



Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID-19. The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect, the company's public news and information website.

Elsevier hereby grants permission to make all its COVID-19-related research that is available on the COVID-19 resource centre - including this research content - immediately available in PubMed Central and other publicly funded repositories, such as the WHO COVID database with rights for unrestricted research re-use and analyses in any form or by any means with acknowledgement of the original source. These permissions are granted for free by Elsevier for as long as the COVID-19 resource centre remains active.



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



REVUE GÉNÉRALE

Problèmes de santé publique liés à la consommation de fruits de mer[☆]



Public health issues associated with seafood consumption

C. Lupo^{a,*}, J.-L. Angot^b

^a *Vétérinaire épidémiologiste, inspecteur de santé publique vétérinaire, Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer), Laboratoire de génétique et pathologie des mollusques marins, avenue Mus-de-Loup 17390 La Tremblade, France*

^b *Inspecteur général de santé publique vétérinaire, chef du corps des inspecteurs de santé publique vétérinaire, Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER), 251, rue de Vaugirard, 75015 Paris, France*

Reçu le 20 avril 2020 ; accepté le 6 octobre 2020

Disponible sur Internet le 16 octobre 2020

MOTS CLÉS

Algues ;
Crustacés ;
Mollusques ;
Sécurité sanitaire

Résumé Les produits alimentaires tirés de la mer pourraient être une solution pour faire face à la demande alimentaire mondiale qui sera multipliée par deux d'ici 2050. Les fruits de mer englobent une grande variété d'organismes marins comestibles, à l'exception des poissons et des mammifères. Il s'agit des mollusques, crustacés, échinodermes et algues. Comme tout aliment, les fruits de mer peuvent comporter des dangers transmis à l'Homme par la voie alimentaire, qui ont une incidence sur la santé du consommateur. Ces dangers sont à la fois biologiques (virus, bactéries, parasites) et chimiques (toxines, allergènes, substances chimiques, microplastiques). L'exposition des populations à ces dangers par la consommation de fruits de mer s'explique notamment par leur mode de production et les habitudes de leur consommation. Tout d'abord, la qualité sanitaire des fruits de mer reflète la qualité du milieu aquatique dans lequel ils sont prélevés, qui peut être contaminé par différentes pollutions (fécales ou chimiques, chroniques ou accidentelles). Ensuite, les produits sont manipulés, souvent traités sans emploi d'additifs ou de conservateurs chimiques, et finalement distribués sans autre moyen de conservation que la réfrigération ou la congélation. Enfin, les habitudes alimentaires de ces produits favorisent l'exposition à certains dangers. La sécurité sanitaire de ces produits doit être intégrée tout au long de la chaîne alimentaire, sous la responsabilité partagée par tous les acteurs de la filière de production. La sécurité sanitaire des fruits de mer apparaît comme un enjeu de santé publique émergent de portée mondiale, car la mer ne s'arrête pas aux frontières.

© 2020 l'Académie nationale de médecine. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

[☆] Étant donné le contexte sanitaire épidémique lié à la COVID-19 en 2020, la présentation de cette communication en séance à l'Académie a été reportée.

* Auteure correspondante.

Adresse e-mail : coralie.lupo@ifremer.fr (C. Lupo).

KEYWORDS

Crustacea;
Food safety;
Mollusca;
Seaweed;
Shellfish

Summary Seafood could be a solution to meet global food demand that will double by 2050. Seafood includes a wide variety of edible marine organisms, except fish and mammals. These are molluscs, crustaceans, echinoderms and algae. Like any food, seafood can involve hazards transmitted to humans through food, which affect the health of the consumer. These hazards are both biological (viruses, bacteria, parasites) and chemical (toxins, allergens, chemicals, microplastics). The exposure of populations to these hazards through seafood consumption can be notably explained by their mode of production and the dietary habits. Firstly, the sanitary quality of products reflects the quality of the aquatic environment from which they are taken, which can be contaminated by various types of pollution (faecal or chemical, chronic or accidental). The products are then handled, often treated without using additives or chemical preservatives, and finally distributed without any other means of preservation than refrigeration or freezing. Finally, the dietary habits of seafood favour exposure to certain hazards. Seafood safety must be integrated throughout the food chain, under the responsibility shared by all stakeholders. Seafood safety appears to be an emerging public health issue of global scope, because the sea does not stop at borders.

© 2020 l'Académie nationale de médecine. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction

Selon les projections, la population mondiale pourrait atteindre les 10 milliards de personnes en 2050 [1] et la production alimentaire devra être multipliée par deux pour nourrir le monde [2]. Pour faire face à cette future demande alimentaire, la solution se trouverait dans les produits alimentaires tirés de la mer. « Nous sommes à court d'options sur terre », a déclaré Vera Agostini, Directrice adjointe du département des pêches de l'aquaculture de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). « L'exploitation de la terre étant limitée, les pêcheries et l'aquaculture vont donc être essentielles ». Les ressources issues de la pêche de capture n'étant pas illimitées, la majeure partie de la croissance de la production devrait provenir du secteur de l'aquaculture [3]. Cet essor est déjà bien amorcé puisqu'au cours des 30 dernières années, si la production halieutique mondiale est restée relativement stable (de 85 à 90 millions de tonnes), la production aquacole a presque été multipliée par dix (de 9 à 80 millions de tonnes) [4]. En 2016, 47 % des produits de la mer étaient déjà fournis par l'aquaculture et environ 17 % des protéines animales consommées dans le monde provenaient des animaux aquatiques (poissons, crustacés et mollusques) [4], mais les ressources issues de la mer ne se limitent pas à la faune : les algues marines sont une source alimentaire pour les animaux, mais aussi l'Homme. En 2016, la production mondiale d'algues marines a dépassé les 30 millions de tonnes [4].

Parmi les produits alimentaires issus de la mer, les « fruits de mer » englobent une grande variété d'organismes marins comestibles, à l'exception des poissons et des mammifères. La plupart d'entre eux ne se pêchent pas : ils se cueillent, se cultivent ou se ramassent, comme les fruits. Dans cet exposé, nous entendrons par « fruits de mer » les mollusques, les crustacés (crabes, homards, langoustine, crevettes, etc.), les échinodermes (oursins, holothuries ou concombres de mer) et les algues. Les

mollusques comprennent les bivalves (huîtres, moules, coques, palourdes, etc.), les gastéropodes (bigorneaux, ormeaux, etc.) et les céphalopodes (poulpes, seiches, calmars, etc.). Les algues marines alimentaires sont des macroalgues comprenant les algues brunes (Phéophycées), rouges (Rhodophycées) et vertes (Chlorophycées), des microalgues (spiruline) et les plantes halophytes (salicorne).

