

THESE

Présentée à l'Université de Metz en vue de l'obtention du grade de :

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE METZ

Mention : Sciences de la Vie

Spécialité : Toxicologie de l'Environnement

par

Jacques MERSCH

Titre

MODALITES D'UTILISATION DE **LA MOULE ZEBREE *DREZSENA POLYMORPHA***
EN TANT QU'INDICATEUR BIOLOGIQUE DE LA CONTAMINATION DES
ECOSYSTEMES D'EAU DOUCE PAR LES METAUX LOURDS

COMPARAISON AVEC UN AUTRE TYPE D'ORGANISMES SENTINELLES,
LES MOUSSES AQUATIQUES

Etude dans le bassin de la Moselle

Soutenue le 24 novembre 1993 devant la commission d'examen :

| | | |
|----------------------|--|--|
| Président : | Jean-Claude Pihan | Professeur à l' Université de Metz Directeur de thèse |
| Rapporteurs : | Peter Nagel Christophe Mouvet | Professeur à l' Université de la Sarre Docteur ès Sciences, B.R.G.M. Orléans |
| Examineurs : | Paule Vasseur Paul Hansen Marc Babut | Professeur à l' Université de Metz Directeur de l' Administration Luxembourgeoise de l' Environnement Ingénieur d'études à l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse |

SOMMAIRE

| | page |
|---|------|
| AVANT-PROPOS | |
| Préambule | 13 |
| Présentation du sujet : l' intérêt des indicateurs biologiques | 13 |
| CHAPITRE 1: ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE | |
| 1. Introduction générale : la pollution de l'environnement par les métaux et les effets sur les organismes vivants. | 17 |
| 2. Choix des mollusques bivalves comme indicateurs biologiques | |
| 2.1. Concept de la bioindication | 20 |
| 2.2. Mécanisme physiologique de la bioaccumulation des micropolluants métalliques | 21 |
| 2.2.1. Absorption du métal | 21 |
| 2.2.2. Détoxification et Elimination du métal | 21 |
| 2.2.3. Bioaccumulation | 23 |
| a) Exemple du cadmium | 23 |
| b) Exemple du cuivre | 25 |
| c) Exemple du plomb | 26 |
| 2.2.4. Synthèse | 27 |
| 2.3. Avantages et inconvenients liés aux indicateurs biologiques en général et aux bivalves en particulier | 27 |
| 2.3.1. Spéciation des métaux | 27 |
| 2.3.2. Réaction comportementale du bivalve face à son milieu | 28 |
| 2.3.3. Régulation des Cléments métalliques | 30 |
| 2.3.4. Variabilité biologique | 30 |
| 2.35. Influence du cycle biologique | 31 |
| 2.3.6. Synthèse | 32 |
| 3. Présentation du bivalve d'eau douce <i>Dreissena polymorpha</i> | |
| 3.1. Historique | 33 |
| 3.2. Reparti tion géographique | 33 |
| 3.3. Biologie | 35 |
| 3.4. Synthèse | 37 |
| 4. Un autre indicateur biologique : les bryophytes aquatiques | 38 |

| | |
|--|----|
| 5. Notion d'indication biologique dans les dispositions légales communautaires sur la protection des eaux de surface | 39 |
|--|----|

