenu de sa teneur quasi nulle en iode, le risque d'excès d'apport en iode semble négligeable pour cette microalgue. Par ailleurs, en dehors du risque de contamination, la spiruline ne présente pas de risque sanitaire aux doses usuelles employées (Anses 2016a).

Parmi les autres microalgues susceptibles d'être consommées en France, seule l'espèce *Dunaliella salina* contient de l'iode. Cette espèce peut être cultivée dans des bassins ouverts utilisant l'eau de mer (Enzing *et al.* 2014). Cependant, *Dunaliella salina* est principalement cultivée en bioréacteur pour la production de biodiesel, de xanthophylle et de phytostérols. Sa consommation alimentaire peut donc être considérée comme négligeable (Matos *et al.* 2017).

3.5.3. Les macroalgues

Les macroalgues marines sont des organismes végétaux pluricellulaires. Contrairement aux microalgues, la plupart de ces algues marines ont la particularité de se développer de manière sédentaire. Leur recouvrement peut s'étendre sur des grands espaces formant des champs ou forêts, souvent comparés à ceux du système terrestre. Néanmoins, du fait de la nécessité de lumière, la colonisation de la majorité des macroalgues se limite du rivage jusqu'à environ trente mètres de profondeur en mer. Elles présentent des structures biologiques diverses allant de simples filaments de quelques centimètres à des thalles mesurant plusieurs dizaines de mètres de long, avec des couleurs très variables (Kornprobst 2005).

Les macroalgues sont divisées en trois groupes (phyla) selon leur pigmentation : algues vertes (proches de la surface), algues brunes (en profondeur intermédiaire) et algues rouges (jusqu'à 200 m de profondeur).

Elles sont connues pour leur capacité à concentrer les métaux lourds et l'iode (Besada *et al.* 2009). Les laminaires sont celles qui concentrent le plus l'iode. Cette capacité de concentration de l'iode est fonction de l'espèce, du lieu, des conditions de culture et du cycle de développement (Teas *et al.* 2004).

3.5.4. Les plantes halophytes

Les plantes halophytes sont des végétaux supérieurs adaptés aux milieux salés et dont l'habitat correspond à des sols littoraux ou à des sols salés continentaux. Trois espèces sont susceptibles d'être consommées en France, *Crambe maritima* (nom commun : chou marin), *Crithmum maritimum* (nom commun : fenouil marin ou criste marine) et *Salicornia* spp. (nom commun : salicorne).

3.5.5. La teneur en iode dans les algues considérées et les limites réglementaires

Les algues brunes sont les espèces qui concentrent le plus fortement l'iode, avec des teneurs pouvant dépasser 10000 µg/g de poids sec. Par comparaison, les teneurs en iode décrites dans les algues rouges sont inférieures à 1000 µg/g de poids sec et inférieures à 100 µg/g de poids sec dans les algues vertes (Ceva 2011-2013). Les microalgues et les plantes halophytes susceptibles d'être consommées ont une teneur en iode négligeable.

Compte tenu de leur teneur élevée en iode, la consommation d'algues, particulièrement des algues séchées, peut conduire à des apports d'iode potentiellement à risque pour les populations exposées (Efsa 2006). Lors de leur autorisation dans l'alimentation humaine, le CSHPF a fixé des teneurs en iode maximales à 6000 mg/kg de poids sec pour les laminaires et à 5000 mg/kg de poids sec pour les autres espèces. Il convient de noter que ces teneurs maximales avaient été fixées en considérant une consommation d'algues alimentaires majoritairement sous forme de condiment, donc pour des expositions très faibles.

Du fait de l'évolution des habitudes et des modes de consommation, l'exposition aux algues sous forme de légumes a été prise en compte pour l'évaluation du risque d'excès d'apport d'iode (Afssa 2002). Dans ce contexte, la teneur maximale en iode dans les algues a été révisée avec une valeur seuil de 2000 mg/kg de poids sec uniquement pour certaines espèces (Afssa 2002), puis

recommandée pour toutes les espèces d'algues alimentaires (Afssa 2009). A titre de comparaison, la législation allemande fixe ce seuil à 20 mg d'iode par kg de poids frais dans les produits alimentaires, correspondant à environ 400 mg d'iode par kg de poids sec (BfR 2004).

On peut noter que les teneurs moyennes en iode issues des fiches nutritionnelles du site internet du Ceva pour *Gracilaria verrucosa*, *Laminaria digitata*, *Laminaria japonica* (syn. *Saccharina japonica*) ou *Saccharina latissima* dépassent largement la valeur recommandée en France de 2000 mg/kg de poids sec. Considérant que les conditions et lieux de production des algues peuvent conduire à des teneurs en iode très variables quelle que soit l'espèce, d'autres espèces d'algues pourraient avoir une teneur en iode très élevée. Cependant, il s'agit vraisemblablement d'analyses réalisées sur les matières premières (algues brutes) et non sur des produits destinés directement aux consommateurs.

Au Japon, où la consommation d'algues est élevée, des pratiques de « dé-iodation » des algues (préfanage sur dune puis lavage) sont traditionnellement utilisées (Nisizawa *et al.* 1987). Des traitements industriels simples tels que la cuisson ou le saumurage peuvent aussi entraîner une perte significative d'iode dans les produits transformés : de l'ordre de 20 % lors de la friture, de 23 % pour les produits grillés ou de 58 % lors de la cuisson à la vapeur ou de l'ébullition (OMS 1988). Il convient donc de déterminer et d'indiquer la teneur en iode dans les produits transformés destinés aux consommateurs.

Ces limitations de la teneur en iode tiennent compte de sa relative bonne biodisponibilité. L'absorption intestinale de l'iode est considérée comme élevée (> 90%) (Efsa 2017). La biodisponibilité de l'iode contenu dans *Gracilaria verrucosa* (algue rouge) et *Laminaria hyperborea* (algue brune) a été mesurée chez l'adulte. Elle est significativement supérieure avec *Gracilaria verrucosa* (Aquaron *et al.* 2002). Ces résultats indiquent que la biodisponibilité de l'iode dépend de l'espèce considérée et notamment des formes d'iode (organique ou inorganique) présentes. Lorsque l'iode est apporté sous forme de complément alimentaire à base d'algues (*Ascophyllum nodosum*), on observe une plus faible biodisponibilité (33 %), comparée à l'apport d'iode sous forme d'iodure de potassium (59 %) chez l'adulte (Combet *et al.* 2014).

3.6. Les algues dans les compléments alimentaires

3.6.1. Les usages des compléments alimentaires à base d'algues

L'utilisation des compléments alimentaires est encadrée par la directive européenne 2002/46/CE⁹, transposée dans le droit français par le décret n°2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires, précisé notamment par l'arrêté du 9 mai 2006 relatif aux nutriments pouvant être employés dans la fabrication des compléments alimentaires et l'arrêté « plantes ».