Comme tout aliment, les fruits de mer peuvent comporter des dangers transmis à l'Homme par la voie alimentaire, qui peuvent avoir une incidence sur la santé du consommateur. Par exemple, en Europe, les fruits de mer ont été suspectés de causer environ 11 % des toxi-infections alimentaires collectives déclarées en 2018 [5]. Les maladies d'origine alimentaire sont généralement infectieuses ou toxiques par nature et provoquées par des bactéries, des virus, des parasites ou des substances chimiques qui pénètrent dans l'organisme par le biais d'aliments contaminés. Les risques de contamination existent tout au long de la chaîne alimentaire, de la production primaire à la préparation des produits pour leur consommation. Par exemple, la présence du coronavirus responsable de la COVID-19 (*Coronavirus disease*) dans le milieu marin via le rejet des eaux usées et ses capacités de diffusion jusque dans les coquillages sont des questions de recherche actuelles.

En leurs qualités d'ancien directeur général adjoint de l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) puis chef des Services vétérinaires au Ministère chargé de l'agriculture pour l'un, et épidémiologiste des maladies animales aquatiques pour l'autre, les auteurs, inspecteurs de santé publique vétérinaire, souhaitent aborder cet exposé selon une approche d'analyse de risque recommandée par le *Codex Alimentarius*. Toutefois, une telle démarche s'est avérée difficile à conduire en intégralité au regard du manque de données disponibles ou de leur hétérogénéité. Par conséquent, cet exposé présente certains des aspects nécessaires à une analyse de risque. Il propose :

- un inventaire des dangers associés à la consommation de fruits de mer, suivi d'une appréciation qualitative ;
- de leurs conséquences directes sur la santé du consommateur et la santé publique ;
- de la probabilité de leur transmission alimentaire ;
- de facteurs choisis d'exposition de l'Homme aux dangers identifiés, tels que le mode de production de ces ressources et les habitudes de leur consommation.

Les dangers associés à la consommation de fruits de mer n'ont pas pu être hiérarchisés, mais les moyens de surveillance, de prévention et de contrôle déployés tout au long de la chaîne alimentaire jusqu'au consommateur destinés à réduire le risque de santé publique sont néanmoins présentés. Enfin, la communication sur ces aspects est également abordée comme l'une des clés du succès, entre toutes les parties intéressées et à toutes les échelles, nationales comme internationales.

Dangers associés à la consommation de fruits de mer

Les dangers en cause sont à la fois biologiques (virus, bactéries, parasites) et chimiques (toxines, allergènes, substances chimiques, microplastiques). Ils sont recensés dans le [Tableau 1](#). De nombreuses maladies non zoonotiques affectent également les fruits de mer ; les mortalités massives provoquées ont des répercussions économiques majeures pour les filières de production.

Dangers biologiques

Les bactéries à l'origine de maladies alimentaires infectieuses peuvent être classées en deux catégories : les bactéries indigènes, naturellement présentes dans les milieux marins et estuariens, telles que les *Vibrio* spp., et celles introduites, dont la présence est accidentelle. Ces dernières sont des entérobactéries et leur présence est due à la contamination de l'environnement aquatique par une pollution fécale ou des contaminations survenant lors des opérations de préparation ou de transformation des produits issus de la mer.

Les virus à l'origine de maladies alimentaires sont des entérovirus. Leur présence dans le milieu aquatique est due à une pollution fécale des zones d'exploitation conchylicoles.

Les parasites protozoaires *Cryptosporidium* spp. et *Toxoplasma gondii* peuvent provoquer des maladies alimentaires. L'Homme est un hôte accidentel de *T. gondii*, qui ne finit pas son cycle parasitaire et ne survit pas dans l'organisme humain. L'Homme se contamine en consommant des mollusques bivalves, vecteurs de ces parasites.

Dangers chimiques

Les biotoxines sont des toxines d'origine naturelle. Les phycotoxines sont produites par certaines espèces d'algues composant le phytoplancton. Elles s'accumulent dans les coquillages, tels que les huîtres ou les moules (toxines diarrhéiques, paralysantes, neurotoxiques et amnésiantes).

La tropomyosine est une protéine musculaire des mollusques et crustacés, qui a des propriétés allergènes.

Les algues, notamment les algues brunes, concentrent l'iode, naturellement présent dans le milieu marin.

Tous les autres dangers chimiques présents dans l'environnement marin sont des polluants environnementaux essentiellement d'origine anthropique, issus des activités des secteurs industriels (chimie, métallurgie, etc.), agricoles (engrais chimiques, pesticides), portuaires (peintures antisalissures) ou aquacoles (intrants d'élevage). Il s'agit de métaux lourds et métalloïdes, de polluants organiques persistants ou de résidus de médicaments vétérinaires.

Les microplastiques sont des particules et des fibres de plastique de différentes formes et couleurs mesurant moins de 5 mm et comprenant les nanoplastiques, mesurant moins de 0,1 µm. Ils sont issus d'une série de matériaux polymères mélangés à différents additifs fabriqués tels quels, ou bien résultent de la dégradation et de la fragmentation de déchets plastiques en microparticules. Leur comportement dans les océans est proche de celui du plancton marin et ils peuvent être ingérés par la faune aquatique, confondus avec des proies naturelles de petite taille, consommés par les espèces filtreuses, comme les mollusques bivalves ou adsorbés sur les macroalgues. Ces microplastiques sont des vecteurs potentiels de contaminants chimiques, tels que les additifs qui les constituent et les polluants organiques persistants qui y sont adsorbés et concentrés. Toute une communauté microbienne, appelée « plastisphère », s'y développe également, dont des bactéries du genre *Vibrio* spp. [6].

Conséquences sur la santé humaine

Symptômes

Les dangers potentiellement présents dans les fruits de mer peuvent avoir une incidence sur la santé du consommateur. Les maladies d'origine alimentaire, au sens large, regroupent ici toutes les maladies causées par la présence des dangers précédemment inventoriés dans les aliments (infection, toxi-infection, intoxication ou intoxication).

Les symptômes généralement observés sont détaillés dans le [Tableau 1](#). Les maladies d'origine alimentaire associées à la consommation de fruits de mer se manifestent le plus souvent par des symptômes digestifs d'apparition rapide comme des nausées, des vomissements et de la diarrhée. Des allergies sont également décrites lors d'ingestion de mollusques, de crustacés ou d'algues rouges (nori). L'ingestion de ces dangers peut également entraîner des maladies sur le long terme comme des cancers et des troubles neurologiques ou endocriniens.

