



Les biotoxines marines

Les biotoxines marines sont des phycotoxines, c'est-à-dire des substances toxiques produites principalement par certaines espèces de microalgues unicellulaires toxigènes (également appelées phytoplancton toxigène), ou par des bactéries (cyanobactéries, bactéries exogènes ou endosymbiotiques) (1).

Les proliférations algales nuisibles (« *Harmful Algal Blooms* » – HAB) et la libération consécutive de métabolites toxiques peuvent être à l'origine d'intoxications alimentaires d'origine marine. La faune aquatique peut accumuler ces toxines tout au long de la chaîne alimentaire, représentant ainsi une menace pour la santé des consommateurs.

Les biotoxines marines sont des composés naturels d'origine mondiale, produits par des micro-organismes aquatiques. Ces toxines s'accumulent dans les coquillages et les poissons via le réseau trophique et peuvent atteindre l'homme. La consommation de produits de la mer contaminés peut provoquer diverses affections chez l'être humain, allant de troubles gastro-intestinaux à des atteintes neurologiques graves comme la paralysie ou la perte de mémoire. Beaucoup d'entre elles constituent une menace sérieuse pour la santé humaine, par ingestion de produits de la mer contaminés, contact cutané avec une eau polluée ou inhalation d'aérosols toxiques (2).

Les « biotoxines marines » sont définies comme des substances toxiques accumulées par les mollusques bivalves, notamment en raison de leur alimentation à base de plancton contenant des toxines (3). Parmi les nombreuses espèces de microalgues recensées dans la nature, environ 300 sont associées à des phénomènes nuisibles, et plus de 100 produisent des toxines naturelles persistantes (4).

1. Risques pour la santé

De nombreuses toxines présentent un risque majeur pour la santé humaine, notamment par ingestion de fruits de mer contaminés ou par contact avec des eaux contaminées. Les microalgues productrices de toxines appartiennent principalement aux groupes des cyanobactéries, diatomées et dinoflagellés en milieu marin comme en eau douce.

De nombreux rapports indiquent que les toxines microalgues responsables d'intoxications alimentaires ont un impact significatif sur la santé publique (5). La plupart des cas sont liés à la consommation de fruits de mer contaminés entraînant des intoxications aiguës, caractérisées par des symptômes tels que vomissements, diarrhées, engourdissements, confusion, pertes de mémoire, et dans les cas extrêmes, paralysie, lésions cérébrales et hépatiques, voire décès. De plus, une exposition chronique à ces toxines peut provoquer des atteintes intestinales, hépatiques et pulmonaires (6).

Comme les coquillages sont consommés entiers, les données relatives à la présence de ces toxines doivent être exprimées sur la base de la chair entière.



2. Toxines marines réglementées dans l'Union européenne

Le chapitre V, point 2, sous-point (c) de la section VII de l'annexe III du règlement (CE) n° 853/2004 (3) fixe les teneurs maximales pour les toxines ASP (« *Amnesic Shellfish Poison* »), PSP (« *Paralytic Shellfish Poison* ») et DSP (« *Diarrhetic Shellfish Poison* »), et précise que les exploitants du secteur alimentaire doivent s'assurer que les mollusques bivalves vivants mis sur le marché pour la consommation humaine ne contiennent pas de biotoxines marines, dans leur corps entier ou dans toute partie comestible séparée, en quantités totales dépassant les limites suivantes :

- a) Pour le « *Paralytic Shellfish Poison* » (PSP), 800 microgrammes d'équivalent-saxitoxine diHCl par kilogramme,
- b) Pour le « *Amnesic Shellfish Poison* » (ASP), 20 milligrammes d'acide domoïque par kilogramme,
- c) Pour l'acide okadaïque et les dinophysistoxines pris ensemble, 160 microgrammes d'équivalent-acide okadaïque par kilogramme,
- d) Pour les yessotoxines, 3,75 milligrammes d'équivalent-yessotoxines par kilogramme,
- e) Pour les azaspiracides, 160 microgrammes d'équivalent-azaspiracides par kilogramme.