Selon l'étude Inca3 (Anses 2017), la consommation de compléments alimentaires en France a progressé par rapport à la période évaluée précédemment, passant de 20 % à 29 % des adultes français déclarant en consommer, sur la base d'une définition plus large incluant les médicaments sources de nutriments (telle que retenue dans les études Inca). En 2015, les compléments alimentaires à visée minceur représentaient 10 % des ventes en France, derrière les segments transit (14 %), sommeil (14 %) et vitalité (17 %) (Anses 2017).

Les compléments alimentaires à base d'algues se situent dans les segments « transit » et « minceur », dont les ventes représentent près du quart des ventes de compléments alimentaires en France en 2016. Les femmes se distinguent par une plus forte consommation de ces compléments alimentaires (35 %) (Synadiet 2016).

⁹ Directive 2002/46/CE du Parlement européen et du Conseil du 10 juin 2002 relative au rapprochement des législations des États membres concernant les compléments alimentaires.

Les compléments alimentaires à base d'algues sont couramment employés comme adjuvants des régimes amaigrissants. Les algues renferment de grandes quantités de polysaccharides (comme des alginates et des carraghénanes), répondant à la définition des fibres alimentaires. Leur caractère épaississant explique leur usage comme « coupe-faim » dans ce cadre. Seules les allégations génériques suivantes sont autorisées par le règlement (UE) n°432/2012 de la Commission au titre de l'article premier :

- L'iode contribue à un métabolisme énergétique normal ;
- L'iode contribue à une fonction cognitive normale ;
- L'iode contribue à un fonctionnement normal du système nerveux ;
- L'iode contribue au maintien d'une peau normale ;
- L'iode contribue à la production normale d'hormones thyroïdiennes et à une fonction thyroïdienne normale.

3.6.2. La dose journalière maximale (DJM)

L'arrêté du 9 mai 2006 relatif aux nutriments pouvant être employés dans la fabrication de compléments alimentaires fixe la dose journalière maximale (DJM) d'iode à 150 µg pour les compléments alimentaires.

3.6.3. Les recommandations et restrictions d'utilisation existantes

Aucune recommandation ou restriction d'emploi n'est indiquée dans la liste de l'arrêté « plantes » pour les macroalgues, microalgues et plantes halophytes présentes. Une restriction d'usage est précisée pour les espèces *Fucus serratus* et *Fucus vesiculosus* dans la liste du projet Belfrit : « *Déconseillé chez les personnes sous anticoagulant* », en lien avec l'activité antiagrégante plaquettaire démontrée *in vitro* et l'activité antithrombotique démontrée *in vivo* (Kwak *et al.* 2010). Considérant que ces résultats ont été observés après une injection intrapéritonéale chez la souris, cette restriction ne semble pas pertinente pour un usage de *Fucus vesiculosus* dans un complément alimentaire utilisé exclusivement par voie orale.

3.7. Les algues dans les médicaments

3.7.1. Les utilisations traditionnelles d'algues

Les médicaments traditionnels à base de plantes bénéficient d'un régime particulier d'autorisation simplifiée pour la mise sur le marché. Les décrets n°2008-841 et 2008-839 ont permis de libérer du monopole pharmaceutique cent quarante-huit plantes inscrites à la pharmacopée, dont certaines algues que l'on retrouve dans l'arrêté « plantes » pour une utilisation dans les compléments alimentaires.

L'utilisation traditionnelle comme adjuvant des régimes amaigrissants est mentionnée dans l'avis aux fabricants de l'Agence du médicament (Cahier de l'agence n°3 : Médicaments à base de plantes, 1997), pour le thalle séché d'*Ascophyllum nodosum*, de *Fucus vesiculosus* et *Fucus serratus*, et par l'EMA pour la poudre de thalle de *Fucus vesiculosus* (voie orale).

D'autres usages traditionnels sont répertoriés sans être reconnus par les autorités de santé, comme le traitement de la constipation, les propriétés cicatrisantes et protectrices gastriques, et dans la prévention et le traitement du goitre (Mendis et Kim 2011). Des usages en tant qu'hypolipémiant, antiagrégant plaquettaire, fibrinolytique, antioxydant, antiviral sont également décrits (Philpott et Bradford 2006).

3.7.2. Doses maximales et posologies

L'avis aux fabricants de l'Agence du médicament fixe la dose maximale d'iode à 120 µg/j (Cahier de l'agence n°3 : Médicaments à base de plantes, 1997). L'agence européenne du médicament (EMA 2014b) fixe la dose maximale d'iode à 400 µg/j pour les médicaments à base de fucus (*Fucus* spp.). Actuellement, seuls les fucus (*Fucus* spp.) sont commercialisés en France dans les médicaments à base d'algue.

Il existe une seule indication validée par le comité HMPC¹⁰ de l'EMA pour les médicaments traditionnels à base d'algue. Elle concerne la poudre de thalle séché de *Fucus vesiculosus* utilisée comme « adjuvant de régime alimentaire hypocalorique pour favoriser la perte de poids chez l'adulte en surpoids et après avis médical » (EMA 2014a). La posologie correspondante est de 260 mg/j pour une durée de traitement ne devant pas dépasser dix semaines sans avis médical. Compte tenu de la teneur moyenne d'iode dans le fucus (400 µg/g), les doses d'iode correspondantes aux posologies indiquées sont de l'ordre de 100 µg/j.

Par ailleurs, il existe une spécialité actuellement commercialisée en France contenant un extrait aqueux sec de thalle de fucus et préconisée dans le traitement de courte durée de la constipation occasionnelle de l'adulte.

Enfin, il existe des tisanes contenant du thalle de fucus commercialisées en France (hors vrac) dans l'indication « traditionnellement utilisé chez l'adulte comme adjuvant des régimes amaigrissants ». La posologie en fucus de ces tisanes est de 200 à 900 mg/j.

3.8. Le risque d'excès d'apport en iode lié à la consommation d'algues

3.8.1. Pour la population générale

Malgré la recommandation d'une teneur maximale d'iode de 2000 µg/g de poids sec dans les algues alimentaire (Afssa 2009), il existe un risque de dépassement de la limite supérieure de sécurité (LSS) fixée à 600 µg/jour (Efsa 2006). Dans le respect de la limite de 2000 µg/g de poids sec, la consommation chronique de 500 mg d'algue sèche par jour entraînerait un dépassement de la LSS fixée pour l'iode et des effets indésirables. Cependant, cette consommation d'algues ne tient pas compte des pertes d'iode, pouvant être de l'ordre de 20 à 60 %, liées à la préparation finale des algues (comme la cuisson, notamment par ébullition).

