

# Des modèles pour évaluer l'effet des polluants sur le milieu aquatique

De nombreux polluants contaminent les écosystèmes. En mesurer les effets sur le biotope et sur les organismes vivants est un enjeu important pour les écotoxicologues du Cemagref. La tâche est complexe tant les paramètres à prendre en compte sont nombreux pour arriver à décrire la réalité des scénarios de pollution.

## “ INTERVIEW

**LAURENT LAGADIC**  
Directeur de recherches  
au laboratoire «Écotoxicologie  
et qualité des milieux aquatiques»  
de l'INRA, à Rennes

Notre laboratoire est spécialisé dans l'étude des effets des pesticides sur les petits écosystèmes d'eau douce, tels les mares ou les ruisseaux, en contact étroit avec les zones de culture et d'élevage. Depuis sa création, il y a plus de dix ans, nous interagissons régulièrement avec le Cemagref. Ces liens se sont renforcés avec le programme Pnetox. Nos compétences sont complémentaires de celles développées par Alexandre Péry dans le domaine de la modélisation. À l'échelle de l'individu, nous étudions en laboratoire les mécanismes de toxicité sur des «espèces sentinelles» de la qualité des milieux comme le chironome ou la limnée des étangs. Nous nous intéressons plus particulièrement aux mécanismes qui contrôlent la reproduction, processus-clé pour le renouvellement des populations. Le devenir des populations est un autre de nos sujets d'intérêt. Nous mesurons les effets des toxiques sur la démographie et sur le patrimoine génétique des populations dans des mares expérimentales (mésocosmes). Des études à long terme en milieu naturel permettent in fine de valider nos résultats. Ceux-ci peuvent ensuite servir de base aux modèles mathématiques, outils particulièrement intéressants, notamment d'un point de vue préventif, pour l'évaluation du risque écotoxicologique.



Classiquement, des «bio essais» réalisés en laboratoire permettent d'étudier l'effet des polluants sur les organismes. Cependant, ils ne permettent pas d'appréhender la complexité in situ où la population dans son ensemble est exposée aux contaminants. Un enjeu

important en écotoxicologie est donc de réussir à prévoir l'effet des polluants sur les populations in situ à partir de leurs impacts sur les individus. Et cela pose deux problèmes majeurs : trouver la clé qui permet de passer de l'individu à la population et appréhender au mieux les conditions du milieu naturel.

### DU LABORATOIRE AU MILIEU NATUREL

Alexandre Péry, jeune chercheur en écotoxicologie au Cemagref à Lyon, a proposé une démarche originale pour évaluer les effets de toxiques sur le milieu aquatique. Son sujet d'étude : *Évaluer la toxicité d'un pesticide et de métaux sur une population de chironomes*. Pourquoi s'intéresser aux chironomes ? Parce qu'il s'agit d'organismes clés dans la chaîne alimentaire aquatique. Ces petits vers de vases dont les adultes sont des moucheron sont, en effet, consommés à la fois par les poissons et par les oiseaux. Le chercheur a mis au point une série de modèles qui met en évidence l'effet des polluants sur l'individu pour ensuite en déduire les risques sur la population. L'originalité de son approche est d'utiliser l'énergie provenant de l'alimentation comme variable clé des modèles. En effet, la quantité d'énergie disponible est déterminante à la fois pour l'individu (pour sa survie, sa croissance, sa fécondité), mais aussi pour la population puisqu'elle conditionne son maintien et sa taille. C'est donc la clé qui permet de passer de l'individu à la population.

### SUIVRE LE CHEMIN DE L'ÉNERGIE ALIMENTAIRE CHEZ L'INDIVIDU ET AU SEIN DE LA POPULATION

La première étape a donc été de comprendre comment les chironomes gèrent l'énergie provenant des aliments et surtout comment cette énergie est répartie entre trois fonctions vitales, la croissance, la survie et la reproduction. Pour cela, Alexandre Péry a modélisé l'ensemble du cycle de vie du chironome et construit un modèle de gestion de l'énergie en s'appuyant sur une compréhension fine de la biologie des individus. Grâce à ce modèle, le scientifique peut prédire la croissance des chironomes en fonction de la densité et de la quantité de nourriture disponible.