CHAPITRE II : OBJECTIF DES EXPERIENCES
PRESENTATION DES SITES D'ETUDE
MATERIEL ET METHODES

| | |
|--|----|
| 1. Présentation hiérarchique des expériences | |
| 1.1. Etude de laboratoire | 43 |
| 1.2. Echantillonnage d'organismes autochtones ou surveillance biologique passive | 43 |
| 1.3. Transfert d'organismes indicateurs ou surveillance biologique active | 44 |
| 1.4. Comparaison entre deux organismes sentinelles : la moule zébrée et les mousses aquatiques | 44 |
| 1.5. Signification Ccotoxicologique du compartiment <i>Dreissena polymorpha</i> au sein de l'écosystème | 44 |
| 1.6. Récapitulatif | 45 |
| 2. Procédures expérimentales | |
| 2.1. Collectes sur le terrain | 45 |
| 2.1.1. Rcol te des moules zébrées | 45 |
| a) Critère de sélection des individus | 45 |
| b) Populations de référence | 45 |
| c) Prélèvement de dreissènes | 46 |
| 2.1.2. Prélèvement d'échantillons d'eau | 46 |
| 2.1.3. Récolte des mousses | 46 |
| 2.2. Expérience de laboratoire : exposition de moules et de mousses au cuivre et au cadmium (Exp. 2) | 47 |
| 2.2.1. Collecte et conditionnement des organismes | 47 |
| 2.2.2. Dispositif expérimental | 47 |
| 2.2.3. Prélèvements et analyses d'eau | 50 |
| 2.2.4. Physiologie des organismes | 51 |
| 2.2.5. Prélèvements et analyses des organismes | 51 |
| 2.3. Surveillance biologique passive | 51 |
| 2.3.1. Profil longitudinal de la Moselle (Exp. 3) | 51 |
| 2.3.2. Profil dans le temps de la retenue du Mirgenbach (Exp. 4) | 53 |
| 2.4. Surveillance biologique active | 53 |
| 2.4.1. Etude de la Wiltz (Exp. 6) | 53 |
| a) Présentation du site | 53 |
| b) Collecte et transfert des organismes indicateurs | 55 |

| | |
|--|-----------|
| c) Entretien du dispositif expérimental | 57 |
| d) Protocole des prélèvements | 57 |
| e) Etude de la qualité physico-chimique et biologique de la Wiltz | 58 |
| f) Prélèvements d'échantillons d'eau destinés au dosage des métaux | 59 |
| g) Prélèvement des organismes indicateurs | 59 |
| h) Paramètres biologiques d'évaluation de la condition des moules | 59 |
| 2.4.2. Etude de la retenue du Mirgenbach (Exps. 4 et 5) | 60 |
| a) Présentation du site | 60 |
| b) Surveillance passive dans le temps | 61 |
| c) Comparaison entre la population autochtone et trois populations transférées | 61 |
| 2.4.3. Etude de la Meurthe et de la Plaine (Exp. 7) | 62 |
| a) Présentation du site | 62 |
| b) Transfert des organismes, prélèvements et analyses | 62 |
| 2.4.4. Seconde étude de la Wiltz (Exp. 8) | 64 |
| 3. Techniques analytiques | |
| 3.1. Préparation des moules et mesures biométriques | 64 |
| 3.2. Préparation des mousses | 65 |
| 3.3. Analyse des métaux dans les échantillons d'eau | 66 |
| 3.4. Analyse des métaux dans les organismes | 66 |
| 3.5. Particularités adoptées lors de l' expérience de laboratoire | 68 |
| 4. Traitement des données | 68 |
| Aide-mémoire | 69 |
| CHAPITRE III : PRESENTATION DES RESULTATS | |
| DISCUSSION | |
| CONCLUSION ET ENSEIGNEMENTS PRATIQUES | |
| Remarque préliminaire | 73 |
| 1. Détermination des concentrations métalliques de référence dans <i>Dreissena polymorpha</i> (Exp. 1) | |
| 1.1. Rappel de l'objectif | 73 |
| 1.2. Présentation des résultats | 73 |
| 1.3. Discussion | 73 |
| 1.4. Conclusion et enseignements pratiques | 75 |

| | |
|--|-----|
| 2. Accumulation et Climination du cuivre et du cadmium dans la moule <i>Dreissena polymorpha</i> et dans la mousse <i>Rhynchostegium riparioides</i> (<i>Exp. 2</i>) | |
| 2.1. Rappel des objectifs | 77 |
| 2.2. Présentation des résultats | 77 |
| 2.2.1. Conditions expérimentales | 77 |
| 2.2.2. Physiologie des organismes | 80 |
| 2.2.3. Concentrations métalliques dans les organismes | 80 |
| a) Phase d'exposition | 81 |
| b) Phase de post-exposition | 84 |
| 2.2.4. Relations eau/organismes et moules/mousses | 84 |
| 2.3. Discussion | 85 |
| 2.3.1. Conditions expérimentales | 85 |
| 2.3.2. Mousses | 86 |
| 2.3.3. Moules | 88 |
| 2.4. Conclusion et enseignements pratiques | 90 |
| 3. Profil longitudinal de la Moselle : surveillance passive (<i>Exp. 3</i>) | |
| 3.1. Rappel de l'objectif | 91 |
| 3.2. Présentation des résultats | 91 |
| 3.3. Discussion | 93 |
| 3.4. Conclusion et enseignements pratiques | 95 |
| 4. Etude de la retenue du Mirgenbach : de la surveillance passive vers la surveillance active (<i>Exps. 4 et 5</i>) | |
| 4.1. Rappel des objectifs | 95 |
| 4.2. Surveillance passive dans le temps (<i>Exp. 4</i>) | 97 |
| 4.2.1. Présentation des résultats | 97 |
| 4.2.1.1. Condition physiologique des dreissènes autochtones | 97 |
| 4.2.1.2. Contamination de la retenue par le cuivre et interférence entre les données biométriques et écotoxicologiques | 97 |
| a) Profils de contamination dans l'eau et dans les moules | 97 |
| b) Remplacement des concentrations par les contenus métalliques dans les moules | 100 |
| c) Relation entre les concentrations en cuivre dans l'eau et celles dans les organismes | 100 |
| d) Calcul d'un flux métallique | 101 |
| 4.2.1.3. Contamination de la retenue par d'autres métaux | 101 |
| a) Zinc | 101 |
| b) Cadmium | 103 |

