

L'accroissement des quantités de pesticides, de détergents ou de métaux lourds déversés dans la biosphère est l'un des revers du développement industriel et agricole de ces dernières décennies. Si les années soixante-dix sont celles de la prise de conscience du danger que ces polluants représentent pour l'homme, il a fallu attendre plus de quinze ans pour que la recherche se saisisse de cette problématique à l'échelle des écosystèmes. Dans les années quatre-vingts, le Cemagref figure parmi les précurseurs dans le domaine de l'écotoxicologie des milieux d'eau douce. Aujourd'hui, ce thème de recherche mobilise des équipes d'écotoxicologues spécialisées dans l'étude de l'impact des micropolluants sur la faune aquatique et dans l'identification et la quantification des formes chimiques biodisponibles.

On estime aujourd'hui que plus de cent mille molécules chimiques sont susceptibles de contaminer ou de polluer les écosystèmes. Dans les cours d'eau, il s'agit des métaux lourds, des pesticides, des médicaments et autres polluants non éliminés à la sortie des stations d'épuration.

Jusque dans les années soixante-dix, on se soucie peu de l'impact de ces substances dans les rivières. En effet, contrairement à la pollution organique, la plupart d'entre elles passent inaperçues en raison de leur faible concentration. De plus, on ne sait pas doser de nombreuses molécules présentes dans le milieu.

À la fin des années soixante-dix, aux États-Unis, l'augmentation des pathologies, comme le cancer, conduit la société à s'interroger sur les effets de la dégradation de l'environnement sur la santé humaine. Des tests de toxicité aigüe sont initiés sur des animaux de laboratoire.

Puis dans les années quatre-vingts, le champ des recherches s'élargit à

Les bryophytes :
des indicateurs pour suivre la pollution du milieu.



A. PELFRENE



B. PELLET

Daphnia magna, un microorganisme élevé en laboratoire, indicateur de pollution.

l'ensemble des écosystèmes. Quels sont les impacts à long terme de faibles doses de contaminants sur les populations et les biocénoses? Dans les milieux naturels, sous quelles formes les molécules agissent-elles sur le vivant? Comment définir de nouveaux seuils de pollution compatibles avec le bon fonctionnement des écosystèmes?

Au Cemagref, une équipe spécialisée en écotoxicologie aquatique se constitue afin de répondre à de nouvelles demandes sur la qualité des cours d'eau. Depuis 1999, la thématique s'est renforcée avec la constitution d'un programme de recherche spécifiquement orienté vers l'étude du comportement et des effets des contaminants.

Evaluer la toxicité des milieux sur les organismes élevés en laboratoire

Dans les années quatre-vingts, les premières études réalisées pour le compte des agences de l'Eau ou d'Électricité de France (EDF) ont pour objectif de tester la toxicité de substances ou d'échantillons

En partenariat avec les entreprises

“ Pour refroidir les réacteurs de certaines centrales nucléaires, nous utilisons des condenseurs en laiton qui subissent une érosion avec le temps. Les eaux de refroidissement rejetées dans les rivières contiennent du cuivre et du zinc, dans des proportions pouvant atteindre plusieurs kilogrammes par unité de production et par jour. Cependant, au delà des quantités globales de ces rejets, c'est leur potentiel toxique qui nous préoccupe. Notre collaboration avec les géochimistes et écotoxicologues du Cemagref coïncide avec le développement récent des techniques de piégeage des différentes formes chimiques des micropolluants. L'objectif des travaux réalisés au Cemagref consiste à connaître et comprendre l'évolution des formes chimiques de ces métaux dans le milieu naturel en regard de leur éventuelle toxicité sur le vivant. Ces études sont prioritaires en l'absence, pour les condenseurs en laiton, d'alternative industrielle à bénéfice environnemental éprouvé.

Nicolas Tousset
Electricité de France (EDF)

environnementaux sur des animaux élevés au laboratoire. Des poissons et des invertébrés, à la fois représentatifs des milieux d'eau douce et faciles à élever ont été utilisés dans le cadre de différentes études. Ces espèces présentent des sensibilités variées aux toxiques permettant d'étudier une large gamme de produits.