À côté des toxines marines déjà réglementées pour lesquelles des limites maximales ont été fixées, un nombre croissant de toxines émergentes suscite aujourd'hui une attention particulière. Afin d'évaluer les risques potentiels associés à ces toxines, l'EFSA a publié, entre 2008 et 2010, une série de douze avis scientifiques (5, 7-17), suivie d'un dernier avis publié en 2017 (18). Ces travaux constituent une base essentielle pour la surveillance, l'évaluation du risque et la mise en place éventuelle de valeurs de référence toxicologiques destinées à protéger la santé des consommateurs européens.

Les principales toxines marines émergentes dans l'UE incluent les imines cycliques (CI), les palytoxines (PITX), les ciguatoxines (CTX), les brévétoxines (BTX) et les tétrodotoxines (TTX). Selon les avis de l'EFSA et la législation récente, les pecténotoxines ne sont plus incluses dans la liste des toxines réglementées. La mise en place de réglementations internationales et de programmes de surveillance obligatoires s'est révélée particulièrement efficace pour la détection des toxines dans les organismes marins comestibles. Cependant, aucune réglementation ni surveillance systématique n'a encore été établie pour les toxines marines émergentes (19).

Le règlement d'exécution (UE) 2019/627 de la Commission (20) stipule que les produits de la pêche contenant des biotoxines, telles que la ciguatera ou d'autres toxines dangereuses pour la santé humaine, ne sont pas mis sur le marché (20). Toutefois, les produits de la pêche dérivés de mollusques bivalves, d'échinodermes, de tuniciers et de gastéropodes marins vivants peuvent être mis sur le marché s'ils ont été produits conformément à l'annexe III, section VII, du règlement (CE) no 853/2004 et respectent les normes fixées au chapitre V, point 2, de cette section (3).



2.1. Paralytic Shellfish Poisoning (PSP)

L'intoxication paralysante par les mollusques (*Paralytic Shellfish Poisoning*, PSP) est l'une des intoxications les plus étudiées, caractérisée par des symptômes graves chez l'être humain à la suite d'une exposition aux toxines du groupe de la saxitoxine (STX) et à leurs analogues, tels que les gonyautoxines (GTX), la néosaxitoxine (NeoSTX), la décarbamoyle-saxitoxine (dc-STX), la décarbamoyle-néosaxitoxine (dcNeoSTX), les décarbamoyle-gonyautoxines (dcGTX), ainsi que les dérivés 13-désoxy-décarbamoylés (doSTX, doGTX), consécutivement à la consommation de coquillages contaminés (21). Environ 2 000 cas de PSP sont recensés chaque année dans le monde, avec un taux de mortalité humain avoisinant 15 % (1).

Ces biotoxines affectent le système nerveux et provoquent une paralysie musculaire, d'où le terme d'« intoxication paralysante ». La PSP se manifeste par des symptômes variables, allant d'un léger picotement ou engourdissement autour des lèvres à une paralysie respiratoire pouvant être fatale. Dans les cas mortels, l'arrêt respiratoire survient généralement entre 2 et 12 heures après la consommation de coquillages contaminés par des toxines du groupe STX.

À ce jour, plus de 30 analogues de la saxitoxine ont été identifiés, parmi lesquels STX, NeoSTX, GTX1 et dc-STX semblent être les plus toxiques (12).

Les principaux producteurs de toxines PSP sont des dinoflagellés appartenant aux genres *Alexandrium*, *Gymnodinium* (aujourd'hui reclassé dans le genre *Alexandrium*) et *Pyrodinium*, présents le long des côtes atlantiques et pacifiques des hémisphères nord et sud. L'espèce *Gymnodinium catenatum* a également été identifiée en mer Méditerranée (22).

L'EFSA a établi une dose aiguë de référence (ARfD)¹ de 50 µg STX par kg de poids corporel, et une limite maximale de 800 µg de STX par kg de chair de coquillage, sur la base d'une portion de 400 g.