| | |
|--|-----|
| c) Plomb | 103 |
| d) Fer | 107 |
| e) Nickel | 107 |
| 4.2.2. Discussion | 107 |
| 4.2.2.1. Données biométriques | 107 |
| 4.2.2.2. Données écotoxicologiques | 107 |
| 4.3. Surveillance active : validation de la technique des transferts (<i>Exp. 5</i>) | 111 |
| 4.3.1. Présentation des résultats | 111 |
| 4.3.1.1. Condition physiologique des dreissènes transférées | 111 |
| a) Mortalité | 111 |
| b) Capacité de fixation | 113 |
| c) Indice de condition | 113 |
| d) Comparaison entre les paramètres biologiques | 113 |
| 4.3.1.2. Profils de contamination dans les moules | 115 |
| a) Cuivre | 115 |
| b) Zinc | 117 |
| 4.3.2. Discussion | 117 |
| 4.3.2.1. Données biométriques | 117 |
| 4.3.2.2. Données écotoxicologiques | 119 |
| 4.4. Conclusion et enseignements pratiques | 120 |
| 4.4.1. Surveillance passive | 120 |
| 4.4.2. Surveillance active | 121 |
| 5. Etude de la Wiltz : surveillance active (<i>Exp. 6</i>) | |
| 5.1. Rappel des objectifs | 123 |
| 5.2. Présentation des résultats | 123 |
| 5.2.1. Qualité de l'eau de la rivière | 123 |
| 5.2.2. Condition physiologique des moules transférées | 125 |
| a) Mortalité | 125 |
| b) Capacité de fixation | 126 |
| c) Poids sec des parties molles | 126 |
| d) Relation entre les descripteurs de condition et comparaison entre les stations | 126 |
| 5.2.3. Profils des micropolluants métalliques dans l'eau, dans les moules et dans les mousses | 127 |
| a) Cadmium | 129 |
| b) Chrome | 129 |
| c) Cuivre | 129 |
| d) Plomb | 133 |

| | |
|---|-----|
| e) Etain | 133 |
| f) Traitement statistique | 133 |
| 5.3. Discussion | 135 |
| 5.3.1. Données biométriques | 135 |
| 5.3.2. Données écotoxicologiques | 137 |
| 5.4. Conclusion et enseignements pratiques | 140 |
| 6. Etude de la Meurthe et de la Plaine : deuxième exemple de surveillance active (Exp. 7) | |
| 6.1. Rappel des objectifs | 142 |
| 6.2. Présentation des résultats | 143 |
| 6.2.1. Condition physiologique des moules transférées | 143 |
| 6.2.2. Profils de contamination des moules et des mousses | 143 |
| a) Chrome | 143 |
| b) Nickel | 144 |
| c) Plomb | 145 |
| d) Zinc | 145 |
| 6.3. Discussion | 145 |
| 6.4. Conclusion et enseignements pratiques | 149 |
| 7. Seconde expérience de transfert de moules et de mousses dans la Wiltz (Exp. 8) | |
| 7.1. Rappel des objectifs | 150 |
| 7.2. Moules zébrées | 151 |
| 7.2.1. Présentation des résultats | 151 |
| 7.2.1.1. Poids sec des parties molles | 151 |
| 7.2.1.2. Profils de contamination | 151 |
| a) Cadmium | 151 |
| b) Chrome | 153 |
| c) Cuivre | 153 |
| d) Plomb | 153 |
| e) Zinc | 153 |
| f) Remarques complémentaires | 153 |
| 7.2.2. Discussion | 155 |
| 7.2.2.1. Données biométriques | 155 |
| 7.2.2.2. Données écotoxicologiques | 155 |
| 7.3. Mousses | 157 |
| 7.3.1. Présentation des résultats | 157 |
| 7.3.2. Discussion | 157 |
| 7.4. Conclusion et enseignements pratiques | 157 |