L'étape suivante consiste à tester la toxicité des substances ou des échantillons naturels selon différents scénarios ou différentes concentrations sur une sélection d'organismes. Les courbes « dose-réponse » obtenues sont intégrées à des modèles de développement des organismes afin de simuler les effets des substances dans le temps. En parallèle, les chercheurs analysent les modes d'action de diverses molécules chimiques sur les espèces aquatiques.

Les effets de certaines molécules sont parfois inattendus. Ainsi en 2003, des études menées en collaboration avec l'Ineris et à la demande du ministère chargé de l'Écologie, ont montré que des substances présentes dans la Seine et le Rhône féminisaient les chevaines mâles.

Des essais expérimentaux ont révélé que les hormones de synthèse utilisées dans les contraceptifs seraient à l'origine de ces perturbations.

Aujourd'hui, dans le cadre du programme européen Erapharm, des bioessais sont en cours pour étudier les effets à long terme et à faibles doses de divers produits pharmaceutiques sur les invertébrés.

S'affranchir des mesures grâce aux biomarqueurs

En complément aux tests toxicologiques, les chercheurs ont recours à la technique des biomarqueurs qui permet de détecter une contamination du milieu à partir de l'analyse chimique de tissus animaux. Cette approche, développée depuis une vingtaine d'années, consiste à mesurer chez les animaux ayant vécu au contact de polluants chimiques, des marqueurs signant une réponse des organismes à la perturbation chimique.



M. CARROUÉE

C. RIDAME

Les effets biochimiques, physiologiques et comportementaux des substances toxiques sont étudiés au laboratoire.

Parmi les avantages de la technique, on peut citer la rapidité de sa mise en œuvre, la détection précoce de la contamination, une utilisation possible à la fois au laboratoire et sur le terrain. Par ailleurs, elle peut donner une information relativement précise sur la nature chimique de l'exposition (des substances induisant la réponse).

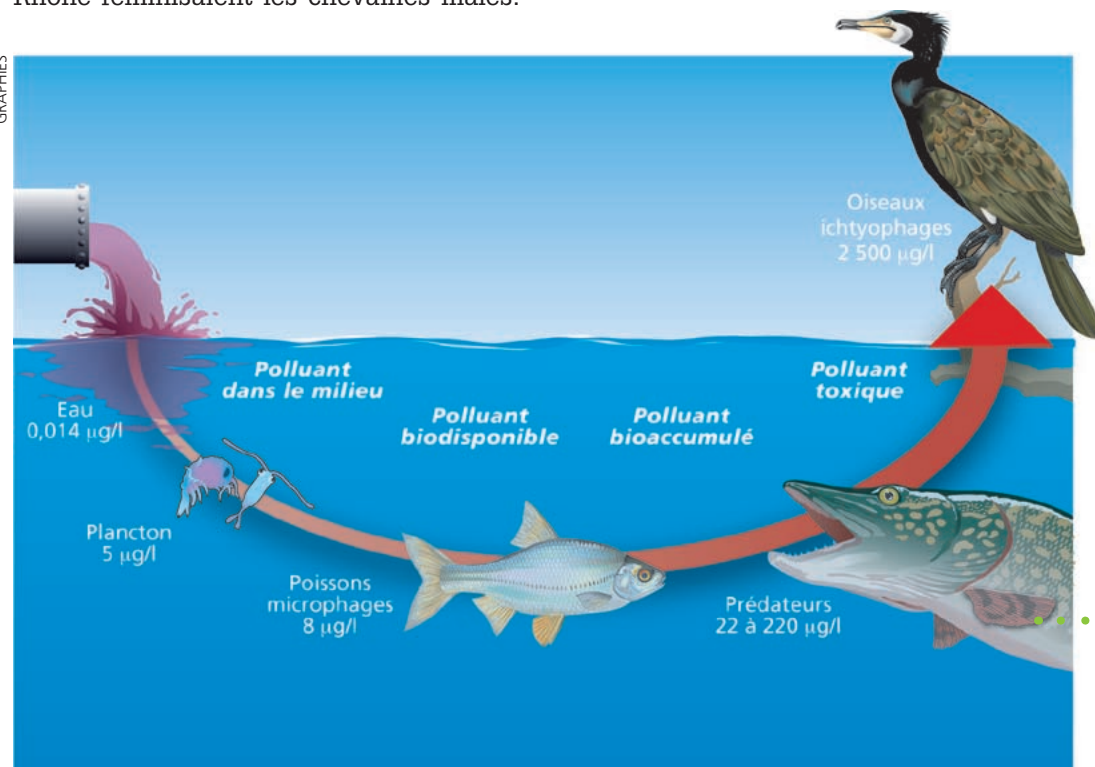
Au Cemagref, de nombreuses études ont été menées afin notamment de définir des conditions de mesure et d'interprétation in situ de biomarqueurs sur des espèces communes de poissons. Actuellement, les chercheurs mettent au point des biomarqueurs sur des espèces d'invertébrés présents ou artificiellement implantés dans le milieu.

