



HAL
open science

Les indicateurs biologiques de la pollution chimique des eaux. Principes et méthodes

Gilles Monod

► **To cite this version:**

Gilles Monod. Les indicateurs biologiques de la pollution chimique des eaux. Principes et méthodes. Ateliers de l'eau, Feb 1994, Gembloux, Belgique. hal-02778639

HAL Id: hal-02778639

<https://hal.inrae.fr/hal-02778639>

Submitted on 4 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ateliers de l'eau

Faculté Agronomique de Gembloux (Belgique)

18 février 1994

Les indicateurs biologiques de la pollution chimique des eaux Principes et méthodes

Gilles Monod

Les indicateurs biologiques de la pollution chimique des eaux

Principes et méthodes

Gilles Monod

Institut National de la Recherche Agronomique, Laboratoire d'Ecotoxicologie Aquatique,
65 rue de St Briec, 35042 Rennes Cedex, France.

Les activités humaines génèrent la libération d'un grand nombre de polluants dans l'environnement, que ce soit des polluants issus des activités de la chimie de synthèse (pesticides par exemple) ou ceux correspondant à des éléments naturels dont le cycle biogéochimique est perturbé (métaux par exemple). Les polluants libérés se distribuent dans le milieu naturel et aboutissent tôt ou tard dans les réceptacles que constituent les milieux aquatiques. La présence de polluants dans les écosystèmes aquatiques amène à s'interroger sur les conséquences susceptibles d'en découler pour les organismes vivants exposés.

Le devenir ou écodynamique des polluants dans les milieux aquatiques peut être suivi par la mise en oeuvre de nombreuses techniques analytiques permettant de mesurer les niveaux de contamination des différents compartiments biotiques et abiotiques. Dans cette perspective, l'intérêt que revêtent certains organismes vivants en tant qu'accumulateurs de polluants fait l'objet de la première partie de cet exposé.

La détection des polluants et la mesure de leurs concentrations ne sont néanmoins pas des éléments suffisants pour estimer les effets écotoxicologiques susceptibles de découler de leur présence dans les écosystèmes naturels. C'est pourquoi un effort important est porté actuellement sur la caractérisation des effets biologiques que ces composés peuvent induire. Cette question est abordée dans la deuxième partie de cet exposé en distinguant les méthodes dédiées à une mesure des effets qui surviennent chez des organismes exposés aux polluants en conditions contrôlées (bioessais), et, les méthodes visant à apprécier les effets survenant chez des organismes exposés dans leur biotope naturel (approches *in situ*).

Intérêt des organismes aquatiques pour suivre l'écodynamique des polluants

De nombreux polluants chimiques des milieux aquatiques ne sont présents qu'à l'état de trace dans la phase aqueuse, rendant ainsi difficile leur détection. De plus, le caractère souvent hétérogène (dans le temps et l'espace) de la contamination de l'eau pose des problèmes importants quant à la représentativité des mesures réalisées. Enfin, les analyses effectuées dans la phase aqueuse ne renseignent pas sur la biodisponibilité des polluants. La recherche des

polluants dans le compartiment sédimentaire offre un intérêt certain (compartiment de stockage), mais elle souffre de la dépendance étroite entre la concentration en polluant et la constitution du sédiment (granulométrie, teneur en matière organique), de la mobilité souvent importante de celui-ci, et de l'absence d'information sur la biodisponibilité des polluants.

La lipophilie et la persistance de certains micropolluants (PCBs, métaux, certains pesticides) les conduisent à s'accumuler dans les organismes vivants (phénomène de bioaccumulation). Ainsi, ces derniers peuvent être utilisés comme indicateurs de la contamination du milieu, leur niveau de contamination étant relié au niveau de contamination du milieu environnant (Phillips et Rainbow, 1993).

Ainsi Harding et Whitton (1981) ont montré une corrélation étroite et positive entre les concentrations en métal (cadmium, plomb et zinc) dans une algue d'eau douce, *Lemanea fluviatilis*, et celles présentes dans l'eau environnante. De plus cette algue accumule fortement les métaux étudiés (environ 1000 fois en exprimant les concentrations par rapport au poids sec de l'algue), ce qui facilite grandement leur détection. Brown *et al.* (1985) ont montré une corrélation significative et positive entre les concentrations en PCBs mesurées d'une part dans la fraction lipidique d'une espèce de poisson (*Lepomis gibbosus*) de la rivière Hudson et d'autre part dans l'eau de cette rivière. Dans ce cas le facteur de bioaccumulation des PCBs est d'environ 10^6 . De nombreux autres travaux rapportent le pouvoir intégrateur des organismes vivants vis-à-vis de la contamination chimique du milieu aquatique (Phillips et Rainbow, 1993).

