

Ce projet a été élaboré avec la collaboration des équipes de recherches du centre INRA de Rennes travaillant sur la pollution des milieux aquatiques.

Nous tenons à remercier tout particulièrement : Laurent Lagadic, pilote scientifique du projet, ainsi que Didier Azam, Emmanuelle Babin, Thierry Caquet, Alphonse Quémeneur, Marc Roucaute.

INRA, Mission communication - Octobre 2004  
Directeur de la publication : Corine Plantard  
Conception et réalisation du projet : Valérie Toureau, Valérie Bagieu, Anne-Marie Le Bastard, Christophe Rocle  
Conception graphique : Patricia Perrot / Didier Michon - © INRA  
Schémas : Frédéric Lamy - © INRA  
Dessins pesticides : Rolf Holtzmann - © INRA  
Illustrations : photothèque INRA - © INRA

# Milieux aquatiques et pollution

La vie dans les milieux  
aquatiques

Sources et cheminement  
des polluants

Le cas des pesticides

L'évaluation du risque  
écologique des pesticides

Les perturbations liées  
à la pollution

Effets des polluants  
sur des organismes modèles

Les recherches  
menées à l'INRA



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE  
147, rue de l'Université - 75338 Paris cedex 07  
Tél. : 01 42 75 90 00 - Fax : 01 47 05 99 66  
[www.inra.fr](http://www.inra.fr)

ALIMENTATION  
AGRICULTURE  
ENVIRONNEMENT



# La vie dans les milieux aquatiques

Les milieux aquatiques sont des écosystèmes complexes, dont l'équilibre peut-être rompu et modifié durablement par la pollution.

## Différents types d'écosystèmes aquatiques

Les écosystèmes aquatiques sont de nature très variée. Les fleuves, rivières et ruisseaux représentent des milieux d'eau courante, drainant des bassins versants plus ou moins étendus. Les lacs, étangs et mares sont des milieux d'eau stagnante dont le renouvellement des eaux est plus ou moins rapide selon le volume de l'écosystème.



## Qu'est-ce qu'un écosystème ?

Un écosystème est un milieu de vie délimité spatialement et défini par les conditions physiques et chimiques (= biotope), et par l'ensemble des organismes qui y vivent, s'y nourrissent et s'y reproduisent (= biocénose).

Écosystème = biotope + biocénose

## L'eau douce : un bien précieux

L'hydrosphère (ensemble des eaux continentales et marines présentes sur Terre) représente environ 70 % de la surface du globe. L'eau douce ne représente cependant que 2,8 % de l'hydrosphère, et l'essentiel (2,15 %) se trouve sous forme de glace, au niveau des calottes polaires. Seule l'eau des nappes phréatiques et des eaux de surface (soit seulement 0,6 % de l'hydrosphère) peut être utilisée pour les besoins de l'homme. Cette très faible proportion d'eau douce exploitable est également la plus vulnérable aux perturbations de l'environnement.

## Une grande variété d'organismes aquatiques

Les milieux aquatiques abritent un grand nombre d'organismes : végétaux, animaux et microorganismes. La nature et le développement de ces communautés dépendent des conditions du milieu et des habitats disponibles : vitesse du courant, température, salinité, oxygénation et qualité de l'eau, profondeur et nature du fond, éclairage... Les interactions entre ces êtres vivants sont multiples : cohabitation, compétition, prédation, parasitisme... Les relations alimentaires entre organismes définissent des réseaux trophiques, constitués de plusieurs chaînes alimentaires.

## Les acteurs d'une chaîne alimentaire : tous liés par des rôles complémentaires qui déterminent le fonctionnement de l'écosystème

