

Article original / Original article Nouveautés en toxicologie marine

News in marine toxicology

Luc de Haro*

Centre antipoison, hôpital Salvator, 249, boulevard Sainte Marguerite, 13009 Marseille, France

Résumé – La toxicologie marine est une partie de la toxicologie clinique qui est en évolution permanente, avec de nombreuses découvertes chaque année. Cette situation n'est pas seulement due au progrès scientifique : différentes perturbations écologiques induisent de multiples modifications dans la chorologie, le comportement et/ou la toxicité des formes de vie aquatiques telles des espèces de poissons, de mollusques ou d'algues. Les humains sont de possibles victimes de ces maladies émergentes (nouvelles formes de mytilisme ou d'envenimations, intoxications par des espèces de poissons invasives, efflorescences de nouveaux micro-organismes...). Afin de mieux comprendre les challenges qui attendent les toxicologues cliniciens, une synthèse de la littérature médicale et scientifique concernant les nouveautés en toxicologie marine est effectuée dans cet article de revue.

Mots clés : Efflorescences, méduses, phycotoxines, *Ostreopsis ovata*, Cyanobactéries, poissons lessepsiens

Abstract – Marine toxicology is a part of clinical toxicology which is always evolving with numerous discoveries every year. This situation is not only due to the scientific progress: various ecological disturbances induce multiple modifications concerning chorology, behaviour and toxicity of venomous or dangerous aquatic life including fish, shellfish or algae species. Human beings are possible victims of marine emerging illnesses like new kinds of shellfish poisonings, new invasive toxic fish stings or intoxications, new micro-organism blooms... In order to understand the importance of such challenges for clinical toxicologists, a synthesis of the medical and scientific literature concerning news in marine toxicology is performed in this review.

Key words: Blooms, jellyfish, phycotoxins, *Ostreopsis ovata*, cyanobacteria, lessepsian fish species

Reçu le 21 juin 2011, accepté après modifications le 1 juillet 2011
Publication en ligne le 5 octobre 2011

1 Introduction

Les océans recouvrent une grande majorité de la surface de notre planète et les biotopes y sont variés, avec une biodiversité inégalée et des biomasses telles que l'homme a souvent eu l'impression que les ressources halieutiques étaient infinies. La lutte pour la survie en milieu aquatique est intense, ce qui explique que de nombreuses espèces ont développé de complexes systèmes de défense ou d'attaque, incluant des appareils vulnérants, mais aussi des productions toxiques, témoins d'une guerre chimique dont l'homme commence à peine à entrevoir l'étendue. Les toxines marines agissent de façon diverse [1, 2] ; elles peuvent être présentes dans des venins destinés à neutraliser un ennemi ou une proie, mais aussi dans les chairs, et dans ce cas le but est l'élimination du prédateur pour le bien de l'espèce mais au prix du sacrifice de l'individu consommé. L'homme est un étranger dans les milieux

aquatiques et sa méconnaissance en fait une victime aisée de ces armes développées par les organismes marins. Plusieurs facteurs ont contribué au développement récent des connaissances scientifiques en toxicologie marine. L'épuisement des ressources des mers froides et tempérées a poussé les professionnels de la mer à aller chercher en milieu tropical ce qu'ils ne trouvaient plus chez eux ; or les mers chaudes sont incontestablement plus riches en espèces potentiellement dangereuses pour l'homme. De plus, la mondialisation économique aboutit à des effets collatéraux inattendus, dont le fait que les médecins européens sont désormais confrontés à des pathologies toxiques marines jusqu'ici inconnues dans nos contrées. Ainsi, le boom mondial du tourisme des dernières décennies augmente le risque d'intoxication ou d'envenimation de touristes français victimes durant leur voyage. De même, les marchandises n'ayant plus de frontières, il est possible désormais d'observer hors des zones d'endémie, des intoxications tropicales (plusieurs cas de ciguatera [3, 4] ou de tétrodontisme [5]

