

Exemple de biomarqueurs : le cas du périphyton

Pour évaluer les impacts des pollutions dans les milieux aquatiques, l'étude du périphyton permet de mettre en évidence, au travers de plusieurs paramètres fonctionnels, les caractéristiques de la relation « dose-effet » des toxiques sur les organismes vivants. Cette note nous rappelle les usages des biomarqueurs périphytiques, l'intérêt et les limites de leurs utilisations.

Les biomarqueurs* permettent généralement d'aboutir à des relations « dose-effet » facilement identifiables et interprétables du fait de la maîtrise et de la reproductibilité des conditions expérimentales. Jusqu'alors souvent utilisés sur des populations monospécifiques en laboratoire, on observe un développement croissant de biomarqueurs à l'échelle de la communauté, plus réalistes pour l'évaluation écologique du système naturel. Dans le cas du périphyton*, plusieurs paramètres fonctionnels sont utilisés pour mettre en évidence la relation « dose-effet ».

Les biomarqueurs des activités métaboliques

L'inhibition à court terme de la photosynthèse

Elle peut être mise en évidence par la réduction de la fluorescence spécifique de la chlorophylle a, qui représente le biomarqueur le plus sensible et fiable envers les effets toxiques des contaminants métalliques ou organiques.

L'activité respiratoire

Elle a été utilisée comme indicateur de pollution (métallique principalement) dans les années quatre-vingt-dix (Niederlehner et Cairns, 1992).

Les biomarqueurs « génériques » de stress

Les biomarqueurs de stress sont surexprimés en présence de toxiques pour répondre à une grande variété de stress et induire des processus de protection/réparation/détoxification* de la cellule.

Les protéines de stress et dispositifs enzymatiques de détoxification

Les toxiques peuvent générer un stress oxydant à l'intérieur de la cellule. Une variation de l'activité d'enzymes anti-oxydantes (telles que la superoxyde-dismutase, la glutathion-peroxydase, la glutathion-S-transférase, la catalase ou les protéines de choc thermique ; Torres *et al.*, 2008), ou l'apparition de produits de la dégradation des lipides consécutive au stress oxydant, sont ainsi utilisables comme biomarqueurs.

Les chélateurs* des métaux

L'exposition de la cellule aux métaux peut induire la synthèse de protéines fixant le métal par leurs groupements thiols, permettant de réguler la concentration intracellulaire et de réduire leurs effets néfastes sur les cibles cellulaires (Torres *et al.*, 2008). La mesure des concentrations en glutathion, phytochélatines ou γ -glutamylcystéine (γ GC) est de ce fait fréquemment utilisée pour déterminer le niveau d'exposition aux métaux.

Les biomarqueurs de génotoxicité

Certains toxiques présentent des propriétés génotoxiques* (chromosomiques, géniques ou génomiques*). Les micronoyaux résultant de cassures de l'ADN* double-brin ont ainsi été développés comme biomarqueurs du stress génotoxique sur les plantes supérieures (NF T90-327) et expérimentés avec succès sur les diatomées* (Debenest *et al.*, 2008).

L'utilisation des paramètres fonctionnels du périphyton permet l'évaluation de l'écotoxicité* intrinsèque des toxiques, par la détermination de relations « dose-effet ». Elle présente l'avantage de permettre la réalisation de séries d'essais, en conditions expérimentales identiques,

Focus

avec une gamme de concentrations en toxiques différentes (difficilement envisageable sur le terrain). Elle implique des indicateurs sensibles et précoces afin de révéler des écotoxicités à court terme (modification de l'activité métabolique) et à plus long terme (biomarqueurs de stress et génotoxicité). Cependant, comme pour l'approche bio-indication*, se pose le problème des toxiques souvent en mélange et/ou associés à d'autres pressions agissant comme des facteurs confondants (ex.: nutriments, lumière, vitesse du courant...) (Guasch *et al.*, 1998).

Ces biomarqueurs peuvent donc avoir une signification environnementale, car les modifications du développement d'une population ont généralement des répercussions sur la structure de la communauté en influençant les interactions biotiques* et la succession des espèces. Certains « types » de biomarqueurs sont spécifiques des végétaux ; d'autres, en revanche, semblent universels et peuvent être utilisés de façon comparable pour des organismes appartenant à des groupes taxinomiques* variés, du règne végétal et animal. Par exemple, l'activité EROD* (activité 7-éthoxyrésorufine O-dééthylase) indique, chez les poissons, une exposition à de nombreux xénobiotiques* (NF T90-385), en milieu marin et en eau douce. Cependant, ce test, appliqué à l'algue *Chlorella vulgaris*, n'a pas donné de résultat probant (Nie *et al.*, 2008).