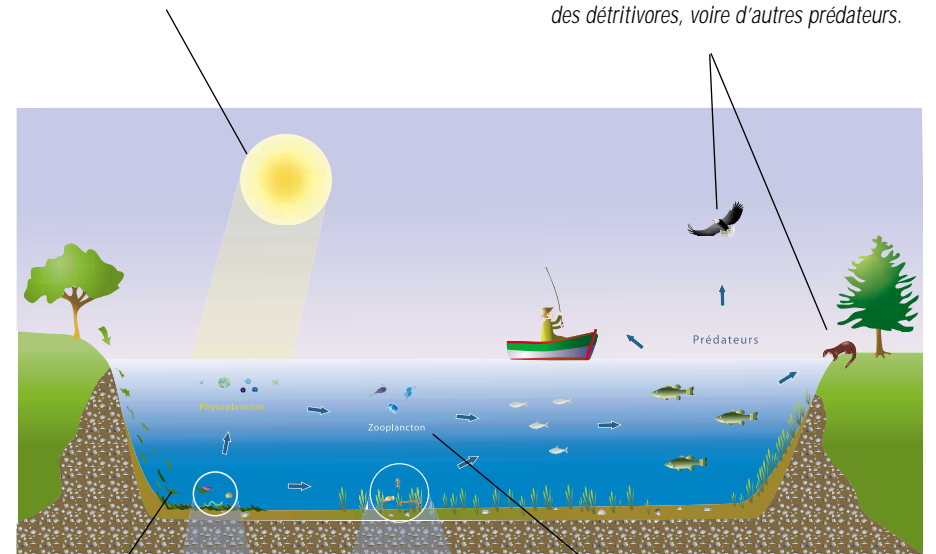
Du producteur au consommateur... Dans une chaîne alimentaire, l'énergie et la matière sont transférées depuis les producteurs primaires (végétaux) jusqu'aux consommateurs terminaux (dont l'homme), en passant par des consommateurs de rangs intermédiaires (herbivores, détritivores, prédateurs).

## Le saviez-vous ?

- Un habitant d'une grande ville française utilise en moyenne 150 litres d'eau du robinet chaque jour.
- Il faut environ 1000 kg de végétaux pour « fabriquer » 1 kg de poisson carnivore (brochet, saumon...).
- Au niveau mondial, la pêche et l'aquaculture fournissent plus de 15% de l'apport total en protéines dans l'alimentation de l'homme.

L'énergie solaire transformée en matière organique par les végétaux grâce à la photosynthèse est à la base du fonctionnement de l'écosystème.

Les prédateurs, vertébrés ou invertébrés, se nourrissent en consommant d'autres animaux, qui peuvent être des herbivores, des détritivores, voire d'autres prédateurs.



Les **détritivores** se nourrissent de matière organique en décomposition (feuilles mortes, débris...).



Les **micro-organismes** jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement des réseaux trophiques, notamment en permettant la minéralisation de la matière organique.



Les **herbivores** se nourrissent de végétaux (algues du plancton, plantes supérieures).

De par leur immense diversité, les **invertébrés** jouent un rôle fondamental dans les écosystèmes car ils remplissent toutes les fonctions possibles pour les animaux.

# Sources et cheminement des polluants

Les polluants de l'environnement sont d'origine et de nature très diverses et n'ont pas tous le même impact sur les milieux aquatiques.

## Sources des principaux polluants des milieux aquatiques

Les activités humaines sont à l'origine de l'émission d'une grande variété de polluants dont la plupart se retrouve finalement dans les milieux aquatiques.



En dehors de points de rejets clairement identifiés (pollution ponctuelle), il existe une pollution issue d'une multitude de petites sources ou de la dispersion à grande échelle de certaines substances (pollution diffuse). Selon leur nature et leur origine, les polluants peuvent concerner des zones géographiques réduites (pollution locale) ou être transportés dans l'eau ou l'atmosphère et contaminer l'ensemble de la planète (pollution globale). La très grande majorité des polluants est entraînée par ruissellement et drainage dans les cours d'eaux et par infiltration dans les nappes souterraines. Lorsqu'ils sont disséminés par le vent, les polluants retombent inévitablement avec les eaux de pluies, parfois à de grandes distances de leur point d'émission.

## Une grande variété de polluants

Les activités humaines sont à l'origine de polluants de nature :

- **physique** : matières en suspension, eau chaude, éléments radioactifs...
- **organique** : organismes et déchets en décomposition
- **biologique** : bactéries, virus, champignons...
- **chimique** : engrais et fertilisants, hydrocarbures, pesticides, métaux, détergents, solvants, médicaments, produits vétérinaires...

### Qu'est-ce qu'un polluant ?

■ Un polluant est une substance naturelle ou issue des activités humaines qui, lorsqu'elle est présente en quantité trop importante dans l'environnement, peut avoir des effets nocifs sur les êtres vivants.

■ Selon le médecin alchimiste suisse Paracelse (1493-1541), c'est la dose qui fait le poison. Cette observation s'applique aux polluants, certains étant actifs à des doses extrêmement faibles (de l'ordre du milliardième de gramme par litre d'eau).

