

Table des matières

Introduction	15
Thierry CAQUET	
Chapitre 1. Réponse structurelle et fonctionnelle des communautés microbiennes hétérotrophes benthiques aux contaminants : quelle conséquence pour le fonctionnement de l'écosystème ?	27
Stéphane PESCE, Émilie LYAUTEY et Arnaud FOULQUIER	
1.1. Introduction : importance écologique des communautés microbiennes hétérotrophes benthiques	27
1.2. Comment appréhender la réponse structurelle et fonctionnelle des communautés microbiennes hétérotrophes benthiques aux contaminants ?	30
1.2.1. Paramètres fonctionnels	31
1.2.1.1. Production de biomasse et croissance.	31
1.2.1.2. Respiration aérobie et anaérobie	32
1.2.1.3. Activités enzymatiques	32
1.2.2. Paramètres structurels	33
1.3. Comment évaluer <i>in situ</i> l'impact des contaminants sur les communautés microbiennes hétérotrophes benthiques ?	34
1.4. Comment évaluer les conséquences de la réponse des communautés microbiennes benthiques aux contaminants sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques ?	39

1.5. Conclusion	41
1.6. Bibliographie	42

Chapitre 2. Les cyanobactéries toxiques : quels impacts sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques ? 51

Cécile BERNARD et Arnaud CATHERINE

2.1. Introduction	51
2.2. Les cyanobactéries – caractéristiques	52
2.3. Les toxines des cyanobactéries	54
2.3.1. Les hépatotoxines	54
2.3.1.1. Les microcystines (MCs)	54
2.3.1.2. Les nodularines (NODs)	55
2.3.1.3. La cylindrospermopsine et ses dérivés (CYNs)	56
2.3.2. Les neurotoxines	56
2.3.2.1. Les anatoxines (ANTX-a) :	56
2.3.2.2. Les saxitoxines et dérivés (STXs)	57
2.3.2.3. La β -N-méthylamino-L-alanine (BMAA) et ses isomères	58
2.3.3. Les dermatotoxines	58
2.4. Capacités adaptatives des cyanobactéries, proliférations et production de toxines	58
2.5. Les effets des cyanobactéries et des cyanotoxines sur le fonctionnement des écosystèmes	62
2.5.1. Impacts des efflorescences de cyanobactéries sur l’environnement physico-chimique des écosystèmes aquatiques et conséquences sur le compartiment biotique	62
2.5.1.1. Impacts de la modification de la transparence de l’eau	62
2.5.1.2. Impacts de la modification des paramètres chimiques de l’eau.	63
2.5.2. Impacts des efflorescences de cyanobactéries sur les réseaux trophiques	64
2.5.3. Effets des toxines de cyanobactéries sur les communautés aquatiques	65
2.5.3.1. Effets des cyanobactéries sur les communautés de bactéries hétérotrophes et le microbiome	65
2.6. Conclusion	69
2.7. Bibliographie	69

**Chapitre 3. Les microalgues et cyanobactéries édaphiques :
écologie et rôles en bioindication** 79
Olivier CROUZET et Annette BÉRARD

3.1. Introduction : les communautés microbiennes photosynthétiques des sols, trop peu étudiées et pourtant un outil de bioindication prometteur	79
3.2. Méthodologie et outils d'étude	80
3.2.1. Échantillonnage dans les sols	81
3.2.2. Méthodes et descripteurs des communautés	81
3.2.2.1. Les méthodes de culture et d'isolement	81
3.2.2.2. L'observation directe par microscopie	82
3.2.2.3. Les méthodes biochimiques	82
3.2.2.4. Les méthodes moléculaires	83
3.2.2.5. Les méthodes d'imagerie	83
3.3. État des lieux de l'écologie des microalgues et cyanobactéries édaphiques	84
3.3.1. Abondance et diversité dans les sols	85
3.3.2. Contribution au fonctionnement physicochimique et biologique des sols	86
3.3.3. Effets des paramètres environnementaux	87
3.4. Effets des contaminants sur les communautés microbiennes photosynthétiques édaphiques	88
3.4.1. Les bioessais de toxicité utilisant les microalgues édaphiques	89
3.4.2. Effets des métaux	90
3.4.3. Effets des pesticides dans les sols agricoles	91
3.4.3.1. Effets directs des pesticides.	92
3.4.3.2. Réponses des communautés aux pesticides	93
3.4.4. Influence de l'environnement sol sur les impacts des contaminants	95
3.5. Conclusion	97
3.6. Bibliographie.	98