* Correspondance : Luc de Haro, luc.deharo@ap-hm.fr

en Occident) ou des envenimations sévères par de nouveaux animaux venimeux marins [6]. Enfin, la notion de réchauffement climatique semble être une réalité tangible dont les conséquences en toxicologie marines sont patentées : nombre d'espèces tropicales colonisent chaque année de nouveaux territoires en raison du réchauffement régulier des eaux. La mer Méditerranée est un bon témoin de ces perturbations (la notion de « tropicalisation » de la Méditerranée est reprise par plusieurs auteurs), avec, en quelques décennies, l'apparition de nouvelles espèces d'algues toxiques, de poissons vénéreux ou venimeux. Quelques exemples concrets illustrant les bouleversements écologiques vont permettre de mieux comprendre la notion de pathologie émergente en toxicologie marine. Il faut cependant insister sur le fait que les données dans cette thématique évoluent vite et que les inconnues sont encore légion [1, 2].

2 Efflorescences et pullulations de cnidaires

Les efflorescences de méduses sont des phénomènes connus depuis fort longtemps, et décrits de façon régulière dans le monde entier. En Europe, de nombreux pays sont régulièrement confrontés à de telles pullulations brutales. Lorsque l'espèce impliquée est venimeuse (par exemple sur les côtes Méditerranéennes en fin de printemps avec les bancs de *Pelagia noctiluca*), les envenimations impliquant les baigneurs sont à la fois plus nombreuses et plus graves (les victimes présentent des surfaces atteintes plus étendues car il s'agit le plus souvent de contacts avec plusieurs méduses, ce qui n'est jamais le cas hors période de bloom) [7]. Les données écologiques et épidémiologiques tendent à montrer une augmentation de fréquence de tels phénomènes de pullulation de méduses en Europe [8]. De plus, les zones géographiques concernées et la période annuelle au cours de laquelle ces efflorescences sont observées semblent en expansion. Ainsi, après un été très doux dans les îles britanniques, un bloom de *Pelagia noctiluca* d'une dimension exceptionnelle a été rapporté en Irlande en novembre 2007 : un banc compact de 26 km² et de 10 m de profondeur a entraîné plusieurs millions d'euros de dégâts en tuant 100 000 saumons de pisciculture par envenimation. Un tel phénomène si tard dans l'année et aussi septentrional n'avait jamais été décrit auparavant. De l'autre côté de la planète, l'océan Pacifique nord est confronté à un problème similaire avec la méduse géante venimeuse *Nemopilema nomurai* pouvant atteindre deux mètres de diamètre et un poids de 220 kg. Depuis 2005, cette espèce dangereuse pullule en mer du Japon au point de menacer toute l'industrie de la pêche dans plusieurs îles nippones. Des envenimations graves touchant des professionnels de la mer sont désormais fréquemment rapportées dans cette région où ce cnidaire était auparavant considéré comme rare et sans conséquence sur la santé publique [9, 10]. En Europe, tous les cnidaires susceptibles de pulluler ne sont pas toxiques. Ainsi, les vérelles (*Velella velella*) sont des petits cnidaires inoffensifs sujets à des échouages massifs sur le littoral français sans conséquence sanitaire, mais restant le témoin de déséquilibres écologiques.

Depuis la seconde moitié du XX^e siècle, la présence sporadique de galères portugaises est régulièrement signalée sur les côtes atlantiques françaises. Une seule espèce vit dans cet océan : *Physalia physalis*, qui est un cnidaire du groupe des