2.2. Amnesic Shellfish Poisoning (ASP)

L'intoxication amnésique par les mollusques (« *Amnesic Shellfish Poisoning* », ASP) est provoquée par la production d'acide domoïque (DA) par certaines algues rouges du genre *Chondria* et par la diatomée *Pseudonitzschia* sp. Les coquillages filtreurs se nourrissent de ces algues et peuvent accumuler et retenir la toxine dans leurs tissus.

Les symptômes de l'ASP incluent des troubles gastro-intestinaux (vomissements, diarrhée ou crampes abdominales) et/ou des troubles neurologiques (confusion, perte de mémoire ou, dans les

¹ La **dose de référence aiguë (ARfD)** correspond à la quantité maximale d'une substance qu'un consommateur peut ingérer sur une courte période, sans risque d'effets néfastes pour la santé. En deçà de cette valeur, une consommation unique ou ponctuelle ne présente pas de danger. Le dépassement de ce seuil n'entraîne pas nécessairement l'apparition d'effets toxiques, mais il signale une possible exposition à risque. Cette valeur de référence repose sur une approche conservatrice visant à assurer la protection de la santé publique.



cas graves, convulsions et coma), apparaissant généralement dans les 24 à 48 heures suivant la consommation de coquillages contaminés (13).

L'acide domoïque a également été signalé comme toxique pour les oiseaux marins et les vertébrés marins, tels que l'otarie de Californie (*Zalophus californianus*), chez lesquels il provoque des troubles de la mémoire spatiale (23).

Les effets toxiques du DA sont médiés par sa forte affinité de liaison et son activité agoniste sur certains récepteurs du glutamate, en particulier dans le système nerveux central (notamment au niveau de l'hippocampe) (21). Dans le groupe des toxines DA, dix isomères de l'acide domoïque ont été identifiés : les acides isodomoïques A, B, C, D, E, F, G et H (iso-DA A–H), ainsi que les isomères C50-diastereomer et epi-DA.

L'EFSA a établi une dose aiguë de référence (ARfD) de 30 µg d'acide domoïque par kg de poids corporel, et une limite maximale de 4,5 mg de DA par kg de chair de coquillage, sur la base d'une portion de 400 g.

2.3. Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP)

L'intoxication diarrhéique par les mollusques (*Diarrhetic Shellfish Poisoning*, DSP) est provoquée par plusieurs biotoxines marines, principalement l'acide okadaïque (OA) et ses dérivés, les dinophysistoxines (DTX), ainsi que par les pecténotoxines (PTX) et les yessotoxines (YTX) et leurs dérivés (24). Cependant, les pecténotoxines (PTX) ont été retirées des normes sanitaires applicables aux mollusques bivalves vivants conformément au règlement délégué (UE) 2021/1374 de la Commission (25). Cette décision fait suite à l'évaluation des risques réalisée par EFSA, qui a conclu qu'aucune preuve d'effets nocifs sur la santé humaine n'était associée à cette toxine (11).

2.3.1. Okadaic acid (OA)

L'acide okadaïque (OA) et ses analogues, les dinophysistoxines (DTX1, DTX2 et DTX3), constituent le groupe des toxines OA. Ces toxines sont lipophiles et thermostables, produites par des dinoflagellés et présentes dans diverses espèces de coquillages, principalement chez les mollusques bivalves filtreurs tels que les huîtres, les moules, les pétoncles et les palourdes.

Sur le plan structural, l'OA et la DTX2 ne diffèrent que par la position d'un seul groupe méthyle dans la molécule, tandis que la DTX1 possède un groupe méthyle supplémentaire. La DTX3 représente une large gamme de dérivés estérifiés de l'OA, de la DTX1 et de la DTX2 avec des acides gras saturés et insaturés. Ces toxines sont produites principalement par les genres *Dinophysis* et *Prorocentrum*.