CHAPITRE IV : SYNTHESE

| | |
|---|------------|
| 1. Propriétés indicatrices de la moule zébrée | |
| 1.1. Comportement | 161 |
| 1.2. Capacité d'intégration d'une contamination | 161 |
| 1.3. Régulation intracellulaire | 162 |
| 2. Interférence entre le cycle biologique et le bilan Ccotoxicologique | |
| 2.1. Biologie de la dreissbne | 163 |
| 2.2. Conséquence de la biologie sur les données Ccotoxicologiques | 163 |
| 2.3. Choix du critère | 163 |
| 3. Comparaison des supports analytiques utilisés | |
| 3.1. Relation entre la contamination du milieu et la détection par les moules zébrées | 164 |
| 3.2. Signification écotoxicologique du compartiment moule | 165 |
| 3.3. Signification des échantillons d'eau | 165 |
| 3.4. Comparaison entre les caractéristiques indicatrices des moules et des mousses | 165 |
| 4. Stratégies de la surveillance biologique | |
| 4.1. Concepts d'utilisation de la moule zébrée | 166 |
| 4.1.1. Surveillance passive | 166 |
| 4.1.2. Surveillance active | 167 |
| 4.1.2.1. Avantages du concept et faisabilité technique | 167 |
| 4.1.2.2. Etat physiologique des moules | 167 |
| 4.1.2.3. Concentration et contenu métalliques | 168 |
| 4.2. Surveillance active simultanée avec les moules et les mousses | 168 |
| 5. Outil de hiérarchisation des données écotoxicologiques | |
| 5.1. Concentrations métalliques de référence dans la moule zébrée | 169 |
| ^a 5.2. Grille de qualité relative aux moules zébrées | 170 |
| 5.2.1. Remarques préliminaires | 170 |
| 5.2.2. Définition des différentes classes | 170 |
| 5.2.3. Justification des limites de classe pour le cadmium et le cuivre | 171 |
| a) Cadmium | 171 |
| b) Cuivre | 173 |
| 5.2.4. Classes de qualité | 173 |
| 5.3. Facteurs de pollution | 174 |
| 5.3.1. Définitions | 174 |
| 5.3.2. Application | 174 |
| 5.3.3. Avantages et inconvénients | 175 |

| | |
|---|-----|
| 5.4. Grille de qualité relative aux mousses aquatiques | 175 |
| 5.4.1. Présentation des grilles existantes | 175 |
| 5.4.2. Mise au point d'une nouvelle grille | 176 |
| 5.4.3. Remarques complémentaires | 178 |
| 6. Modalités d'utilisation des indicateurs biologiques | |
| 6.1. Difficultés de terrain | 179 |
| 6.2. Décision de la stratégie à adopter et mise en oeuvre | 180 |
| 6.2.1. Localisation précise des stations d'étude | 180 |
| 6.2.2. Surveillance passive ou active | 180 |
| 6.3. Démarche pratique et mesures à réaliser | 181 |
| 6.3.1. Biométrie des moules | 181 |
| 6.3.2. Epoque de l'étude | 181 |
| 6.3.3. Protocole d'exposition des dreissbnes | 181 |
| 6.3.4. Protocole d'exposition sumultanée de moules et de mousses | 183 |
| 6.4. Résumé des différentes Ctapes de la surveillance active | 183 |
| 6.4.1. Protocole relatif aux moules | 183 |
| 6.4.2. Protocole relatif aux mousses | 184 |
| 7. Législation européenne | 184 |
| CONCLUSION GENERALE | 187 |
| PERSPECTIVES | 189 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 193 |
| ANNEXES | |
| ‡ 1. Résumés des publications présentées dans le texte | 205 |
| 2. Résumé anglais | 213 |

AVANT-PROPOS

Préambule

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherche du Centre de Recherches Ecologiques de l'Université de Metz lancé en 1981 (Léglize et Ollivier, 1981). Son objectif consiste à définir le mollusque bivalve d'eau douce *Dreissena polymorpha* comme indicateur biologique de pollutions chimiques.