A ce jour le niveau de consommation des algues en France est très largement inférieur à celui observé en Asie ou, plus proche de nous, en Norvège (Le Bras *et al.* 2014). D'après l'étude Inca3, les apports moyens en iode de la population française se situent à 148 µg/j chez l'adulte (soit environ la valeur de l'AS), à 115,7 µg/j chez les enfants âgés de 0 à 10 ans et à 135 µg/j chez les adolescents de 11 à 17 ans (supérieure ou approximativement égale à la référence nutritionnelle établies pour les enfants de différents âges et les adolescents) (Anses 2017).

L'Anses rappelle que l'utilisation d'algues, consommées fraîches, ou en extrait dans des compléments alimentaires, n'est pas pertinente dans le cadre de la correction de la déficience en iode observée en France pour certaines populations, en raison du caractère très ponctuel de cette consommation et de la concentration en iode de ces algues extrêmement variable (Afssa 2008).

Les habitudes alimentaires françaises observées dans l'étude Idealg (Le Bras *et al.* 2014) permettent d'écartier le risque d'une hyperiodémie qui serait liée à une consommation chronique d'algues pour la plus grande partie de la population française. Toutefois, le marché des produits à base d'algues est en constante progression, avec une offre de produits variés (comme : conserves, tartares, condiments, tisanes, biscuits, boissons...) permettant de faciliter la

¹⁰ The Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC)

consommation actuelle et de la développer auprès de nouveaux consommateurs (Le Bras, Ritter, *et al.* 2015).

En conséquence, il convient de recommander aux consommateurs réguliers de produits alimentaires à base d'algues de privilégier des denrées dont la teneur en iode est faible, ce qui est notamment le cas des produits saumurés ou soumis à un traitement thermique tel que l'appertisation (exemple : les conserves ou les bocaux) (OMS 1988).

Les consommateurs de compléments alimentaires à base d'algues peuvent aussi être exposés à des quantités d'iode élevées. En effet, la substance végétale n'est souvent pas clairement définie dans les compléments alimentaires à base d'algues (manquent souvent le nom scientifique, l'origine et le mode de production), ainsi que la teneur en iode du produit. Sur la base de la teneur en iode théorique maximale (constituant un pire-cas) de certaines espèces d'algues, on peut noter que les doses journalières recommandées par l'opérateur peuvent conduire à des dépassements de la dose journalière maximale, fixée à 150 µg/jour d'iode pour les compléments alimentaires. De plus, dans le cadre de leur utilisation comme adjuvants des régimes amaigrissants, ces compléments alimentaires font souvent l'objet de mésusage impliquant une prise régulière et supérieure à la dose recommandée. Dans ce cas de figure, des effets indésirables pourraient être observés.

3.8.2. Pour les femmes enceintes

La supplémentation en iode en amont ou au cours de la grossesse reste une recommandation permettant la prévention de retard de développement cérébral chez l'enfant à naître (Zimmermann et Delange 2004). Les apports d'iode recommandés chez la femme enceinte sont de 200 µg/j (Efsa 2017). Cependant, chez des femmes non carencées présentant des apports excessifs en iode, il existe un risque de troubles thyroïdiens à la fois chez la mère et l'enfant à naître (Connelly *et al.* 2012). Des concentrations urinaires d'iode dépassant 500 µg/L sont associées avec un risque élevé d'hypothyroïdie chez la mère. Des troubles subcliniques ont même été observés à des valeurs légèrement supérieures à 250 µg/L (Shi *et al.* 2015). Par ailleurs, des apports d'iode très élevés (estimés à 1000-1500 µg/j) liés à une consommation d'algues chez des femmes enceintes japonaises ont été associés à des cas d'hypothyroïdie congénitale (Nishiyama *et al.* 2004).

3.8.3. Pour les femmes allaitantes et nourrissons

La valeur de référence nutritionnelle pour l'iode chez le nourrisson varie selon les pays. L'OMS a fixé une valeur de 15 µg/kg/j pour le nourrisson allaité. Les concentrations en iode dans le lait maternel de femmes ayant des apports suffisants en iode varient de 150 à 180 µg/L.

Des concentrations très supérieures ont été observées dans le lait de femmes coréennes et de Chine du Nord, consommant traditionnellement des quantités d'algues élevées, notamment dans des soupes de wakamé (*Undaria pinnatifida*), dans le but d'augmenter leur production lactée. Cette consommation correspond à des apports d'iode allant de 1200 à 4000 µg/j et peut entraîner des concentrations d'iode dans le lait maternel de 900 à 2200 µg/L (Leung *et al.* 2012).

Plusieurs cas d'hypothyroïdie congénitale ont été associés à cette pratique en Corée (Chung *et al.* 2009), ainsi qu'aux Etats-Unis et en Australie chez des nouveau-nés de femmes ayant conservé leurs traditions alimentaires (Emder et Jack 2011).

3.8.4. Pour les enfants

Des apports d'iode supérieurs aux références nutritionnelles chez l'enfant sont associés à des cas d'hypothyroïdie ou d'hyperthyroïdie. Ces niveaux d'apports ont été observés à la suite des

campagnes de supplémentation d'iode dans le sel (Delange, de Benoist, et Alnwick 1999), mais également chez des enfants consommant de grandes quantités d'algues dans les régions littorales du Japon (Suzuki *et al.* 1965). Le bilan établi par Zimmerman en 2013 concernant le déficit ou l'excès d'apport en iode chez l'enfant dans cent vingt-huit pays confirme le bénéfice apporté par les supplémentations en iode dans la plupart des pays. Il pointe également les risques associés à un apport d'iode excessif, notamment par la consommation d'algues (Zimmermann 2013).

3.9. Autres risques identifiés

3.9.1. Les interactions médicamenteuses liées à l'iode

La monographie HMPC relative au fucus (EMA 2014b) indique qu'il présente des interactions avec les médicaments utilisés en cas de pathologies thyroïdiennes (méthimazole), les traitements au lithium, les anticoagulants ou les médicaments entraînant une insuffisance rénale fonctionnelle (diurétiques, anti-inflammatoires non stéroïdiens, inhibiteurs de l'enzyme de conversion).

Les apports d'iode alimentaire peuvent influencer le type d'effets indésirables thyroïdiens liés à la prise d'amiodarone. Ainsi, des cas d'hyperthyroïdie ont été observés dans des régions avec un déficit d'apport, tandis que des hypothyroïdies ont été observées dans des zones où l'apport en iode était suffisant (Martino *et al.* 1984).

Un régime pauvre en iode (< 50 µg/j) est recommandé par la plupart des praticiens pendant une à trois semaines avant l'administration d'iode radioactif I¹³¹, lors d'un examen ou d'une ablation de la thyroïde (Sawka *et al.* 2010).