## Cheminement des polluants dans les milieux aquatiques

Dans les milieux aquatiques, les polluants peuvent suivre différents trajets, plus ou moins longs.

Certains polluants sont dégradés très rapidement par des réactions chimiques, sous l'effet de la lumière, ou encore grâce à l'intervention de microorganismes (biodégradation). D'autres polluants, dits persistants, contaminent durablement les milieux aquatiques, soit en restant dans l'eau et surtout dans les sédiments, soit en passant dans les organismes vivants et, dans certains cas, en s'accumulant dans les chaînes alimentaires (bioaccumulation).

La capacité d'auto-épuration d'un écosystème aquatique dépend de sa structure physique, de sa composition biologique (nombre d'espèces présentes) et de son fonctionnement.

### Le saviez-vous ?

- Il existe plusieurs centaines de milliers de substances chimiques différentes « créées » par l'homme.
- Dès l'Antiquité, les glaces du pôle Nord étaient polluées par le plomb issu des ateliers romains.
- Actuellement, plus de 35% du prix de l'eau potable sont utilisés pour financer le coût de la dépollution des eaux après usage.



Exemple de transfert et de bioaccumulation de la dioxine dans une chaîne alimentaire. La concentration en polluant augmente à chaque maillon de la chaîne alimentaire.

# Le cas des pesticides

En tant que polluants des milieux aquatiques, les pesticides font l'objet d'une surveillance particulière, mais la grande diversité des produits et leurs multiples usages compliquent l'évaluation de leurs éventuels impacts.

## Des pesticides : pour quoi faire ?

Les pesticides sont des substances chimiques utilisées pour combattre des organismes considérés, dans certaines conditions, comme gênants ou nuisibles, notamment du point de vue agricole ou sanitaire.

### Usages agricoles et non agricoles des pesticides

- lutter contre les vecteurs de maladies : paludisme, typhus, peste...
- protéger les cultures : grandes cultures, arboriculture, cultures maraîchères, cultures ornementales...
- protéger les produits stockés : céréales, bois, fruits...
- entretenir les infrastructures routières et ferroviaires,
- lutter contre les animaux et végétaux jugés indésirables : blattes, mites, moustiques, « mauvaises herbes ».



### Pesticides et milieux aquatiques

Les programmes de surveillance de la qualité des eaux montrent que des pesticides sont présents, parfois en quantités non négligeables, dans les milieux aquatiques.

L'eau potable fait l'objet d'une attention particulière vis-à-vis de la pollution par les pesticides. Les pesticides sont les seuls polluants dont le niveau de contamination est régulièrement communiqué aux usagers.

Les pesticides retrouvés dans les milieux aquatiques proviennent à la fois d'usages agricoles et non-agricoles. Grande consommatrice de pesticides, l'agriculture évolue vers une amélioration de leurs usages visant à réduire leurs impacts environnementaux. La tendance est plus difficile à apprécier pour les usages non-agricoles. Dans ce domaine des initiatives se mettent en place pour sensibiliser les particuliers et les élus aux risques associés à l'emploi des pesticides.

### Les effets des pesticides

Leurs effets restent difficiles à évaluer.

L'impact des produits dépend :

- de leur mode d'action (plus ou moins toxique)
- de leur spécificité vis-à-vis des organismes cibles
- de leur dosage
- de leur persistance dans l'environnement
- de leurs sous-produits de dégradation (parfois plus toxiques que le composé initial)

## Les pesticides : une famille nombreuse...

De nombreux produits ont des propriétés pesticides. Il peut s'agir de composés minéraux, notamment à base de soufre ou de cuivre, de substances naturelles (roténone, pyrèthre...) ou de molécules chimiques de synthèse.



Les pesticides disponibles dans le commerce sont des préparations commerciales, ou formulations, contenant la substance active (molécule qui exerce l'effet recherché) et des adjuvants dont le rôle est de faciliter l'emploi du produit et d'optimiser son efficacité.