Malgré leur intérêt potentiel pour la surveillance des milieux aquatiques, les biomarqueurs restent à ce jour principalement étudiés en conditions expérimentales de stress aigu et rarement employés en conditions naturelles du fait qu'ils ne prennent pas en compte la variabilité des réponses et des relations interspécifiques (compétition, facilitation...), ni les relations entre les espèces et leur environnement naturel. Une modification du signal peut en effet traduire à la fois une modification de la structure des communautés et une réponse fonctionnelle des organismes. Ils s'avèrent donc peu utiles pour l'évaluation et la prédiction des effets aux niveaux d'organisations supérieures.

Certains biomarqueurs permettent également d'appréhender la composition algale. Les paramètres structurels suivis sont notamment :

- les pigments spécifiques des différents groupes d'algues. Les approches pigmentaires sont essentiellement utilisées en milieu marin pour reconstituer la composition phytoplanctonique, comme alternative à l'identification taxinomique* ;
- la composition lipidique et la biomasse algale. Les biomarqueurs lipidiques peuvent être utilisés comme indicateurs de la croissance de la biomasse algale périphytique. Il est également possible de déterminer la structure spécifique des échantillons *via* le dosage des stéroïdes* libres et conjugués.

Peu onéreuses et plus rapides que l'approche taxinomique, ces méthodes de caractérisation des communautés permettent de traiter des études à grande échelle et d'évaluer des variations spatiales et temporelles fines.

Cependant, l'utilisation des concentrations en pigments ou de la fluorescence est de plus en plus contestée (Kruskopf et Flynn, 2006) car dépendante de la structure de la communauté. À la difficulté à distinguer des classes ayant des compositions pigmentaires proches s'ajoutent des variabilités de composition pigmentaire au sein d'une même classe. La caractérisation en ressort donc moins précise que l'approche taxinomique.

Cette approche donne une caractérisation représentative de l'état écologique « installé », plus proche de la bio-indication. De plus, elle permet d'évaluer les conséquences, sur la communauté, d'un certain nombre de facteurs en combinaison : contamination, mais aussi facteurs environnementaux *s.l.* Cependant, ces méthodes posent encore le problème de la discrimination des effets attribuables aux différents facteurs.

L'effet de pollutions toxiques sur le fonctionnement des écosystèmes n'implique pas nécessairement de répercussions sur la structure, et vice versa. La combinaison de différents biomarqueurs permet donc d'avoir une meilleure représentation de l'impact d'une contamination sur le périphyton. ■

Les auteurs

Soizic Morin

Cemagref, Centre de Bordeaux,
UR REBX, Réseaux, épuration et qualité des eaux,
50 avenue de Verdun, Gazinet, 33612 Cestas Cedex
soizic.morin@cemagref.fr

Adeline Arini

Université de Bordeaux 1, CNRS,
UMR 5805, EPOC, Environnements
et paléo-environnements océaniques,
Place du Dr Peyneau, 33120 Arcachon
adeline.arini@etu.u-bordeaux1.fr

QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

- DEBENEST, T., SILVESTRE, J., COSTE, M., DELMAS, F., PINELLI, E., 2008, Herbicide effects on freshwater benthic diatoms: Induction of nucleus alterations and silica cell wall abnormalities, *Aquatic Toxicology*, n° 88, p. 88-94.
- GUASCH, H., IVORRA, N., LEHMANN, V., PAULSSON, M., REAL, M., SABATER, S., 1998, Community composition and sensitivity of periphyton to atrazine in flowing waters: the role of environmental factors, *Journal of Applied Phycology*, n° 10, p. 203-213.
- KRUSKOPF, M., FLYNN, K.J., 2006, Chlorophyll content and fluorescence responses cannot be used to gauge reliably phytoplankton biomass, nutrient status or growth rate, *New Phytologist*, n° 169, p. 525-536.
- NIE, X., XIANG, W., JUFANG, C., ZITKO, V., 2008, Response of the freshwater alga *Chlorella vulgaris* to trichloroisocyanuric acid and ciprofloxacin, *Environmental Toxicology & Chemistry*, n° 27, p. 168-73.
- NIEDERLEHNER, B.R., CAIRNS, J., 1992, Community response to cumulative toxic impact: effects of acclimation on zinc tolerance of Aufwuchs, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, n° 49, p. 2155-2163.
- TORRES, M.A., BARROS, M.P., CAMPOS, S.C., PINTO, E., RAJAMANI, S., SAYRE, R.T., COLEPICCOLO, P., 2008, Biochemical biomarkers in algae and marine pollution: A review, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, n° 71, p. 1-15.