Les produits de contraste iodés contiennent entre 320 et 370 mg/mL d'iode. L'administration de ces produits entraîne des concentrations urinaires d'iode élevées (jusqu'à 866 µg/L) (Lee *et al.* 2015). Les concentrations urinaires d'iode reviennent à la normale après un mois, cependant les auteurs préconisent un délai de deux mois avant d'utiliser à nouveau un produit de contraste iodé.

3.9.2. Les effets indésirables non thyroïdiens de l'iode

Effets cardiovasculaires

L'hyperthyroïdie induite par un excès d'iode peut présenter des manifestations cliniques graves (thyrotoxicose), avec des répercussions au niveau cardiaque (arythmies et insuffisance cardiaque). Ainsi, la consommation d'algues riches en iode est à surveiller chez des patients présentant des anomalies cardiaques (Dunn, Semigran, et Delange 1998).

Effets rénaux

Un cas d'insuffisance rénale aiguë a été décrit chez une femme de 37 ans exposée à la povidone iodée dans le cadre d'une hystéroscopie (Beji *et al.* 2006). L'article évoque douze autres cas d'insuffisance rénale aiguë survenus chez des patients traités par de la povidone iodée. La plupart d'entre eux présentaient déjà une insuffisance rénale chronique.

3.9.3. Les effets indésirables non thyroïdiens des algues

La poudre de thalle de *Fucus vesiculosus* est contre-indiquée chez les personnes hypersensibles au fucus (EMA 2014a). L'allergie à l'iode n'existe pas en tant qu'entité physiopathologique. Des revues récentes confirment que l'atome d'iode n'est pas responsable des réactions d'hypersensibilité immédiate ou retardée aux médicaments ou aliments contenant de l'iode (Dewachter et Mouton-Faivre 2015). En effet, l'atome d'iode, du fait de sa taille, ne peut pas engendrer la production d'IgE spécifiques par un mécanisme de sensibilisation immunologique. Des réactions d'hypersensibilité immédiate (faisant intervenir des IgE spécifiques), liées à la

consommation d'algues n'ont été observées que pour une espèce particulière de cyanobactérie, la spiruline. L'allergène moléculaire identifié de la spiruline est une phycobiliprotéine, la phycocyanine. En cas d'allergie démontrée, la consommation ultérieure de spiruline, ou de toute algue/microalgue contenant ce même allergène ou un allergène homologue est contre-indiquée.

3.9.4. Les contaminants des algues

Les éléments traces métalliques (c'est-à-dire cadmium, arsenic, mercure, plomb et étain), les résidus de produits phytosanitaires, les toxines marines et les toxines de cyanobactéries sont des contaminants que l'on peut retrouver dans les algues ou les microalgues (Anses 2016a). Les algues destinées à la consommation humaine, comme toute denrée alimentaire, sont encadrées par les réglementations européenne ou nationale fixant pour chaque type de contaminant une teneur maximale dans le produit commercialisé. Des critères microbiologiques sont également fixés pour assurer la sécurité des algues alimentaires.

Les algues alimentaires doivent satisfaire aux critères indiqués dans les tableaux suivants (Ceva 2014).

Tableau 4. Critères microbiologiques pour les algues séchées.

| Germes recherchés | Teneurs maximales (unité / g) |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Germes aérobies mésophiles | < 100 000 / g |
| Coliformes fécaux | < 10 / g |
| Anaérobies sulfitoréducteurs | < 100 / g |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | < 100 / g |
| <i>Clostridium perfringens</i> | < 1 / g |
| <i>Salmonella</i> | Absence dans 25 g de produit sec |

Tableau 5. Teneurs maximales en éléments traces métalliques et en iode dans les produits secs (algues légumes ou condiments).

| Eléments | Teneurs maximales (mg/kg) |
|-----------------|----------------------------------|
| Arsenic minéral | 3 |
| Cadmium | 0,5 |
| Mercure | 0,1 |
| Plomb | 5 |
| Etain | 5 |
| Iode | 2000 |

Dans le cadre d'une saisine de la DGCCRF, l'Anses évalue actuellement l'opportunité de conserver la teneur maximale en cadmium à 0,5 mg/kg de poids sec dans les algues alimentaires, telle qu'issue des conclusions du CSHPF¹¹ en 1988 et 1990.

De plus, le règlement (CE) n°629/2008, modifiant le règlement (CE) n°1881/2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires, prévoit une teneur maximale en cadmium de 3 mg/kg dans les compléments alimentaires composés exclusivement ou principalement d'algues marines séchées ou de produits issus d'algues marines.

¹¹ Conclusions du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, émises lors des séances des 14 juin 1988 et 9 janvier 1990.

3.10. Données issues des vigilances

3.10.1. La nutrivigilance au niveau national et international

Les autorités australiennes ont signalé un cas de dysfonctionnement thyroïdien lié à la consommation d'une boisson à base de soja contenant du Kombu (*Laminaria japonica*), présentant de très hautes concentrations d'iode. Ce signalement a entraîné son retrait du marché au Royaume-Uni, en Allemagne, en Espagne et en Irlande. Le produit n'était pas présent sur le marché français mais la DGCCRF a émis un communiqué mettant en garde sur d'éventuels achats de ce produit sur internet¹².

Entre 2009 et 2015, la mission nutrivigilance de l'Anses a recensé trente et une déclarations d'effets indésirables attribuables à des compléments alimentaires contenant, entre autres, des macro-algues marines. Ces déclarations concernaient majoritairement des femmes âgées de 30 à 56 ans. Douze de ces déclarations ont été jugées suffisamment documentées pour faire l'objet d'une analyse d'imputabilité. Ces intoxications rapportées touchent majoritairement le foie (sept cas d'hépatite) et, les reins (deux cas d'insuffisance rénale aiguë). Seul un cas d'atteinte thyroïdienne (hypothyroïdie congénitale) a été déclaré. Cependant, le niveau d'imputabilité intrinsèque analysé, tel que décrit dans la méthode définie dans l'avis de l'Anses du 11 mai 2011 (Anses 2011), ne permet d'évaluer que le lien entre la consommation d'un produit (et non de chacun des ingrédients qui le constituent) avec des effets observés.

En Croatie, quarante-quatre cas de troubles de la thyroïde ont été déclarés à la suite d'une consommation de Kombu (*Laminaria japonica*). Afin de limiter l'excès d'apport d'iode et le risque associé, les autorités croates recommandent que la mention suivante soit présente sur ces produits : « Ne pas dépasser la consommation de 0,3 g par jour de Kombu ».

En Allemagne, entre 2008 et 2017, six cas d'effets indésirables liés à la consommation de compléments alimentaires contenant des algues ont été signalés. Quatre d'entre eux sont des réactions allergiques, les deux autres concernent respectivement des douleurs abdominales et une augmentation de la TSH. Comme dans les cas recensés par la nutrivigilance de l'Anses, l'analyse de ces signalements montre que ces effets ne peuvent pas être attribués uniquement à la présence d'algues ou à la teneur en iode du produit (cette dernière n'étant d'ailleurs pas connue avec précision).