Les toxines du groupe OA sont responsables de l'intoxication diarrhéique par les mollusques (DSP), caractérisée par des symptômes tels que diarrhée, nausées, vomissements et douleurs abdominales, pouvant apparaître peu de temps après la consommation de produits de la mer contaminés.



L'EFSA a établi une dose aiguë de référence (ARfD) de 0,3 µg d'équivalents OA/kg de poids corporel, ainsi qu'une limite maximale de 160 µg d'équivalents OA/kg de chair de coquillage (8).

2.3.2. Pectenotoxins (PTXs)

Les toxines du groupe des pectenotoxines (PTX) sont produites par des espèces du genre *Dinophysis* et se retrouvent systématiquement associées aux toxines du groupe de l'acide okadaïque (OA) dans les coquillages. Elles ont été détectées chez des microalgues et mollusques bivalves en Australie, au Japon, en Nouvelle-Zélande ainsi que dans plusieurs pays européens.

Après administration orale, les toxines du groupe PTX présentent une faible absorption systémique, et leur toxicité rapportée se limite principalement au tractus intestinal. Aucune donnée concernant les effets chroniques des toxines PTX chez les animaux n'est disponible ; par conséquent, l'EFSA n'a pas pu établir de dose journalière tolérable (DJT).

Compte tenu du niveau de toxicité du groupe des PTXs et de l'absence d'observations cliniques chez l'être humain, l'EFSA a fixé une dose aiguë de référence (ARfD) de 0,8 µg équivalents PTX2/kg de poids corporel, ainsi qu'une limite maximale de 120 µg équivalents PTX2/kg de chair de coquillage pour une portion de 400 g, sur la base des données animales disponibles relatives à la toxicité aiguë (11).

Le regroupement de ces toxines avec celles du groupe OA repose essentiellement sur leur co-occurrence dans les coquillages, et non sur des considérations toxicologiques, car les toxines PTX ne partagent pas le même mécanisme d'action que celles du groupe OA. Ainsi, l'établissement d'une limite combinée pour les toxines OA et PTX est inapproprié, tant du point de vue analytique que toxicologique. Les toxines du groupe PTX ne devraient pas être exprimées en équivalents d'acide okadaïque par kilogramme, mais devraient plutôt faire l'objet de limites réglementaires distinctes (11).

Cependant, les pectenotoxines ont été retirées des normes sanitaires applicables aux mollusques bivalves vivants conformément au règlement délégué (UE) 2021/1374 de la Commission (25), à la suite de l'évaluation des risques réalisée par l'EFSA, qui a conclu qu'aucune preuve d'effets indésirables chez l'être humain n'était associée à cette toxine (11).

2.3.3. Yessotoxins (YTXs)

Les toxines du groupe des yessotoxines (YTX) ont été détectées chez divers mollusques bivalves filtreurs tels que les huîtres, moules, pétoncles et palourdes, provenant de différentes régions du monde. Elles sont principalement produites par le dinoflagellé marin *Protoceratium reticulatum*, parmi d'autres espèces (10).

À ce jour, plus de 90 analogues de YTX ont été identifiés, bien qu'une seule fraction ait été entièrement caractérisée. Les analogues les plus importants sont la 1a-homoYTX, la 45-hydroxyYTX et la 45-hydroxy-1a-homoYTX. Les YTX se révèlent thermostables dans les coquillages à des



températures couramment utilisées pour la cuisson. Sur le plan structural, ce sont des composés polyéther disulfatés apparentés aux brevétotoxines (BTX) et aux ciguatoxines (CTX) (21).

Aucun cas d'intoxication humaine n'a été rapporté à ce jour. En conséquence, l'Union européenne a récemment augmenté la limite réglementaire des YTX dans les coquillages, passant de 1 à 3,75 mg d'équivalents YTX/kg de chair de coquillage, à titre préventif (3). L'EFSA a établi une dose aiguë de référence (ARfD) de 25 µg d'équivalents YTX/kg de poids corporel, et une portion de 400 g de coquillages ne doit pas contenir plus de 3,75 mg d'équivalents YTX/kg de chair.