Dans cette optique, une première étude de terrain a été réalisée sur la rivière Orne dans le but de vérifier les facultés d'accumulation de micropolluants métalliques par la moule zébrée (Nourisson *et al.*, 1985; Léglize et Crochard, 1987). Sous la direction scientifique du Professeur Jean-Claude Pihan, quatre thèses ont été réalisées. Les deux premières portent sur l'étude en conditions expérimentales des cinétiques et des mécanismes d'accumulation du zinc (Maarouf, 1988) et du plomb (Benyahia, 1991). Par ailleurs, Tourari (1988) s'est intéressé au cycle de reproduction de l'espèce et aux paramètres extérieurs, notamment la température, susceptibles de l'influencer. Enfin, Mouabad (1991) a mis au point un système d'alerte basé sur l'activité de filtration de la dreissène. Cette méthode permet de tester la toxicité subaiguë de substances chimiques ou d'effluents complexes. Aux thèses s'ajoutent plusieurs mémoires de D.E.A. et de D.A.A. sur l'accumulation de métaux (Dauce et Hénard, 1984; Giamberini, 1987; Théobald, 1988; Mersch, 1989), de composés organochlores (Jeanjean, 1989) et de radionucléides (Spor, 1989). Ebersveiller (1988) s'est intéressée plus particulièrement à la physiologie respiratoire et nutritionnelle de la dreissène. Enfin, d'autres études de thèse sur l'accumulation des métaux, leurs effets histopathologiques et leur localisation cellulaire sont actuellement en cours (Crochard, Léglize, Giamberini).

Présentation du sujet : l'intérêt des indicateurs biologiques

Les micropolluants sont soit des substances exclusivement d'origine anthropique (composés organochlorés, radionucléides artificiels), soit des composés présents à l'état naturel mais dont les concentrations dans le milieu ont été modifiées par les activités humaines (métaux lourds, radionucléides naturels). La récente édition du traité de Ramadé (1992) présente une synthèse de la discipline nouvelle qu'est l'écotoxicologie.

Comme leur nom l'indique, la toxicité (aiguë ou chronique) de ces polluants trace s'exprime à de très faibles concentrations dans l'environnement. C'est grâce à l'amélioration des techniques analytiques au début des années 70 que leur impact biologique sur les biocénoses a pu être mis en évidence. Ces substances présentent en effet des propriétés de bioconcentration et, pour certaines, de biomagnification, c'est-à-dire un pouvoir d'enrichissement à travers la chaîne trophique. Ces constatations imposent que l'on s'intéresse au devenir des micropolluants dans les écosystèmes et à la mise au point d'outils d'investigation performants

- x permettant de détecter leur **présence** et leur **persistance** (aspect qualitatif) et d'évaluer leur nuisance (aspect quantitatif) à tous les niveaux de l'**écosystème**.

Les analyses directes des micropolluants comportent plusieurs difficultés méthodologiques. D'abord, les concentrations dans les compartiments inertes des écosystèmes, l'eau, l'air et le sol, se trouvent souvent proches ou en-dessous des limites de détection des appareils, si bien que la fiabilité des mesures n'est pas **assurée**. Ensuite se pose le **problème** de la représentativité des échantillons instantanés, surtout dans les compartiments qui évoluent continuellement sous l'influence **d'événements** météorologiques ou de rejets industriels intermittents (par exemple l'air, l'eau ou les sédiments de rivière). Enfin, les analyses des compartiments inertes ne renseignent pas sur l'impact des **contaminants** sur la **biocénose**. Elles mesurent la quantité totale du polluant et non pas la fraction biodisponible, active et donc potentiellement nuisible.