L'issue est généralement favorable pour nombre de ces maladies. Toutefois, certaines d'entre elles peuvent laisser des séquelles invalidantes, comme un retard du développement physique et mental présenté par les enfants exposés au mercure, et parfois être fatales, comme l'intoxication par des phycotoxines amnésiantes (acide domoïque). Ces maladies peuvent être plus graves chez les enfants, les femmes enceintes, les sujets âgés ou immunodéprimés.

Tableau 1 Dangers associés, symptômes chez l'Homme, conséquences sur la santé publique, et fraction attribuable à la consommation de fruits de mer (ND = données non disponibles) – d'après [5,7–11,13,14,21,24–43].

Catégorie de danger	Danger	Fruits de mer source de contamination				Symptômes chez l'Homme	Nombre cumulé d'années de vie en bonne santé perdues (DALY)	Fraction attribuable aux fruits de mer (%)
		Echinodermes	Algues	Crustacés	Mollusques			
Biologiques								
Bactéries								
<i>Salmonella</i> spp.		X	X	X	X	Incubation de 6 à 72 heures (le plus souvent 12 à 36 heures) Fièvre d'apparition brutale, douleurs abdominales, diarrhée, nausée et parfois vomissements Évolution généralement favorable en quelques jours mais forme septicémique ou localisée possibles	4,07 millions [10]	0,8 [5] ; 4 [42]
<i>Escherichia coli</i> producteur de shigatoxines			X	X	X	Incubation de 3 à 8 jours Crampes abdominales, diarrhée qui peuvent évoluer vers diarrhée sanglante, fièvre et vomissements Évolution généralement favorable en 10 jours mais forme potentiellement mortelle possible (syndrome hémolytique et urémique – SHU)	5,02 millions [10]	1,7 [5]
<i>Campylobacter</i> spp.					X	Incubation de 2 à 5 jours Diarrhée (souvent sanglante), douleurs abdominales, fièvre, céphalées, nausée et/ou vomissements Évolution généralement favorable en 3 à 6 jours, décès rares	2,14 millions [10]	2 [42]
<i>Listeria monocytogenes</i>			X	X	X	Méningite, septicémie Chez les femmes enceintes : avortements	118 000 [10]	7,7 [5]

Tableau 1 (Continued)

Catégorie de danger	Danger	Fruits de mer source de contamination				Symptômes chez l'Homme	Nombre cumulé d'années de vie en bonne santé perdues (DALY)	Fraction attribuable aux fruits de mer (%)
		Echinodermes	Algues	Crustacés	Mollusques			
<i>Vibrio</i> spp. (<i>V. cholerae</i> , <i>V. parahaemolyticus</i> , <i>V. vulnificus</i> , <i>V. alginolyticus</i> , <i>V. carchariae</i> , <i>V. cincinnatiensis</i> , <i>V. fluvialis</i> , <i>V. furnissii</i> , <i>V. hollisae</i> , <i>V. metschnikovii</i> , <i>V. mimicus</i>) Virus Virus de l'hépatite A		X	X	X	X	Gastro-entérite (notamment <i>V. parahaemolyticus</i>), infection cutanée ou muqueuse, septicémie (notamment <i>V. vulnificus</i>) Expression clinique et gravité de ces infections cependant souvent liées à la présence de pathologies sous-jacentes (notamment <i>V. vulnificus</i>) dont les plus fréquentes sont les hépatopathies, les cancers, les antécédents de chirurgie digestive, immunodépression ou diabète	1,72 millions (<i>V. cholerae</i>) [10] < 10 000 (<i>V. parahaemolyticus</i>) [13]	ND
Virus Virus de l'hépatite A		X			X	Incubation de 14 à 28 jours Fièvre, perte d'appétit, diarrhée, nausée, gêne abdominale, urines foncées, ictère (dans plus de 70 % des cas) : ces symptômes ne se manifestent pas chez toutes les personnes infectées Décès rares	1,35 millions [10]	ND
Virus entériques : essentiellement norovirus (famille des calicivirus), aussi : rotavirus, astrovirus et adenovirus		X	X		X	Incubation de 12 à 48 heures Gastro-entérite aiguë avec vomissements, diarrhée, nausées et crampes abdominales ; fièvre ($\geq 38^{\circ}$ C) chez les jeunes enfants Évolution le plus souvent favorable en 1 à 3 jours	2,50 millions [10] ; < 10 000 [13]	75 [42]

Tableau 1 (Continued)

Catégorie de danger	Danger	Fruits de mer source de contamination				Symptômes chez l'Homme	Nombre cumulé d'années de vie en bonne santé perdues (DALY)	Fraction attribuable aux fruits de mer (%)
		Echinodermes	Algues	Crustacés	Mollusques			
Parasites Protozoaires	<i>Cryptosporidium</i> spp.				X	Incubation de 4 à 6 jours Diarrhée aqueuse, déshydratation, perte de poids, déséquilibre électrolytique, nausée, vomissements, fièvre, maux de tête, crampes Personnes immunodéprimées plus à risque Durée de l'infection : quelques jours à quelques semaines Maladie non létale, mais séquelles à long terme possibles : retards de croissance chez les enfants, cholangiopathies	296 156 [10]	ND
	<i>Toxoplasma gondii</i>				X	Infection généralement asymptomatique Symptomatologie apparentée à un syndrome grippal, hypertrophie des nœuds lymphatiques, myalgies pouvant évoluer en myosites Personnes à risques : femmes enceintes (avortement), immunodéprimées (encéphalite) Affections congénitales : lésions oculaires ou neurologiques	829 071 [10]	ND
Chimiques Biotoxines Phycotoxines	Toxines diarrhéiques : acide okaïdique, pecténotoxines, yessotoxines, dinophysistoxines, azaspiracides				X	Intoxication diarrhéique par les fruits de mer (IDFM) et <i>Azaspiracid shellfish poisoning</i> (AZP) Apparition des effets entre 2 et 12 heures après l'ingestion Diarrhée, douleurs abdominales, nausées et vomissements Pas de décès rapporté	< 10 000 [13]	100

Tableau 1 (Continued)