Bien que la contamination des coquillages par les YTX ait été signalée dans de nombreuses régions du monde, parfois à des concentrations de l'ordre de plusieurs mg/kg, aucun cas d'intoxication humaine n'a été documenté dans la littérature scientifique, et les symptômes cliniques potentiellement associés à une exposition humaine aux YTX demeurent largement méconnus (21).

2.4. Azaspiracides (AZAs)

L'intoxication aux azaspiracides (AZP) constitue le syndrome toxique humain le plus récemment découvert lié à la consommation de coquillages.

Le groupe des azaspiracides (AZA) comprend plus de 60 composés. Ces toxines ont été identifiées pour la première fois en 1995, à la suite d'un épisode d'intoxication alimentaire survenu aux Pays-Bas, au cours duquel au moins huit personnes sont tombées malades après avoir consommé des moules (*Mytilus edulis*) récoltées dans le Killary Harbour, sur la côte ouest de l'Irlande (26).

Les AZAs sont principalement produits par des dinoflagellés appartenant aux genres *Azadinium* et *Amphidoma*. Depuis le premier épisode d'intoxication rapporté aux Pays-Bas, la présence d'AZAs a été signalée dans des mollusques d'autres pays européens (France, Royaume-Uni, Danemark, Espagne et Portugal), mais également en Afrique, en Australie, en Asie, en Amérique du Sud et du Nord, notamment au Maroc, en Chine, au Chili, en Argentine, au Canada et aux États-Unis (27-29).

En conséquence, l'EFSA a établi une dose de référence aiguë (ARfD) de 0,2 µg équivalents AZA1/kg de poids corporel (7).

Ces toxines peuvent s'accumuler dans la glande digestive (hépatopancréas) des mollusques filtreurs tels que les moules, huîtres, coques, palourdes et pétoncles, représentant ainsi un risque pour la santé humaine en cas de consommation de coquillages contaminés.

Les syndromes d'intoxication liés aux biotoxines marines peuvent provoquer des maux de tête, des vomissements et des diarrhées, voire des troubles neurologiques, et dans les cas les plus graves, entraîner la mort (11).



3. Conclusions

L'intoxication par les coquillages résulte de la bioaccumulation de biotoxines marines produites principalement par des microalgues unicellulaires telles que les dinoflagellés et les diatomées. Ces toxines s'accumulent dans les mollusques bivalves filtreurs (par exemple, les moules, huîtres, coquilles Saint-Jacques et palourdes) et représentent un risque important pour la santé publique lorsque des produits contaminés sont consommés.

Les principales catégories de biotoxines marines réglementées dans l'Union européenne sont :

- le «*Paralytic Shellfish Poisoning*» (PSP), 800 microgrammes d'équivalent-saxitoxine diHCl par kilogramme;
- le «*Amnesic Shellfish Poisoning*» (ASP), 20 milligrammes d'acide domoïque par kilogramme;
- le «*Diarrhetic Shellfish Poisoning* » (DSP) regroupant :
 - l'acide okadaïque et les dinophysistoxines pris ensemble, 160 microgrammes d'équivalent-acide okadaïque par kilogramme;
 - les yessotoxines, 3,75 milligrammes d'équivalent-yessotoxines par kilogramme,
- les azaspiracides (AZAs), 160 microgrammes d'équivalent-azaspiracides par kilogramme.

Dans leur ensemble, ces toxines marines classiques sont thermostables, chimiquement diverses et persistantes dans l'environnement marin. Leur apparition est étroitement liée aux proliférations d'algues nuisibles (« *harmful algae bloom* » HABs), dont la fréquence et la répartition géographique sont influencées par le changement climatique et l'eutrophisation.