Une technique d'investigation plus performante qui permet de répondre aux trois critiques principales formulées à l'encontre des mesures directes, consiste à utiliser des organismes dits sentinelles ou indicateurs biologiques. En effet, (1) les polluants traces sont accumulés à des concentrations nettement supérieures aux niveaux ambiants, (2) de par leur présence permanente, les **organismes** fournissent une indication moyenne d'une situation de pollution, qui est, dans une certaine mesure, intégrée dans le temps et (3) les micropolluants accumulés dans l'organisme ont **été**, par **définition**, biodisponibles ; leur concentration constitue par conséquent une mesure de l'impact biologique.

Néanmoins, l'**analyse** indirecte des micropolluants dans les tissus d'indicateurs biologiques ne représente pas non plus la solution miracle. Des difficultés d'un autre type apparaissent, dans la mesure où les organismes vivants ne restent pas sans défense face aux agressions **extérieures**. Des réactions, tant au niveau comportemental qu'au niveau physiologique, sont à prendre en compte pour une évaluation correcte de l'impact d'une contamination.

L'objectif de ce travail consiste à définir les modalités d'utilisation de la moule d'eau douce ***Dreissena polymorpha*** en tant qu'indicateur biologique vis-à-vis des métaux lourds. Plusieurs situations sont envisageables : le suivi d'une population autochtone dans l'espace ou dans le temps ou bien le transfert d'organismes à partir d'un site de **référence** vers un cours d'eau dépourvu de population indigène. A trois reprises, des transferts simultanés de moules zébrées et de mousses aquatiques ont **été réalisés** dans le but de comparer les capacités indicatrices, les avantages et les inconvénients de deux organismes dont les mécanismes d'accumulation sont fondamentalement **différents**. Enfin, une grille de qualité à quatre niveaux est proposée (pour les deux organismes) en tant qu'outil de **hiérarchisation** et donc **d'interprétation** de résultats d'inventaires tels que ceux **réalisés** par les Agences de l'**Eau** et par les commissions de protection des rivières internationales.

Conclusion générale

La moule **zébrée** *Dreissena polymorpha* fournit un bilan biologique intégré de l'état de pollution de son milieu environnant par les micropolluants **métalliques**. L'indication est **modulée** d'une part par les caractéristiques des épisodes successifs de contamination, et d'autre part par les moyens de lutte dont dispose l'animal. La **première barrière** protectrice est une **réaction** comportementale **qui permet à** la moule de **réduire** le contact avec un environnement défavorable par une diminution de l'**activité** de filtration. Si le métal n'est pas détecté ou bien si la pollution persiste, l'animal s'intoxique en fonction de l'**intensité** et de la **durée** de la contamination dans le milieu ambiant. En cas de forte pollution, le système de contrôle **métabolique** des **métaux** trace n'est pas suffisamment efficace pour éviter une accumulation. Toutefois, le **mécanisme** de recherche permanente de l'**homéostasie** métallique intracellulaire lui permet de retrouver progressivement les niveaux de base dans ses tissus lorsque la qualité de l'eau s'améliore.

Le cycle biologique de la dreissène se **caractérise** par de fortes variations de poids sec. Ces changements de condition ont une influence **considérable** sur les données écotoxicologiques lorsque celles-ci sont **exprimées** en **terme** de concentration. Un raisonnement sur la base des contenus de métal dans la moule permet de distinguer les variations dues **à** une accumulation ou **à** une élimination réelles des variations virtuelles liées **à** une évolution du poids des animaux.

Différentes stratégies de surveillance biologique sont envisageables. La surveillance passive, qui consiste **à** échantillonner des populations autochtones, **présente** un **intérêt** indéniable pour suivre l'**évolution** des niveaux de pollution d'un bassin dans l'espace et dans le temps. La limite de ce type **d'étude** est son application exclusive aux **rivières colonisées** par l'**espèce**. La technique de transfert permet **d'étendre** la **méthode** de l'indication biologique avec la moule **zébrée** **à** des sites dépourvus de populations naturelles. La surveillance active **présente** en outre les avantages de pouvoir choisir sans contrainte l'emplacement précis des stations et de pouvoir réaliser des **études limitées** dans le temps, seules capables d'évaluer la qualité **récente** d'un site.

Lors **d'études** de surveillance, et plus **particulièrement** dans le cas de moules **transférées**, l'**évaluation** de l'**état** physiologique des animaux est **recommandée**. Le comportement des **dreissènes** constitue une réponse biologique en soi qui renseigne sur la **qualité** de l'**environnement** qu'elles affrontent. Dans le présent travail, trois descripteurs simples, la **mortalité**, la **capacité** de fixation et le poids sec (nécessaire pour calculer le contenu **métallique**), ont permis de **décrire** la condition **générale** des moules sans faire appel **à** des moyens sophistiqués.