D'une façon générale, lorsque des cas d'effets indésirables liés à la consommation d'algues ou de compléments alimentaires à base d'algues sont identifiés, il n'est pas possible de considérer que ces signalements sont imputables – avec un niveau de probabilité assez élevé – à la présence d'algues ou d'iode dans le produit consommé.

3.10.2. La pharmacovigilance

Selon le rapport de l'EMA relatif à l'évaluation de *Fucus vesiculosus*, il n'y a « pas de pharmacovigilance alarmante » (EMA 2014a).

¹² http://invs.santepubliquefrance.fr//display/?doc=presse/2010/communiques/lait_soja_bonsoy/index.html

4. LES CONCLUSIONS DU GT « PLANTES » ET DU CES « NUTRITION HUMAINE »

Le GT « Plantes » et le CES « Nutrition humaine » ont identifié des espèces d'algues particulièrement riches en iode comme les algues brunes laminaires *Laminaria* spp. et *Saccharina* spp., ainsi que de l'algue rouge *Gracilaria verrucosa*. Cependant, les conditions de production des algues peuvent conduire à des teneurs en iode très variables quelle que soit l'espèce. Par ailleurs, le type de préparation à base d'algues (poudre, extrait) utilisé dans les compléments alimentaires ainsi que le procédé d'obtention des ingrédients ou des aliments peuvent moduler les teneurs en iode dans les denrées alimentaires.

En conséquence, le GT «Plantes» et le CES « Nutrition humaine » concluent qu'il apparaît nécessaire :

- que l'identité botanique de l'algue, ainsi que son procédé de transformation soient bien définis ;
- que la teneur en iode par dose journalière soit systématiquement indiquée dans la déclaration d'enregistrement du produit en comparaison avec la DJM de 150 µg/j pour les compléments alimentaires. De plus, l'indication de la teneur en iode serait très utile pour le consommateur pour lui permettre un suivi des quantités totales d'iode qu'il ingère.

Par ailleurs, le GT et le CES recommandent aux consommateurs réguliers de produits à base d'algues de privilégier des produits dont la teneur en iode reste modérée, notamment les produits saumurés ou soumis à un traitement thermique tel que l'appertisation.

Afin de protéger les populations à risque, le GT « Plantes » et le CES « Nutrition humaine » estiment que les denrées alimentaires contenant des algues ne devraient pas être consommées :

- en cas de dysfonctionnement thyroïdien, de cardiopathies, d'insuffisance rénale, ou de traitement par un médicament contenant de l'iode ou de traitement au lithium ;
- en cas de grossesse ou d'allaitement, sans avis médical.

En raison de l'absence de données suffisantes pour caractériser le risque chez l'enfant, il convient d'être vigilant sur sa consommation de produits à base d'algues.

De plus, il convient de rappeler que l'utilisation d'algues, consommées fraîches, sèches ou en extrait dans des compléments alimentaires, n'est pas pertinente dans le cadre de la correction d'une déficience en iode (Afssa 2008).

Le GT « Plantes » et le CES « Nutrition humaine » soulignent enfin qu'un risque de dépassement des limites supérieures de sécurité pour l'iode existe en cas de consommation d'algues, *a fortiori* si elle est associée à une consommation de compléments alimentaires à base d'algues ou de médicaments iodés.

5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Anses, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail adopte les recommandations du groupe de travail « Plantes » et du comité d'experts spécialisé « Nutrition humaine ».

L'Agence recommande aux consommateurs de privilégier les circuits d'approvisionnement les mieux contrôlés par les pouvoirs publics (conformité à la réglementation française, traçabilité, identification du fabricant) pour tous les aliments et les compléments alimentaires à base d'algues.

Au regard de la teneur en iode dans les algues et des effets indésirables rapportés, l'Anses déconseille la consommation d'aliments ou compléments alimentaires contenant des algues aux personnes présentant un dysfonctionnement thyroïdien, une cardiopathie, une insuffisance rénale, ou suivant un traitement par un médicament contenant de l'iode ou du lithium, ainsi qu'aux femmes enceintes ou allaitantes, sans avis médical.

Par ailleurs, l'Anses rappelle que, comme précisé dans son avis du 16 mai 2008, l'utilisation d'algues, consommées fraîches, sèches ou en extrait dans des compléments alimentaires, n'est pas pertinente dans le cadre de la correction d'une déficience en iode.

A noter toutefois que les conditions de production des algues pouvant conduire à des teneurs en iode très variables, quelle que soit l'espèce d'algue considérée, une demande d'informations a été adressée à la DGCCRF afin de documenter la teneur en iode dans les compléments alimentaires disponibles sur le marché, ainsi que la caractérisation et la sécurité des préparations de plantes utilisées par les opérateurs. Les résultats de cette enquête permettront d'estimer le niveau réel d'exposition à l'iode des populations consommant des compléments alimentaires à base d'algues.

Au-delà des compléments alimentaires, compte tenu des évolutions des habitudes alimentaires des consommateurs français, l'Anses estime nécessaire de mener une enquête permettant de déterminer précisément la fréquence et le mode de consommation des algues. Par ailleurs, l'Anses souhaite également disposer des résultats de la détermination de la teneur en iode dans les algues lorsque consommées¹³, ainsi que des informations concernant l'identité botanique de l'algue, son procédé de transformation, et son mode de préparation. Ces données permettront d'affiner l'exposition à l'iode liée aux différents types de consommation d'algues pour les populations concernées et, le cas échéant, de réévaluer la limite de la teneur en iode fixée pour les algues alimentaires.

En conclusion, l'Anses rappelle aux professionnels de santé la nécessité de déclarer auprès de son dispositif de nutrivigilance les effets indésirables susceptibles d'être liés à la consommation de compléments alimentaires dont ils auraient connaissance.

Dr Roger Genet

¹³ La Recommandation (UE) de la Commission publiée le 19 mars 2018 au journal officiel de l'UE, demande la surveillance de l'iode dans les produits alimentaires à base d'algues au cours des années 2018, 2019 et 2020.

MOTS-CLES

Iode, algues, effets indésirables, compléments alimentaires, nutrition, plantes.

Iodine, algae, seaweed, adverse effects, dietary supplements, nutrition, plants.