Catégorie de danger	Danger	Fruits de mer source de contamination				Symptômes chez l'Homme	Nombre cumulé d'années de vie en bonne santé perdues (DALY)	Fraction attribuable aux fruits de mer (%)
		Echinodermes	Algues	Crustacés	Mollusques			
	Toxines paralysantes : saxitoxines			X	X	Intoxication paralysante par les fruits de mer (IPFM) Apparition des effets 30 minutes après l'ingestion Picotements des lèvres, du visage, du cou, des doigts et des orteils Maux de tête, vertiges Nausée, vomissements et diarrhée Décès dans 1 à 14 % des cas	100 000 à 1 million [13]	100
	Toxines neurotoxiques : brevotoxines, spirolides, pinnatoxines		X		X	Intoxication neurologique par fruits de mer (INFM) Paresthésie, vertiges, ataxie et perturbations gastro intestinales Pas de décès rapporté	ND	100
	Toxines amnésiantes : acide domoïque et dérivés		X	X	X	Intoxication amnésiante par fruits de mer (IAFM) Apparition des effets entre 2 et 24 heures après l'ingestion Symptômes digestifs : vomissements, crampes abdominales, diarrhée, nausée Symptômes neurologiques : maux de tête persistants, désorientation, confusion Cas graves : perte de mémoire, dommage cérébraux, convulsion, coma et décès	100 000 à 1 million [13]	100
Toxines microbiologiques	Staphylotoxines produites par <i>Staphylococcus aureus</i>		X	X	X	Incubation de 2 à 4 heures Symptômes digestifs hauts (nausée, vomissements, douleurs abdominales) d'apparition brutale, diarrhée, absence de fièvre Évolution généralement favorable en 1 à 2 jours	< 10 000 [13]	5 [42]

Tableau 1 (Continued)

Catégorie de danger	Danger	Fruits de mer source de contamination				Symptômes chez l'Homme	Nombre cumulé d'années de vie en bonne santé perdues (DALY)	Fraction attribuable aux fruits de mer (%)
		Echinodermes	Algues	Crustacés	Mollusques			
	Toxine botulique produite par <i>Clostridium botulinum</i> type E			X	X	Incubation de 12 à 36 heures Troubles visuels (diplopie, défaut d'accommodation, abolition du réflexe photomoteur), dysphagie, sécheresse de la bouche Signes digestifs : vomissements avec constipation ou diarrhée Évolution possible vers une paralysie flasque Atteinte bilatérale des nerfs crâniens et paralysie descendante	100 000 à 1 million [2]	ND
	Entérotoxines A et C produites par <i>Clostridium perfringens</i>			X	X	Incubation courte de 6 à 24 heures Symptômes digestifs : le plus souvent diarrhée (parfois nécrosante), douleurs abdominales, nausées, sans vomissements ni fièvre Évolution généralement spontanément favorable en 24 heures	ND	3 [42]
	Entérotoxines thermostables et thermolabiles produites par <i>Bacillus cereus</i>		X	X	X	Incubation courte de 1 à 6 heures, nausées et vomissements (toxine thermostable) Incubation courte de 6 à 24 heures, diarrhée (toxine thermolabile) Évolution généralement spontanément favorable en 24 heures	< 10 000 [13]	9 [42]
Allergènes	Allergènes Tropomyosine, arginine-kinase			X	X	Douleurs abdominales, nausées, vomissements, diarrhée Asthme, rhinite Urticaire, dermatite atopique Conjonctivite, syndrome oral d'allergie Choc anaphylactique Décès possible	ND	4–11 [39]

Tableau 1 (Continued)

Catégorie de danger	Danger	Fruits de mer source de contamination				Symptômes chez l'Homme	Nombre cumulé d'années de vie en bonne santé perdues (DALY)	Fraction attribuable aux fruits de mer (%)
		Echinodermes	Algues	Crustacés	Mollusques			
Substances chimiques Métaux lourds	Mercure		X	X	X	Troubles de la vision et de l'audition, insomnies, pertes de mémoire, maux de tête, paresthésie, difficultés voire perte de coordination, fatigue, tremblements et ataxie, insuffisance rénale Chez l'enfant : troubles du développement neurologique (retards de développement moteur et de la parole)	1 963 869 [11]	ND
		X	X			Hypertension artérielle, insuffisance rénale chronique, hypothyroïdie, diminution du nombre et de la qualité des spermatozoïdes, dysfonctionnements ovulatoires Chez l'enfant : troubles du développement neurologique, diminution de l'intelligence, difficultés d'apprentissage, problèmes comportementaux, coma, convulsions, décès Chez les femmes enceintes : avortements et prématurité, mortalité, décès prématurés, faible poids de naissance	5 243 184 [11]	ND
	Cadmium		X	X	X	Calculs rénaux, ostéomalacie, ostéoporose, cancer des poumons, des reins et de la prostate	70 513 [11]	ND
		Organoétains : tributylétain (TBT), triphénylétain (TPT)			X	X	Immunotoxicité Perturbations endocriniennes	ND
	Métalloïdes	Arsenic		X	X	X	Toxicité aiguë : douleurs abdominales, vomissements, diarrhée, crampes musculaires, œdème facial, rougeurs cutanées Toxicité chronique : lésions cutanées, hyperkératose, cancers de la peau, de la vessie, et des poumons	1 419 566 [11]

Tableau 1 (Continued)

Catégorie de danger	Danger	Fruits de mer source de contamination				Symptômes chez l'Homme	Nombre cumulé d'années de vie en bonne santé perdues (DALY)	Fraction attribuable aux fruits de mer (%)
		Echinodermes	Algues	Crustacés	Mollusques			
Métaux pauvres	Aluminium		X	X	X	Toxicité chronique : encéphalopathies, troubles psychomoteurs, ostéodystrophies	ND	ND
Halogènes	Iode	X	X	X	X	Hypothyroïdie ou hyperthyroïdie Diarrhée, céphalées, dermatites Chez les personnes âgées : évolution possible jusqu'à un dysfonctionnement cardiaque	ND	ND
Contaminants organiques	Polychlorobiphényles (PCB) : famille de composés chlorés rémanents, isolants, plastiques...		X	X	X	Promoteurs de cancérogenèse Impact sur déroulement de la maturation sexuelle, sur le développement de l'embryon et sur l'activité neuro-comportementale des nouveau-nés Diminution du quotient intellectuel, des capacités mnésiques et d'apprentissage, des fonctions neuromusculaires, des capacités visuelles et de reconnaissance d'objet	ND	ND
	Dioxines : organochlorés polychlorés, combustions incomplètes, incinérateurs, défoliants...		X	X	X	Cancers : lymphomes, myélomes multiples, sarcomes des tissus mous, du poumon, du foie, du sein	240 056 [10]	ND

Tableau 1 (Continued)