## À chaque organisme-cible, son pesticide

contre les		on utilise des			
bactéries		bactéricides	mollusques		molluscicides
champignons		fongicides	acariens		acaricides
algues		algicides	pucerons		aphicides
adventices		herbicides	insectes		insecticides
nématodes		nématicides	rongeurs		rodenticides

### Le saviez-vous ?

- Sur les 23 millions de foyers que compte la France, 13 millions ont un jardin et 4 millions un jardin d'intérieur. Parmi ces 17 millions de jardiniers, environ la moitié utilise des pesticides de manière régulière.
- Par an, 25 millions de cas d'empoisonnement par les pesticides sont dénombrés de par le monde, dont 99 % dans les pays en voie de développement, alors que ceux-ci n'utilisent que 20 % des pesticides (Données FAO).

# L'évaluation du risque écologique des pesticides

Les substances actives et les préparations commerciales sont soumises à une autorisation de mise sur le marché qui, au titre de la directive européenne 91/414, impose une évaluation du risque écologique, notamment pour les milieux aquatiques.

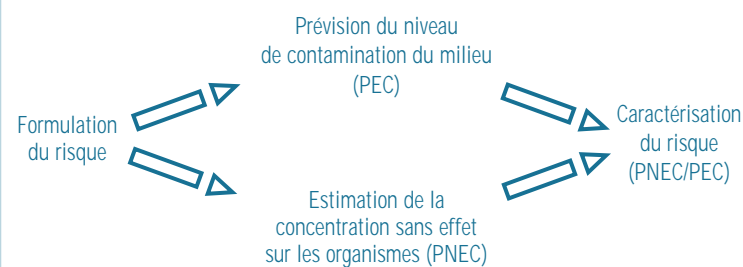
## Avant la mise sur le marché : de nombreuses expérimentations pour une évaluation détaillée

Avant toute commercialisation, les pesticides subissent obligatoirement de nombreuses analyses et des tests d'écotoxicité destinés à bien connaître leurs caractéristiques :

- propriétés physico-chimiques,
- efficacité vis-à-vis des organismes visés,
- comportement et devenir dans l'environnement,
- toxicité pour les espèces non-cibles (pollinisateurs, vers de terre, poissons, oiseaux...)

Si nécessaire, des études complémentaires sont réalisées à l'échelle de l'écosystème.

### Les différentes étapes de la procédure d'évaluation du risque



#### Objectifs de la démarche :

- définir les conditions et précautions d'emploi des pesticides.
- établir un étiquetage destiné à informer et à protéger les utilisateurs.

### Savoir lire l'étiquette

Sur l'emballage de toute préparation commerciale de pesticide figurent les symboles et indications de danger.



Xn Nocif - Xi Irritant

Produit qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peut entraîner des risques de gravité limitée. Produit non corrosif qui, par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses, peut provoquer une réaction inflammatoire.



N Dangereux pour l'environnement

Substance dangereuse pour la faune, la flore et/ou l'atmosphère. Ne pas jeter dans l'environnement



T Toxique - T+ Très toxique

Produit qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peut entraîner des risques graves (ou extrêmement graves), aigus ou chroniques et même la mort.



La directive européenne 91/414 prévoit, en plus de l'évaluation du risque écologique, un examen détaillé des propriétés toxicologiques des pesticides, de façon à évaluer le risque de ces produits pour la santé humaine.



Prélèvement des échantillons sur le terrain

## Après la mise sur le marché : une surveillance continue dans l'environnement

À partir du moment où ils sont utilisés, les pesticides peuvent faire l'objet de programmes de surveillance. Leur présence est recherchée dans les différents compartiments de l'environnement. Leurs effets sur les organismes vivant dans les milieux naturels sont évalués au moyen d'études portant sur les individus, les populations et les communautés.



Analyses chimiques



Analyses biologiques

La surveillance des pesticides dans l'environnement est censée apporter des informations sur leurs éventuels effets aigus (à court terme) et chroniques (à long terme) sur les organismes vivants. Menées simultanément, les analyses chimiques et biologiques peuvent permettre de déceler des effets non prévisibles des pesticides. Dans ce cas, les autorités compétentes peuvent décider de restrictions d'usage des produits, voire même de leur interdiction.



### Le saviez-vous ?

- En France, l'autorisation de mise sur le marché des pesticides relève de la compétence du ministère chargé de l'agriculture (Direction Générale de l'Alimentation). Il s'appuie sur deux commissions (la commission d'étude de la toxicité et le comité d'homologation) composées d'experts, d'agents de l'administration et de représentants de la société civile.