BIBLIOGRAPHIE

- Afssa. 2002. "Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à une demande d'évaluation sur la teneur maximale en iode acceptable pour les algues alimentaires faisant suite à un message d'alerte des autorités allemandes concernant le retrait du marché d'algues séchées d'origine chinoises et contenant 4988 et 5655 mg d'iode par kg de poids sec . Saisine n° 2002-SA-0144."
- Afssa. 2005. "Rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation de l'impact nutritionnel de l'introduction de composés iodés dans les produits agroalimentaires."
- Afssa. 2008. "Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à une demande d'évaluation d'un projet d'arrêté relatif à l'emploi de substances à but nutritionnel ou physiologique et de plantes et préparations de plantes dans la fabrication de compléments alimentaires. Saisine n° 2007-SA-0231."
- Afssa. 2009. "Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à la teneur maximale en arsenic inorganique recommandée pour les algues laminaires et aux modalités de consommation de ces algues compte tenu de leur teneur élevée en iode. Saisine n° 2007-SA-0007."
- Anses. 2011. "Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la construction d'une méthode d'imputabilité des signalements d'effets indésirables de nutrivi-gilance. Saisine 2010-SA-0195."
- Anses. 2016a. "Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif aux risques liés à la consommation de compléments alimentaires contenant de la spiruline. Saisine n°2014-SA-0096."
- Anses. 2016b. "Rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'actualisation des repères du PNNS : élaboration des références nutritionnelles. Saisine n° 2012-SA-0103."
- Anses. 2017. "Rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'étude individuelle des consommations alimentaires 3 (INCA 3). Saisine n° 2014-SA-0234."
- Aquaron, R., F. Delange, P. Marchal, V. Lognone, et L. Ninane. 2002. "Bioavailability of seaweed iodine in human beings." *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)* 48 (5):563-9.
- Beji, S., H. Kaaroud, F. Ben Moussa, E. Abderrahim, S. Zghidi, F. Ben Hamida, H. Ben Maiz, et A. Kheder. 2006. "[Acute renal failure following mucosal administration of povidone iodine]." *Presse Med* 35 (1 Pt 1):61-3.
- Besada, V., J. M. Andrade, F. Shultze, et J. J. González. 2009. "Heavy metals in edible seaweeds commercialised for human consumption." *Journal of Marine Systems* 75 (1-2):305-313.

- BfR. 2004. "Health risks linked to high iodine levels in dried algae. BfR Opinion No. 026/2007." *BfR Opinion No. 026/2007*.
- Bruneton, J. 2016. "Pharmacognosie. Phytochimie. Plantes médicinales. ." *Lavoisier. Tec & Doc*.
- Ceva. 2011-2013. "Centre d'étude et de valorisation des algues : Fiches nutritionnelles des algues alimentaires." www.ceva.fr.
- Ceva. 2014. "Synthèse du centre d'étude et de valorisation des algues : Réglementation algues alimentaires."
- Chung, H. R., C. H. Shin, S. W. Yang, C. W. Choi, et B. I. Kim. 2009. "Subclinical hypothyroidism in Korean preterm infants associated with high levels of iodine in breast milk." *J Clin Endocrinol Metab* 94 (11):4444-7. doi: 10.1210/jc.2009-0632.
- Combet, E., Z. F. Ma, F. Cousins, B. Thompson, et M. E. Lean. 2014. "Low-level seaweed supplementation improves iodine status in iodine-insufficient women." *Br J Nutr* 112 (5):753-61. doi: 10.1017/S0007114514001573.
- Connelly, K. J., B. A. Boston, E. N. Pearce, D. Sesser, D. Snyder, L. E. Braverman, S. Pino, et S. H. LaFranchi. 2012. "Congenital hypothyroidism caused by excess prenatal maternal iodine ingestion." *J Pediatr* 161 (4):760-2. doi: 10.1016/j.jpeds.2012.05.057.
- Cornillier, Y., S. Korsia-Meffre, et S. Senart. 2008. "Les ingrédients de A à Z - Spiruline." Dans *Le guide des compléments alimentaires*, édité par Vidal.
- CSHP. 1997. "Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique émis lors des séances du 14 juin 1988, du 13 décembre 1988, du 9 janvier 1990 et du 14 octobre 1997 publié dans le Bulletin Officiel du Ministère de la Santé (n°90/45, p. 103), B.I.D n°2/98-030 et BID n° 4/99-079." *Bulletin Officiel du Ministère de la Santé* n°90/45 (B.I.D n°2/98-030):103.
- Delange, F., B. de Benoist, et D. Alnwick. 1999. "Risks of iodine-induced hyperthyroidism after correction of iodine deficiency by iodized salt." *Thyroid* 9 (6):545-56. doi: 10.1089/thy.1999.9.545.
- Dewachter, P., et C. Mouton-Faivre. 2015. "[Allergy to iodinated drugs and to foods rich in iodine: Iodine is not the allergenic determinant]." *Presse Med* 44 (11):1136-45. doi: 10.1016/j.lpm.2014.12.008.
- Doerge, D. R., et D. M. Sheehan. 2002. "Goitrogenic and estrogenic activity of soy isoflavones." *Environ Health Perspect* 110 Suppl 3:349-53.
- Dunn, J. T., M. J. Semigran, et F. Delange. 1998. "The prevention and management of iodine-induced hyperthyroidism and its cardiac features." *Thyroid* 8 (1):101-6. doi: 10.1089/thy.1998.8.101.
- Efsa. 2006. "Scientific report of European Food Safety Authority : Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals." *Scientific Report*.
- Efsa. 2017. "Technical report of European Food Safety Authority : Dietary reference values for nutrients."
- EMA, HMPC. 2014a. "European Medicines Agency : Assessment report on Fucus vesiculosus L., thallus." *EMA/HMPC/313675/2012*.
- EMA, HMPC. 2014b. "European Medicines Agency : Community herbal monograph on Fucus vesiculosus L., thallus." *EMA/HMPC/313674/2012*.
- Emder, P. J., et M. M. Jack. 2011. "Iodine-induced neonatal hypothyroidism secondary to maternal seaweed consumption: a common practice in some Asian cultures to promote breast milk supply." *J Paediatr Child Health* 47 (10):750-2. doi: 10.1111/j.1440-1754.2010.01972.x.
- Enzing, C., M. Ploeg, M. C. Barbosa, et L. Sijtsma. 2014. "Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe. Report EUR 26255 EN." *European Commission. Joint Research Centre. Scientific and Policy reports*. doi: 10.2791/3339.
- FAO. 2014. "Food and Agriculture Organization of the United Nations : The state of world Fisheries and Aquaculture. Opportunities and challenges."
- Felker, P., R. Bunch, et A. M. Leung. 2016. "Concentrations of thiocyanate and goitrin in human plasma, their precursor concentrations in brassica vegetables, and associated potential risk for hypothyroidism." *Nutr Rev* 74 (4):248-58. doi: 10.1093/nutrit/nuv110.

