

Vos questions/nos réponses

Cyanobactéries et plongée: Quels sont les effets sur la santé et les mesures de prévention ?

La réponse du Dr Naïma Berthol du département Études et assistance médicales et de Myriam Bouslama du département Expertise et conseil technique de l'INRS.



Du fait de la contamination récente d'un site de chantier en eau douce par des cyanobactéries, un médecin du travail, qui assure le suivi d'une équipe de plongeurs scaphandriers, s'interroge sur les cyanobactéries toxigènes, leurs effets sur la santé, les mesures de prévention à mettre en place et la conduite à tenir en cas d'exposition d'un salarié.

Les cyanobactéries sont des micro-organismes se développant dans les milieux terrestres et aquatiques, dans les eaux douces comme dans les eaux salées. Ce sont des bactéries photosynthétiques possédant de la chlorophylle et divers pigments. Ainsi, lors d'une multiplication massive, les cyanobactéries peuvent changer la couleur de la surface de l'eau. Néanmoins, certaines cyanobactéries peuvent aussi vivre au fond de l'eau, n'étant ainsi pas détectées par l'aspect de la surface de l'eau. Ce phénomène de prolifération massive et rapide, aussi appelé efflorescence ou *bloom*, se produit lorsque les conditions environnementales (température, nutriments) sont favorables à leur multiplication. Il peut parfois se produire en quelques jours seulement.

En France hexagonale, ces bactéries prolifèrent le plus souvent entre le mois de mai et le mois d'octobre. Dans certains cas plus rares, des proliférations pérennes sont observées tout au long de l'année ou bien encore spécifiquement en hiver [1]. Certaines sont capables de se développer massivement dans les lacs, les réservoirs d'eau et les rivières (les genres *Microcystis*, *Planktothrix*, *Anabaena*, *Phormidium*), d'autres dans les récifs coralliens (*Lyngbya*, *Leptolyngbya*, *Hydrocoleum*, *Symploca*) ou d'autres encore à la surface des mers et océans (*Nodularia*, *Trichodesmium*) [2]. Certaines espèces de cyanobactéries produisent

des toxines appelées cyanotoxines qui présentent une grande variété de structures chimiques. Ces cyanotoxines peuvent être libérées lors de la lyse de ces cyanobactéries.

Une même espèce de cyanobactéries peut produire différentes toxines et une même toxine peut être produite par différentes espèces de cyanobactéries [2]. De plus, lors des phénomènes d'efflorescence, plusieurs types de cyanobactéries peuvent co-exister [3].

Les cyanotoxines qui retiennent l'attention en santé humaine peuvent être classées selon leur appartenance à une famille chimique ou en fonction des effets toxicologiques qu'elles induisent sur leur organe cible : le foie, le système nerveux ou la peau... [2 à 5]. Ainsi, les principales cyanotoxines hépatotoxiques sont les microcystines, les nodularines et la cylindrospermopsine. Les anatoxines et les saxitoxines sont des neurotoxines. Enfin, les dermatotoxines, le plus souvent retrouvées dans l'eau de mer, sont majoritairement l'aplysiatoxine, la débromoaplysiatoxine et la lyngbyatoxine.

Dans le contexte professionnel décrit, les travailleurs peuvent être exposés à une eau contaminée par :

- ingestion involontaire ;
 - contact avec la peau (en particulier en cas d'immersion prolongée ou de plaies) et les muqueuses ;
 - inhalation d'aérosols, générés par exemple lors de l'agitation de l'eau par le vent ou les hélices des bateaux ou encore lors du nettoyage des combinaisons [6].
- La majorité des données toxicologiques disponibles sur les cyanotoxines concerne l'exposition par ingestion. Peu d'études ont porté sur une exposition humaine aux cyanotoxines par inhalation ou par contact cutané ; ainsi, les effets sur la santé d'une exposition par ces voies ne sont pas bien connus [2, 6].

Les données sur les effets de chaque type d'exposition pour chaque cyanotoxine sont également limitées. Par ailleurs, les cyanotoxines étant libérées lors de la lyse cellulaire des cyanobactéries, la présence confirmée de cyanobactéries dans l'eau avec identification d'une espèce potentiellement toxique ne permet pas d'affirmer la présence de toxines, ni de prévoir les risques pour la santé [2]. Un plan d'eau peut être contaminé par plusieurs cyanotoxines. Le tableau d'intoxication aiguë peut par conséquent présenter des signes variés et peu spécifiques. L'apparition de signes digestifs est cependant commune à l'intoxication aux hépatotoxines, aux neurotoxines et aux dermatotoxines. Les délais d'apparition des symptômes varient « de quelques minutes à quelques heures pour les symptômes cutanés et les troubles neurologiques, jusqu'à plusieurs heures pour les troubles gastro-intestinaux » [2].

