

Cyanobactéries et cyanotoxines en milieu périurbain (Ile de France) : distribution spatiale et toxicité

*C. Bernard**, A. Catherine, M. Edery, K. Comte, B. Bodo, C. Yéprémian, C. Duval, S. Amand, N. Escoffier, M. Malécot, K. Mehzoud, T., D. Moyenga, M. Berkal, S. Maloufi, L. Nasri, S. Hamlaoui. UMR 7245 MCAM CNRS-MNHN, 12 Rue Buffon CP39, F-75231 Paris Cedex 05, France.

M. Troussellier, D. Mouillot, UMR 5119 ECOSYM Université Montpellier 2, CNRS, IRD, Ifremer, Université Montpellier 1. Université Montpellier 2, CC 093, F-34095 Montpellier, France.

A. de Luze, D. Franco, UMR 7221 CNRS-MNHN, Évolution des Régulations Endocriniennes, Muséum National d'Histoire Naturelle, RDDM, 7 rue Cuvier, F-75231 Paris Cedex 05, France.

D. Praseuth, UMR 5153 CNRS-MNHN, U565 INSERM, Acides nucléiques: dynamique, ciblage et fonctions biologiques, 57 rue Cuvier, CP26, F-75231 Paris Cedex 05, France.

C. Djediat, A. Marie, Plateformes Muséum National d'Histoire Naturelle, RDDM, 12 Rue Buffon CP39, F-75231 Paris Cedex 05, France.

F. Crespeau, H. Huet, Laboratoire d'Anatomie Pathologique, Ecole National Vétérinaire d'Alfort, 7 Avenue du Général de Gaulle, F-94704 Maisons-Alfort Cedex, France

M. Legeas, L. Gruau, EHESP, Av. du Professeur Léon-Bernard - CS 74312 - 35043 Rennes Cedex, France.

* Porteur du projet. Email : cbernard@mnhn.fr

Les cyanobactéries, microorganismes photosynthétiques capables de produire des toxines, connaissent des phases de proliférations massives dans les écosystèmes aquatiques continentaux sous certaines conditions trophiques et climatiques (e.g. Pearl & Huissman, 2009). La biomasse atteinte par ces microorganismes est alors considérable entraînant une dégradation de la qualité de l'eau, avec des conséquences sur la santé publique dès lors qu'ils produisent des cyanotoxines. L'Ile de France, zone périurbaine comprend 980 plans d'eau et, cette région, est soumise à une grande diversité de pressions anthropiques. L'échantillonnage d'un ensemble représentatif de ces plans d'eau (n = 50) répété à quatre saisons, a montré que 96% de ceux connectés au réseau hydrographique (n = 25) sont eutrophes-hypereutrophes. A l'opposé, seulement 40% des plans d'eau isolés (n = 25) sont dans cet état. Nous avons également mis en évidence que 30% des plans d'eau en Ile de France présentent des dominances à cyanobactéries avec production de cyanotoxines. Les toxines identifiées sont des microcystines (n = 15 variants), des saxitoxines (n = 2 variants) ainsi que, sous forme de traces, de la cylindrospermopsine et de l'anatoxine-a. Ce sont, soit des hépatotoxines, soit des neurotoxines, deux plans d'eau étant contaminés par ces deux grands types de toxines.

Les contextes environnementaux favorables à la présence et/ou au développement des cyanobactéries et des cyanotoxines ont été analysés par des modèles mettant en jeu des variables à faible coût d'acquisition (les caractéristiques morphologiques des plans d'eau et la nature de leurs bassins versants). Ces modèles ont montré un bon pouvoir prédictif de l'évolution de l'état trophique (concentration en chlorophylle a) des plans d'eau et une prédiction acceptable du niveau d'abondance de cyanobactéries à l'échelle de l'Ile de France. Par contre, les capacités prédictives se sont avérées insuffisantes en ce qui concerne les concentrations en microcystines. En effet, les variables agissant sur le contrôle de la production de toxines sont complexes et s'effectuent à des niveaux d'organisation biologique trop nombreux pour être pris en compte par les variables sélectionnées dans nos modèles.

Parmi les efflorescences observées lors des campagnes d'échantillonnage, plusieurs ont montré des effets de toxicité aiguë sur les alevins de médaka (modèle toxicologique), aussi bien en termes de mortalité que sur le développement. Des effets de synergie ont été clairement identifiés entre les microcystines et des métabolites de cyanobactéries, autres que les toxines identifiées. Dans le cadre du projet nous avons plus particulièrement étudié les mécanismes de toxicité associés aux microcystines, de l'échelle moléculaire à celle des organes ainsi que sur le développement d'adultes de médaka. Les microcystines agissent sur plusieurs voies de signalisation moléculaire (e.g. modifications de la signalisation cellulaire, nécrose, désorganisation du cytosquelette, ...) ce qui a pour conséquences des altérations des organes où ont lieu les processus de transport des toxines et de détoxification (e.g. l'intestin et le foie). Ces effets toxiques, mis en évidence à partir de toxine pure, sont augmentés avec le cortège de molécules bioactives associées aux cultures monospécifiques de cyanobactéries ainsi qu'aux efflorescences naturelles. Ces résultats ont été obtenus à partir du modèle *Planktothrix*

agardhii, cyanobactérie largement rencontrée en Ile de France et qui forme des efflorescences toxiques pérennes.

Enfin, pour contribuer à alimenter des scenarii d'évaluation des risques sanitaires pour les populations humaines après exposition aux cyanobactéries et cyanotoxines, nous avons confronté les modalités réelles d'exposition à l'eau des différentes classes d'âge et de genre de la population, aux valeurs habituellement utilisées lors de l'évaluation des risques associée aux cyanotoxines. Un des résultats majeurs est la sous estimation du contact des enfants (8-12 ans) avec les eaux douces en période estivale, alors que les études épidémiologiques ou d'évaluation des risques portent très majoritairement sur des adultes. Par ailleurs, l'intensité de l'exposition globale (volume d'eau ingéré estimé sur la période estivale) est très supérieure à celle classiquement prise en compte.