# Les perturbations liées à la pollution

Les effets de la pollution sur les organismes aquatiques peuvent être observés aux différents niveaux d'organisation biologique : individus, populations, communautés, écosystèmes.

## Une réponse graduelle à la pollution

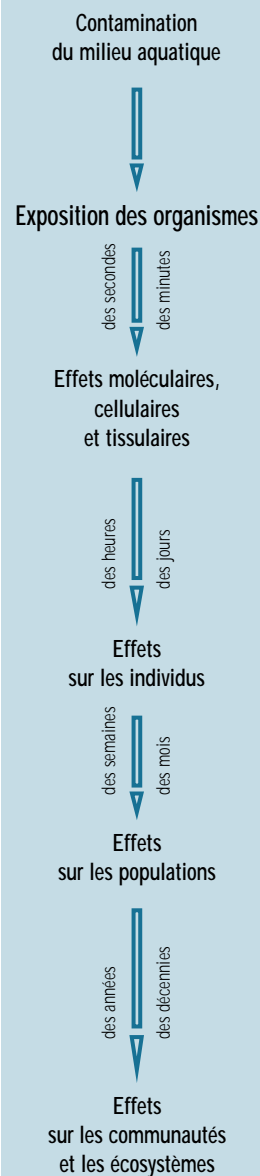
Les effets induits par les polluants sont spécifiques d'un niveau d'organisation biologique. Ils peuvent servir d'indicateurs de la gravité des dommages environnementaux causés par la pollution. Le temps au bout duquel apparaissent les perturbations dues aux polluants est d'autant plus long que le niveau d'organisation est élevé. Les effets sont rapidement détectables au niveau des individus, alors qu'ils sont beaucoup plus longs à se manifester à l'échelle de l'écosystème.

### Le saviez-vous ?

- Il a fallu plus de 30 ans pour comprendre l'enchaînement des effets ayant conduit à la disparition de certaines populations d'oiseaux des grands lacs nord américains.
- Le rythme d'extinction des espèces connues est actuellement de 1000 à 10.000 fois supérieur au rythme naturel du fait des activités humaines (Données UICN), sans qu'il soit toutefois possible de déterminer la part liée à la pollution.



Tous les organismes ne présentent pas la même sensibilité vis-à-vis des polluants. En cas de pollution, certaines espèces dites pollusensibles disparaissent alors que d'autres dites pollutolérantes se maintiennent ou prolifèrent. Ces deux types d'espèces sont utilisés comme bioindicateurs de la qualité des milieux naturels.



## Pénétration et concentration des polluants dans les individus

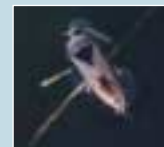


La première réaction comportementale des animaux aquatiques consiste à échapper à la présence des polluants dans leur milieu de vie (réflexe de fuite, fermeture de la coquille, enfouissement...).

Dès qu'ils pénètrent dans l'organisme, les polluants interagissent avec de nombreuses biomolécules, y compris dans certains cas l'ADN, support de l'information génétique. Ils peuvent ainsi porter atteinte aux cellules et aux organes, et perturber des fonctions physiologiques comme la croissance ou la reproduction.



Certains polluants ont la propriété de perturber le contrôle hormonal de la reproduction ; des cas d'inversion du sexe et de stérilité ont été détectés chez des animaux aquatiques (mollusques marins, poissons, alligators) exposés à ces perturbateurs endocriniens.



La toxicité de certains polluants peut entraîner la mort de l'organisme.

Les mortalités massives d'animaux aquatiques sont parmi les effets les plus spectaculaires, mais aussi les plus rares, des pollutions.



Les salmonidés font partie des animaux aquatiques menacés d'extinction du fait de la dégradation de la qualité des milieux aquatiques par les activités humaines.

Les modifications de l'abondance, voire la disparition, de certaines espèces en réponse à la présence de polluants s'accompagnent parfois d'une réduction de la biodiversité des communautés.



Lorsqu'elles sont exposées aux polluants pendant plusieurs générations, les populations peuvent subir des modifications de leur structure génétique qui les conduisent à devenir résistantes aux polluants ou bien à disparaître.

Dans certains cas, des processus essentiels au bon fonctionnement des écosystèmes peuvent être altérés du fait de la raréfaction des espèces impliquées (espèces « clés de voûte »).