**Chapitre 4. Les microorganismes phototrophes benthiques,
outil d'évaluation des perturbations des milieux aquatiques** 111
Bernard MONTUELLE et Agnès BOUCHEZ

4.1. Introduction.	111
4.2. Les microorganismes photosynthétiques benthiques.	112
4.2.1. Développement et structuration des biofilms naturels phototrophes.	112

4.2.2. Les MOPB : diversité et fonctions	113
4.2.3. Principaux facteurs environnementaux contrôlant les MOPB . . .	114
4.2.3.1. Lumière	114
4.2.3.2. Hydrodynamique	115
4.2.3.3. Nutriments.	116
4.3. Les MOPB en tant qu'indicateurs de qualité	116
4.4. Sensibilité et réponses aux toxiques	119
4.5. Évaluation <i>in situ</i> à l'échelle des communautés	122
4.5.1. La diversité en tant que support de la tolérance des communautés de MOPB aux contaminants	122
4.5.2. Évaluation de risque	123
4.6. Conclusions.	124
4.7. Bibliographie.	125

Chapitre 5. Effets des cyanotoxines sur les communautés zooplanctoniques en milieu lentique 133

Florence D. HULOT et Alexandra CERQUEIRA DE ARAUJO

5.1. Introduction.	133
5.2. Interactions entre cyanobactéries et zooplancton dans le milieu aquatique	134
5.3. Effets des cyanobactéries sur le taux de croissance des populations zooplanctoniques	135
5.3.1. Cyanobactéries et cyanotoxines	135
5.3.2. Effets des cyanotoxines sur le taux de croissance des populations zooplanctoniques	136
5.3.3. Limites des études	138
5.4. Effets sublétaux des cyanobactéries sur les populations zooplanctoniques	139
5.4.1. Effets des cyanotoxines sur la mobilité et les déplacements	139
5.4.2. Effets des cyanotoxines sur des traits d'histoire de vie et la dynamique de population de <i>Daphnia</i> sp.	141
5.5. Influence des facteurs abiotiques sur la production de cyanotoxines et leurs effets.	143
5.6. Développement de résistances et adaptation du zooplancton aux cyanotoxines	144
5.7. Conclusion	145
5.8. Bibliographie.	146

Chapitre 6. Étude des effets des pesticides sur les communautés phytoplanctoniques marines. 149

Stéphane STACHOWSKI-HABERKORN et Sabine GUESDON

6.1. Introduction	149
6.2. Le phytoplancton marin, un ensemble d'organismes d'intérêt majeur . .	150
6.2.1. Généralités	150
6.2.2. Notion de communauté phytoplanctonique	151
6.3. Les pesticides en milieu côtier et estuarien	151
6.3.1. Sources de contamination.	152
6.3.2. Mesure des pesticides dans le milieu	152
6.3.3. Niveaux de concentration en pesticides dans le milieu côtier	153
6.4. Impact des pesticides sur les communautés phytoplanctoniques	154
6.4.1. Démarches expérimentales.	155
6.4.1.1. Transplantation et maintien de communautés en laboratoire : microcosmes <i>indoor</i>	155
6.4.1.2. Microcosmes/mésocosmes <i>in situ</i>	156
6.4.2. Indicateurs d'effets et exemples de résultats	157
6.4.2.1. Descripteurs de structure des communautés.	158
6.4.2.2. Descripteurs de fonction des communautés	163
6.5. Réflexion sur l'utilisation des communautés phytoplanctoniques marines en écotoxicologie	165
6.6. Bibliographie	167

Chapitre 7. Polluants et fonctionnement des sols. 171

Yvan CAPOWIEZ

7.1. Introduction	171
7.1.1. Pollution des sols	171
7.1.2. Le ver de terre comme bio-indicateur et source de biomarqueurs. .	172
7.2. Effets d'un insecticide néonicotinoïde, l'imidaclopride, sur le comportement du ver de terre <i>Aporrectodea nocturna</i> – Une étude en conditions de laboratoire	172
7.2.1. Comment observer et caractériser le comportement des vers de terre ?	173
7.2.2. L'imidaclopride modifie le comportement excavateur d' <i>Aporrectodea nocturna</i>	174
7.2.3. La modification du réseau de galeries a des répercussions sur l'aération des sols.	175
7.2.4. Conclusions et limites.	176

