

MICRO-ALGUES TOXIQUES ET CYANOBACTERIES

Description et effets sur les productions halieutiques



Eau colorée à *Lepidodinium Chlorophorum* - Préfailles, 2014

Copyright : Yves Le Medec - Mynyvel Environnement 2014

Les phycotoxines, le fléau sanitaire des conchyliculteurs

Une phycotoxine est comme son nom l'indique une toxine produite par les algues, et plus précisément par les algues unicellulaires représentées notamment par les phytoplanctons. Ces toxines sont à l'origine des Toxi-Infection Alimentaire Collective (TIAC). Les coquillages sont des animaux filtreurs, ils peuvent donc être facilement contaminés, présentant de fait un risque pour le consommateur. Ces phycotoxines sont classifiées selon les symptômes qu'elles provoquent.

Les toxines DSP dites diarrhéiques : elles sont produites par des dinoflagellés (ex. *Dinophysis*) qui contiennent de l'acide okadaïque, se traduisant par des troubles digestifs (diarrhée, vomissements) chez le consommateur.

Les toxines PSP paralysantes : elles sont produites par des dinoflagellés (ex. *Alexandrium*) qui contiennent la toxine saxitoxine, induisant des troubles neurologiques.

DANS CE DOSSIER :

- Une présentation des micro-algues toxiques *Dinophysis sp.*, *Alexandrium minutum* et *Pseudo-nitzschia*
- Un zoom sur deux micro-algues toxiques pour les productions conchylicoles
- Les cyanobactéries (caractéristiques, risques et aspects réglementaires)
- Des témoignages scientifiques et techniques

Les toxines ASP amnésiantes : elles sont produites par des diatomées (ex. *Pseudo nitzschia*) qui contiennent de l'acide domoïque provoquant chez le consommateur des symptômes de type gastro-entérite dans un premier temps puis des symptômes neurologiques. Les enfants et les personnes âgées sont les plus sensibles.

La présence d'une de ces phycotoxines provoque l'arrêt de la commercialisation des coquillages.

Historique des micro-algues toxiques pour l'Homme sur le littoral français

Les dates ci-dessous précisent l'année où l'identification en France des micro-algues toxiques pour l'Homme a été observée et corrélée avec une toxicité envers le consommateur.



La gestion du risque pour préserver le consommateur

Afin de déceler les développements de micro-algues toxiques, les contaminations potentielles et l'éventuelle toxicité des coquillages, un Réseau de surveillance du PHYtoplancton (REPHY) et des PHYcotoxines (REPHYTOX) a été mis en place par l'Ifremer.

Ce réseau national assure l'observation et le dénombrement des espèces micro-algales présentes dans le milieu. Si la surveillance met en lumière la présence de micro-algues toxiques et une concentration de phycotoxine supérieure au seuil d'alerte, une recherche de toxicité dans les coquillages est engagée afin de rechercher la présence ou non de toxines et de quantifier leur concentration.

En cas de dépassement des seuils réglementaires, une fermeture de la zone de production concernée, l'interdiction de ventes et l'éventuel rappel des lots déjà commercialisés sont prononcés par les services des Préfets de départements concernés, afin de préserver la santé des consommateurs.

Dinophysis sp., un micro-organisme aquatique avec la particularité de dérober

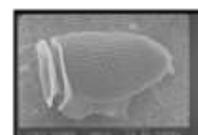
Ces quatre espèces de *Dinophysis* sont principalement présentes sur le littoral français (ci-contre).

Biologie

Le *Dinophysis* est un micro-organisme aquatique, sa taille varie entre 30 à 100 microns il est donc invisible à l'œil nu. Une des principales caractéristiques de ce micro-organisme est d'être un « voleur ». En effet dans sa stratégie alimentaire, le *Dinophysis* chasse sa proie (cryptophytes, *Mesodinium rubrum*). Sa proie est un organisme photosynthétique (organisme qui puise sa ressource énergétique à partir de la lumière grâce à des chloroplastes).



Dinophysis acuminata
Figure 1



Dinophysis sacculus
Figure 2



Dinophysis caudata
Figure 3



Dinophysis rotundata
Figure 4

Le *Dinophysis* en ingérant sa proie va se servir des chloroplastes qu'il ne peut produire, afin de réaliser cette photosynthèse lui-même. Ce qui fait de lui un être mixotrophe. Tous les *Dinophysis* ne sont pas mixotrophes certains sont hétérotrophes (être qui s'alimente de matière organique) ou bien autotrophe (via la photosynthèse). Les *Dinophysis* peuvent être flagellés ce qui leur permet de se mouvoir. Ils peuvent aussi être benthiques, vivant sur le substrat.

Localisation géographique

Les *Dinophysis* sont présents sur le littoral de la Bretagne, de la Normandie ainsi qu'à l'ouest de la Méditerranée. Ils sont aussi observés en été dans la Manche et l'Atlantique ; et toute l'année en Méditerranée. Leur développement est favorisé par la stratification thermique des masses d'eau et par une élévation du taux de salinité. Ces facteurs sont réunis généralement au printemps. C'est à cette période que l'on peut observer la prolifération de *Dinophysis* qui sont la cause de toxi-infection alimentaire collective.

Conséquences pour la santé des consommateurs

Les toxines produites par le *Dinophysis* sont de type diarrhéiques (en anglais, DSP, Diarrhetic Shellfish Poisoning).