siphonophores (ce ne sont pas des animaux mais des colonies d'animaux vivant en sociétés symbiotiques), facilement reconnaissable par son anatomie associant un flotteur en forme de voile sous lequel se développent plusieurs mètres de tentacules. Les envenimations par physalie sont potentiellement graves car les humains qui entrent en contact avec les tentacules sont atteints sur de grandes surfaces corporelles. De plus, le venin des siphonophores est indéniablement plus toxique que celui des véritables méduses (à l'exception du venin des cuboméduses) car il induit, en plus des sévères lésions cutanées, des signes généraux susceptibles de mettre en jeu le pronostic vital (cardio et neurotoxicité régulièrement rapportée en milieu tropical) [11, 12]. À la fin du mois d'août 2008, le centre antipoison de Bordeaux avait été confronté à un problème inédit dans les Landes : en moins de deux heures, une quarantaine de baigneurs avait été envenimée à Biscarosse par plusieurs spécimens de physalie (deux galères ont été capturées par les gardes côtes et formellement identifiées par l'Ifremer). Huit patients présentant des signes généraux ont été hospitalisés, dont 3 avec des difficultés respiratoires caractéristiques des envenimations graves par siphonophores. Tous les patients ont guéri rapidement, mais l'événement avait été jugé suffisamment original pour faire l'objet d'une publication [13]. En été 2010, le problème a pris une toute autre dimension : au cours de trois semaines marquées par une météo favorable à ces cnidaires flottants, ce sont plusieurs centaines de personnes qui ont été victimes d'envenimation par physalie dans les Landes. Le nombre de spécimens de galères portugaises capturés ou échoués au cours de cette courte période a été bien supérieur à l'ensemble des observations de physalies rapportées en Aquitaine au cours des dernières décennies. Les biologistes interrogés sur les raisons d'une telle invasion évoquent le rôle de la disparition des prédateurs pélagiques des physalies tels les scombridés (thons et bonites) à cause de la surpêche dans le golfe de Gascogne.

3 Efflorescences de dinoflagellés, phycotoxines et pullulations de macro-algues

L'algue tropicale benthique et épiphyte *Ostreopsis ovata* et sa cousine *Ostreopsis siamensis* ont colonisé en quelques années toute la Méditerranée occidentale. Ces végétaux unicellulaires originaires des eaux chaudes des océans Indien et Pacifique sont désormais bien implantés chez nous et personne ne comprend comment ces deux espèces sont arrivées et ont pu se développer aussi vite et aussi loin de leurs biotopes naturels. Les *Ostreopsis* posent plusieurs problèmes en Méditerranée [14, 15]. Tout d'abord, ces organismes produisent plusieurs toxines appelées ostréocines qui sont toutes des toxines palytoxine-like (toxicité équivalente à la palytoxine, autre toxine marine tropicale qui est un des plus puissants vasoconstricteurs connu). Palytoxine et toxines palytoxine-like ont la capacité d'être accumulées tout au long de la chaîne alimentaire aquatique et de contaminer ainsi poissons et crustacés devenus alors impropres à la consommation humaine. En milieu tropical, plusieurs publications font état de décès rapides par complications poly-viscérales induites par une vasoconstriction diffuse et intense après ingestion de poissons ayant

thésaurisé ces toxines [16–20]. En Méditerranée, des travaux récents montrent que quelques espèces de poissons sont susceptibles d'accumuler dans leurs tissus de telles toxines, mais nous ne savons pas encore dans quelle mesure cela pourrait représenter un danger pour les consommateurs. Cependant, ce sont surtout les mollusques bivalves, dont les moules, qui peuvent contenir de grandes quantités de ces toxines après une efflorescence de ces algues au point de devenir potentiellement dangereux pour l'homme [21]. Il est donc possible qu'une nouvelle forme de mytilisme (intoxication par coquillages filtreurs contaminés par les toxines d'algues unicellulaires) puisse apparaître sur nos côtes [2]. Un autre problème induit par les algues *Ostreopsis* est leur capacité à pulluler brutalement lorsque les conditions météorologiques leur sont favorables. Ces efflorescences sont un phénomène nouveau car aucun bloom d'*Ostreopsis* n'a été décrit en milieu tropical. Ces algues, sans prédateur en Méditerranée, sont susceptibles de se reproduire en quelques heures en telles quantités que les embruns deviennent toxiques pour les riverains. Ce sont cependant les baigneurs et les plongeurs qui sont les personnes les plus exposées lors de telles pullulations [14, 15, 22]. Les résultats obtenus par le réseau français de surveillance des efflorescences d'*Ostreopsis* entre 2006 et 2009 ont fait l'objet d'une publication récente permettant de mieux caractériser le tableau clinique de l'exposition cutanée ou respiratoire à de l'eau contaminée par cette algue [14]. La météo de l'été 2010 n'a pas été favorable aux *Ostreopsis* en France ; aucun épisode d'efflorescence majeure n'a été colligé au cours de cette saison estivale sur nos côtes. Il faut cependant insister sur le fait que le problème devient aigu de l'autre côté de la Méditerranée, en Algérie, où les blooms se multiplient depuis 2009.

