

Préface

Dans le cadre du domaine éditorial pluridisciplinaire « Système Terre – Environnement » des éditions scientifiques ISTE, nous présentons aujourd’hui une série d’ouvrages consacrée à l’écotoxicologie, coordonnée par Jeanne Garric, assistée d’un comité éditorial rassemblant des scientifiques reconnus, issus d’organismes de recherche, d’universités et d’agences nationales investis dans ce domaine de recherche¹.

Parmi les grands sujets scientifiques qui questionnent notre environnement et les brutales détériorations qu’il va subir, qu’il subit ou qu’il a subi, il est impératif de lever de nombreux verrous scientifiques et technologiques pour ce qui concerne l’analyse :

– du devenir de substances potentiellement toxiques dans l’ensemble des composantes des écosystèmes, d’origine artificielle ou naturelle (dont la répartition a pu être modifiée par l’Homme) ;

– de leurs effets sur toutes ces composantes, effets directs ou associés éventuellement à leurs métabolites ;

– des conséquences sur ces composantes des interactions entre plusieurs de ces molécules, quelles qu’en soient les doses ;

– des sensibilités respectives des acteurs de ces composantes aux différents contaminants, à leurs associations, à leurs effets au cours de longues périodes d’exposition, etc.

1. A. Bispo, C. Grand (Ademe) ; C. Bernard (MNHM) ; H. Budzinski (CNRS) ; Y. Burgeot (Ifremer) ; E.M. Gross (Université de Lorraine) ; C. Minier (ONEMA) ; C. Mougin (INRA) ; A. Péry (AgroParisTech) ; V. Poulsen (ANSES) ; E. Uher (Irstea) ; E. Thybaud (INERIS) ; M.H. Tusseau-Vuillemin (Ifremer) ; P. Vasseur (Université de Lorraine).

C'est là, pour une partie essentielle, l'objectif de cette discipline scientifique récente qu'est l'écotoxicologie, qui, au-delà de l'acquisition de connaissances sur le danger et la probabilité d'exposition aux contaminants d'origine naturelle ou anthropique, vise à prédire et prévenir les risques associés à des pollutions chimiques toxiques sur les écosystèmes, risques immédiats mais qui s'inscrivent également dans le long terme.

A l'interface entre la toxicologie et l'écologie, il s'agit bien là d'une discipline-clé, pour répondre : aux enjeux sociétaux de développement durable, aux questions relatives à la santé environnementale *via* l'exposition aux milieux et aux ressources contaminés, aux défis de la biodiversité *via* le rôle des impacts chimiques naturels et anthropiques sur les écosystèmes au long terme, aux conséquences du développement des nouvelles technologies (nouveaux matériaux, nouvelles ressources énergétiques, etc.). En cela, cette discipline se positionne en bonne place dans nombre des « objectifs de développement durable » de l'ONU.

Les besoins de connaissances, d'approches pluridisciplinaires y sont incontournables car on doit prendre en compte des systèmes multi-factoriels complexes, dans tous les milieux (hydrosphère, pédosphère, atmosphère). La modélisation doit y prendre une part essentielle. On se doit d'intégrer un grand nombre d'échelles spatiales, en suivant l'évolution de la contamination et des conditions d'habitats, d'échelles temporelles, par l'analyse d'effets différés, de l'adaptation des populations et enfin de niveaux d'organisation biologiques, de la molécule à l'écosystème, en passant par la dynamique des populations.

Bien évidemment, les nécessaires allers-retours entre prédictions et impacts réels dans les écosystèmes rendent impératifs l'élaboration et le couplage d'approches expérimentales affûtées à des observations au très long terme. Ce n'est qu'ainsi que seront élaborés des outils fiables utilisables pour la prévision des risques écologiques et la gestion concrète des milieux par les pouvoirs publics et les collectivités (par exemple la gestion des sites et sols pollués), répondant aux besoins de surveillance de la qualité de l'air et de l'eau, notamment en lien avec les directives européennes (exemple : directive-cadre sur l'eau) ou internationales (exemple : convention OSPAR, convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est).

Cette discipline s'inscrit également dans la perspective de grands enjeux internationaux sur le plan économique : standard ISO pour évaluer la qualité des milieux ou OCDE pour l'homologation des substances, en réponse au règlement européen REACH, visant à mieux protéger la santé humaine et l'environnement contre les risques liés à l'utilisation et la dissémination de toute substance chimique, industrielle ou de la vie de tous les jours.