Les premiers symptômes d'intoxication apparaissent entre 30 minutes à 12 heures après l'ingestion. L'intoxication est liée à la présence d'acide okadaïque, composé modifiant la perméabilité du tube digestif. Elle va se traduire par des symptômes diarrhéiques, des nausées et vomissements ainsi que des douleurs abdominales, pouvant perdurer jusqu'à trois jours.

Aspects réglementaires

Le *Dinophysis* contamine les organismes aquatiques filtreurs comme les coquillages. Les toxines générées sont de nature lipophile. Leur présence et concentration sont soumises à réglementation. Elles concernent d'une part l'acide okadaïque (AO), les dinophysistoxines (DTXs) et les azaspiracides (AZAs), d'autre part les pecténotoxines (PTXs) et les yessotoxines (YTXs).

Le seuil est de 160 microgrammes (μg) de toxines DSP par kg de chair de coquillages pour l'acide okadaïque et de 1 mg/kg pour les pecténotoxines.

Alexandrium minutum, l'empoisonneur des mers

Cette micro-algue s'est vue attribuer le nom d'*Alexandrium* car elle a été découverte dans le port d'Alexandrie en Egypte.

Biologie

Alexandrium est une micro-algue mortelle. Sa taille est comprise entre 17 à 29 microns. Il a une forme sphérique et possède une coque. Il est aussi pourvu de deux flagelles qui lui permettent de se mouvoir. Cette micro-algue peut proliférer à des concentrations allant jusqu'à plusieurs millions de cellules par litre. C'est à ce stade aussi élevé que l'on parle de bloom ou d'efflorescence. Les fortes concentrations induisent une coloration caractéristique de l'eau, elle devient alors brunâtre ou

rougeâtre. Durant l'hiver, *Alexandrium* est en dormance dans les sédiments sous forme de kyste. Puis quand vient le printemps les kystes germent et donnent des cellules mobiles.



Alexandrium minutum Figure 5



Photographie d'un bloom d'*Alexandrium* Figure 6

Localisation géographique



Figure 7

Alexandrium est présent en Bretagne et en Méditerranée (rade de Toulon, étang de Thau, ...).

Son développement est favorisé par une augmentation des valeurs de température et de salinité.

Ces facteurs sont réunis au printemps et en été et lui permettent de germer et de se développer.

Conséquences pour la santé des consommateurs

Les toxines produites par l'*Alexandrium* sont de type paralysantes (en anglais, PSP, Paralytic Shellfish Poisoning).

Les premiers symptômes d'intoxication apparaissent dans les cinq à trente minutes après l'ingestion. Ils se traduisent par des symptômes d'engourdissement de la bouche, des doigts, des picotements au niveau de la langue mais aussi des vertiges, nausées, un pouls rapide. Des cas graves peuvent entraîner une incoordination motrice, de l'incohérence et un risque de décès par paralysie respiratoire.

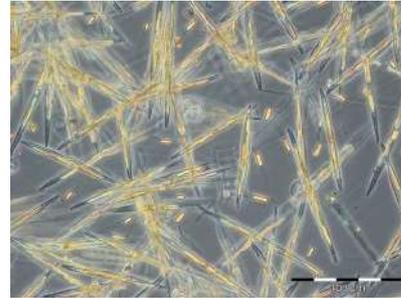
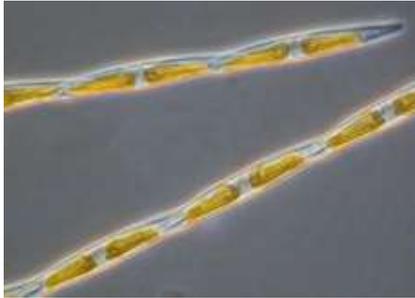
Aspects réglementaires

Cette micro-algue contamine les organismes aquatiques filtreurs comme les coquillages.

Les toxines PSP concernées sont la saxitoxine (STX) et ses dérivés, la néosaxitoxine (NEO) et la gonyautoxine (GTX).

Le seuil d'alerte est de 10 000 cellules par litre et le seuil sanitaire est de 800 µgramme par kg de chair de coquillages.

Pseudo-Nitzschia, une algue toxique aux effets neurologiques dévastateurs



Photographies de *Pseudo-nitzschia* Figures 8 et 9

Biologie

Pseudo-nitzschia est une micro-algue mortelle. Elle fait partie des diatomées. Elle a une taille comprise entre 50 à 180 microns. Elle a une forme allongée comme beaucoup de diatomées. Les cellules de *Pseudo-nitzschia* peuvent s'associer les unes aux autres par leurs extrémités et former des chaînes. Cette micro-algue peut proliférer à des concentrations allant jusqu'à plusieurs centaines de milliers de cellules par litre voire plus d'un million. Il existe une vingtaine d'espèces en France, dont seulement deux sont toxiques : *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* et *Pseudo-nitzschia multiseriis*.