La toxicité d'un polluant s'exprime au-delà d'un certain seuil.

Des toxiques plus ou moins disponibles

En parallèle à ces études, on découvre dans les années quatre-vingts que certaines substances comme les métaux ou les micropolluants organiques de type hydrocarbures existent sous différentes formes chimiques. Seules certaines formes qualifiées de biodisponibles sont capables de franchir les barrières biologiques des organismes et d'y exprimer leur toxicité. Prévoir si un polluant est biodisponible ou s'il risque de le devenir en fonction de l'évolution du milieu est indispensable pour estimer les risques environnementaux.

GRAPHIES



En 1997, à Antony, le Cemagref s'enrichit d'une nouvelle équipe de géochimistes afin d'étudier la toxicité et les conditions de biodisponibilité des contaminants sur le terrain. Des outils de détection adaptés à la nature des contaminants et récemment proposés à la communauté scientifique, ont été évalués pour leur capacité à échantillonner les formes biodisponibles des contaminants. Ainsi, la technique DGT (gradient de diffusion en couche mince) a permis d'évaluer l'importance respective des diverses formes des métaux dans les eaux usées, au cours de leur transit dans les stations d'épuration. En parallèle, la toxicité des différentes fractions métalliques a été testée sur des invertébrés.

Ces résultats sont importants car les eaux usées, des milieux complexes et difficiles à analyser, représentent une source de contamination importante dans les rivières. Qualifier les formes chimiques potentiellement toxiques et estimer leur concentration dans le milieu permettront au final d'établir de nouveaux seuils de la qualité des cours d'eau.

Connaître le comportement d'un polluant en milieu naturel est indispensable mais complexe.

Du laboratoire aux situations réelles

Pour extrapoler ces résultats aux écosystèmes réels, un autre enjeu important de l'écotoxicologie consiste à connaître les effets des polluants sur les populations à partir de leurs impacts sur les organismes. À cet effet, des études de changement d'échelles sont menées au Cemagref, depuis les années deux-mille. Elles ont permis d'évaluer la toxicité (d'un pesticide et d'un métal) de différentes substances sur une population de chironomes, des organismes clés dans la chaîne alimentaire aquatique.

L'originalité de l'approche repose sur le développement de modèles qui permettent de mettre en relation les effets sur la survie, la croissance, la reproduction des organismes et la capacité de la population à se maintenir dans le temps, lorsqu'elle est soumise à une pression toxique. L'étape suivante pour les chercheurs a été d'étendre ces modèles à d'autres espèces représentatives des milieux.

Cependant, comment fixer le choix de ces espèces représentatives afin de protéger efficacement les communautés d'invertébrés aquatiques? Aujourd'hui, les chercheurs s'interrogent sur la pertinence écologique des tests menés sur les espèces « modèles » élevées en laboratoire. Une démarche récente a consisté à se baser sur les communautés observées in situ, afin de proposer des catégories d'organismes représentatives au mieux des milieux étudiés. Des techniques d'élevage et de test en laboratoire ont été mises au point pour deux de ces espèces.

Enfin, les chercheurs travaillent sur la mise au point de méthodes d'investigation sur des organismes maintenus in situ pour tenir compte des conditions réelles d'exposition.

Aujourd'hui, les études menées en écotoxicologie se complexifient. Il s'agit pour les chercheurs de mener en parallèle des études en écologie et en toxicologie, afin de se rapprocher au plus près du milieu et de tenir compte des mécanismes d'action des toxiques. Parallèlement, dans le contexte de la directive cadre européenne sur l'Eau adoptée fin 2000, les demandes concernant la qualité des cours d'eau ne cessent de croître. À cet effet, des travaux sont menés afin d'établir des normes de rejets de toutes les catégories de polluants dans les écosystèmes d'eau douce en relation avec des seuils de qualité qu'il reste à définir...