Même si le phénomène de bioaccumulation "facilite" la détection de certains polluants, la mise au point de méthodes analytiques adaptées aux matrices biologiques n'en représente pas moins un travail souvent considérable (purification des extraits, répétitivité, reproductibilité, rendement). De plus, de nombreux facteurs relatifs à la biologie et au mode de vie des organismes (espèce, poids, âge, sexe, habitat) ainsi qu'à l'influence des saisons (cycle physiologique, croissance) sont susceptibles d'influer sur les niveaux de contaminations mesurés et doivent donc être pris en compte (Phillips et Rainbow, 1993).

Des organismes aussi divers que les moules, certaines plantes aquatiques et les poissons ont fait l'objet de nombreux travaux et sont, pour certains, utilisés dans des programmes de surveillance de la qualité des eaux (Phillips et Rainbow, 1993). Ainsi, des moules d'eau douce (*Quadrula quadrula*) disposées dans une rivière dans des cages installées en amont et en aval du rejet d'un effluent d'une entreprise de traitement de surface révèlent la présence de cuivre dans ces effluents, et permettent de suivre l'influence de cette source de pollution jusqu'à plus de 50 kilomètres du point de déversement (Foster et Bates, 1978).

L'approche visant à rechercher les polluants contaminant un milieu souffre néanmoins de sérieuses limites en raison, d'une part, de la faible persistance de nombreux polluants organiques, et, d'autre part, de l'absence de signification écotoxicologique directe des niveaux

de contamination mesurés. Ainsi, le suivi de paramètres biologiques indicateurs de perturbations écotoxicologiques est un complément important (Cairns *et al.*, 1993).

Evaluation de la qualité de l'eau à travers la caractérisation de perturbations biologiques

Deux grands types d'approches sont envisageables selon que l'on veut estimer le potentiel d'une eau à induire des perturbations biologiques (bioessais) ou que l'on veut réellement appréhender les perturbations affectant les organismes vivant dans un milieu donné (mesures *in situ*).

Les bioessais

Les bioessais représentent l'ensemble des essais de laboratoire au cours desquels l'eau (ou un extrait organique de cette eau) est mise en présence d'un système biologique (organisme entier, cellule) afin d'étudier l'effet induit sur ce dernier. L'intensité de l'effet renseigne sur la toxicité de l'eau étudiée (Calow, 1993).

L'évaluation de la capacité de l'eau à tuer les organismes exposés (poisson, daphnie, bactérie) renseigne sur sa toxicité aiguë. Des effets sublétaux peuvent être recherchés pour caractériser la toxicité chronique de l'eau à tester. Dans ce cas, les paramètres étudiés sont très divers (reproduction, croissance, comportement, tératogenèse, génotoxicité, paramètres biochimiques et métaboliques) et peuvent être mesurés à partir d'organismes entiers mais aussi *in vitro* (culture cellulaire).

L'intérêt de tels essais pour les activités de gestion et de réglementation (possibilité de standardisation poussée) ne doit pas faire oublier le problème de leur représentativité écologique. C'est pourquoi l'évaluation de l'impact de la qualité de l'eau sur la biologie des organismes exposés *in situ* est une approche indispensable (Cairns *et al.*, 1993).

Les approches in situ

Les mesures *in situ* peuvent être effectuées à différents niveaux d'organisation biologique et allant du niveau écologique au niveau moléculaire.

Au niveau écologique, l'analyse structurale d'ensembles plurispécifiques a amené la définition d'indices typologiques, pour certains standardisés, reposant sur la détermination de peuplements algaux (indice diatomée), invertébrés (Indice Biologique Global) et pisciaires (Indice of Biotic Integrity). Séduisant de part le caractère intégré de l'information qu'il fournit, ce type d'indicateur reste encore largement à valider vis-à-vis de la micropollution chimique et semble souffrir, en l'état actuel de nos connaissances, d'un faible pouvoir discriminant vis-à-vis des différentes classes de polluants (Cairns *et al.*, 1993).

Les indicateurs de type biochimique, physiologique ou histopathologique (biomarqueurs) paraissent plus spécifiques de la pollution chimique que les indicateurs écologiques. L'exposition des organismes aux polluants peut modifier la synthèse de certaines familles de protéines (métaallothionéines, enzymes de biotransformation, protéines de stress), altérer l'intégrité de l'ADN, perturber la fonctionnalité de systèmes moléculaires clés de la physiologie des organismes, créer des dommages cellulaires, etc. (McCarthy et Shugart, 1990).