Localisation géographique

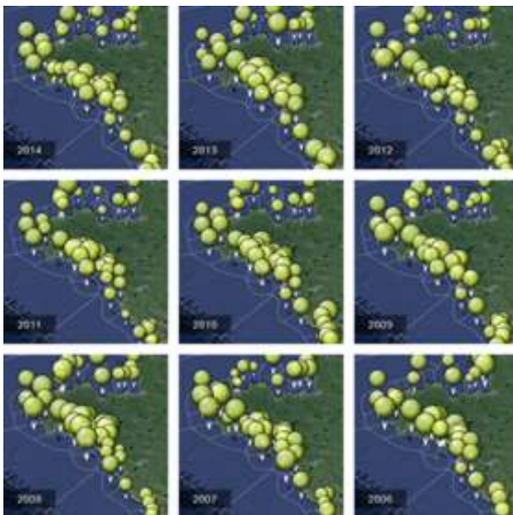


Figure 10

Cette algue toxique a été observée au printemps 2000, en Bretagne et au printemps 2002, sur une partie de la côte méditerranéenne. Les développements sont essentiellement observés au printemps et en été en lien avec des conditions climatiques clémentes (température, salinité, pH...).

Conséquences pour la santé des consommateurs

Les toxines produites par le *Pseudo-nitzschia* sont de type amnésique (en anglais, ASP, Amnesic Shellfish Poisoning).

Les premiers symptômes d'intoxication apparaissent dans les deux à vingt-quatre heures après l'ingestion. Les symptômes se traduisent par des vomissements et diarrhée.

L'intoxication se fait via la contamination de l'aliment par l'acide domoïque. Vont suivre des symptômes neurologiques avec céphalées, confusion, désorientation et dans les cas graves par une amnésie, des convulsions puis un coma mortel.

Aspects réglementaires

Cette micro-algue contamine les organismes aquatiques filtreurs comme les coquillages mais aussi certains poissons (anchois) qui intoxiquent alors les oiseaux piscivores.

Le seuil de sécurité est de 20 mg d'acide domoïque par kilo de chair de coquillage.

La toxicité de certaines espèces de micro-algues ne se limite pas seulement à l'Homme (consommateur) ; elle peut également impacter la seule faune marine (coquillages, crustacés, poissons ...).

A titre d'illustration, ci-dessous deux exemples de micro-algues toxiques ayant impacté par le passé les productions conchylicoles en Pays de la Loire.

Gymnodinium cf nagasakiense, une algue à la biologie peu connue

Cette micro-algue est connue aussi sous le nom de *Gyrodinium aureolum*.



Gyrodinium aureolum Figure 11

Biologie

Le *Gyrodinium* est un organisme vivant unicellulaire aquatique. Il a une taille de quelques microns. C'est un dinoflagellé. Il est donc constitué de deux flagelles qui lui permettent de se déplacer. Sa biologie reste encore peu connue car le phénomène de bloom de *Gyrodinium* est rare en France et n'a donc pas permis aux scientifiques d'effectuer de recherches plus poussées.

Localisation géographique

Le *Gyrodinium* est présent sur les côtes européennes notamment en Norvège, sur la côte nord-ouest de l'Espagne. Il est apparu en France en septembre 1978 dans la baie de Douarnenez puis durant l'été 1983. Cette espèce a de nouveau proliféré dans cette baie ainsi dans la rade de Brest où elle a provoqué des mortalités de larves de Pectinidés. En juillet 1987, son aire de répartition s'est étendue à la côte sud de Bretagne, notamment à la baie de Vilaine, où des eaux colorées ainsi que des mortalités d'arénicoles ont été remarquées.

Les conséquences pour la faune locale

Les nuisances touchent principalement les poissons herbivores et les mollusques ainsi que les espèces présentes dans le milieu pendant le bloom. Ces blooms ont de gros impacts négatifs sur la production de mollusques en élevage. Cette algue, au-delà de l'induction de phénomènes d'anoxie du milieu, peut produire une toxine proche de l'hémolysine, potentiellement responsable de mortalités importantes.

Cette espèce a été responsable d'une mortalité massive sur la production mytilicole de l'île de Noirmoutier en 1995, induisant un taux de mortalité proche des 100% et la perte de près de 900 tonnes de moules.

Aspects réglementaires

Il n'y a pas de volet réglementaire pour la commercialisation de coquillages puisque cette espèce n'impacte pas l'Homme. La baignade est aussi autorisée durant les épisodes de bloom de *Gymnodinium* ou *Gyrodinium*.

Lepidodinium chlorophorum, une algue verte inoffensive pour l'Homme mais redoutable pour les coquillages et crustacés



Lepidodinium chlorophorum

Figure 12

Bloom de *lepidodinium*

Figure 13



Yves le Medec - Mynyvel Environnement 2014

Biologie

Lepidodinium chlorophorum est une micro-algue verte. C'est un organisme vivant unicellulaire marin. Il a une taille de quelques microns. C'est un dinoflagellé. Il est muni de deux flagelles qui lui permettent de se mouvoir. Cette micro-algue peut proliférer à des concentrations allant jusqu'à plusieurs millions de cellules par litre. C'est à ce stade aussi élevé que l'on parle de bloom. De fortes efflorescences se caractérisent par une coloration verte de l'eau.

Sa biologie reste encore peu connue car les phénomènes de blooms de *Lepidodinium* sont assez rares en France, même si une augmentation régulière du nombre d'efflorescences est observée ces dernières années.

Localisation géographique

La présence de *Lepidodinium* est observée sur le littoral atlantique depuis 1982.