Deuxième étape : modéliser l'effet des contaminants sur les individus, et plus précisément sur ses fonctions vitales. Pour cela, les chercheurs s'appuient sur des modèles d'effets sur l'allocation de la ressource qui permettent de modéliser l'action du polluant sur une des fonctions vitales.

## “INTERVIEW

**SANDRINE CHARLES**  
Maître de conférences à  
l'université Claude Bernard, à Lyon

Je travaille dans un laboratoire de Biométrie et de Biologie Évolutive (UMR CNRS 5558), dont un des objectifs est de mesurer le «vivant» avec des approches mathématiques, statistiques et informatiques.

Les données de base de nos différents modèles proviennent d'organismes scientifiques ayant une démarche plus expérimentale. C'est ainsi que nous collaborons depuis 1998 avec le laboratoire d'écotoxicologie du Cemagref. Nous avons co-encadré plusieurs DEA, dont un avec Alexandre Péry, au sujet de l'impact de différents polluants sur la dynamique des populations de chironomes. L'utilisation d'un modèle matriciel a permis d'étudier les variations des effectifs au sein de chaque stade de développement du chironome. Le stock d'informations analysées est plus conséquent qu'avec un modèle classique. Il nous évite de travailler sur des moyennes qui ne reflètent pas l'aspect structuré des populations. Par ailleurs ces modèles sont des outils prédictifs précieux pour les gestionnaires environnementaux.

Étape préalable : trouver un indicateur quantitatif de la présence de toxique et le mesurer. C'est la concentration du contaminant dans les tissus qui a été retenue comme indicateur. Cependant, pour des questions pratiques, c'est la concentration en polluant dans le milieu qui est mesurée. Un modèle permet ensuite de calculer la concentration dans les tissus à partir de celle mesurée dans le milieu.

En faisant «tourner» le modèle, les scientifiques peuvent connaître le mode d'action des contaminants.

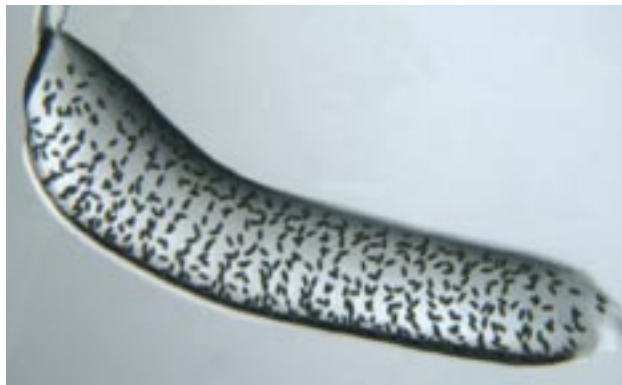
Les simulations montrent entre autres que le pesticide agit sur la survie alors que les métaux comme le cuivre, le zinc ou le cadmium ont une action sur la croissance des individus, notamment en modifiant les coûts métaboliques de la formation de biomasse.

### DE L'INDIVIDU À LA POPULATION

En intégrant des bilans énergétiques aux modèles, les informations acquises sur les individus en laboratoire sont appliquées aux populations. Pour tout niveau donné de nourriture disponible, les modèles permettent de prévoir la densité de population et

la biomasse à l'équilibre. En intégrant les polluants, on peut alors prévoir leurs effets sur la densité de population et la biomasse. Le passage de l'individu à la population permet d'intégrer en un seul paramètre les effets sur les différents paramètres du cycle de vie des organismes et également de hiérarchiser ces paramètres en fonction de leur influence sur la dynamique de populations. Les résultats mettent en évidence que les métaux par exemple provoquent une perte de biomasse. Celle-ci pourra être répercutée sur l'ensemble de la chaîne trophique puisqu'elle diminue la nourriture disponible pour les prédateurs, poissons ou oiseaux.

Ces modèles ont permis de concevoir un outil d'évaluation du risque au niveau des populations de chironomes à partir des résultats des tests de toxicité réalisés en laboratoire. L'objectif aujourd'hui est d'étendre ces modèles à d'autres espèces et d'intégrer d'autres facteurs comme la prédation pour permettre de coller au plus près aux conditions du milieu naturel et proposer ainsi une approche fine de la perturbation des écosystèmes par les polluants.



**Contact** : Alexandre Péry  
Cemagref Lyon  
Tél : 04 72 20 87 88  
alexandre.pery@cemagref.fr