On ne peut évoquer les efflorescences d'algues unicellulaires sans parler du travail réalisé par le réseau de surveillance français du phytoplancton et des phycotoxines, qui se nomme RePHY. Ce réseau, dans lequel sont impliqués l'Ifremer et les autorités sanitaires et administratives nationales et locales permet, par de multiples analyses, de détecter sur notre littoral les contaminations de bivalves par les toxines impliquées dans différentes formes de mytilisme. Ainsi, au cours des dernières années, plusieurs alertes ont été effectuées après mise en évidence de toxines neuroparalysantes de type saxitoxine (par exemple en été 2010 dans le Finistère) ou de toxines diarrhéiques (les classiques dynophysistoxines et acide okadaïque, mais parfois aussi des toxines bien plus rares telles les pectenotoxines retrouvées dans des moules du Finistère au cours de l'été 2010). Cette même année 2010 a cependant été marquée par une découverte inattendue : la mise en évidence au printemps de quantités non négligeables d'acide domoïque dans des moules et huîtres creuses du Finistère (avril 2010) et dans des pétoncles pêchés sur les côtes du Morbihan (mai 2010). L'acide domoïque est une phycotoxine qui a été impliquée dans une forme très rare de mytilisme appelée en anglais *Amnesic Shellfish Poisoning* (ASP), soit mytilisme amnésiant [23]. On ne connaît qu'un seul épisode épidémique humain d'ASP ayant eu lieu en 1987 au Canada avec 107 personnes intoxiquées après avoir consommé des moules bleues (*Mytilus edulis*) contaminées par de l'acide domoïque. L'étude des circonstances de cet empoisonnement collectif [24] a montré que l'acide domoïque avait été produit

lors d'une efflorescence d'une diatomée (et non pas d'un dinoflagellé, ce qui en fait une exception) dont le nom actuel est *Pseudonitzschia multistriata* (ancienne appellation retrouvée dans les publications initiales de *Nitzschia pungens*). Ainsi, la présence confirmée d'acide domoïque en Bretagne permet d'évoquer la possibilité de survenue dans notre territoire d'une forme de mytilisme jusqu'ici considérée comme « exotique ». Les menaces sur la conchyliculture française s'accumulent donc aussi bien en Atlantique qu'en Méditerranée.

Les eaux douces et saumâtres ne sont pas épargnées par les phénomènes d'efflorescences, mais ce sont alors des cyanobactéries qui sont impliquées [25]. Un rapport sur ce sujet, disponible sur Internet, a été fourni aux autorités sanitaires par le comité de coordination de toxicovigilance en 2008 (http://www.centres-antipoison.net/CCTV/rapport_CCTV_cyanobacteries.pdf). Depuis ce travail de synthèse, plusieurs efflorescences de cyanobactéries ont été observées en métropole, avec des décès d'animaux décrits chaque année (en juillet 2010, deux chiens sont morts quelques minutes après s'être baigné et avoir bu de l'eau contaminée par des neurotoxines de cyanobactéries non loin d'Orange dans le Vaucluse. De même, au printemps 2010, plusieurs cadavres de chevreuils ont été recensés près de la rivière Tarn après une efflorescence de cyanobactéries neurotoxiques). De telles intoxications vétérinaires aboutissant à une mort rapide de mammifères de taille moyenne au bord de l'eau par arrêt respiratoire soulignent le risque potentiel de ces blooms de cyanobactéries susceptibles de produire diverses familles toxiques.