Son développement est favorisé quand la température de l'eau est élevée, associée à un fort taux de salinité ainsi qu'un faible courant.

Ces facteurs sont réunis en été et lui permettent de se développer massivement et de créer des blooms.



Figure 14 : Concentrations maximum en *Lepidodinium chlorophorum* observées sur les points du réseau REPHY en 2012

Conséquences pour la faune locale

Le développement d'un bloom de *Lepidodinium* provoque des phénomènes d'hypoxie (diminution du taux d'oxygène) voire d'anoxie (la réduction d'oxygène est telle qu'elle induit une asphyxie). Cette baisse d'oxygène met en péril la faune locale qui va alors fuir. La faune immobile est par contre condamnée. Par ailleurs, cette espèce a la particularité de sécréter une substance gélifiante (polysaccharides) susceptible de colmater les branchies des organismes aquatiques et qui peut induire des mortalités.

Cette espèce a été responsable de mortalité massives de populations de moules et d'huîtres notamment sur la zone de Pen Bé Mesquer et de Pénestin. L'épisode le plus récent remonte à 2018. Le bloom observé au mois de juillet a induit des taux de mortalité jusqu'à 70% sur le cheptel mytilicole en baie de Pont-Mahé et Pénestin.

A noter que depuis 2019, un programme d'étude, nommé LEPIDO-PEN, a été engagé sur ce secteur afin de mieux cerner la biologie et l'éthologie de cette espèce de micro-algue et d'appréhender son impact sur les productions conchylicoles. Il est coordonné par l'Ifremer de Nantes et associé à titre de partenaires, le syndicat conchylicole de Pen Bé-Mesquer, le SMIDAP, l'unité MMS (Mer Molécule Santé) de l'Université de Nantes et CAP ATLANTIQUE.

Aspects réglementaires

Il n'y a pas de volet réglementaire pour la commercialisation de coquillages puisque cette espèce n'impacte pas l'Homme. La baignade est aussi autorisée durant les épisodes de bloom de *Lepidodinium chlorophorum*.

Les cyanobactéries

Les cyanobactéries sont des organismes microscopiques apparus il y a près de 3 milliards d'années. Ils sont à l'origine de l'oxygène atmosphérique. Ce sont des microorganismes procaryotes (pas de noyau véritable), proches des bactéries. Ils utilisent la photosynthèse pour se développer. Ils possèdent de la chlorophylle-a comme les végétaux et sont considérés comme proches des algues. Ils ont cette particularité de posséder des pigments dont la phycocyanine qui donne la couleur bleue (= cyano) ou la phycoérythrine (couleur rouge). Les cyanobactéries sont référencées à la fois dans la classification bactériologique et dans le règne végétal par les botanistes.

Il existe environ 4400 espèces réparties dans au moins 150 genres vivant dans les milieux d'eaux douces, marins mais aussi terrestres avec des formes diversifiées. Les cyanobactéries peuvent être benthiques ou planctoniques (figures 15 et 16).



Figure 15 et 16 : photos de deux espèces de cyanobactéries (quelques μm à qq 10aines de μm)

Les caractéristiques

Les cyanobactéries sont photoautotrophes et nécessitent peu d'éléments pour croître : de l'eau, du gaz carbonique (CO₂), des nutriments (azote et phosphore) et de la lumière.

MAIS certaines :

- Résistent à la dessiccation et aux radiations
- Synthétisent des vésicules gazeuses (flottabilité)
- Fixent l'azote atmosphérique

Les cyanobactéries préfèrent les eaux assez chaudes avec de faibles turbulences (période de stratification) et se développent davantage en été-automne, en régions tempérées. Elles succèdent aux diatomées et aux algues vertes et s'adaptent facilement aux caractéristiques environnementales.

Les hydrosystèmes concernés par les blooms sont des faciès lenticules types étangs, lacs, cours d'eau lents, correspondant à des périodes hydrologiques, et des colonnes d'eau stables (dont stratification), le plus souvent avec températures assez élevées (> 17°C) ou un faible renouvellement d'eau.

Il y a des caractéristiques visuelles comme :

- une colonne d'eau vert intense, parfois bleu vert, rarement rouge (figure 3)
- une surface de l'eau couverte d'une pellicule se délitant au toucher = efflorescence, écume
- une accumulation de l'écume près des berges (effet des vents)
- et parfois une odeur caractéristique

Les principaux risques

Certaines espèces peuvent proliférer et créer une efflorescence (bloom). La prolifération se caractérise par une dynamique très rapide, une forte biomasse produite et une dominance du phytoplancton par un ou deux genres. 50 à 70% des proliférations présentent des effets toxiques.

Sous certaines conditions, quelques genres / souches peuvent produire des métabolites :

- Odorants comme le 2-méthylisobornéol (MIB) et le trans-1,10-diméthyl-trans-9-décalol (géosmines). C'est ce qui donne le goût de vase ou « off flavor » aux poissons.
- Toxiques (une 40aine de genres impliqués). Il existe une grande variété de cyanotoxines (structures chimiques et mécanismes de toxicité) avec des mécanismes et facteurs de production insuffisamment connus et des molécules intracellulaires, synthétisées par les cellules et libérées dans le milieu lors de la sénescence.