En cas d'exposition aux hépatotoxines, les personnes peuvent présenter un tableau de gastro-entérite (crampes abdominales puis vomissements et diarrhée) qui s'installe dans les 3 à 5 heures après l'ingestion d'eau contaminée. Les symptômes s'améliorent spontanément en 24 à 48 heures. Certaines personnes peuvent présenter une cytolysse hépatique qui, dans les cas les plus graves, peut conduire à une insuffisance hépatocellulaire pouvant mettre en jeu le pronostic vital.

Lors d'une exposition aux neurotoxines, peuvent être observés des céphalées, parfois associées à des malaises, des vertiges, des troubles de la sensibilité en plus des troubles digestifs déjà cités. Il existe un risque de paralysie musculaire pouvant atteindre les muscles respiratoires.

En cas d'exposition aux dermatotoxines, il peut être observé un tableau typique appelé « *démangeaison du baigneur* ». La peau et les muqueuses (yeux, nez) peuvent être irritées : rougeur cutanée, œdème. On peut également observer des troubles digestifs (lésions irritatives buccales, gastro-entérite), parfois accompagnés de fièvre. L'inhalation de ces toxines pourrait entraîner des troubles respiratoires [5].

Il existe peu de données concernant les effets de l'exposition chronique aux cyanotoxines. Néanmoins, les expositions répétées dans une même saison, voire au cours de la vie, doivent être surveillées, en particulier si elles sont symptomatiques, et doivent amener à consulter à chaque épisode [2, 3].

Ainsi, une information doit être délivrée

aux plongeurs dès l'embauche et renouvelée régulièrement sur les risques liés aux cyanobactéries et à leurs cyanotoxines, les mesures de prévention ainsi que sur les signes cliniques évocateurs d'une intoxication et la conduite à tenir en cas d'exposition.

Par ailleurs, au-delà du risque lié aux cyanobactéries, l'eau peut être contaminée par d'autres agents biologiques (leptospires, parasites...) ou chimiques. Il est donc essentiel d'évaluer la qualité microbiologique et chimique de l'eau dans laquelle les plongeurs sont amenés à intervenir.

S'il s'agit d'une zone de baignade naturelle, les agences régionales de santé (ARS) réalisent durant la saison balnéaire un contrôle de la qualité microbiologique de l'eau, à travers deux indicateurs bactériens fécaux : *Escherichia coli* et les entérocoques intestinaux. Leur présence peut être associée à celle d'autres agents biologiques pathogènes. D'autres indicateurs sont également exigés pour les baignades dans des zones artificielles tels que *Pseudomonas aeruginosa* et les staphylocoques pathogènes [7]. L'exploitant réalise également des analyses microbiologiques et physico-chimiques régulières dans le cadre de la surveillance sanitaire. En outre, une surveillance des cyanobactéries complémentaire à ce contrôle est mise en place par les ARS sur les sites à risque vis-à-vis de la prolifération des cyanobactéries (par exemple, historique de prolifération de cyanobactéries connu ou cas d'intoxication humaine ou de mortalité animale en lien avec la prolifération de cyanobactéries déjà signalés). Cette surveillance repose sur un suivi de la concentration en chlorophylle-a, puis en cas de dépassement du seuil de 10 µg/L, sur l'identification des genres de cyanobactéries présents, le dénombrement des genres susceptibles de produire des toxines, puis la recherche des toxines elles-mêmes, si nécessaire. Lorsqu'il y a présence d'une toxine à une concentration supérieure au seuil réglementaire, le site de baignade est fermé, les activités nautiques sont restreintes et la surveillance est renforcée jusqu'au retour à la normale [8]. Ces mêmes mesures sont appliquées lorsqu'un examen visuel met en évidence une accumulation des cyanobactéries en surface ou une mortalité animale.

Pour les zones hors baignade (et en dehors de la saison balnéaire), l'évaluation de la qualité de l'eau relève de la responsabilité de l'exploitant. En fonction des risques identifiés, la première mesure

organisationnelle consiste à programmer les interventions en tenant compte des éléments de la surveillance de la qualité de l'eau et à éviter ainsi les plongées dans une eau contaminée.

Si les interventions de plongée s'avèrent indispensables dans une eau contaminée, le choix des équipements de protection individuelle (EPI) doit être réalisé en fonction de la qualité des eaux et des risques identifiés. Il convient de mettre en place des protocoles d'inspection des EPI afin de vérifier leur intégrité et leur étanchéité avant les plongées. Il est notamment important de garantir l'étanchéité entre chaque équipement (combinaison, masque, gants) afin d'éviter toute exposition. La mise en place des EPI doit être réalisée en dehors de la zone contaminée.

Il est recommandé de porter :

- une combinaison étanche conformément à la norme NF EN 14225-2 [9]. Pour garantir une étanchéité, les combinaisons doivent être bien ajustées et être munies de manchons d'étanchéité aux poignets et d'une collerette au niveau du cou;
- des gants étanches placés au-dessus des bagues de manchettes de la combinaison;
- des bottillons ou surbottes étanches intégrés à la combinaison;
- un casque, apportant le niveau de protection le plus élevé en cas de plongée dans des eaux fortement contaminées. En effet, les masques sont moins efficaces que les casques car ils ne protègent pas la tête, le cou et les oreilles du plongeur. Ils ne sont donc pas recommandés pour des plongées dans des eaux fortement contaminées. Dans une eau moins contaminée, un masque intégral qui intègre un régulateur de pression positive aidera à éliminer l'eau entrant dans la bouche [10 à 12].