Catégorie de danger	Danger	Fruits de mer source de contamination				Symptômes chez l'Homme	Nombre cumulé d'années de vie en bonne santé perdues (DALY)	Fraction attribuable aux fruits de mer (%)
		Echinodermes	Algues	Crustacés	Mollusques			
	Polybromodiphényléthers (PBDE) : famille de composés bromés, retardateurs de flamme, ingrédient de nombreux plastiques		X	X	X	Perturbations endocriniennes potentielles Altération possible de la fertilité	ND	ND
	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) : pétrochimie, combustion (séchage, cuisson, fumage des aliments)		X	X	X	Troubles hématologiques, immunologiques et hépatiques Développement d'athérosclérose Effets sur la reproduction Effets génotoxiques et cancérigènes	ND	ND
	Pesticides organochlorés : dichlorodiphényl-trichloroéthane (DDT), aldrine, dieldrine, chlordane, endosulfan, endrine, heptachlore, lindane, cyperméthrine ...		X	X	X	Effets neurotoxiques retardés	ND	ND

Tableau 1 (Continued)

Catégorie de danger	Danger	Fruits de mer source de contamination				Symptômes chez l'Homme	Nombre cumulé d'années de vie en bonne santé perdues (DALY)	Fraction attribuable aux fruits de mer (%)
		Echinodermes	Algues	Crustacés	Mollusques			
Médicaments vétérinaires	Biocides : Formaldéhyde, chloramide-T, peroxyde d'hydrogène Produits d'hygiène vétérinaire (antiseptiques et désinfectants), produits antialissures, désinfectants du matériel			X	X	ND	ND	ND
	Résidus médicamenteux : antibiotiques, antiparasi- taires (organo- phosphorés, avermectines et pyréthrinoides)			X	X	Réactions d'hypersensibilité : urticaire, angio-oedème, parfois anaphylaxie Perturbations de la flore intestinale Effets cancérigènes (leucémie aiguë), mutagènes et tératogènes	ND	ND
	Antibiorésistance : transfert de bactéries résistantes ou de gènes d'antibiorésistance			X	X	Augmentation du nombre d'échecs thérapeutiques Augmentation de la gravité des infections : prolongation de la durée de la maladie, augmentation de la fréquence des septicémies, des hospitalisations et de la mortalité Perturbations de la flore intestinale	874 541 [12]	ND

Tableau 1 (Continued)

Catégorie de danger	Danger	Fruits de mer source de contamination				Symptômes chez l'Homme	Nombre cumulé d'années de vie en bonne santé perdues (DALY)	Fraction attribuable aux fruits de mer (%)
		Echinodermes	Algues	Crustacés	Mollusques			
Additifs utilisés en alimentation animale	Contaminants des composés et additifs alimentaires des animaux d'élevage : huile de poisson contaminée par les hydrocarbures de chlore, mycotoxines, antioxydants, ...			X		ND	ND	ND
			X	X	X	Effets toxicologiques sur l'Homme inconnus mais suspicion de : perturbations endocriniennes ; neurotoxicité ; carcinogènes ; diminution du succès reproductif ; effets délétères sur l'absorption des nutriments, flore microbienne intestinale	ND	ND
Microplastiques et nanoplastiques	Additifs et contaminants adsorbés : PBDEs, bisphénol A, nonyphénol, octyphénol, PCB, HAP, DDT, métaux, microorganismes			X	X	Effets toxicologiques sur l'Homme controversés, suspicion de : réponse inflammatoire augmentée ; toxicité des particules plastiques taille dépendante	ND	ND

Les effets toxicologiques de l'ingestion de nano- et microplastiques présents dans les produits alimentaires issus de la mer sont encore à l'état de controverse et ne peuvent pas être évalués en l'état actuel des connaissances, encore limitées pour ces dangers émergents [7–9].

Impact sur la santé publique

Le DALY, acronyme anglais de « *Disability Adjusted Life Years* », est un indicateur quantitatif global de l'impact sanitaire d'une maladie. Il correspond au nombre cumulé d'années de vie en bonne santé perdues imputable à une maladie donnée, en raison d'une mauvaise santé, de séquelles engendrant un handicap ou d'une mortalité prématurée. Le DALY permet de comparer des maladies dont les symptômes diffèrent.

À ce jour, aucune étude n'a directement estimé la charge de morbidité attribuable à la consommation de fruits de mer. Par conséquent, les données disponibles ne sont pas toujours directement comparables (Tableau 1). Parmi les dix maladies d'origine alimentaire classées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme ayant les charges de morbidité mondiale les plus importantes, trois peuvent être causées par des dangers présents dans les fruits de mer. Il s'agit des norovirus (DALY=2,5 millions d'années de vies en bonne santé perdues), de la bactérie *Vibrio cholerae* (1,72 millions DALY) et du virus de l'hépatite A (1,35 millions DALY) [10]. Les métaux présents dans l'alimentation, en particulier le plomb, sont responsables de la perte de 9 millions d'années de vies en bonne santé [11]. En Europe, la charge de morbidité due aux infections par des bactéries résistantes aux antibiotiques est estimée à une perte de presque 900 000 années de vies en bonne santé [12]. En France, la charge de morbidité due aux biotoxines marines paralysantes ou anesthésiantes est estimée nettement supérieure (entre 10 000 et 1 million DALY) à celles des maladies causées par les toxines marines diarrhéiques (DALY inférieur à 10 000 années) [13]. À titre de comparaison, les maladies ayant la charge de morbidité mondiale la plus élevée sont les maladies cardiaques ischémiques avec une perte de 203 millions d'années de vies en bonne santé. Le paludisme fait perdre 37 millions, le syndrome d'immunodéficience acquise (Sida) 60 millions et la tuberculose 62 millions d'années de vies en bonne santé [10].

Les données utilisées pour comparer la charge de morbidité des maladies d'origine alimentaire transmises par les fruits de mer (Tableau 1) sont hétérogènes en termes d'année de collecte et d'emprise géographique. Le DALY dépend de la maladie en cause, mais il englobe toutes les sources alimentaires transmettant la maladie considérée. Par conséquent, la contribution de la consommation de produits issus de la mer à la charge de morbidité n'est pas estimée. De plus, le DALY varie entre les zones géographiques [10], notamment car l'exposition des populations aux dangers dépend des modes de production et de consommation des aliments.

Malgré les insuffisances de données et les limites de cet indicateur, une analyse qualitative des DALY met en évidence une charge non négligeable de la morbidité imputable aux maladies d'origine alimentaire potentiellement transmises par la consommation de fruits de mer (Tableau 1). Ceci est

un bon indice pour une prise de conscience des enjeux de santé publique représentés par ces maladies.