Figure 17 : photo d'une eau "colorée" verte bleue caractéristique d'un bloom de cyanobactéries

Ces cyanotoxines sont classées selon leur impact toxique sur l'être humain (contact, ingestion)

- Hépatotoxines, altérant les cellules du foie (microcystines, nodularines, cylindrospermopsines)
- Neurotoxines, perturbant les cellules nerveuses (ana et saxitoxines)
- Dermatotoxines, entraînant des effets sur la peau et les muqueuses (aplysiatoxine, lyngbiatoxine)

Les voies d'exposition se font oralement par ingestion d'eau contaminée, consommation d'aliments ou compléments alimentaires parentérale par dialyse et par contact direct (baignade, sports aquatiques) : voie cutanée, inhalation.

Les effets observés peuvent être divers :

- Hépatotoxines : 3 à 4h après ingestion, crampes abdominales puis vomissements, diarrhée. Amélioration en 24 à 48h. Dans les cas les plus graves, atteintes hépatiques.
- Neurotoxines : quelques minutes à quelques heures. Risque de paralysie musculaire pouvant atteindre les muscles respiratoires. Cas de mortalité de chiens, oiseaux, bétail après ingestion d'eau. Chez l'Homme, cas de céphalées ± malaises et troubles digestifs.
- Dermatotoxines : démangeaisons, irritation cutanée. Lors d'inhalation, troubles respiratoires voire atteintes digestives parfois associées à de la fièvre.

Réglementation

Qui fait quoi ?

Ministère en charge de la Santé	Ministère de l'Agriculture
Direction Générale de la Santé (DGS)	Direction Générale de l'Alimentation (DGAL)
Agence Régionale de Santé (ARS)	Direction Départementale (de la Cohésion Sociale) et de la Protection des Populations (DDCSPP)
Compétence dans le domaine de l'eau et de la pêche de loisirs	Compétences dans le domaine de la sécurité sanitaire des produits de la mer et d'eau douce mis sur le marché

Il existe une note d'information n°DGS/EA4/2015/181 du 2 juin 2015 relative aux échéances de la saison balnéaire 2015, aux modalités de prévention et de gestion des risques sanitaires liés à la présence de cyanobactéries ou d'amibes, à l'information du public à proximité des sites de baignades et à la mise à disposition du manuel pour l'utilisation de l'application SISE-Eaux baignade

Une des recommandations de la DGS est d'interdire la consommation des produits de la pêche en situation de contamination quand la baignade est interdite.

Tout est une question de concentration dans l'eau. En France, les Agences Régionales de Santé (ARS) préconisent d'interdire la baignade si le prélèvement dépasse les 20 000 cellules par millilitre d'eau. Dès qu'un taux dépasse les 20 000, un second prélèvement est effectué.

Des concentrations notamment en microcystine peuvent être retrouvées dans l'eau. Les cyanotoxines ne sont pas détruites par la chaleur.

Exemples :

- Arrêté municipal d'interdiction de baignade et de pêche pris en août 2014 suite à mise en évidence de cyanobactéries
- Aphanizomenon majoritaire - à des teneurs supérieures au seuil de 20 000 cellules /ml
- Arrêté préfectoral interdisant la pêche en vue de la consommation humaine et animale de toute espèce piscicole dans le Lac du Drennec a/c du 14 mars 2015
- Arrêté préfectoral (Mayenne) en juillet 2019 interdisant la navigation et la pêche de loisir.

Pas de réglementation concernant l'aquaculture mais l'activité peut être concernée par des fermetures dans certains cas de figure. Sur le Lac de Villefort, après des prélèvements de cyanobactéries > 20 000 cel.ml, les activités de baignade et de pêche ont été interdites. La pisciculture présente sur le Lac a dû fermer ses activités (vente de poissons).

<https://www.midilibre.fr/2019/09/05/villefort-une-inquietante-cyanobacterie-a-de-nouveau-prolifere-dans-le-lac,8395343.php>

<https://france3-regions.francetvinfo.fr/pays-de-la-loire/maine-et-loire/angers/ponts-ce-angers-3-chiens-morts-cyanobacteries-loire-danger-bien-reel-animal-homme-1861890.html>

Témoignages scientifiques et techniques

Philippe SOUCHU

Cadre de recherche en environnement littoral
Ifremer Centre de Nantes
Laboratoire Environnement-Ressources
Morbihan/Pays de la Loire



SMIDAP : Les développements de micro-algues toxiques semblent devenir un phénomène récurrent depuis quelques années. Cette tendance est-elle vérifiée ?

« Depuis qu'elles ont été mises au jour dans les années 80, les microalgues toxiques sont observées chaque année dans les eaux côtières au même titre que bien d'autres espèces de phytoplancton. Elles sont particulièrement surveillées afin d'éviter des intoxications aux consommateurs de coquillages. Les développements phytoplanctoniques étant par nature très variables dans l'espace et dans le temps, les analyses de tendances ne sont pertinentes que sur plusieurs dizaines d'années. Il n'existe pas d'étude montrant une tendance à la hausse des développements de microalgues toxiques sur ces échelles de temps. En revanche, le nombre croissant d'observations et de recherches sur les microalgues toxiques donne peut-être l'impression que leur présence s'est accrue. »

SMIDAP : Quelles sont ou seraient les principales causes de ces développements ?