La surveillance biologique peut être affinée par l'utilisation simultanée d'un second indicateur : les mousses aquatiques. De plusieurs points de vue, en effet, les deux organismes sentinelles peuvent être **considérés** comme **complémentaires**. Leur différence fondamentale réside dans la **capacité d'intégration** d'un **événement** de pollution dans le temps : la réponse est rapide et relativement éphémère chez les mousses, lente et plus durable chez les moules. Ces caractéristiques spécifiques offrent la possibilité de détecter différents types de pollution. Ainsi, les mousses peuvent être avantageusement utilisées pour surveiller des épisodes de pollution de courte **durée** tandis que les moules sont plus **appropriées** pour mesurer un impact biologique **à** moyen terme. Le protocole **d'étude** proposé dans le cadre du **présent** travail tente d'exploiter au mieux les **propriétés** indicatrices propres **à** chacun des deux organismes.

L'**interprétation** des données recueillies sur le terrain avec les indicateurs est **réalisée** **à** l'aide de grilles de **qualité**. Le concept de base adopté pour établir les deux grilles **à** 4 niveaux consiste **à** distinguer clairement deux types de situations. La première **catégorie** de sites englobe les cas depuis une situation d'absence de contamination (classe 1) jusqu'à une suspicion très forte de pollution (limite **supérieure** de la classes 2). Les niveaux 3 et 4 regroupent les sites pour lesquels la situation de pollution est établie. La limite entre les deux **dernières** classes est **destinée** **à** apporter une **appréciation** quantitative de la pollution observée (certaine ou importante). Il faut préciser que dans le cas des moules, l'**interprétation** est **réalisée** sur la base des concentrations **métalliques**. En effet, c'est bien la concentration des **métaux** dans les tissus, et non pas le contenu **métallique**, qui **représente** la **réalité** toxicologique **à** laquelle la moule fait face. En outre, la concentration intègre l'influence double que subissent les animaux transférés en aval d'une source de pollution, **à** savoir l'impact des conditions **générales** du milieu sur leur condition physiologique (voir plus haut) et celui de la contamination spécifique de l'eau par les micropolluants **métalliques**.

Il faut insister sur le fait qu'une grille de qualité constitue un outil de travail destiné **à hiérarchiser** les **données** de routine recueillies sur le terrain. Bien qu'ils aient **été** établies avec un maximum de rigueur, les **différents** niveaux ne correspondent pas **à** des **évidences** biologiques. Ils peuvent donc être remis en cause **à** la lumière de nouveaux résultats.

Perspectives

Des travaux supplémentaires de recherche sont **nécessaires** pour apporter des réponses plus complètes dans plusieurs domaines. Parmi les points les plus importants qu'il s'agit d'**élucider en priorité**, il faut citer :

- * la relation entre l'**activité** de filtration des moules et l'accumulation des **métaux**. En effet, cette relation est complexe et non **dépourvue** d'une certaine contradiction. D'une part, une **activité élevée** favorise la **pénétration** de micropolluants, mais stimule également les performances métaboliques de leur élimination. D'autre part, une protection comportementale de l'animal diminue l'accumulation, mais le **métabolisme énergétique nécessaire** à la prise en charge des toxiques risque d'être très vite **défaillant**.
- * la relation entre le taux de **mortalité** des moules et la **qualité** biologique du milieu. Si l'existence d'une corrélation entre ces deux **paramètres** est confirmée, elle permettrait de prévoir, dans une certaine mesure, la faisabilité biologique d'une étude de surveillance active.
- * les possibilités dont dispose la moule à exporter une partie des métaux physiologiques, mais également non physiologiques, avec les produits sexuels.
- * la mise au **point** d'indices de stress physiologique simples, mais plus spécifiques que ceux utilisés dans ce travail.
- * l'étude de la variabilité **génétique** entre les populations de dreissenés de différents sites.