Proportion de transmission alimentaire des dangers par les fruits de mer

La transmission alimentaire est définie comme la contamination de l'Homme provoquée par l'ingestion de dangers via la consommation d'aliments. Une certaine fraction des maladies d'origine alimentaire précédemment décrites est attribuable à la consommation de fruits de mer, mais peu de données sont disponibles et les méthodes d'attribution des sources ne sont pas toujours harmonisées à l'échelle mondiale.

D'après les données françaises, les fruits de mer sont responsables de la grande majorité des maladies causées par les norovirus et les phycotoxines (Tableau 1). En revanche, ces aliments contribuent souvent à moins de 10 % des maladies d'origine alimentaire dues aux bactéries ou aux toxines bactériennes.

De nombreuses études ont collecté des données de prévalence ou d'occurrence des dangers précédemment décrits dans une large gamme de fruits de mer. La fréquence de contamination des aliments n'est que l'une des étapes méthodiques de l'attribution des sources des maladies d'origine alimentaire. Il y a donc encore beaucoup de connaissances à acquérir concernant la probabilité de transmission à l'Homme de ces dangers par la consommation de fruits de mer.

Exposition de l'Homme à ces dangers

L'exposition des populations aux dangers transmis par la consommation de fruits de mer varie selon les régions géographiques du monde, les modes de production, les conditions environnementales associées, les habitudes de leur consommation.

Mode de production des produits alimentaires issus de la mer

Les modes de production des fruits de mer sont très hétérogènes à travers le monde [4], mais quels qu'ils soient, les aquaculteurs et les pêcheurs ont la même contrainte : ils ne maîtrisent pas l'environnement dans lequel ils prélèvent les animaux. Celui-ci peut être contaminé par des pollutions anthropogéniques engendrées par les activités industrielles, agricoles, urbaines ou portuaires, de différentes natures, qu'elles soient chroniques ou accidentelles.

Les eaux littorales peuvent être polluées par des microorganismes (virus, bactéries, protozoaires). Cette pollution microbiologique est majoritairement d'origine fécale, humaine et animale, et provient de rejets d'assainissements individuels déficients, d'eaux usées insuffisamment traitées par les stations d'épuration ou d'effluents d'élevage terrestre (lisiers, fumiers). Cette pollution arrive dans le milieu marin via le ruissellement et les rivières, issus de l'amont des bassins versants. Ce type de pollution est rencontré plus fréquemment dans les écosystèmes côtiers qu'en haute mer. Le milieu marin peut aussi être pollué par des

substances chimiques. Elles ont pour origine les activités industrielles (huiles, carburants, composants des peintures, isolants, plastiques, pétrochimie, incinérateurs), portuaires (déversement d'eaux contaminées provenant des aires de carénage), agricoles ou aquacoles (pesticides, résidus de médicaments vétérinaires et additifs utilisés en alimentation animale). Ces pollutions chimiques arrivent dans le milieu marin soit directement par les rejets en mer (volontaires ou accidentels), soit indirectement par les rivières.

La qualité sanitaire des animaux marins sauvages ou d'élevage prélevés pour la consommation humaine est tributaire de celle de l'environnement. Les concentrations des dangers mesurées dans les animaux sont souvent corrélées aux niveaux de pollution relevés dans l'environnement aquatique. Les phénomènes de bioaccumulation et de bioamplification (ou transfert trophique) contribuent à l'augmentation de ces concentrations, amplifiant l'exposition du consommateur aux dangers. En effet, les mollusques bivalves, tels que les huîtres ou les moules, présentent une aptitude particulière à la bioaccumulation, car ils filtrent des volumes importants d'eau pour leur alimentation. Ils accumulent et concentrent ainsi les microorganismes, phytoplanctons et substances chimiques présents dans l'environnement marin. Certaines de ces substances, comme le mercure ou les polluants organiques persistants, sont également transférées au cours de la chaîne trophique par bioamplification : leur concentration augmente au fil de la chaîne trophique, à chaque fois qu'une espèce en mange une autre. Par exemple, la teneur en plomb a tendance à être plus élevée chez les grands prédateurs. Les effets des microplastiques, potentialisant l'exposition de l'Homme aux additifs et contaminants qui les composent ou qu'ils véhiculent, sont actuellement estimés comme faibles, voire négligeables au regard des autres voies d'exposition à ces dangers [8,14,15].

Habitudes alimentaires

Les habitudes de préparation, de transformation et de consommation des produits issus de la mer peuvent favoriser l'exposition à certains dangers.

La consommation mondiale de fruits de mer par personne a quadruplé depuis les années 1960, atteignant 5,4 kg en 2017 [16]. Le régime alimentaire a évolué au regard des qualités nutritionnelles reconnues des fruits de mer, telles que leur faible apport en graisses saturées, glucides et cholestérol et leur apport important en vitamines variées, minéraux et acides gras oméga 3 polyinsaturés. Par ailleurs, les habitudes en matière de consommation changent pour certains produits comme les algues. Si la consommation d'algues marines est traditionnelle dans de nombreux pays d'Asie, elle a tendance à augmenter en Europe, notamment chez les personnes sportives ou suivant un régime végétarien [17].

Les mollusques bivalves et les oursins sont souvent consommés crus ou peu cuits. Ces modes de consommation augmentent le risque de maladies virales, bactériennes ou parasitaires d'origine alimentaire. Certains mollusques bivalves, comme les huîtres ou les petites crevettes, sont consommés entiers, ce qui expose le consommateur aux

microplastiques qui sont potentiellement présents dans le tractus digestif des animaux [18].

En 2016, 45 % de la production mondiale de produits de mer a été commercialisée sous forme d'animal vivant, frais ou réfrigéré [4]. Au niveau mondial, la congélation est la principale méthode de transformation des produits de mer pour la consommation humaine [4]. Les animaux prélevés dans le milieu marin sont manipulés et, dans la plupart des cas, traités sans emploi d'additifs ou de conservateurs chimiques, et finalement distribués sans autre moyen de conservation que la réfrigération ou la congélation. De plus, certains dangers spécifiques aux fruits de mer ne sont pas maîtrisables une fois que l'aliment est contaminé, malgré des bonnes pratiques d'hygiène appliquées tout au long de la chaîne de production. Par exemple, les biotoxines marines, allergènes et spores bactériennes sont thermostables. Ainsi, la congélation ou la cuisson (ou tout autre traitement thermique comme le fumage ou la mise en conserve) ne les détruisent pas. Bien que la plupart des crustacés soient consommés cuits, ceci n'écarte pas le risque de présence d'allergènes. Par conséquent, les traitements de conservation et de transformation, bien que maîtrisés par le respect de bonnes pratiques d'hygiène, ne peuvent pas diminuer le risque de contamination initial des fruits de mer. À ceci s'ajoutent les risques de contamination inhérents au processus de transformation (par exemple, par *Listeria monocytogenes* lors du fumage), y compris des risques de contamination humaine, par exemple, par des entérobactéries.