Toujours dans le domaine des algues, il convient enfin évoquer le problème des marées vertes lié à la prolifération, entre autres, des laitues de mer *Ulva lactuca*. Il s'agit de macrophytes nitrophiles dont le développement est favorisé par l'eutrophisation des eaux bretonnes. Trois départements français sont principalement concernés : le Morbihan, le Finistère et surtout les Côtes-d'Armor. Les données écologiques disponibles sur le site bretagne-environnement.org sont alarmantes : en 2009, le cumul régional des surfaces couvertes par les ulves était de 20 % supérieur à la moyenne 2002–2008 (données estivales 2010 non encore disponibles). Cette année 2009, près de 90 000 m³ d'algues ont été ramassées par 59 communes. Que faire de ces déchets qui, en se dégradant, produisent de grandes quantités de gaz toxiques (ammoniac et hydrogène sulfuré) potentiellement dangereux pour les travailleurs exposés à ces énormes quantités d'algues en décomposition ? Un groupe de travail destiné à évaluer les risques toxiques et à proposer d'éventuelles solutions a d'ailleurs été mis en place par l'Anses en 2010.

4 Poissons lessepsiens

La notion d'organismes marins lessepsiens, adjectif qui est un néologisme utilisé dans le jargon des biologistes marins, prend son origine dans le nom de l'architecte français Ferdinand de Lesseps à qui l'on doit notamment la percée du canal de Suez [2]. Ce mot définit les espèces végétales ou animales originaires de la mer rouge qui ont pu s'établir en Méditerranée en passant par ce canal depuis son achèvement en 1869. Il existe depuis les trois dernières décennies une indéniable accélération du nombre d'espèces lessepsiennes, avec

la découverte chaque année de nouveaux envahisseurs arrivant par leurs propres moyens (c'est le cas des poissons, avec 75 espèces lessepsiennes connues entre 1869 et 2009) ou *via* les bateaux pour les invertébrés sessiles. La toxicologie est directement concernée par ce phénomène lorsque ce sont des animaux venimeux ou vénéneux qui s'implantent dans *Mare Nostrum*. Deux exemples méritent d'être soulignés. Tout d'abord, il faut évoquer le cas des poissons lapins du genre *Siganus* avec deux espèces lessepsiennes : *Siganus luridus* et *Siganus rivulatus*. Ces deux herbivores stricts ont tendance à éliminer par concurrence directe alimentaire le seul herbivore local qu'est la saupe *Sarpa salpa*. Leur adaptation en Méditerranée orientale a été telle qu'ils constituent désormais les poissons les plus abondamment capturés dans certaines régions du Liban, d'Israël ou de Syrie. Dans ces pays, les poissons lapins sont désormais consommés avec un inconvénient de taille : tout comme l'autochtone saupe, ces poissons sont susceptibles d'accumuler des toxines de macro-algues à l'origine d'un syndrome hallucinatoire connu depuis l'antiquité et portant le nom barbare d'Ichthyalléinotoxisme. Plusieurs observations de telles intoxications spectaculaires attribuées aux deux taxons de poissons lapins ont été rapportées au Proche-Orient [26]. Par ailleurs, les poissons lapins possèdent aussi un appareil venimeux avec certains rayons des nageoires dorsales reliés à des glandes à venin. Les piqûres sont douloureuses mais les symptômes restent moins intenses que lors des envenimations par vives ou rascasses. Les poissons lapins sont donc à la fois venimeux et vénéneux. *Siganus luridus* a été pour la première fois identifié en Méditerranée en 1956. Son expansion géographique vers l'Ouest est cependant assez récente (premiers spécimens en Tunisie en 1971); puis brutalement et sans raison connue, ce poisson a colonisé le nord de cette mer quasi close, avec son arrivée en Sicile en 2004 et surtout en France en 2008 (les deux premiers spécimens ont été pêchés à Sausset-les-pins près de Marseille en juillet et septembre 2008) [27]. À quand les premiers cas de piqûre ou d'hallucinations en Provence ?