Un autre objectif prioritaire consiste à valider les **stratégies** et les **modalités** d'utilisation des deux organismes sentinelles. Une ou plusieurs **études** de surveillance (active et passive) à **complexité** maximale permettraient également de **vérifier** la pertinence des **grilles** de qualité **proposées**. Par ailleurs, il faut continuer les prospections pour **compléter** les grilles de **qualité** pour d'autres **métaux**, comme l'arsenic, l'étain ou le mercure.

Les travaux du Centre de Recherches Ecologiques ont permis de mettre au point diverses techniques écophysiologicals et **écotoxicologiques** à partir d'un support commun qui est la moule **zébrée**. La **toxicité** létale, aiguë, subaiguë - et de façon plus **générale** le potentiel de croissance - sont **étudiés** par respirométrie (Mouabad, 1991; Mouabad et Mersch, 1991; Mouabad et Pihan, 1992). Au niveau cellulaire, des systèmes enzymatiques spécifiques activés par la présence de polluants rendent compte d'un stress **métabolique** (Giamberini, en **préparation**). Au niveau de l'individu, ce sont les changements **biométriques** (Léglize et Crochard, 1987; ce travail) et plus spécifiquement l'organisation du tissu gonadique (Tourari, 1988; Tourari *et al.*, 1988) qui **reflètent** l'état physiologique de l'animal. La **toxicité** chronique, plus **précisément** les **propriétés** de bioaccumulation de plusieurs **catégories** de composés ont **été étudiées**, notamment les **métaux** (Léglize et Crochard, 1987; Mersch, 1989;

ce travail) les substances organochlorées (Jeanjean, 1989) et les radionucléides (Spor, 1989).

Ce bref descriptif non exhaustif montre que la moule **zébrée** fournit à elle seule toute une batterie de tests **in vitro** comme **in situ**. Ces différentes **méthodes** offrent la **possibilité** de **réaliser** une surveillance intégrée qui englobe plusieurs formes de **toxicité**. La moule d'eau douce peut donc être **considérée** comme un indicateur biologique multifacé. L'intérêt comparé et les modalités d'utilisation de ces différentes techniques sur le terrain pourraient être analysés lors d'une même étude de surveillance.

Enfin, on peut envisager une extension de la méthode de l'indication biologique en milieu d'eau douce à d'autres groupes de composés comme les dioxines ou les **AOx** (terme **désignant** l'ensemble des organohalogénés) ou même à d'autres expressions de la toxicité, comme la **génotoxicité**.

adverse health effects

Auteur : Jacques MERSCH

Année : 1993

Titre :

Modalités d'utilisation de la moule zébrée *Dreissena polymorpha* en tant qu'indicateur biologique de la contamination des écosystèmes d'eau douce par les métaux lourds. Comparaison avec un autre type d'organismes sentinelles, les mousses aquatiques. Etude dans le bassin de la Moselle.

Résumé

La moule **zébrée *Dreissena polymorpha*** fournit un bilan biologique **intégré** de l'état de pollution de son milieu environnant par les micropolluants **métalliques**. L'indication est modulée par les **caractéristiques (intensité et durée)** des **épisodes** successifs de contamination et par les moyens de lutte dont dispose l'animal. **Différentes stratégies** de surveillance biologique sont **discutées**. La technique de transfert de moules (surveillance active) est **particulièrement intéressante**, car elle permet **d'étendre** la méthode à des sites **dépourvus** de populations naturelles de **l'espèce**. Dans ce cas, il y a **possibilité** de mesurer un impact double : celui de la **qualité générale** de l'eau sur l'état physiologique des animaux et celui de la **biodisponibilité** des micropolluants métalliques circulants. La surveillance biologique est **affinée** par l'utilisation **simultanée** d'un second organisme sentinelle, les mousses aquatiques. Les deux indicateurs **présentent** en effet une certaine **complémentarité**, notamment en ce qui concerne la **capacité d'intégration** d'une pollution dans le temps. Ainsi, les mousses peuvent être **avantageusement utilisées** pour **détecter** des **événements** de courte **durée** tandis que les moules sont plus appropriées pour mesurer un impact biologique à moyen terme. Des **modalités précises** pour une utilisation **simultanée** des deux organismes sont **proposées**. Les **données** recueillies sur le terrain sont **hiérarchisées** à l'aide de grilles de **qualité**.

Mots-clés : indicateur biologique, métaux lourds, accumulation, surveillance biologique, *Dreissena polymorpha*, bryophytes aquatiques.