La sécurité sanitaire des fruits de mer : un enjeu de santé publique émergent et de portée mondiale

Une sécurité sanitaire intégrée « de la source à la bouche »

Les fruits de mer sont des produits alimentaires fragiles qui nécessitent une stratégie de prévention et de maîtrise des risques à toutes les étapes de la filière alimentaire, de leur collecte à leur consommation.

Le respect des recommandations et bonnes pratiques d'élevage en aquaculture marine (conchyliculture et astaciculture), et notamment un usage raisonné des antibiotiques [19,20], constitue l'un des leviers pour limiter les résidus médicamenteux vétérinaires dans les effluents d'élevage rejetés à la mer, ainsi que dans la chair des animaux traités.

De plus, des politiques de sécurité sanitaire des aliments intégrées sont nécessaires, s'appuyant sur l'application de bonnes pratiques d'hygiène et d'approches systématiques analogues à celles du Système d'analyse des risques – points critiques pour leur maîtrise (*Hazard Analysis Critical Control Point* ou HACCP). La démarche HACCP permet de définir toutes les étapes à risque et d'éviter la contamination à toutes les étapes de la chaîne de production par les dangers. À l'échelle internationale, le code d'usages pour les poissons et les produits de la pêche, élaboré par le *Codex Alimentarius*, y contribue [21].

Une approche nécessairement collective

La surveillance épidémiologique des dangers biologiques et chimiques nécessite une coopération intensive entre les acteurs de la santé humaine et animale et de la gestion de l'environnement marin. Le développement des concepts dénommés « *One Health* » (une seule santé) et « *Ecohealth* » visent à renforcer les liens entre santé humaine, santé animale et salubrité de l'environnement. La surveillance de la salubrité et le classement des zones de production conchyliques en est un exemple, à l'interface entre l'environnement et la santé humaine [22,23].

La sécurité sanitaire des fruits de mer est une responsabilité partagée par tous les acteurs, services publics, secteur professionnel (pêcheurs et producteurs, transformateurs, distributeurs) et consommateurs. Elle commence avec la mise en œuvre de stratégies et politiques nationales de santé publique. L'éducation est un point majeur du plan de prévention, que ce soit à l'égard des professionnels de la santé ou des pêcheurs, conchyliculteurs et poissonniers—écaillers, des consommateurs, mais aussi des enfants à l'école.

Perspectives mondiales

La mondialisation accrue de la production et du commerce des produits alimentaires accroît le risque de propagation rapide d'aliments contaminés à l'échelle mondiale. L'aquaculture est déjà la principale source alimentaire de nombreux pays, notamment en voie de développement [4], qui sont les pays avec le moins de ressources dédiées à la sécurité sanitaire des aliments. De plus, les mouvements des populations (migrations et voyages) peuvent exposer les individus à de nouveaux risques alimentaires. Par ailleurs, le changement climatique modifie la distribution et la prolifération des phycotoxines, par exemple, et les occurrences d'intoxication par les fruits de mer deviennent moins prévisibles. L'évolution des écosystèmes marins peut également amener à changer la répartition et l'abondance de la vie marine, engendrant une modification des contacts entre l'Homme et les populations d'animaux marins. Par conséquent, la gestion des risques sanitaires liés aux aliments ne doit pas être considérée uniquement sur le plan national, mais également à travers une étroite coopération internationale entre les pays. Le réseau international des autorités de sécurité sanitaire des aliments (Infosan), créé par l'OMS et la FAO à l'échelle mondiale, et le système d'alerte rapide pour les denrées alimentaires et les aliments pour animaux (RASFF), à l'échelle européenne, ont pour but de partager rapidement des informations en cas d'urgence relative à la sécurité sanitaire des aliments.

Conclusion

Le présent exposé souhaite attirer l'attention sur la menace émergente que représentent les maladies dues à la consommation de fruits de mer pour la santé publique. Certes, la plupart de ces maladies alimentaires n'ont pas une charge de morbidité des plus élevées à l'échelle mondiale, mais un tiers des maladies les plus importantes peuvent être transmises, en partie, par la consommation de fruits de mer. Par

ailleurs, les fruits de mer sont des produits alimentaires fragiles et les marges de manœuvre pour réduire les risques sont faibles une fois qu'ils sont contaminés. Il y a encore beaucoup de données manquantes pour être en mesure de conduire une analyse de risque formelle pour hiérarchiser et justifier les moyens de surveillance, de prévention et de contrôle déployés tout au long de la chaîne alimentaire jusqu'au consommateur. Une stratégie de prévention et de maîtrise des risques intégrée et collective est néanmoins indispensable, soutenue par une coopération internationale. Dans un contexte d'expansion rapide de la production alimentaire issue de la mer, la sécurité sanitaire des fruits de mer apparaît comme un enjeu émergent de santé publique de portée mondiale, car la mer ne s'arrête pas aux frontières.

Déclaration de lien d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] United Nations, Department of economic and social affairs, population division. World Population Prospects 2019: highlights. New York: United Nations; 2019 [ST/ESA/SER.A/43].
- [2] FAO. FAO's director-general on how to feed the world in 2050 [letter]. *Popul Dev Rev* 2009;35(4):837–9.
- [3] World Bank. Fish to 2030 – Prospects for Fisheries and Aquaculture. Washington: The World Bank; 2013 [83177-GLB].
- [4] FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2018. Atteindre les objectifs de développement durable. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations; 2018 [Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO].
- [5] EFSA (European Food Safety Authority), ECDC (European Centre for Disease Prevention Control). The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *EFSA J* 2019;17(12):276.
- [6] Zettler ER, Mincer TJ, Amaral-Zettler LA. Life in the "plastisphere": microbial communities on plastic marine debris. *Environ Sci Technol* 2013;47(13):7137–46.
- [7] Barboza LGA, Dick Vethaak A, Lavorante B, Lundebye AK, Guilhermino L. Marine microplastic debris: an emerging issue for food security, food safety and human health. *Mar Pollut Bull* 2018;133:336–48.
- [8] GESAMP. In: Kershaw PJ, Carney Almroth B, Villarrubia-Gómez P, Koelmans AA, Gouin T, editors. Proceedings of the GESAMP International Workshop on Assessing the Risks associated with Plastics and Microplastics in the Marine Environment. IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection and Studies; 2020 [Reports to GESAMP No. 103].
- [9] Smith M, Love DC, Rochman CM, Neff RA. Microplastics in seafood and the implications for human health. *Curr Environ Health Rep* 2018;5(3):375–86.
- [10] WHO (Organisation mondiale de la santé). WHO estimates of the global burden of foodborne diseases: foodborne disease burden epidemiology reference group 2007–2015. Switzerland: World Health Organisation; 2015.
- [11] Gibb HJ, Barchowsky A, Bellinger D, Bolger PM, Carrington C, Havelaar AH, et al. Estimates of the 2015 global and regional disease burden from four foodborne metals – arsenic, cadmium, lead and methylmercury. *Environ Res* 2019;174:188–94.
- [12] Cassini A, Hoggberg LD, Plachouras D, Quattrocchi A, Hoxha A, Simonsen GS, et al. Attributable deaths and disability-adjusted

