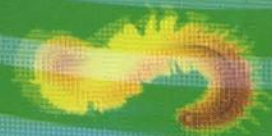


Jean-Claude Amiard • Claude Amiard-Triquet coord.

Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques



046483

Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

046483

(2)

ECL 104



Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques

Jean-Claude Amiard et Claude Amiard-Triquet
coordonnateurs



046483

Editions
TEC
& **DOC**

11, rue Lavoisier
F-75008 Paris

Tables des matières

Introduction (<i>Claude Amiard-Triquet et Jean-Claude Amiard</i>).....	1
---	---

Chapitre 1

Historique (<i>Michèle Roméo et Laure Giambérini</i>)	17
Contexte.....	17
1. Définition	18
2. Biomarqueurs reconnus (<i>Core biomarkers</i>).....	19
2.1. Biomarqueurs de défense	19
2.1.1. EROD	19
2.1.2. Enzymes de phase II	23
2.1.3. Enzymes de phase III.....	24
2.1.4. Métallothionéines.....	25
2.1.5. Défenses antioxydantes enzymatiques et non enzymatiques	26
2.1.6. HSP.....	29
2.2. Biomarqueurs de dommage	29
2.2.1. Acétylcholinestérase	29
2.2.2. Vitellogénine	30
2.2.3. Stabilité de la membrane lysosomale.....	31
2.2.4. TBARS.....	32
2.2.5. Les dommages à l'ADN.....	33
2.3. Approche multimarqueur et surveillances active et passive	34
2.4. Réseaux de surveillance et assurance de la qualité	39
Conclusion.....	41

Chapitre 2

Les biomarqueurs de défense, la tolérance et ses conséquences écologiques (<i>Claude Amiard-Triquet, Carole Cossu-Leguille et Catherine Mouneyrac</i>)	55
Introduction.....	55

- 1. Tolérance au stress chimique 56
 - 1.1. Variabilité interspécifique de la tolérance 56
 - 1.2. La tolérance acquise dans les populations exposées de façon chronique dans leur milieu 57
 - 1.3. Les espèces à larges potentialités écologiques sont-elles aussi tolérantes aux stress chimiques ? 63
- 2. Les biomarqueurs de défense 64
 - 2.1. Mécanismes de défense à l'égard des métaux 65
 - 2.2. Défenses antioxydantes 67
 - 2.3. Enzymes de phases I et II 71
 - 2.4. Protéines de stress 72
 - 2.5. Résistance multixénobiotique 74
- 3. Conséquences écologiques de la tolérance 75
 - 3.1. Préservation de la biodiversité 75
 - 3.2. Coût de tolérance 77
 - 3.3. Contamination des réseaux trophiques 80
- Conclusions 81

Chapitre 3

Les biomarqueurs de dommages (*Jean-Claude Amiard et Claude Amiard-Triquet*) 95

Introduction 95

- 1. Marqueurs moléculaires 96
 - 1.1. Cortisol 96
 - 1.2. Stress oxydant et peroxydations lipidiques 96
 - 1.3. Cholinestérases 97
 - 1.3.1. Les liens entre les dérèglements du comportement et les dysfonctionnements neurologiques 98
 - 1.3.2. Inhibition de l'activité de l'AChE et effets populationnels 102
 - 1.4. Rétinol 103
 - 1.5. Marqueurs de génotoxicité 104
- 2. Marqueurs subcellulaires et cellulaires 104
 - 2.1. Stabilité de la membrane lysosomale 104
 - 2.2. Marqueurs immunologiques 105
- 3. Marqueurs tissulaires et histologiques 108
- Conclusion 109

Chapitre 4

Les espèces sentinelles (*Brigitte Berthet*) 121

Introduction 121

- 1. Le concept d'espèce sentinelle 121
 - 1.1. Évolution du concept et des espèces utilisées 122
 - 1.2. Critères de sélection des espèces sentinelles 124
 - 1.3. Biosurveillance active 126
 - 1.3.1. Contexte 126
 - 1.3.2. Mise en œuvre de la biosurveillance 127
- 2. Approche conceptuelle de l'écosystème 129

- 2.1. Espèces-clés 130
 - 2.1.1. Rôles dans les réseaux trophiques 131
 - 2.1.2. Rôles dans les cycles biogéochimiques 133
- 2.2. Préservation de la biodiversité 135
 - 2.2.1. Organismes sensibles 135
 - 2.2.2. Variabilité interspécifique 136
- 2.3. Choix du compartiment physique 139
- 3. Espèces utilisées comme sentinelles 140
- Conclusion 142

Chapitre 5

Altérations des fonctions endocrines : causes et conséquences (*Jocelyne Pellerin et Jean-Claude Amiard*) 149