Echantillons d'invertébrés prélevés dans une rivière non polluée (à gauche) et polluée (à droite). La biodiversité de la communauté saine est plus élevée que celle de la communauté exposée à la pollution, qui ne renferme que des « vers ».

# Effets des polluants sur des organismes modèles

Toutes les espèces aquatiques ne présentent pas la même sensibilité vis-à-vis des polluants. Les études sur l'écotoxicité des polluants tirent parti de cette diversité.

## Des espèces sensibles aux polluants : pour les tests de toxicité aiguë

Certaines espèces, choisies pour leur facilité d'élevage et leur grande sensibilité aux toxiques, sont utilisées en routine pour les tests de toxicité.



**La daphnie** (*Daphnia magna*)  
Crustacé herbivore (ordre des Cladocères)  
de petite taille (de 0,1 à 4-5 mm de longueur)  
qui appartient au zooplancton.

En général, les populations de daphnies sont constituées uniquement de femelles qui peuvent donner naissance à des jeunes sans qu'il y ait besoin de mâles : c'est la parthénogenèse. Lorsque les conditions environnementales deviennent difficiles, les femelles donnent naissance à des mâles. Le croisement de ces mâles avec les femelles donne des œufs de durée qui se déposent au niveau des sédiments et qui sont capables de résister jusqu'au retour de conditions environnementales favorables. Leur éclosion donne naissance à des femelles et le cycle recommence.

Originnaire de l'ouest des États-Unis, la truite arc-en-ciel a été introduite en France à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. C'est un poisson prédateur qui chasse à vue et dont le régime alimentaire est très varié : insectes, crustacés, mollusques...



**La truite arc-en-ciel** (*Oncorhynchus mykiss*)  
Poisson de la famille des Salmonidés  
dont la longueur peut atteindre 80 cm.

Comme tous les Salmonidés, la truite arc-en-ciel est une espèce pollusensible, qui a besoin d'une eau de bonne qualité, riche en oxygène dissous. Les jeunes truites arc-en-ciel (truitelles) sont utilisées en routine pour les tests d'écotoxicité. La truite est aussi un modèle très employé pour comprendre le mode d'action des substances toxiques.

Le phytoplancton est à la base des réseaux trophiques aquatiques dans les milieux d'eau stagnante. Il sert de nourriture à de nombreux invertébrés herbivores. L'abondance et la composition spécifique du phytoplancton fournissent des informations sur la qualité des milieux aquatiques, notamment en ce qui concerne la pollution par les éléments nutritifs comme l'azote ou le phosphore (eutrophisation). Par ailleurs, les algues vertes sont utilisées en routine dans les tests de laboratoire pour l'évaluation de la toxicité des produits chimiques.

## Des espèces tolérantes aux polluants : pour les études sur les effets à long terme

La mise en évidence des effets à long terme et la compréhension des mécanismes impliqués dans les effets non létaux, notamment sur la croissance et la reproduction, impliquent l'utilisation d'organismes relativement tolérants aux polluants.

Les limnées n'ont pas de branchies et respirent, comme l'escargot terrestre, grâce à un poumon. Animaux herbivores, les limnées se nourrissent en raclant les algues microscopiques qui poussent sur les substrats immergés. Elles consomment aussi des plantes aquatiques en décomposition. Les limnées sont plus tolérantes à certains polluants que la plupart des autres invertébrés aquatiques. Ceci en fait de bons modèles pour l'étude des effets chroniques des toxiques.



**La limnée des étangs** (*Lymnaea stagnalis*)  
Mollusque gastéropode d'eau douce de grande taille (80 mm de longueur).



**Le chironome** (*Chironomus riparius*)  
Insecte de l'ordre des Diptères, proche des moustiques,  
mais dont les adultes ne piquent pas.

Les larves de chironome, communément appelées « vers de vase », se nourrissent de débris organiques. Elles contiennent de l'hémoglobine, qui leur donne une couleur rouge caractéristique. Ceci leur permet de survivre dans les mares et les rivières polluées par d'abondantes quantités de matières organiques. C'est pourquoi les larves de chironome sont considérées comme des organismes pollutotolérants.

## Des groupes d'espèces représentatifs des différents maillons des chaînes trophiques

Afin de caractériser les effets des polluants sur le fonctionnement des écosystèmes, il est essentiel de connaître la réponse de différentes communautés, producteurs primaires (phytoplancton par exemple) ou consommateurs (zooplancton).