- Konno, N., H. Makita, K. Yuri, N. Iizuka, et K. Kawasaki. 1994. "Association between dietary iodine intake and prevalence of subclinical hypothyroidism in the coastal regions of Japan." *J Clin Endocrinol Metab* 78 (2):393-7. doi: 10.1210/jcem.78.2.8106628.
- Kornprobst, J. M. 2005. "Substances naturelles d'origine marine : chimiodiversité, pharmacodiversité, biotechnologies." *Tec & Doc - Lavoisier Les milieux marins*. 2 vol.:246 p.
- Kwak, K. W., K. S. Cho, O. J. Hahn, K. H. Lee, B. Y. Lee, J. J. Ko, et K. H. Chung. 2010. "Biological effects of fucoidan isolated from *Fucus vesiculosus* on thrombosis and vascular cells." *Korean J Hematol* 45 (1):51-7. doi: 10.5045/kjh.2010.45.1.51.
- Laurberg, P., K. M. Pedersen, A. Hreidarsson, N. Sigfusson, E. Iversen, et P. R. Knudsen. 1998. "Iodine intake and the pattern of thyroid disorders: a comparative epidemiological study of thyroid abnormalities in the elderly in Iceland and in Jutland, Denmark." *J Clin Endocrinol Metab* 83 (3):765-9. doi: 10.1210/jcem.83.3.4624.
- Le Bras, Q., M. Lesueur, S. Lucas, et S. Gouin. 2015. "Etude du marché français des algues alimentaires. Panorama de la distribution. Programme IDEALG Phase 2." *Les publications du Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST n°36*, 42 p.
- Le Bras, Q., L. Ritter, D. Fasquel, M. Lesueur, S. Lucas, et S. Gouin. 2014. "Etude de la consommation des algues alimentaires en France. Programme IDEALG Phase 1. Etude nationale." *Les publications du Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST n°35*, 72 p.
- Le Bras, Q., L. Ritter, D. Fasquel, M. Lesueur, S. Lucas, et S. Gouin. 2015. "Etude du marché français des algues alimentaires. Catalogue et analyse des produits existants. Programme IDEALG Phase 2." *Les publications du Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST n°37*, 41 p.
- Lee, S. Y., D. L. Chang, X. He, E. N. Pearce, L. E. Braverman, et A. M. Leung. 2015. "Urinary iodine excretion and serum thyroid function in adults after iodinated contrast administration." *Thyroid* 25 (5):471-7. doi: 10.1089/thy.2015.0024.
- Leung, A. M., et L. E. Braverman. 2012. "Iodine-induced thyroid dysfunction." *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 19 (5):414-9. doi: 10.1097/MED.0b013e3283565bb2.
- Leung, A. M., et L. E. Braverman. 2014. "Consequences of excess iodine." *Nat Rev Endocrinol* 10 (3):136-42. doi: 10.1038/nrendo.2013.251.
- Leung, A. M., L. E. Braverman, X. He, T. Heeren, et E. N. Pearce. 2012. "Breastmilk iodine concentrations following acute dietary iodine intake." *Thyroid* 22 (11):1176-80. doi: 10.1089/thy.2012.0294.
- Mahapatra, D., et A. K. Chandra. 2017. "Biphasic action of iodine in excess at different doses on ovary in adult rats." *J Trace Elem Med Biol* 39:210-220. doi: 10.1016/j.jtemb.2016.10.006.
- Martino, E., M. Safran, F. Aghini-Lombardi, R. Rajatanavin, M. Lenziardi, M. Fay, A. Pacchiarotti, N. Aronin, E. Macchia, C. Haffajee, et et al. 1984. "Environmental iodine intake and thyroid dysfunction during chronic amiodarone therapy." *Ann Intern Med* 101 (1):28-34.
- Matos, J., C. Cardoso, N. M. Bandarra, et C. Afonso. 2017. "Microalgae as healthy ingredients for functional food: a review." *Food Funct* 8 (8):2672-2685. doi: 10.1039/c7fo00409e.
- Medrano-Macias, J., P. Leija-Martinez, S. Gonzalez-Morales, A. Juarez-Maldonado, et A. Benavides-Mendoza. 2016. "Use of Iodine to Biofortify and Promote Growth and Stress Tolerance in Crops." *Front Plant Sci* 7:1146. doi: 10.3389/fpls.2016.01146.
- Mendis, E., et S. K. Kim. 2011. "Present and future prospects of seaweeds in developing functional foods." *Adv Food Nutr Res* 64:1-15. doi: 10.1016/B978-0-12-387669-0.00001-6.
- Moon, S., et J. Kim. 1999. "Iodine content of human milk and dietary iodine intake of Korean lactating mothers." *Int J Food Sci Nutr* 50 (3):165-71.
- Müssig, K. 2009. "Iodine-Induced Toxic Effects due to Seaweed Consumption." *Comprehensive Handbook of Iodine*:897-908.
- Nishiyama, S., T. Mikeda, T. Okada, K. Nakamura, T. Kotani, et A. Hishinuma. 2004. "Transient hypothyroidism or persistent hyperthyrotropinemia in neonates born to mothers with excessive iodine intake." *Thyroid* 14 (12):1077-83. doi: 10.1089/thy.2004.14.1077.

- Nisizawa, K., H. Noda, R. Kikuchi, et T. Watanabe. 1987. "The main seaweed foods in Japan." *Hydrobiologia* 151 (1):pp 5-29.
- OMS. 1988. "World Health Organization. Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants."
- OMS. 2004. "Iodine status worldwide. WHO Global Database on Iodine Deficiency. Organisation Mondiale de la Santé (World Health Organization)." *WHO Library Cataloguing-in-Publication Data*.
- Philpott, J, et M. Bradford. 2006. "Seaweed: Nature's Secret for a Long and Healthy Life?" *The Nutrition Practitioner*.
- Sawka, A. M., I. Ibrahim-Zada, P. Galacgac, R. W. Tsang, J. D. Brierley, S. Ezzat, et D. P. Goldstein. 2010. "Dietary iodine restriction in preparation for radioactive iodine treatment or scanning in well-differentiated thyroid cancer: a systematic review." *Thyroid* 20 (10):1129-38. doi: 10.1089/thy.2010.0055.
- Shi, X., C. Han, C. Li, J. Mao, W. Wang, X. Xie, C. Li, B. Xu, T. Meng, J. Du, S. Zhang, Z. Gao, X. Zhang, C. Fan, Z. Shan, et W. Teng. 2015. "Optimal and safe upper limits of iodine intake for early pregnancy in iodine-sufficient regions: a cross-sectional study of 7190 pregnant women in China." *J Clin Endocrinol Metab* 100 (4):1630-8. doi: 10.1210/jc.2014-3704.
- Suzuki, H., T. Higuchi, K. Sawa, S. Ohtaki, et Y. Horiuchi. 1965. "'Endemic coast goitre" in Hokkaido, Japan." *Acta Endocrinol (Copenh)* 50 (2):161-76.
- Synadiet. 2016. "Chiffres clés 2016 du marché des compléments alimentaires en France."
- Teas, J., S. Pino, A. Critchley, et L. E. Braverman. 2004. "Variability of iodine content in common commercially available edible seaweeds." *Thyroid* 14 (10):836-41. doi: 10.1089/thy.2004.14.836.
- UE. 1997. "Règlement (CE) n° 258/97 du Parlement européen et du Conseil du 27 janvier 1997 relatif aux nouveaux aliments et aux nouveaux ingrédients alimentaires."
- Zava, T. T., et D. T. Zava. 2011. "Assessment of Japanese iodine intake based on seaweed consumption in Japan: A literature-based analysis." *Thyroid Res* 4:14. doi: 10.1186/1756-6614-4-14.
- Zimmermann, M. B. 2013. "Iodine deficiency and excess in children: worldwide status in 2013." *Endocr Pract* 19 (5):839-46. doi: 10.4158/EP13180.RA.
- Zimmermann, M., et F. Delange. 2004. "Iodine supplementation of pregnant women in Europe: a review and recommendations." *Eur J Clin Nutr* 58 (7):979-84. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601933.