Avec la collaboration de Jeanne Garric et Marie-Hélène Tusseau-Vuillemin

En partenariat avec les établissements publics

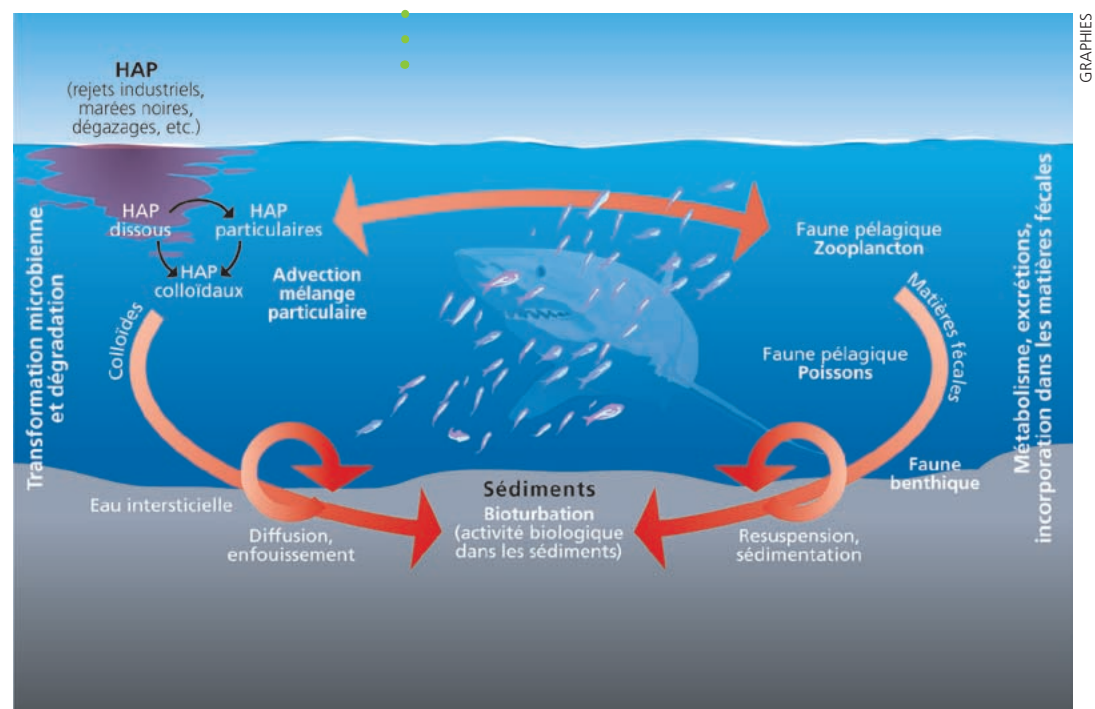
« Nous sollicitons régulièrement les scientifiques pour développer

des outils de mesure des polluants et de façon générale pour travailler sur toute question relative à la qualité de l'eau.

Ainsi, la problématique des micropolluants a pris de l'importance au début des années quatre-vingt-dix. À l'époque, il s'agissait surtout de relever les niveaux de contamination en métaux labiles, puis en pesticides, hydrocarbures insaturés, etc. L'omniprésence de ces molécules nous a alerté sur le bien-fondé de mesurer leur impact sur le vivant. Nous nous sommes alors tournés vers les écotoxicologues du Cemagref pour réaliser des bioessais à partir d'échantillons de sédiments fluviaux, puis pour affiner l'interprétation des tests EROD chez les poissons.

Plus récemment, les scientifiques du Cemagref ont pointé du doigt les effets des médicaments sur les poissons. Pour l'instant, nous restons très attentifs aux résultats de leurs travaux. Dans les années à venir, la collaboration avec le Cemagref est amenée à se développer. Ainsi par exemple, dans le contexte de la directive cadre européenne sur l'Eau, nous avons un besoin clairement défini d'indicateurs biologiques qui relèvent de l'écotoxicologie, une sorte d'IGBN (indice biologique global normalisé) pour les nouveaux contaminants.

Thomas Pelte
Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse



GRAPHIES