Les cadres réglementaires mis en place au sein de l'Union européenne (par exemple, le Règlement (CE) n° 853/2004 et ses modifications) ont joué un rôle essentiel dans la réduction des risques sanitaires, en imposant des niveaux maximaux de toxines autorisés et en garantissant que les coquillages mis sur le marché soient sûrs pour la consommation. Toutefois, une vigilance constante demeure nécessaire, car les changements environnementaux peuvent modifier le profil, la distribution et la fréquence d'apparition de ces toxines.

Bien que les contrôles doivent être effectués majoritairement et principalement au point d'élevage des coquillages, l'Administration luxembourgeoise vétérinaire et alimentaire (ALVA) effectue depuis 2026 des campagnes de contrôles concernant les biotoxines marines dans le cadre de ses contrôles de routine au niveau des détaillants.



4. Annexe : Tableau récapitulatif des toxines marines impliquées dans le « *shellfish poisoning* »

	<i>Shellfish toxins</i>	<i>Limit</i>	<i>ARfD</i>	<i>Species</i>	<i>Mode of action</i>	<i>Symptoms</i>	<i>Ref.</i>
<i>Paralytic shellfish poisoning (PSP)</i>	Saxitoxins (STX) and subgroups (N-sulfocarbamoyl-gonyautoxins; decarbamoyl gonyautoxins, , Gonyautoxins (GTX); dicarbamoyl saxitoxin and Neisaxitoxin Occurrence: worldwide	800 µg STX/kg SM (R°853/2004)	0.5 µg STX eq./kg b.w	<i>Alexandrium</i> spp., <i>Gymnodinium</i> spp., <i>Pyrodinium</i> spp.	Voltage-gated sodium channels	Tingling of perioral area, gastrointestinal problems, numbness of extremities, disturbed muscle coordination, respiratory distress, paralysis	(12)
<i>Diarrhetic shellfish poisoning (DSP)^{a)}</i>	Okadaic acid (OA), analogues dinophysistoxins DTX-1, DTX-2, DTX-3. Occurrence: worldwide	160 µg OA eq/kg SM (R°853/2004)	0.3 µg OA eq./kg b.w.	<i>Dinophysis</i> spp.	Inhibition of protein synthesis and phosphatases; tumor-promoting effects	Nausea, vomiting, diarrhea, and abdominal pain (30 min to several hours after ingestion)	(8)
	Pectenotoxin ^{b)} (PTX), analogues PTX1, PTX2, PTX3, PTX4, PTX6, PTX7, PTX11. Occurrence : Australia, Japan and New Zealand and in a number of European countries	120 µg PTX2 eq/kg SM	0.8 µg PTX2 eq./kg b.w.	<i>Dinophysis</i> spp.	Inhibition of protein synthesis and phosphatases; tumor-promoting effects	Nausea, vomiting, diarrhea, and abdominal pain (30 min to several hours after ingestion)	(11)
	Yessotoxins (YTX), 45-OH-YTX, homoYTX, 45-homoYTX	3.75 mg YTX eq/kg SM (R°853/2004)	25 µg YTX eq./kg b.w	<i>Protoceratium reticulatum</i>	Mechanism of toxicity unknown	No direct human illness or specific symptoms have been confirmed from YTX alone in humans	(10)
<i>Neurotoxic shellfish poisoning (NSP)</i>	Brevetoxins ^{b)} (BTXs) Occurrence: USA, Caribbean, New Zealand, Europe (recent years)	800 µg BTX-2 eq/kg SM 180 µg BTX-3 eq/kg SM		<i>Karenia brevis</i> , <i>Chattonella marina</i> , <i>Chattonella antiqua</i> <i>Fibrocapsa japonica</i>	Voltage-gated sodium channels	Nausea, numbness of perioral area, paresthesia, disturbed motor control, severe muscular pain	(15, 30)