Introduction 149

- 1. Présence de perturbateurs endocriniens en milieu aquatique 150
- 2. Perturbations endocrines 153
 - 2.1. Généralités 153
 - 2.2. Sites d'action des substances exogènes à potentiel endocrine 155
 - 2.2.1. Anti-œstrogènes 156
 - 2.2.2. Activités œstrogéniques 157
 - 2.2.3. Effets dus à des mélanges complexes contenant des substances à potentiel endocrine 158
- 3. Identification des effets des perturbateurs endocriniens sur le système reproducteur 159
 - 3.1. Vertébrés 159
 - 3.2. Invertébrés 165
- Conclusions 168

Chapitre 6

Les perturbateurs endocriniens : études de cas (*Martial Huet, Christophe Minier et Jocelyne Pellerin*) 179

Introduction 179

- 1. L'imposex chez les néogastéropodes 179
 - 1.1. Introduction du tributylétain (TBT) dans l'environnement 179
 - 1.2. Toxicité du TBT 180
 - 1.3. L'imposex : un biomarqueur spécifique de la contamination par le TBT 181
 - 1.3.1. Responsabilité du TBT dans la masculinisation des gastéropodes femelles 181
 - 1.3.2. Relation entre l'intensité de l'imposex et l'intensité de la contamination par le TBT 181
 - 1.3.3. Autres facteurs influençant l'intensité de l'imposex 182
 - 1.4. Mécanismes biologiques de l'imposex 183
 - 1.5. Répartition géographique de l'intensité de l'imposex le long des côtes françaises 184
 - 1.6. Évolution temporelle de la contamination 186
 - 1.7. Apparition d'une forme de résistance 189
 - 1.8. Conclusion 189

© Lavoisier - La photocopie non autorisée est un délit

© Lavoisier - La photocopie non autorisée est un délit

2. Les xéno-œstrogènes en estuaire de Seine	190
2.1. Contamination de l'estuaire de Seine	190
2.2. Contamination œstrogénique en estuaire de Seine	191
2.3. Accumulation de xéno-œstrogènes par les moules	192
2.4. Accumulation et effets moléculaires des xéno-œstrogènes chez les poissons. ...	194
2.5. Féminisation des poissons et autres conséquences	195
2.6. Conséquences à long terme	197
3. <i>Mya arenaria</i> espèce sentinelle de la présence de perturbateurs endocriniens	198
3.1. Perturbation de l'homéostasie des hormones stéroïdiennes	199
3.2. Autres perturbations observées chez <i>Mya arenaria</i> et potentiellement liées à une perturbation endocrinienne	200
3.3. Protéines de type vitelline	201
Conclusions	201
Remerciements	202

Chapitre 7

L'écotoxicologie du comportement (<i>Claude Amiard-Triquet et Jean-Claude Amiard</i>)	211
Introduction	211
1. Les mécanismes physiologiques responsables de l'altération du comportement	212
1.1. Perturbations sensorielles	212
1.2. Les mécanismes neuraux et hormonaux du comportement	214
1.3. Perturbations métaboliques	216
2. Effets comportementaux des polluants aquatiques	217
3. Pertinence écologique des biomarqueurs comportementaux	224
3.1. Réalisme environnemental des perturbations du comportement	224
3.2. De l'individu à la communauté : effets en cascade des perturbations comportementales	228
Conclusion	231

Chapitre 8

Origine des perturbations du métabolisme énergétique (<i>Odile Dedourge, Alain Geffard et Claude Amiard-Triquet</i>)	241
Introduction	241
1. Disponibilité et qualité de la nourriture en milieu pollué	242
2. Perturbations de la prise alimentaire	244
3. Perturbations de l'assimilation (enzymes digestives)	248
3.1. Présentation des enzymes digestives	248
3.1.1. Localisation et fonctionnement de la digestion	248
3.1.2. Adaptation nutritionnelle des enzymes digestives selon la classe des aliments	248
3.2. Régulation des enzymes digestives par des facteurs autres que contaminants. ...	250
3.2.1. La nutrition : quantité et qualité de la nourriture	250
3.2.2. Le stade de développement	252
3.2.3. Participation des enzymes d'origine exogène à la digestion	254
3.2.4. Régulation des enzymes digestives par d'autres facteurs : pH, température, lumière	254

3.3. Perturbations des enzymes digestives par les contaminants	255
3.3.1. Les contaminants métalliques	255
3.3.2. Les contaminants organiques	262
3.3.3. Interactions entre contaminants et autres facteurs	262
3.3.4. Utilisation des réponses digestives comme biomarqueurs potentiels d'exposition ou d'effet	263
Conclusions	263