« Les causes des développements de micro-algues toxiques sont les mêmes que pour les autres microalgues : la disponibilité en nutriments (azote et phosphore en particulier) associée à des conditions favorables de lumière et de stabilité de la masse d'eau. Les dinoflagellés *Dinophysis* et *Alexandrium* apprécient plutôt les eaux chaudes et calmes à la différence de la diatomée *Pseudo-nitzschia* qui répond favorablement au brassage des eaux. »

SMIDAP : Les efflorescences d'eaux colorées semblent concerner l'ensemble du territoire national, quand est-il pour les Pays de la Loire ?

« Dans la plupart des environnements côtiers, le premier facteur qui limite le développement des microalgues est la disponibilité en nutriments. Lorsque ces derniers deviennent fortement disponibles, il arrive qu'ils profitent principalement à une espèce de phytoplancton, pas forcément toxique, formant des proliférations qui colorent l'eau.

Les fleuves constituant le plus souvent d'importantes sources en nutriments, les eaux côtières placées directement sous leur influence sont parmi les plus exposées aux eaux colorées. C'est le cas des Pays de la Loire dont le littoral est particulièrement touché, avec notamment de fréquentes proliférations à *Lepidodinium* qui donnent à l'eau une couleur vert fluorescent.

Pour en savoir plus, je recommande le livre :

Belin Catherine, Soudant Dominique (2018). Trente années d'observation des microalgues et des toxines d'algues sur le littoral. Editions QUAE. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00478/58981/> »

Véronique LE BIHAN

Ingénieure Recherche & Développement à la cellule Mer de Capacités (filiale de l'Université de Nantes) et chercheur au LEMNA (Laboratoire d'Economie et de Management de Nantes)

**SMIDAP : Peut-on estimer l'impact économique et financier des efflorescences algales sur l'économie d'un territoire comme les Pays de la Loire ?**

« Aujourd'hui, les impacts économiques et financiers des efflorescences algales sont difficiles à estimer. Le sujet est complexe car plusieurs dimensions et facteurs sont à prendre en compte. La nature même des algues, qu'elles soient toxiques (DSP, ASP ou PSP) ou non toxiques (par exemple le *Lepidodinium chlorophorum*) n'entraînent pas les mêmes conséquences financières. La durée et la fréquence de chaque événement sont également à prendre en compte. Enfin, chaque entreprise, en fonction de ses choix technicoéconomiques et de sa gestion financière, ne va pas subir de la même façon les blooms algaux. L'enjeu, aujourd'hui, pour estimer les conséquences de ces phénomènes, réside dans l'identification et la connaissance des stocks de coquillages élevés dans les concessions impactées mais également dans la connaissance fine des entreprises en termes économique, financier et social.

En Pays de la Loire, la majorité des efflorescences concerne des épisodes de *Dinophysis* et impacte plus particulièrement les conchyliculteurs de la Plaine sur Mer ou des Traicts du Croisic et de Pen-Bé. Ces épisodes se traduisent par des interdictions de commercialisation par arrêtés préfectoraux pendant au moins 15 jours et le rappel éventuel des coquillages vendus juste avant la promulgation de l'arrêté. Cette suspension de commercialisation étant temporaire, le manque à gagner pendant la période de fermeture peut être compensé les semaines suivantes. En revanche, ces dernières années ont été marquées par des efflorescences de *Lepidodinium chlorophorum* qui ont entraîné des mortalités de coquillages. Dans ce cas, les conchyliculteurs ont fait face à une perte sèche de chiffre d'affaires qui n'a pas pu être compensée. Dans le programme EDIFICE, mené par le LEMNA et Capacités sous l'égide des Comités régionaux de la Conchyliculture des Pays de la Loire et de Bretagne Sud, le développement de modèle (Input Output) ou de méthodes (compte de surplus) à l'échelle de la région des Pays de la Loire nous permettent d'approfondir ces questions d'estimation d'impacts. »

SMIDAP : Quels sont les indicateurs utilisés ?

« Nous avons notamment recours à des données comptables annuelles telles que le chiffre d'affaires ou l'excédent brut d'exploitation (EBE) voire le résultat. A partir de séries historiques, différents ratios peuvent être calculés afin d'évaluer les diminutions de recettes ou bien des dégradations en termes de marge car parfois le chiffre d'affaires peut être maintenu mais des coûts supplémentaires sont supportés par les entreprises. Par exemple, pour honorer une commande et conserver un client en période d'interdiction de commercialisation, un professionnel peut acheter des coquillages à un autre producteur situé dans une zone non impactée. Ces différents indicateurs peuvent être calculés en fonction de typologies d'entreprises afin de rendre compte de la plus ou moins grande sensibilité des entreprises aux aléas. Ces données annuelles sont parfois insuffisantes car elles ne permettent pas d'observer des variations inter-annuelles. C'est pourquoi nous avons recours à des enquêtes directement auprès des professionnels (programme Dinophag). »

SMIDAP : Quels sont les perspectives sur ce sujet dans le cadre du réchauffement climatique qui devrait s'aggraver dans les prochaines années?