7.3. Effets de la pollution historique liée à une usine de recyclage des batteries sur les communautés de vers de terre et le fonctionnement du sol. 177

 7.3.1. Caractérisation de la pollution historique. 177

 7.3.2. Effets de cette pollution sur les communautés lombriciennes 178

 7.3.3. Conséquences pour le fonctionnement *in situ* des sols 180

7.4. Conclusions et perspectives. 181

7.5. Bibliographie 182

Chapitre 8. Les pesticides, la cause du déclin de l'abeille domestique ? 185

Iris EOUZAN, Lionel GARNERY, Téléphore SIME-NGANDO et David G. BIRON

8.1. Introduction 185

8.2. L'abeille domestique et son histoire évolutive 186

8.3. Des populations d'*A. mellifera* en déclin 189

8.4. Les causes probables du déclin. 190

 8.4.1. Les pesticides. 190

 8.4.2. Les pathogènes. 191

 8.4.2.1. Les virus 191

 8.4.2.2. Les microsporidies 192

 8.4.2.3. Les bactéries 193

 8.4.3. Les autres facteurs du déclin 193

8.5. Un nouveau paradigme 194

8.6. Les pratiques apicoles et le déclin des populations d'*A. mellifera* 196

8.7. Conclusion 197

8.8. Remerciements 198

8.9. Bibliographie 198

Chapitre 9. Interactions entre parasites et pollution dans un monde en mutation 205

Marta I. SANCHEZ, Iris EOUZAN, Antonia J. PAIS-COSTA et David G. BIRON

9.1. Introduction. 205

9.2. État de l'art des connaissances concernant les conséquences des interactions parasite/pollution sur la santé des organismes 207

 9.2.1. Effet additif 207

 9.2.2. Effet synergique. 207

 9.2.3. Effet antagoniste 208

9.3. Comment les parasites peuvent-ils affecter le flux de polluants dans un écosystème ?	210
9.3.1. Un modèle d'étude : les artémies et leurs parasites, les cestodes	211
9.4. Utilisation du parasitisme pour évaluer la qualité d'un environnement . . .	213
9.4.1. Utilisation des stades libres de parasites	214
9.4.2. Le suivi de changements dans les populations et les communautés de parasites	214
9.4.3. Les parasites comme indicateurs d'accumulation de pollution . . .	215
9.5. La protéomique environnementale : une nouvelle approche pour l'étude des réponses aux stress environnementaux	217
9.6. Perspectives	217
9.7. Remerciements	219
9.8. Bibliographie	219

Chapitre 10. Vertébrés terrestres et écotoxicologie du paysage 227

Clémentine FRITSCH, Michael COEURDASSIER, Patrick GIRAUDOUX,
Francis RAOUL et Renaud SCHEIFLER

10.1. Introduction	227
10.2. Vers une écotoxicologie du paysage	228
10.2.1. L'exposition aux contaminants est hétérogène dans l'espace . . .	228
10.2.2. Le paysage est une mosaïque de taches d'occupation du sol, mais aussi un niveau d'organisation écologique.	229
10.2.3. Le paysage peut avoir un rôle sur les transferts et les effets des contaminants	229
10.2.4. Émergence de l'écotoxicologie du paysage	231
10.3. Le site de Metaleurop Nord	232
10.4. Pollution et paysage en interaction modifient les communautés de petits mammifères.	234
10.5. Influence du paysage sur l'exposition des micromammifères aux métaux	240
10.6. Rôle du paysage dans le transfert de contaminants métalliques vers le merle noir	247
10.7. Conclusions et perspectives	251
10.8. Remerciements	253
10.9. Bibliographie	253

Chapitre 11. Impacts des contaminants sur la structure et le fonctionnement des communautés de végétaux supérieurs 261