Le second exemple concerne le tétrodon *Lagocephalus sceleratus* arrivé depuis peu en Méditerranée. Tout comme ses cousins les fucus, ce poisson est totalement impropre à la consommation car ses viscères et sa peau sont riches en tétrotoxine. Les pêcheurs de Méditerranée ne connaissent pas cette espèce qui est désormais prise régulièrement dans les filets dans toute la partie orientale de cette mer (notons qu'il existe en Méditerranée un tétrodon indigène observé de façon sporadique car principalement atlantique : *Lagocephalus lagocephalus*, tout aussi toxique, mais très rarement pêché car c'est une espèce pélagique rare des côtes marocaines à libyennes [28]). Depuis peu, plusieurs observations d'intoxications sévères et quelques décès ont été rapportés en Israël, au Liban, en Turquie et en Grèce après consommation de ce nouvel envahisseur redoutablement toxique [29–31]. Il faut souligner le fait que *Lagocephalus sceleratus* ait envahi un bon tiers de la Méditerranée en un temps record, laisse présager son arrivée sur les côtes françaises dans peu de temps.

5 Ailleurs dans le monde

Pour terminer cette longue description de nouveautés en toxicologie marine, il convient de préciser que l'Europe n'est

pas le seul continent touché. Notre pays est ainsi directement concerné par d'autres phénomènes tout aussi inquiétants en outremer. Citons ainsi la situation atlantique de la rascasse volante *Pterois volitans* originaire de l'océan Indien et introduite involontairement en Floride au début des années 1990 à partir de spécimens captifs en aquarium [32]. Ce poisson venimeux et carnivore s'est adapté au cours de la dernière décennie à son nouvel habitat et désormais, cette espèce considérée comme nuisible en Atlantique, a colonisé l'ouest des Caraïbes et la quasi-totalité de la côte est des États-Unis (présence confirmée en nouvelle Angleterre en 2009). Vu la vitesse de dissémination de ce poisson, il est probable que les Antilles françaises, voire la Guyane, soient rapidement concernées par ce nouvel envahisseur venimeux.

De même, dans les eaux chaudes des Caraïbes et du golfe du Mexique, des lésions cutanées mi-urticariennes mi-eczématiformes se localisant uniquement au niveau des parties couvertes sont décrites chez les baigneurs (Caribbean seabathers' eruption en anglais) en début de saison des pluies. Ces lésions peuvent être accompagnées durant la phase aiguë de signes généraux (fièvre, céphalées, myalgies, nausées) et peuvent évoluer vers une dermatose lichénoïde pigmentée ou des lésions granulomateuses chroniques à type de prurigo. Cette atteinte dermatologique est la conséquence d'un contact avec de minuscules larves de plusieurs espèces de cnidaires (deux espèces de méduses – *Linuche unguiculata* et *Mnemiopsis leidyi* – et une espèce d'anémone de mer – *Edwardsiella lineata* – ont été impliquées, mais il est possible que d'autres taxons soient aussi concernés). Lors de modifications environnementales (augmentation conjuguée de la température et de la turbidité de l'eau), ces cnidaires se reproduisent de façon asexuée par bourgeonnement et segmentation. Les nouveaux individus dont la taille est inférieure à 0,5 mm sont invisibles et sont capables de passer à travers un tissu. Les maillots de bain exerçant une pression font éclater contre la peau ces larves, qui libèrent alors leurs cytotoxines, ce qui explique le fait que seules les parties couvertes soient atteintes. Depuis le début des années 2000, cette pathologie est en rapide expansion géographique vers le Nord (la quasi-totalité de la côte atlantique de Floride est désormais confrontée à cette éruption des baigneurs) et vers le Sud (avec une majorité du littoral brésilien envahi) [33]. Cette dermatose pose désormais de véritables problèmes économiques car elle constitue un important frein pour le développement touristique des régions contaminées où les baignades deviennent désagréables. Plusieurs auteurs évoquent un rôle du réchauffement climatique dans la genèse de cette récente extension territoriale.

6 Conclusion

Quelles que soient les querelles de spécialistes qui soutiennent ou dénigrent la notion de réchauffement climatique, les toxicologues constatent sur terre et dans les eaux des bouleversements écologiques majeurs aux conséquences directes dans notre activité au quotidien. Notre inquiétude vient du fait que plus on s'intéresse à ce sujet, plus on a le sentiment que la situation se dégrade de façon accélérée. Nous devons donc assurer une vigilance toxicologique clinique et biologique et

nous préparer à gérer des phénomènes encore inconnus il y a quelques années.