« Nous travaillons effectivement sur la problématique du réchauffement climatique dont les conséquences pourraient être une modification dans les fréquences ou les durées des fermetures en lien avec les efflorescences algales. Depuis deux ans, certaines zones conchylicoles en Pays de la Loire sont d'ailleurs plus impactées que la normale. L'évaluation de ses changements est donc indispensable. Dans le cadre du programme Co-Clime (programme européen ERA4CS), nos échanges avec la DGAL et l'OIE (Organisation mondiale de la santé animale) se concrétisent par la mise en place d'une base de données à long terme sur les fermetures conchylicoles. S'il est important de travailler sur les différentes sources de proliférations algales (apports telluriques) afin de réduire leur nombre, nous réfléchissons également sur des mesures telles que les procédés de détoxification qui pourraient peut-être permettre à terme, et sous réserve d'une modification de la réglementation, d'atténuer les conséquences économiques de ces blooms au sein des entreprises. Enfin, une réflexion à l'échelle nationale sur la mise en place d'indicateurs économiques et financiers disponibles rapidement lors de crises va également être lancée. »

Damien BANAS

Professeur à l'Université de Lorraine
URAFPA (Unité de Recherche Animal et
Fonctionnalités des Produits Animaux)

**SMIDAP : Qui êtes-vous ?**

« Je suis Professeur à l'Université de Lorraine. J'enseigne l'écologie à des étudiants s'orientant majoritairement vers une activité d'agronome ou de producteur agricole. Ces cours s'appuient largement sur les recherches que je mène à l'URAFPA (Unité de Recherche Animal et Fonctionnalités des Produits Animaux). Depuis maintenant plus d'une vingtaine d'années, je m'intéresse à l'impact des étangs sur leur environnement et réciproquement, aux répercussions de l'environnement sur ces écosystèmes aquatiques. Ces étangs ont peu été étudiés probablement du fait qu'ils sont souvent de petite taille. Cependant, leur nombre en fait des systèmes qui modifient les paysages, les flux de nutriments et de contaminants. En effet, si de par leur localisation sur le cours d'eau, les étangs barrages rompent le continuum écologique et ceci leur est largement reproché, nos travaux montrent qu'ils sont aussi un obstacle au transfert de contaminants vers l'aval. Il faut encore vérifier que ce service n'est pas spécifique aux étangs lorrains. Mais ces résultats sont très intéressants et témoignent d'un service qu'il faudra utiliser et optimiser, d'autant que nos analyses montrent que le poisson d'étang est sanitaire en très bon état. »

SMIDAP : Brièvement, que sont les cyanobactéries et pourquoi est-ce un sujet d'actualité ces derniers temps ?

« Les cyanobactéries sont des microorganismes dont la pigmentation peut varier du bleu-vert au rouge malgré le fait qu'elles sont aussi appelées « algues bleues ». Elles ont longtemps été considérées comme des algues car beaucoup d'espèces de cyanobactéries possèdent de la chlorophylle, mais ce sont des eubactéries qui prolifèrent dans les milieux aquatiques lorsque les conditions de température et de nutriments sont favorables. On parle alors d'efflorescences ou de « blooms » qui peuvent entraîner un changement important de la couleur de l'eau.

Les cyanobactéries, dont certaines espèces produisent des cyanotoxines, sont source de préoccupation internationale croissante car la fréquence des « blooms » a augmenté ces dernières années. De plus, les travaux de toxicologie récents, mettent en évidence que leur toxicité était sous-estimée. Les VTR (Valeurs Toxicologiques de Référence) ont alors été rectifiées afin de mieux prendre en compte le risque d'intoxication pour l'Homme et les animaux.

En France, des blooms dans des plans d'eau en 2014-15 ont conduit à une interdiction temporaire de la pêche professionnelle et de loisir (et d'autres activités récréatives) en raison du risque de contamination des poissons par les cyanotoxines. En l'état actuel des connaissances, il est difficile de déterminer un seuil de cyanobactéries dans l'eau qui conduit à ce que les poissons ne soient plus consommables sans risques car toutes les espèces n'ont pas le même régime

alimentaire, pas les mêmes taux de croissance et ne sont pas consommées de la même manière. Ce qui peut être alarmant, c'est le fait que certaines études montrent un taux de contamination du poisson élevé alors que les concentrations dans l'eau sont relativement basses. Il s'avère alors nécessaire d'affiner les connaissances relatifs au transfert de cyanotoxines vers les poissons. >>

SMIDAP : Quels sont les risques pour l'aquaculture continentale ?

<< Pour le pisciculteur, le premier souci en lien avec les cyanobactéries est lié au fait que ce sont elles qui donnent un « goût de vase » au poisson, également dénommé "off flavor". Ce phénomène est un vrai souci de valorisation du poisson pour la consommation humaine car le consommateur mal conseillé, gardera à l'esprit que le poisson d'étang a un goût de vase, alors que ce souci peut facilement être éliminé si le poisson est mis à « dégorger » dans une eau sans cyanobactérie. Au regard des problématiques alimentaires actuelles, à l'heure des circuits courts et de proximité, il serait dommage que le poisson local, traditionnel, d'étang, ne trouve pas sa place dans l'assiette du consommateur pour une raison aussi simple à corriger.

Secondairement, les cyanobactéries comme toutes les algues, lorsqu'elles sont en excès, peuvent être source d'eutrophisation, de désoxygénation du fond et de mortalité des organismes, ce que le pisciculteur souhaite absolument éviter. Etant donné que traiter chimiquement un plan d'eau infesté risque de conduire à une libération des toxines dans l'eau, seul le contrôle du phosphore et de l'azote (dès le bassin-versant) s'avère être une solution durable pour limiter les cyanobactéries.