La plupart de ces paramètres sont potentiellement mesurables à partir d'organismes capturés dans le milieu naturel même si de nombreux travaux restent à effectuer pour saisir les conditions et les limites de leur champ d'application (McCarthy et Shugart, 1990). Ainsi Monod et al. (1988) ont montré l'induction d'enzymes à cytochrome P450 dans le foie de différentes espèces de poissons du Rhône, mettant ainsi en évidence une pollution par les PCBs.

L'intérêt de ce type d'indicateurs réside entre autres dans le fait qu'ils "répondent" à des niveaux de pollution souvent beaucoup plus faibles que les concentrations létales. Ainsi, l'exposition de truite arc-en-ciel à une concentration en diméthoate (insecticide organophosphoré) 1000 fois plus faible que la concentration létale (CL50) induit une inhibition significative des acétylcholinestérases (enzymes impliquées dans la transmission du signal nerveux) cérébrales (De Bast *et al.*, 1994).

La possibilité d'utiliser ces biomarqueurs comme marqueurs précoces de dysfonctionnement ultérieurs à haut niveau d'organisation (individu, population) est une éventualité très intéressante. Mais en l'état actuel de nos connaissances, ces biomarqueurs sont considérés avant tout comme des indicateurs d'exposition aux polluants, leur validation en tant qu'indicateurs précoces d'effets ultérieurs n'étant pas clairement établie.

En conclusion, l'appréciation de la contamination chimique des milieux aquatiques et l'évaluation des perturbations écotoxicologiques susceptibles d'en découler bénéficient de l'utilisation d'indicateurs biologiques qui constituent une intégration temporelle de la qualité de l'eau, en renseignant d'une part sur la biodisponibilité des polluants et d'autre part sur les effets que ceux-ci engendrent. En définitive, il apparaît qu'une approche multiparamétrique, balayant différents niveaux d'organisation biologiques, est seule capable de donner une image relativement réaliste de "l'état de santé" d'un milieu complexe tel qu'un écosystème aquatique soumis à la pollution chimique.

Bibliographie

Brown, M.P., M.B. Werner, R.J. Sloan et D.W Simpson (1985). Polychlorinated biphenyls in the Hudson River. *Environ. Sci. Technol.* 19: 656-661.

Cairns, J., P.V. Mc Cormick et B.R. Niederlehner (1993). A proposed framework for developing indicators of ecosystem health. *Hydrobiologia* 263: 1-44.

Calow, P., Editeur (1993). *Handbook of Ecotoxicology*. Volume 1. Blackwell Scientific Publications. 478 pages.

De Bast, B., E. Haubruge et C. Gaspar (1994). Détection de la réaction physiologique des poissons de rivières vis-à-vis de la pollution. *Ateliers de l'eau: le capital eau*, 18 février, Gembloux (Belgique).

Foster, R.B. et J.M. Bates (1978). Use of freshwater mussels to monitor point source industrial discharges. *Environ. Sci. Technol.* 12: 958-962.

Harding, J.P.C. et B.A. Whitton (1981). Accumulation of zinc, cadmium and lead by field populations of *Lemanea*. *Water Res.* 15: 301-319.

McCarthy, J.F. et L.R. Shugart, Editeurs (1990). *Biomarkers of environmental contamination*. Lewis Publishers. 457 pages.

Monod, G., A. Devaux et J.-L. Rivière (1988). Effects of chemical pollution on the activities of hepatic xenobiotic metabolizing enzymes in fish from the River Rhône. *Sci. total Environ.* 73: 189-201.

Phillips, D.J.H. et P.S. Rainbow (1993). *Biomonitoring of trace aquatic contaminants*. J. Cairns and R.M. Harrison Edts. Elsevier Science Publishers LTD. 371 p.

GEMBLoux

FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES



ASSOCIATION DES
INGENIEURS ISSUS
DE LA FACULTE DE
GEMBLoux

AVEC



INTERPROVINCIALE DES SERVICES TECHNIQUES VOYERS

Ateliers de l'Eau



LE CAPITAL
EAU



TRAITEMENTS ET
RÉHABILITATION



GESTION DU
CAPITAL EAU



L'EAU : FACTEUR DE
DÉVELOPPEMENT

&

LA GESTION DES PETITS COURS D'EAU : LE LIT MAJEUR

EDITORS : S. DAUTREBANDE - J.M. MARCOEN - D. XANTHOULIS - J. VAN GYSEL & C. WILLAM

Conférences organisées à la
Faculté des Sciences
agronomiques de Gembloux
FEVRIER - MARS 1994

CEBEDOC
EDITEUR