- life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: a population-level modelling analysis. *Lancet Infect Dis* 2019;19(1):56–66.
- [13] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Avis et rapport de mai 2014 sur l'information des consommateurs en matière de prévention des risques biologiques liés aux aliments. Tome 1 – hiérarchisation des couples danger/aliment et état des lieux des mesures d'information; 2014 [Saisine 2012-SA-0118].
- [14] EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on contaminants in the food chain). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood, 14; 2016 [6, 30 pp.].
- [15] FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). Microplastics in fisheries and aquaculture. Status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations; 2017.
- [16] FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). FAOSTAT Statistical Database. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations; 2020.
- [17] Moons I, Barbarossa C, De Pelsmacker P. The determinants of the adoption intention of eco-friendly functional food in different market segments. *Ecol Econ* 2018;151:151–61.
- [18] GESAMP. In: Kershaw PJ, Rochman CM, editors. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment. IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection; 2016 [Rep. Stud. GESAMP No.93].
- [19] World Health Organisation (WHO), Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), World Organisation for Animal Health (OIE). Antimicrobial use in aquaculture and antimicrobial resistance. Report of a Joint FAO/OIE/WHO expert consultation on antimicrobial use in aquaculture and antimicrobial resistance. Seoul, Republic of Korea: WHO, FAO, OIE.; 2006.
- [20] OIE (Organisation mondiale de la santé animale). The OIE strategy on antimicrobial resistance and the prudent use of antimicrobials; 2016 [https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Media_Center/docs/pdf/PortailAMR/EN_OIE-AMRstrategy.pdf, (consulté le 15 avril 2020)].
- [21] Commission du Codex Alimentarius. Code d'usages pour les poissons et les produits de la pêche. Rome: Organisation mondiale de la santé et Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture; 2016 [CAC/RCP 52-2003].
- [22] FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), WHO (Organisation mondiale de la santé). Technical guidance for the development of the growing area aspects of Bivalve Mollusc Sanitation Programmes. *Food Safety Qual Ser* 2018;5:292.
- [23] European Commission. Community guide to the principles of good practice for the microbiological classification and monitoring of bivalve mollusc production and relaying areas with reference to regulation 854/2004; 2017.
- [24] Huss HH, Reilly A, Ben Embarek PK. Prevention and control of hazards in seafood. *Food Control* 2000;11(2):149–56.
- [25] Huss HH, Ababouch L, Gram L. Assessment and management of seafood safety and quality. *FAO Fish Tech Pap* 2003;444:230.
- [26] Ababouch L, Alderman D, Ashida K, Boyd C, Chimatiro S, Cruz-Lacierda ER, et al. Food safety issues associated with products from aquaculture – Report of a joint FAO/NACA/WHO Study Group. *Who Tech Rep Ser* 1999;883:64.
- [27] Reilly A, Kaferstein F. Food safety and products from aquaculture. *J Appl Microbiol* 1999;85:249s–57s.
- [28] National Food Institute, Technical University of Denmark, Denmark, Sa Monteiro M, Sloth J, Holdt S, et al. Analysis and risk assessment of seaweed. *EFSA J* 2019;17(S2):11.
- [29] WHO (Organisation mondiale pour la santé). *Campylobacter*; 2018 [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/campylobacter, (consulté le 16 avril 2020)].
- [30] WHO (Organisation mondiale pour la santé). *Infections à Salmonella (non typhiques)*; 2018 [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal), (consulté le 16 avril 2020)].
- [31] WHO (Organisation mondiale pour la santé). *Escherichia coli (E. coli)*; 2018 [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/e-coli, (consulté le 16 avril 2020)].
- [32] WHO (Organisation mondiale pour la santé). *Hépatite A*; 2018 [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/hepatitis-a, (consulté le 16 avril 2020)].
- [33] WHO (Organisation mondiale pour la santé). *Arsenic*; 2018 [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/arsenic, (consulté le 16 avril 2020)].
- [34] WHO (Organisation mondiale pour la santé). *Intoxication au plomb et santé*; 2018 [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health, (consulté le 16 avril 2020)].
- [35] WHO (Organisation mondiale pour la santé). *Exposition au cadmium: a major public health concern*; 2019 [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329480/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.3-eng.pdf?ua=1, (consulté le 16 avril 2020)].
- [36] WHO (Organisation mondiale pour la santé). *Mercure et santé*; 2017 [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health, (consulté le 16 avril 2020)].
- [37] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. *Consommation des poissons, mollusques et crustacés : aspects nutritionnels et sanitaires pour l'Homme*; 2010.
- [38] FAO. *Marine biotoxins*. *FAO Food Nut Pap* 2004;80:287.
- [39] EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products NaA). Scientific opinion on the evaluation of allergenic foods and food ingredients for labelling purposes. *EFSA J* 2014;12(11):286.
- [40] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. *Avis relatif au risque d'excès d'apport en iode lié à la consommation d'algues dans les denrées alimentaires*; 2018 [Saisine 2017-SA-0086].
- [41] Okocha RC, Olatoye IO, Adedeji OB. Food safety impacts of antimicrobial use and their residues in aquaculture. *Public Health Rev* 2018;39:21.
- [42] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. *Avis et rapport de l'Anses de novembre 2018 relatif à l'attribution des sources des maladies infectieuses d'origine alimentaire. Partie 2 : analyse des données épidémiologiques*; 2018 [Saisine 2015-SA-0162].
- [43] Vaillant V, de Valk H, Baron A. *Morbidité et mortalité dues aux maladies infectieuses d'origine alimentaire en France*. Institut de veille sanitaire; 2004.