	<i>Shellfish toxins</i>	<i>Limit</i>	<i>ARfD</i>	<i>Species</i>	<i>Mode of action</i>	<i>Symptoms</i>	<i>Ref.</i>
<i>Amnesic shellfish poisoning (ASP)</i>	Domoic acids (DA), iso-DA A, D, E, F and epi-DA Occurrence: North America, Europe	20 mg DA/kg SM (R°853/2004)	30 µg DA/kg b.w	<i>Pseudonitzschia</i> spp. <i>Chondria</i> spp.	ionotropic glutamate receptors (iGluRs) in neurons	Severe headache, loss of short-term memory, can be fatal	(13, 31)
<i>Azaspiracid shellfish poisoning (AZP)</i>	Azaspiracids (AZA) and analogues AZA1, AZA2, AZA3. Occurrence: Europe	160 µg AZA-1 eq/kg SM (R°853/2004)	0.2 µg AZA1 eq./kg b.w	<i>Protoperdinium crassipes</i> <i>Azadinium</i> <i>Amphidoma</i>	Voltage-gated calcium channel	Nausea, vomiting, severe diarrhea, and stomach pain	(7, 11)
<i>SM : Shellfish meat ; eq : equivalents ; b.w. : body weight ; ARfD: acute reference dose; Blue : hydrophilic toxins ; Amber : lipophilic toxins ; a) For OA, dinophysistoxins and PTX, current regulation specifies a combination; however the CONTAM Panel concluded that PTX should be considered separately. b) no limits defined in R°853/2004).</i>							



5. Références

1. S. Guillotin, N. Delcourt, Marine Neurotoxins' Effects on Environmental and Human Health: An OMICS Overview. *Mar Drugs* **20** (2021).
2. N. Vilarino *et al.*, Human Poisoning from Marine Toxins: Unknowns for Optimal Consumer Protection. *Toxins (Basel)* **10** (2018).
3. Parlement Européen et le Conseil de l'Union Européenne (2004) Règlement (CE) no 853/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale.
4. Y. Bian, X. S. Feng, Y. Zhang, C. Du, Y. Q. Wen, Marine toxins in environment: Recent updates on depuration techniques. *Ecotoxicol Environ Saf* **284**, 116990 (2024).
5. Efsa Panel on Contaminants in the Food Chain, Marine biotoxins in shellfish – Summary on regulated marine biotoxins. *EFSA Journal* **7** (2009).
6. W. Withana *et al.*, Microalgae toxins in food products and impact on human health: a review. *Front Nutr* **12**, 1603843 (2025).
7. Efsa Panel on Contaminants in the Food Chain, Marine biotoxins in shellfish – Azaspiracid group. *EFSA Journal* **6** (2008).
8. Efsa Panel on Contaminants in the Food Chain, Marine biotoxins in shellfish - okadaic acid and analogues. *EFSA Journal* **6** (2008).
9. Efsa Panel on Contaminants in the Food Chain, Scientific Opinion on marine biotoxins in shellfish - Palytoxin group. *EFSA Journal* **7** (2009).
10. Efsa Panel on Contaminants in the Food Chain, Marine biotoxins in shellfish - Yessotoxin group. *EFSA Journal* **7** (2009).
11. Efsa Panel on Contaminants in the Food Chain, Marine biotoxins in shellfish – Pectenotoxin group. *EFSA Journal* **7**, 1-47 (2009).
12. Efsa Panel on Contaminants in the Food Chain, Marine biotoxins in shellfish – Saxitoxin group. *EFSA Journal* **7**, 11-76 (2009).
13. Efsa Panel on Contaminants in the Food Chain, Marine biotoxins in shellfish - Domoic acid. *EFSA Journal* **7** (2009).
14. Efsa Panel on Contaminants in the Food Chain, Influence of processing on the levels of lipophilic marine biotoxins in bivalve molluscs. *EFSA Journal* **7** (2009).
15. Efsa Panel on Contaminants in the Food Chain, Scientific Opinion on marine biotoxins in shellfish - Emerging toxins: Brevetoxin group. *EFSA Journal* **8** (2010).
16. Efsa Panel on Contaminants in the Food Chain, Scientific Opinion on marine biotoxins in shellfish – Emerging toxins: Ciguatoxin group. *EFSA Journal* **8** (2010).