**Le phytoplancton.** Communauté regroupant toutes les algues uni- ou pluri-cellulaires vivant en pleine eau.

Le zooplancton représente un niveau de consommateurs intermédiaire entre les producteurs primaires du phytoplancton et les animaux prédateurs. Certains des organismes zooplanctoniques sont eux-mêmes des prédateurs. La composition spécifique et l'abondance du zooplancton fournissent des informations d'une part sur la taille des algues du phytoplancton et d'autre part sur la quantité de nourriture disponible pour les prédateurs. La sensibilité des animaux du zooplancton aux toxiques est très variable, une même substance pouvant être très toxique pour un groupe et peu dangereuse pour un autre.



**Le zooplancton.** Communauté regroupant tous les invertébrés et larves de poissons vivant en suspension dans l'eau.

# Les recherches menées à l'INRA

La pollution des milieux aquatiques est un problème majeur tant pour la population humaine utilisatrice des ressources en eau que pour les populations végétales et animales pour lesquelles l'eau représente le milieu de vie.

## Lutter contre les pollutions : une démarche à long terme

La pollution des milieux aquatiques n'est pas récente. Cependant, avec une urbanisation croissante et le développement des activités industrielles et agricoles, le phénomène s'est amplifié dans la seconde moitié du xx<sup>e</sup> siècle.

En France, l'installation généralisée de stations d'épuration pour assainir les eaux usées domestiques et les effluents industriels a permis de diminuer les effets néfastes de la pollution sur les milieux aquatiques. Mais il reste encore beaucoup à faire, notamment en ce qui concerne les pollutions diffuses liées aux usages agricoles et non agricoles des pesticides.



## Environnement et espace rural : une priorité de l'INRA

Les recherches sur le fonctionnement des écosystèmes cultivés, forestiers et naturels, terrestres et aquatiques, la protection des ressources physiques (eau, sol, atmosphère) et biologiques et la gestion de l'espace rural constituent, depuis 1998, l'une des priorités de l'INRA. L'Institut leur consacre plus de 20 % de ses moyens, s'affirmant ainsi comme un organisme leader dans ces domaines.



### Un dispositif de recherche adapté

La structuration et le développement du dispositif de recherche en écotoxicologie de l'INRA repose sur 4 grandes orientations : chimie environnementale, écotoxicologie terrestre, écotoxicologie aquatique et expertise réglementaire pour l'autorisation de mise sur le marché des pesticides.



## Les recherches en écotoxicologie aquatique : comprendre les effets des polluants pour mieux en évaluer les risques

Les effets des polluants sont étudiés au niveau des individus, des populations et des communautés. L'intégration des informations recueillies à ces différents niveaux d'organisation biologique permet d'évaluer les impacts sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Ces travaux s'appuient sur des approches expérimentales en laboratoires, en écosystèmes reconstitués (micro- et mésocosmes) et sur des investigations en milieu naturel.

### Quelques exemples de recherches menées au centre INRA de Rennes



#### Ces polluants qui perturbent la reproduction des animaux

Connus sous le nom de perturbateurs endocriniens, certains polluants interagissent avec le système hormonal des animaux aquatiques dont ils perturbent la reproduction. La limnée et la gambusie sont utilisées pour étudier les effets de ces polluants.



#### Des écosystèmes reconstitués pour étudier les effets des polluants sans contaminer l'environnement

Les microcosmes et mésocosmes fournissent des conditions réalistes pour étudier les effets des polluants sur les populations, les communautés et les réseaux trophiques aquatiques.



#### Transposer les recherches au milieu naturel

Les méthodes et outils mis au point grâce aux approches expérimentales sont transposés en milieu naturel afin de prendre en compte l'influence des multiples facteurs de l'environnement sur les effets des polluants sur les organismes aquatiques.

#### Améliorer les usages des pesticides pour en réduire les risques

L'INRA s'implique dans de nombreuses études et réflexions sur les possibilités de réduire les usages des pesticides. Améliorer les pratiques culturales, optimiser les itinéraires techniques, poursuivre les recherches sur la sélection variétale, promouvoir les méthodes de lutte raisonnée, sont autant de démarches permettant d'assurer la durabilité des systèmes de production agricole et d'améliorer la sécurité des aliments tout en veillant au respect de l'environnement.