Lilian MARCHAND, Renaud JAUNATRE et Michel MENCH

11.1. La formation d'un pool régional d'espèces	266
11.2. La constitution d'un pool local par le filtre de la dispersion	266
11.3. Capacité des plantes à supporter les conditions environnementales abiotiques dont l'exposition aux contaminants	267
11.3.1. Imprégnation des végétaux.	268
11.3.2. Impacts – Perturbations physiologiques	269
11.3.3. Effets des expositions à plusieurs xénobiotiques.	272
11.4 Effets indirects des contaminants – Impact sur les interactions biotiques au sein de la communauté	272
11.4.1. Compétition et facilitation sur un gradient de contamination	273
11.4.2. Cas d'augmentation de la diversité des communautés végétales	276
11.4.3. Interactions tri-trophiques.	277
11.5. Dynamique des communautés végétales en cas de contamination du milieu	278
11.5.1. Résistance et résilience	278
11.5.2. Restauration et réhabilitation écologique	280
11.6. Importance des traits dans la structure et le fonctionnement des communautés végétales	282
11.6.1. Traits fonctionnels	282
11.6.2. Diversité des espèces et fonctionnement de la communauté	284
11.7. Conclusion.	285
11.8. Bibliographie	286

Chapitre 12. Écotoxicologie des sols : vieux concepts pour de nouvelles approches ? 301

Christian MOUGIN et Juliette FABURÉ

12.1. Introduction	301
12.2. Une évolution nécessaire de l'écotoxicologie des sols.	302
12.2.1. Limites et verrous des approches traditionnelles de l'écotoxicologie	302
12.2.2. Un cadre conceptuel qui évolue	304
12.3. Les apports de l'écologie à l'écotoxicologie.	306
12.4. Et l'agroécologie ?	308
12.5. Vers de nouveaux outils et dispositifs dédiés	309
12.6. Un besoin de biomarqueurs et de bioindicateurs pertinents et validés.	312

12.7. Les approches omiques	314
12.8. L'enjeu de l'accès aux données et de leur organisation	316
12.9. Conclusions : des besoins de recherche	317
12.10. Remerciements	318
12.11. Bibliographie.	318

Chapitre 13. L'étude des contaminants en microcosmes de laboratoire : de l'expérimentation à la modélisation 323

Bernard CLEMENT, Dominique LAMONICA, Sandrine CHARLES

et Christelle LOPES

13.1. Introduction	323
13.2. L'évaluation des risques écotoxicologiques basée sur des essais sur communautés naturelles ou reconstituées en microcosmes de laboratoire	325
13.2.1. Les différents types de microcosmes de laboratoire.. . . .	325
13.2.2. Le microcosme de Clément <i>et al.</i>	327
13.3. La modélisation : un outil pour l'étude des interactions en microcosme sous pression toxique.	328
13.3.1. Intérêt de la modélisation	328
13.3.2. Premiers travaux	329
13.3.3. Modélisation du sous-système algues-daphnies en l'absence de contaminant par une approche mécaniste.	330
13.3.4. Étude des interactions entre algues et lentilles d'eau en présence de cadmium	332
13.3.5. Conclusion	335
13.4. Conclusion générale	335
13.5. Bibliographie	336

Chapitre 14. Cas d'étude : exposition des communautés aquatiques aux contaminants et fonctionnement des écosystèmes 339

Arnaud CATHERINE, Selma MALOUFI et Marc TROUSSELLIER

14.1. Vers une gestion intégrée des milieux aquatiques	339
14.1.1. Pressions anthropiques impactant les communautés aquatiques	339
14.1.2. Évolutions conceptuelles et réglementaires associées à la préservation des milieux aquatiques	340
14.1.3. Défis actuels : évolution et complexité des pressions, perception de la qualité des écosystèmes.	341

14.2. Les plans d'eau périurbains d'Île-de-France comme modèle d'étude	342
14.2.1. Une région contrastée	342
14.2.2. État des lieux de milieux aquatiques franciliens	343
14.3. Projets de recherches dédiés à l'étude des plans d'eau d'Île-de-France	346
14.4. Stratégie d'échantillonnage appliquée à l'étude des lacs et réservoirs	349
14.5. Apports de l'étude des plans d'eau franciliens	350
14.5.1. Le bassin versant comme intégrateur des pressions agissant sur les plans d'eau.	350
14.5.2. Quels impacts des pressions anthropiques sur la structure des communautés aquatiques et le fonctionnement des écosystèmes ? . .	355
14.6. Vers la prise en compte des multi-contaminations sur l'état et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques.	361
14.7. Bibliographie	364
Liste des auteurs	373
Index	377