Conflits d'intérêts. Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts.

Références

- Sciarli RJ, de Haro L. Principales intoxications et envenimations par animaux marins. *Concours Méd.* 1999; 121: 2003–2010.
- de Haro L. Intoxications par organismes aquatiques. *Med Trop (Mars)*. 2008; 68: 367–374.
- de Haro L, Pommier P, Valli M. Emergence of imported ciguatera in Europe : report of 18 cases at the poison control centre of Marseille. *J Toxicol Clin Toxicol* 2003; 41: 927–930.
- Develoux M, Le Loup G, Pialoux G. A case of ciguatera fish poisoning in a French traveller. *Euro Surveill.* 2008; 13: 19027.
- Cohen NJ, Deeds JR, Wong ES, Hanner RH, Yancy HF, White KD, Thompson TM, Wahi M, Pham TD, Guichard FM, Huh I, Austin C, Dizikes G, Gerber SI. Public health response to pufferfish (tetrodotoxin) poisoning from mislabelled product. *J Food Prot.* 2009; 72: 810–817.
- de Haro L, Pommier P. Envenomation: a real risk of keeping exotic house pets. *Vet Hum Toxicol.* 2003; 45: 214–216.
- Mariottini GL, Giacco E, Pane L. The mauve stinger *Pelagia noctiluca* (F, 1775). Distribution, ecology, toxicity and epidemiology of stings. A review. *Mar Drugs.* 2008; 6(3): 496–513.
- Licandro P, Conway DVP, Daly Yahia MN, Fernandez de Puelles ML, Gasparini S, Hecq JH, Tranter P, Kirby RR. A blooming jellyfish in the northeast Atlantic and Mediterranean. *Biol Lett.* 2010; 6: 688–691.
- Dong Z, Liu D, Keesing JK. Jellyfish blooms en China: dominant species, causes and consequences. *Mar Pollut Bull.* 2010; 60(7): 954–963.
- Kawahara M, Uye S, Burnette J, Mianzan H. Stings of edible jellyfish (*Rhopilema hispidum*, *Rhopilema esculentum* and *Nemopilema nomurai*) in Japanese waters. *Toxicon* 2006; 48: 713–716.
- Giordano R, Vito L, Sardella PJ. Complication of a Portuguese Man-of-War envenomation to the foot: a case report. *J Foot Ankle Surg.* 2005; 44: 297–300.
- Burnett JW, Gable WD. A fatal jellyfish envenomation by the Portuguese man-o'-war. *Toxicon.* 1989; 27: 823–824.
- Labadie M, Lambrot AL, Mangwa F, de Haro L, Bragança C, Chanseau P. Collective envenomation by *Pysalia physalis* on the French Atlantic. *Clin Tox (Phila)*. 2010; 48(3): 309.
- Kermarec F, Dor F, Armengaud A, Charlet F, Kantin R, Sauzade D, Giannetti S, de Haro L. Les risques sanitaires liés à la présence d'*Ostreopsis ovata* dans les eaux de baignade ou d'activités nautiques. *Environnement, Risques & Santé* 2008; 7: 357–363.
- Tichadou L, Glaizal M, Armengaud A, Gressel H, Lemée R, Kantin R, Lasalle JL, Drouet G, Rambaud L, Malfait P, de Haro L. Health impact of unicellular algae of the *Ostreopsis* genus blooms in the Mediterranean sea: experience of the French Mediterranean coast surveillance network from 2006 to 2009. *Clin Tox (Phila)*. 2010; 48(8): 839–844.
- Kodama AM, Hokama Y, Yasumoto T, Fukui M, Manea SJ, Sutherland N. Clinical and laboratory findings implicating palytoxin as cause of ciguatera poisoning due to *Decapterus macروسoma*. *Toxicon.* 1989; 27: 1051–1053.
- Onuma Y, Satake M, Ukena T, Roux J, Chanteau S, Rasolofonirina N, Ratsimaloto M, Naoki H, Yasumoto T. Identification of putative palytoxin as the cause of clupeatoxism. *Toxicon.* 1999; 37: 55–65.