17. Efsa Panel on Contaminants in the Food Chain, Scientific Opinion on marine biotoxins in shellfish – Cyclic imines (spirolides, gymnodimines, pinnatoxins and pteriatoxins). *EFSA Journal* **8** (2010).
18. Efsa Panel on Contaminants in the Food Chain, Risks for public health related to the presence of tetrodotoxin (TTX) and TTX analogues in marine bivalves and gastropods. *EFSA J* **15**, e04752 (2017).
19. Y. Garcia-Cazorla, V. Vasconcelos, Emergent marine toxins risk assessment using molecular and chemical approaches. *EFSA J* **20**, e200422 (2022).
20. Commission Européenne (2019) Règlement d'exécution (UE) 2019/627 de la Commission du 15 mars 2019 établissant des modalités uniformes pour la réalisation des contrôles officiels en ce qui concerne les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine conformément au règlement (UE) 2017/625 du Parlement européen et du Conseil et modifiant le règlement (CE) no 2074/2005 de la Commission en ce qui concerne les contrôles officiels.
21. F. Farabegoli, L. Blanco, L. P. Rodriguez, J. M. Vieites, A. G. Cabado, Phycotoxins in Marine Shellfish: Origin, Occurrence and Effects on Humans. *Mar Drugs* **16** (2018).
22. M. C. Ordas, Toxin and molecular analysis of *Gymnodinium catenatum* (Dinophyceae) strains from Galicia (NW Spain) and Andalucia (S Spain). *Journal of Plankton Research* **26**, 341-349 (2004).
23. R. Petroff *et al.*, Public health risks associated with chronic, low-level domoic acid exposure: A review of the evidence. *Pharmacol Ther* **227**, 107865 (2021).
24. I. Paredes, I. M. Rietjens, J. M. Vieites, A. G. Cabado, Update of risk assessments of main marine biotoxins in the European Union. *Toxicon* **58**, 336-354 (2011).
25. Commission Européenne (2021) Règlement délégué (UE) 2021/1374 de la Commission du 12 avril 2021 modifiant l'annexe III du règlement (CE) no 853/2004 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences spécifiques en matière d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale.
26. K. Ofuji *et al.*, Two analogs of azaspiracid isolated from mussels, *Mytilus edulis*, involved in human intoxication in Ireland. *Nat Toxins* **7**, 99-102 (1999).
27. E. M. Mudge, C. O. Miles, W. R. Hardstaff, P. McCarron, Fatty acid esters of azaspiracids identified in mussels (*Mytilus edulis*) using liquid chromatography-high resolution mass spectrometry. *Toxicon X* **8**, 100059 (2020).
28. A. Elgarch, P. Vale, S. Rifai, A. Fassouane, Detection of diarrhetic shellfish poisoning and azaspiracid toxins in Moroccan mussels: comparison of the LC-MS method with the commercial immunoassay kit. *Mar Drugs* **6**, 587-594 (2008).
29. A. Lopez-Rivera *et al.*, First evidence of azaspiracids (AZAs): A family of lipophilic polyether marine toxins in scallops (*Argopecten purpuratus*) and mussels (*Mytilus chilensis*) collected in two regions of Chile. *Toxicon* **55**, 692-701 (2010).



30. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES) (2021) Avis sur l'état des connaissances relatives aux brevétotoxines dans les coquillages, données de toxicité, d'occurrence et microalgues productrices p19.
31. Y. Wang, A. Javeed, C. Jian, Q. Zeng, B. Han, Precautions for seafood consumers: An updated review of toxicity, bioaccumulation, and rapid detection methods of marine biotoxins. *Ecotoxicol Environ Saf* **274**, 116201 (2024).

Cette fiche se base sur les dernières connaissances scientifiques connues au moment de sa création.
En cas de litige, la réglementation alimentaire fait foi.