L'écotoxicologie a ainsi de très nombreux défis à relever : de la complexité des milieux, des interactions entre molécules, du couplage transfert-transformation des contaminants, de l'analyse au long terme, notamment pour ce qui concerne les effets des faibles doses et des effets de multi-pollutions, etc. De nouveaux défis doivent aussi être relevés, par exemple l'émergence des techniques « omiques » qui permettent d'acquérir de grandes quantités de données à l'échelle moléculaire et de décrire les mécanismes à des échelles de plus en plus fines, mais qui, après leur phase de stockage, restent à interpréter. A ces défis s'ajoute tout ce qui s'adresse aux nouveaux contaminants à évaluer : nanoparticules, microplastiques, etc.

Sans vouloir, sans pouvoir être exhaustive, cette série d'ouvrages se propose de couvrir le plus vaste du champ qui s'offre à elle et de faire un état des lieux des questions, des approches et des outils actuels de l'écotoxicologie :

- la modélisation de l'exposition (biodisponibilité) ou des effets des contaminants ;
- la prise en compte de la vulnérabilité des stades de vie, de la transmission multi-générationnelle des impacts ;
- les effets des substances d'origine naturelle (microalgues ou cyanobactéries toxiques) ou anthropique (tels que les herbicides) sur le fonctionnement des communautés et des écosystèmes ;
- l'analyse des interactions entre des stressseurs multiples (par exemple agents biologiques et pollution, etc.).

Cette série illustre également les démarches et outils de la surveillance et de la gestion, avec des exemples de mise en œuvre d'indicateurs biologiques pour le suivi des milieux aquatique et terrestre, ou la prise en compte et la combinaison dans l'évaluation des risques chimiques pour les écosystèmes, des méthodes classiques et innovantes, en constante évolution.

A ce titre, cette série d'ouvrages, élaborée par des scientifiques de toutes les disciplines et organismes concernés et de haut niveau d'expertise internationale, s'est attachée à développer une approche scientifique réellement pluridisciplinaire, mais également disponible, par l'exigence de la formation et de la diffusion des connaissances, aux décideurs et gestionnaires en charge de l'homéostasie de nos écosystèmes et de notre planète.

Ces ouvrages peuvent être à l'origine d'une plus grande structuration scientifique nationale et internationale autour de ces questions cruciales, qui, en tout état de cause, nécessiteront dans les années à venir une plus grande mobilisation de moyens matériels

et humains, à même de répondre à tous ces défis de connaissance, à ces enjeux sociétaux constitutifs de la survie de notre biosphère et de l'humanité sur cette Terre.

Pour cela nous devons être reconnaissants à tous les auteurs de ces ouvrages, placés sous l'attentive autorité de Jeanne Garric. Ils ont fait œuvre opportune et précieuse.

André MARIOTTI
Professeur émérite à l'université Pierre et Marie Curie
Membre honoraire de l'Institut universitaire de France

Introduction

Les premiers travaux de recherche sur les effets biologiques en milieu aquatique trouvent leur origine à la fin du XIX^e siècle, lors de la révolution industrielle, avec l'observation de tolérances d'espèces et de communautés réalisées par le naturaliste anglais Stephen Alfred Forbes [FOR 87] afin de caractériser des zones de pollution chimique en rivière. L'Angleterre, premier pays fortement industrialisé, a pu observer la disparition des saumons de ses rivières, comme l'atteste le rapport de la Commission royale dès 1861 (Royal Commission, 1861) et a utilisé ces observations pour juger de la qualité des cours d'eau [NYL 96]. La prise de conscience des gouvernements concernant les problèmes environnementaux posés par la pollution chimique s'est fortement accrue dans les années 1950 [SQU 83]. Plusieurs conférences internationales lancées sur la prévention de la pollution de la mer par les produits pétroliers à Londres en 1954, suivies de la convention sur les hautes mers, de la convention sur les eaux territoriales et zones voisines et de la convention sur le plateau continental ont sensibilisé les pouvoirs législatifs des pays européens et nord-américains [FOR 97]. Cependant, ce n'est que dans les années 1970 que le paradigme de l'écotoxicologie (effets toxiques de polluants naturels ou synthétiques sur les organismes vivants dans l'écosystème) est né [MOL 84] à la suite de problèmes de santé publique et de perturbations de populations animales provoqués par des polluants. Le Français René Truhaut qui présidait le comité scientifique de la Communauté européenne sur l'écotoxicité et la toxicité des produits chimiques a beaucoup influencé l'émergence des premiers concepts de l'écotoxicologie [TRU 77]. Selon René Truhaut, le mot « écotoxicologie » a été inventé pendant une réunion tenue en juin 1969 par le comité *ad hoc* de l'International Council of Scientific Unions dont il était membre. Les premières actions significatives de réglementation