Chapitre 9

Conséquences des perturbations du métabolisme énergétique (<i>Cyril Durou, Catherine Mouneyrac, Jocelyne Pellerin et Alexandre Péry</i>)	273
1. Biomarqueurs en relation avec le métabolisme énergétique et la bioénergétique	273
1.1. Charge énergétique en adénylates	274
1.2. Réserves énergétiques	275
1.3. Allocation énergétique cellulaire	280
1.4. Allocation énergétique à la croissance et à la reproduction	281
1.5. Indices de condition	283
2. Les biomarqueurs bioénergétiques : des prédicteurs pour un changement d'échelle ?	284
3. Modélisation des effets fondée sur l'atteinte de l'énergie	288
4. Recommandations, conclusions et perspectives	289

Chapitre 10

Marqueurs de génotoxicité et effets <i>in situ</i>, individuels et populationnels (<i>Paule Vasseur, Carole Cossu-Leguille, Frank Atienzar, François Rodius et Sébastien Lemièrre</i>)	295
Introduction	295
1. Biomarqueurs d'exposition <i>in situ</i> à des polluants génotoxiques	296
1.1. Adduits à l'ADN	296
1.2. Études cytogénétiques et micronoyaux	305
1.3. Le test Comet	307
1.4. Bases oxydées de l'ADN	309
1.5. Mutations	313
1.6. Techniques de biologie moléculaire d'analyse du génome et du transcriptome	315
2. Effets de génotoxicité, effets physiologiques et populationnels	318
2.1. Accident de l'Exxon Valdez	318
2.2. Génotoxicité, génétique des populations et contamination environnementale	319
3. Seuils d'exposition aux pollutions génotoxiques compatibles avec la santé environnementale et la santé humaine	320
Conclusion	322

Chapitre 11

Modifications de la variabilité génétique et de l'expression des gènes

(Justine Marchand, Françoise Denis et Jean Laroche)..... 331

Introduction 331

1. Principales forces évolutives agissant sur la variabilité génétique 332

2. Marqueurs communs de la diversité génétique en écotoxicologie 334

3. Recherche de liens entre stress chimique, modifications de la diversité génétique et réponses phénotypiques 336

 3.1. Impact possible de la contamination chimique sur la diversité génétique. 336

 3.1.1. Interaction directe entre le polluant et l'ADN : les mutations. 337

 3.1.2. Effets indirects possibles des polluants sur le génome 337

 3.2. Transmission du caractère de résistance aux contaminants. 343

 3.3. Coût de la résistance au stress : une limite aux effets de la sélection ? 344

 3.4. Résistance à la contamination – Variabilité génétique et bioaccumulation. 345

4. Modulations de l'expression des gènes par le stress chimique 345

 4.1. Approche « *a priori* » 347

 4.2. Approche « globale » 348

Conclusion 350

Remerciements 351

Conclusions

Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques

..... 359

1. Comment évaluer la qualité de l'environnement ? 360

2. Recommandations 365

3. Perspectives 367

Index 373

Les biomarqueurs, définis comme des changements observables et/ou mesurables au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique ou comportemental, révélant l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance chimique à caractère polluant, sont réputés comme des indicateurs précoces et sensibles de la dégradation de la santé des organismes.

Les réglementations environnementales les plus récentes négligent pourtant ces outils biologiques, utilisés en écotoxicologie depuis le début des années 1990. L'une des critiques traditionnellement formulées à leur rencontre est en effet le faible pouvoir prédictif de ces changements individuels ou infra-individuels pour des niveaux d'organisation supérieurs (population, communauté, écosystème). Au cours des dix dernières années, les recherches écotoxicologiques sur la valeur écologique des biomarqueurs ont considérablement progressé, permettant de synthétiser les réponses biologiques les plus pertinentes pour diagnostiquer une dégradation de l'état de santé des milieux naturels.

Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques met en lumière des biomarqueurs à vocation écologique permet tant des changements d'échelle, donc la prévision d'effets populationnels : perturbations du métabolisme énergétique ou du comportement, atteintes du génome ou de la reproduction. Cet ouvrage démontre que la pertinence écologique de la démarche peut être accrue en déterminant les biomarqueurs chez des espèces ou des stades de vie sensibles, ou chez des espèces clés dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes.

Rédigé par 21 spécialistes de l'écotoxicologie, cet ouvrage a été coordonné par **Jean-Claude Amiard**, directeur de recherche au CNRS, enseignant à l'université de Nantes et à l'Université du Québec à Rimousky (UQAR, Canada), et **Claude Amiard-Triquet**, directrice de recherche au CNRS et enseignante à l'université de Nantes.

Il s'adresse aux hydrobiologistes et gestionnaires de cours d'eaux, aux gestionnaires des milieux aquatiques et des espaces naturels, ainsi qu'aux étudiants, enseignants et chercheurs en sciences de l'environnement. Les industriels soucieux des effets écotoxicologiques de leurs activités (R&D, communication / relations publiques) y trouveront de précieuses informations.

978-2-7430-1017-1



9 782743 010171