Enfin, au regard des nouvelles connaissances toxicologiques, il s'avère que le poisson contaminé par les cyanotoxines peut être une source d'intoxication pour le consommateur. Afin de protéger ce dernier, des interdictions de consommation pourraient être décidées (de telles interdictions ayant déjà été appliquées sur des plans d'eau de pêche). Pour illustrer ce risque, je vais prendre l'exemple de carpes analysées en Grèce qui constituent le record de contamination par les microcystines (MC-LR : un type de cyanotoxine) référencé dans la littérature scientifique. Ces carpes avaient en moyenne une teneur en MC-LR de 119 µg/kg. On peut raisonnablement considérer qu'un adulte ne devrait pas consommer plus d'une à deux fois par an des poissons qui présenteraient un telle concentration de microcystine, d'où l'importance de limiter en amont la contamination de la masse d'eau et le système de production piscicole afin d'empêcher que de telles concentrations soient mesurées en étang piscicole. >>

Références bibliographiques

BILLARD Chantal, UMR Ifremer UCBN. Rapport sur la biologie de Pseudo-nitzschia microalgue marine planctonique toxique. <http://envlit.ifremer.fr/content/download/41222/323364/file/BILLARD+C.,+2005.pdf>

Évaluation des risques liés aux cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux douces, 2020. Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective ; Mai 2020 - Édition scientifique, 495p.

IFREMER : DYNECO. <https://wwz.ifremer.fr/dyneco/Archives/Projets-de-l-unite/Biodiversite-du-phytoplancton.-des-especes-toxiques-et-eutrophisation/Alexandrium-minutum>

IFREMER : REPHY. <http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/dossiers/toxines10ans/rephy-c2.htm>

IFREMER MEDITERRANEE : Surveillance du dinoflagellé toxique Alexandrium. [<https://wwz.ifremer.fr/mediterranee/environnement-et-ressources/Languedoc-Roussillon/Etudes-et-recherches/Alexandrium>]

MITRA , Aditee. Pour la science. <https://www.pourlascience.fr/sd/biologie-marine/le-plancton-animal-qui-voulait-devenir-vegetal-15990.php>

NOËL Pierre. INPM. https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/373257

SYLVAINÉ, Françoise. (LERN), COURTAY Gaëlle : <https://wwz.ifremer.fr/lern/noeuds-caches/Phycotoxines-les-toxines-lipophiles>

WIKIPEDIA : Alexandrium minutum. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Alexandrium_minutum]

WIKIPEDIA : Pseudo-nitzschia. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pseudo-nitzschia>

WIKIPEDIA : Dinophysis. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Dinophyta>

Liste des figures

Figure 1 : FWC Fish and Wildlife Research Institute. *Dinophysis acuminata* (scanning electron micrograph). FLICKR. <https://www.flickr.com/photos/myfwc/8622953610/in/photostream/>

Figure 2 : IFREMER. *Dinophysis Sacculus*. <https://www.pinterest.fr/pin/291185932140278828/>

Figure 3 : Galerie de l'Observatoire Océanologique de Villefranche-sur-Mer. *Dinophysis caudata*. : http://gallery.obs_lfr.fr/gallery2/v/Aquaparadox/Dinoflagellates/dinophysisemptyfull20xoct7+copie.jpg.htmlg2_imageViewsIndex=1

Figure 4 : NORDIC MICROALGAE. *Dinophysis rotundata* Claperède & Lachmann, 1859.: http://nordicmicroalgae.org/taxon/Dinophysis%20rotundata?media_id=Dinophysis%20rotundata_8.jpg

Figure 5 : WORMS : *Alexandrium minutum*. <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=109711>

Figure 6 : Microbe Wiki: bloom *Alexandrium minutum*. <https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Alexandrium>

Figure 7 : INPM. Carte de répartition actuelle en France métropolitaine. https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/373257

Figure 8 : WIKIPEDIA. *Pseudo-nitzschia* <https://en.wikipedia.org/wiki/Pseudo-nitzschia>

Figure 9 : ResearchGate. *Pseudo-nitzschia pungens*. https://www.researchgate.net/figure/Pseudo-nitzschia-pungens-together-with-single-cells-of-Dinobryon-balticum-in-a-net_fig7_321126505

Figure 10 : Ifremer environnement : phytorisk. https://envlit.ifremer.fr/layout/set/print/documents/dossiers/phytorisk/version_francaise/le_phytoplancton/em_pseudo_nitzschia_em

Figure 11 : France Nature Environnement Vendée. *Lepidodinium chlorophorum* (CC-BY M. Hoppenrath). <http://fne85.eklablog.com/la-mort-verte-des-coquillages-et-crustaces-a108910292>

Figure 12 : Slide player : eau coloré à *Lepidodinium chlorophorum*. <https://slideplayer.fr/slide/3453900/>

Figure 13 : Archimer, Ifremer. Concentration maximum en *Lepidodinium chlorophorum* observées sur les points du réseau REPHY en 2012 <https://archimer.ifremer.fr/doc/00149/26013/24113.pdf>

Figure 14 : Westpac-habs : Gymnodiniales <http://iocwestpac.org/HABs/atlas%20of%20dinoflagellates/gymnodiniales.html>