qui en découlaient ont été engagées pour la maîtrise des composés déversés dans l'environnement au début du XX^e siècle à la suite d'accidents dont certains ont marqué l'histoire de la contamination chimique de l'environnement. Ainsi, la maladie de Itaï-Itaï au Japon en raison d'intoxication par le cadmium, les effets biologiques du DDT sur les chaînes trophiques terrestres, pesticides intensément utilisés au début de la Seconde Guerre mondiale contre les insectes ravageurs des cultures et porteurs de maladies (malaria, typhus, etc.) ou encore la contamination des eaux de la baie de Minamata par le méthylmercure dans les années 1950-1970 au Japon. Sur les côtes françaises, l'exemple de la pollution accidentelle du pétrolier Amoco Cadiz en 1978 et de la catastrophe écologique associée fut à l'origine de nouvelles procédures de surveillance marine des effets biologiques dans le cadre du Réseau national d'observation (RNO 1996). La contamination chronique par le Tributylétain (TBT) des huîtres du bassin d'Arcachon constitue une illustration emblématique d'une contamination spécifique qui fut à l'origine de la réglementation d'usage restreint des peintures antisalissures au TBT sur les coques de bateaux [ALZ 98].

L'écotoxicologie est une discipline de recherche qui s'est construite avec la nécessité de produire des connaissances et des outils pour répondre notamment à une démarche de risque chimique environnemental et de santé humaine. Des travaux de normalisation ont ainsi été menés au niveau national avec l'AFNOR et au niveau international avec l'ISO et l'OCDE. Une cinquantaine de bio-essais aquatiques ont été publiés par l'AFNOR, dont seulement une petite dizaine pour le milieu marin. Quant aux milieux terrestre et aérien, les développements sont encore plus récents : les travaux de normalisation n'ont démarré qu'au début des années 2000. Finalement, les bio-essais normalisés AFNOR et les lignes directrices de l'OCDE rassemblent une centaine de tests de laboratoire utilisés par les gouvernements, l'industrie et les laboratoires indépendants pour caractériser les dangers et les risques potentiels des nouvelles substances chimiques. Ces bio-essais normalisés sont appliqués dans le cas de réglementations des effets sur la santé des organismes et de notifications ou d'enregistrements des produits chimiques (REACH1907/2006/CE). Parallèlement se sont développés des indicateurs biologiques (biomarqueurs) et des normes pour la gestion de l'environnement en vue de surveiller la qualité des milieux, de détecter l'exposition des organismes vivants à la contamination chimique et d'en caractériser les effets sur les populations et les communautés dans leurs habitats.

Cet ouvrage vise à présenter les différentes stratégies développées sur les matrices eau, sol et air en décrivant pour chacune d'elles les niveaux de connaissance, les outils et les démarches disponibles, mais également en présentant des cas concrets d'utilisation.

Bibliographie

- [ALZ 98] ALZIEU C., « Tributyltin: case study of a chronic contaminant in the coastal environment », *Ocean & Coastal Management*, n° 40, p. 23-36, 1998.
- [FOR 87] FORBES S.A., « The lake as a microcosm », *Bulletin of the Scientific Association*, p. 77-87, 1887.
- [FOR 97] FORBES V.E., FORBES T.L., *Écotoxicologie : théorie et applications* (traduit par Jean Louis Rivière), INRA, Versailles, 1997.
- [MOL 84] MOLLE L., « Éloge du Professeur René Truhaut », *Revue d'histoire de la pharmacie*, n° 262, p. 340-348, 1984.
- [NYL 96] NYLANDER W., *Les lichens des environs de Paris*, Librairie des Sciences Naturelles Paul Klincksieck, Paris, 1896.
- [SQU 83] SQUIRES D.F., *The Ocean Dumping Quandary: Waste Disposal in the New York Bight*, State University of New York press, Albany, 1983.
- [TRU 77] TRUHAUT R., « Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives », *Ecotoxicology and Environmental Safety*, n° 1, p. 151-73, 1977.