ANNEXE 1

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL « PLANTES »

Président

M. Bernard WENIGER – Retraité, MCU (Université de Strasbourg) – Spécialité : pharmacognosie

Membres

Mme Sabrina BOUTEFNOUCHET – MCU (Université Paris-Descartes) – Spécialité : pharmacognosie

M. Pierre CHAMPY – PU (Université Paris-Sud) – Spécialité : pharmacognosie

Mme Hanh DUFAT – MCU (Université Paris-Descartes) – Spécialité : pharmacognosie

M. Mohamed HADDAD – CR (IRD, Toulouse - Institut de Recherche et Développement) – Spécialité : pharmacognosie

M. Thierry HENNEBELLE – PU (Université de Lille II) – Spécialité : pharmacognosie

M. Serge MICHALET – MCU (Université Claude Bernard, Lyon I) – Spécialité : pharmacognosie

M. Claude MOULIS – Retraité, PUE – Spécialité : pharmacognosie

Mme Céline RIVIERE – MCU (Université de Lille II) – Spécialité : pharmacognosie

Mme Catherine VONTHRON-SENECHEAU – MCU (Université de Strasbourg) – Spécialité : pharmacognosie

RAPPORTEURS

Mme Sabrina BOUTEFNOUCHET – MCU (Université Paris-Descartes) – Spécialité : pharmacognosie

Mme Hanh DUFAT – MCU (Université Paris-Descartes) – Spécialité : pharmacognosie

Mme Catherine VONTHRON-SENECHEAU – MCU (Université de Strasbourg) – Spécialité : pharmacognosie

M. Bernard WENIGER – Retraité, MCU (Université de Strasbourg) – Spécialité : pharmacognosie.

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux, objets du présent avis ont été suivis et adoptés par le CES suivant :

CES « Nutrition humaine » – 2015-2018

Président

M. François MARIOTTI – PR (AgroParisTech) – Spécialités : métabolisme des protéines, acides aminés, besoins et recommandations nutritionnels, métabolisme postprandial, risque cardio-métabolique.

Membres

Mme Catherine ATLAN – Médecin (Centre Hospitalier de Luxembourg) – Spécialités : endocrinologie, maladies métaboliques

Mme Catherine BENNETAU-PELISSERO – PR (Bordeaux Sciences Agro) – Spécialités : phytoestrogènes, isoflavones, perturbateurs endocriniens, santé osseuse

Mme Marie-Christine BOUTRON-RUAULT – DR (CESP Inserm) – Spécialités : épidémiologie nutritionnelle et des cancers, appareil digestif

M. Jean-Louis BRESSON – PU-PH (AP-HP Hôpital Necker - Enfants Malades, Centre d'Investigation Clinique 0901) – Spécialités : épidémiologie, immunologie, nutrition infantile, femmes enceintes et protéines

M. Olivier BRUYERE – PU (Université de Liège) – Spécialités : épidémiologie, santé publique, ostéoporose

Mme Blandine de LAUZON-GUILLAIN – CR (Inserm, CRESS, Villejuif) – Spécialités : épidémiologie, nutrition infantile, nutrition des femmes enceintes et allaitantes, santé publique

Mme Anne GALINIER – MCU-PH (Université Paul Sabatier - CHU de Toulouse) – Spécialités : métabolisme du tissu adipeux/obésité, physiopathologie

M. Jean-François HUNEAU – PR (AgroParisTech) – Spécialité : nutrition humaine

Mme Emmanuelle KESSE-GUYOT – DR (Inra, UMR Inserm U1153 / Inra U1125 / Cnam / Université Paris 13) – Spécialités : épidémiologie, nutrition et pathologies, nutrition et santé publique

Mme Corinne MALPUECH-BRUGERE – MCU (Université d'Auvergne) – Spécialités : nutrition des pathologies, métabolisme des macro- et micronutriments

Mme Catherine MICHEL – CR (Inra, UMR Inra / Université, Nantes) – Spécialités : nutrition infantile, microbiote intestinal, fermentations coliques, prébiotiques.

Mme Béatrice MORIO-LIONDORE – DR (Inra Lyon) – Spécialités : nutrition humaine, métabolisme énergétique

Mme Jara PEREZ-JIMENEZ – Chercheur contractuel (ICTAN – CSIC, Madrid) – Spécialités : micro-constituants, nutrition et pathologies, biodisponibilité

M. Sergio POLAKOF – CR (Inra de Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialités : nutrition et pathologies, nutrition et santé publique, métabolisme énergétique

M. Jean-Marie RENAUDIN – PH (Centre hospitalier Emilie Durkheim) – Spécialité : allergologie

Mme Anne-Sophie ROUSSEAU – MCU (Université Nice Sophia Antipolis) – Spécialités : nutrition et activité physique, biodisponibilité, stress oxydant

M. Luc TAPPY – PU-PH (Université de Lausanne) – Spécialités : endocrinologie, métabolisme des glucides

M. Stéphane WALRAND – DR (Inra de Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialités : physiopathologie, métabolisme protéique et acides aminés

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

M. Youssef EL OUADRHIRI – Coordinateur scientifique – Direction de l'évaluation des risques

Contribution scientifique

Mme Irène MARGARITIS – Chef de l'unité d'évaluation des risques liés à la nutrition – PU détachée (Université Nice Sophia Antipolis) – Direction de l'évaluation des risques

M. Aymeric DOPTER – Adjoint au chef d'unité – Direction de l'évaluation des risques

Secrétariat administratif

Mme Virginie SADE – DER

AUDITION DE PERSONNALITÉ EXTÉRIÈRE

Mme Frédérique SAVAGNER – PU-PH (UMR 1048 Inserm Institut fédératif de biologie - CHU de Toulouse - Hôpital Purpan) - Spécialités : Hormonologie, Endocrinologie moléculaire/