En outre, une procédure de décontamination doit être mise en place après la plongée :

- rinçage immédiat, à l'eau propre, du plongeur portant encore son équipement, éventuellement complété par une désinfection à l'aide d'un produit recommandé par le fabricant;
- douche du plongeur après retrait des équipements avec de l'eau potable et du savon;
- nettoyage et désinfection des équipements selon les recommandations fournies par les fabricants.

En cas d'apparition d'un ou plusieurs symptômes évocateurs d'une intoxication aux cyanotoxines, il est conseillé au travailleur de consulter un médecin en lui précisant son activité professionnelle et l'exposition potentielle à des cyanotoxines. Le recours au centre antipoison de référence permettra, le cas échéant, de préciser la conduite à tenir et les éléments de surveillance médicale. Le traitement est avant tout symptomatique.

En cas d'expositions répétées aux cyanobactéries ayant entraîné des symptômes, une surveillance de la fonction hépatique pourra être nécessaire et un suivi spécialisé proposé.

Les auteures remercient le Dr Stéphane Malard (département Études et assistance médicales, INRS) pour sa contribution à cet article.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 | Les cyanobactéries en questions. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), 2025 (<https://www.anses.fr/fr/content/les-cyanobacteries-en-questions>).
- 2 | Évaluation des risques liés aux cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux douces. Avis et Rapport de mai 2020. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), 2020 (<https://www.anses.fr/system/files/ERCA2015SA0207Ra.pdf>).
- 3 | DE HARO L - Risques sanitaires lors de prolifération de cyanobactéries. Rapport fait à la demande de la Direction générale de la santé. Saisine du 1^{er} Juin 2007. Rapport définitif Avril 2008. Comité de coordination de toxicovigilance (CCTV), 2008 (https://centres-antipoison.net/wp-content/uploads/2017/08/rapport_CCTV_cyanobacteries.pdf).
- 4 | PRÉVOST G, PIÉMONT Y - Toxines bactériennes. In: Freney J, Riegel P (Eds) - Précis de bactériologie clinique. 3^e édition. Paris: Editions ESKA; 2018: 230-60, 1744 p.
- 5 | DE HARO L - Autres toxines naturelle. Chapitre 31. In: Baud F, Garnier R (Eds) - Toxicologie clinique. 6^e édition. Collection Médecine Sciences. Cachan: Lavoisier; 2017: 968-72, 1654 p.
- 6 | O'KEEFE J - Les cyanobactéries dans les eaux douces utilisées à des fins récréatives: exposition et effets sur la santé. Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE), 2024 (<https://ccnse.ca/resources/evidence-reviews/les-cyanobacteries-dans-les-eaux-douces-utilisees-des-fins-recreatives>).
- 7 | Arrêté du 15 avril 2019 relatif au programme d'analyses de la qualité de l'eau et aux limites et références de qualité des baignades artificielles. In: Legifrance. Ministère chargé de la santé, 2019 (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000038383157>).
- 8 | INSTRUCTION N° DGS/EA4/EA3/2021/76 du 6 avril 2021 relative à la gestion en cas de prolifération de cyanobactéries dans les eaux douces de baignade et de pêche récréative. Ministère chargé de la santé, 2021 (<https://sante.gouv.fr/fichiers/bo/2021/2021.7.sante.pdf>).
- 9 | Vêtements de plongée. Partie 2: Vêtements étanches. Exigences et méthodes d'essai. Norme française homologuée NF EN 14225-2. Décembre 2017. La Plaine Saint-Denis: AFNOR; 2017: 43 p.
- 10 | Guidance for Diving in Contaminated Waters - Revision 2 - SS521-AJ-PRO-010 dated 04 October 2019. Naval Sea Systems Command (NAVSEA), 2019 (<https://www.navsea.navy.mil/Home/SUPSALV/00C3-Diving/Contaminated-Water-Diving/>).
- 11 | BARKSKY SM - Hidden dangers. Contaminated water diving: the risks divers don't want to acknowledge. *Diving Hyperb Med.* 2006; 36 (1): 35-38.
- 12 | HUMPHREY A, GROSSMAN SC, MCBURNEY J - Environmental response team standard operating procedures for contaminated water diving operations. In: Lang MA, Sayer MDJ - Proceedings joint international scientific diving symposium. American Academy of Underwater Sciences and European Scientific Diving Panel. Curaçao, October 24-27, 2013 (p. 107). Smithsonian Libraries and Archives, 2013 (<https://repository.si.edu/server/api/core/bitstreams/ced3e1ba-3390-4134-a4de-0f53041b44af/content>).