- Alcala AC, Alcala LC, Garth JS, Yasumura D, Yasumoto T. Human fatality due to ingestion of the crab *Demania reynaudii* that contained a palytoxin-like toxin. *Toxicon.* 1988; 26: 105–107.
- Lau CO, Tan CH, Khoo HE, Yuen R, Lewis RJ, Corpuz GP, Bignami GS. *Lophozozymus pictor* toxin: a fluorescent structural isomer of palytoxin. *Toxicon.* 1995; 33: 1373–1377.
- Gleibs S, Mebs D. Distribution and sequestration of palytoxin in coral reef animals. *Toxicon.* 1999; 37: 1521–1537.
- Aligizaki K, Katikou P, Nikolaidis G, Panou A. First episode of shellfish contamination by palytoxin-like compounds from *Ostreopsis* species (Aegean sea, Greece). *Toxicon.* 2008; 51: 418–427.
- Ciminiello P, Dell'Aversano C, Fattorusso E, Forino M, Magno GS, Tartaglione L, Grillo C, Melchiorre N. The Genoa 2005 outbreak. Determination of putative palytoxin in Mediterranean *Ostreopsis ovata* by a new liquid chromatography tandem mass spectrometry method. *Anal Chem.* 2006; 78: 6153–6159.
- Ciminiello P, Fattorusso E. Bivalve molluscs as vectors of marine biotoxins involved in seafood poisoning. *Prog Mol Subcell Biol.* 2006; 43: 53–82.
- Perl TM, Bédard L, Kosatsky T, Hockin JC, Todd EC, Remis RS. An outbreak of toxic encephalopathy caused by eating mussels contaminated with domoic acid. *N Engl J Med.* 1990; 322(25): 1775–1780.
- Briand JF, Jacquet S, Bernard C, Humbert JF. Health hazards for terrestrial vertebrates from toxic cyanobacteria in surface water ecosystems. *Vet Res.* 2003; 34: 361–377.
- de Haro L, Pommier P. Hallucinatory fish poisoning (Ichthyallyeinotoxicism): Two case reports from the Western Mediterranean and literature review. *J Toxicol Clin Toxicol.* 2006; 44: 185–188.
- Daniel B, Piro S, Charbonnel E, Francour P, Letourneur Y. Lessepsian rabbitfish *Siganus luridus* reached from the Western Mediterranean. *Cybiuim.* 2009; 33(2): 163–164.
- Saoudi M, Abdelmouleh A, El Feki A. Tetrodotoxin: a potent marine toxin. *Toxin Rev.* 2010; 29(2): 60–70.
- Bentur Y, Ashkar J, Lurie Y, Levy Y, Azzam ZS, Litmanovich M, Golik M, Gurevych B, Golani D, Eisenman A. Lessepsian migration and tetrodotoxin poisoning due to *Lagocephalus sceleratus* in the eastern Mediterranean. *Toxicon.* 2008; 52: 964–968.
- Awada A, Chalhoub V, Awada L, Yasbeck P. Coma profond aréactif réversible après intoxication par des abats d'un poisson méditerranéen. *Rev Neurol (Paris)*. 2010; 166(3): 337–340.
- Katikou P, Georgantelis D, Sinouris N, Petsi A, Fotaras T. First report on toxicity assessment of the Lessepsian migrant pufferfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) from European waters (Aegean Sea, Greece). *Toxicon.* 2009; 54: 50–55.
- Morris JA, Whitfield PE. Biology, ecology, control and management of the invasive Indo-Pacific Lionfish: an updated integrated assessment. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS. 2009; 99: 57.
- Moran JJ, Lightburn E. Dermatitis prurigineuse après baignade en mer tropicale : rôle des cnidaires. *Méd Trop (Mars)*. 2008; 68: 419–420.