

Jean-Claude Amiard • Claude Amiard-Triquet coord.

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



Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

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 (<i>Jean-Claude Amiard et Claude Amiard-Triquet</i>)	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 (<i>Brigitte Berthet</i>)	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

<i>(Jocelyne Pellerin et Jean-Claude Amiard)</i>	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,*

<i>Christophe Minier et Jocelyne Pellerin)</i>	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

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 (*Claude Amiard-Triquet*

<i>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 (*Odile Dedourge,*

<i>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 (Cyril Durou, Catherine Mouneyrac, Jocelyne Pellerin et Alexandre Péry)	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 *in situ*, individuels et populationnels

(Paule Vasseur, Carole Cossu-Leguille, Frank Atienzar, François Rodius et Sébastien Lemièrre)	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**

<i>(Justine Marchand, Françoise Denis et Jean Laroche)</i>	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 « <i>a priori</i> »	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
--------------------	-----