

# Table des matières

<b>Préface</b> . . . . .	15
Stéphanie THIÉBAULT et Françoise GAILL	
<b>Introduction</b> . . . . .	17
Anne-Geneviève BAGNÈRES et Martine HOSSAERT-MCKEY	
<b>Chapitre 1. Biodiversité et médiation chimique</b> . . . . .	21
Bertrand SCHATZ, Doyle MCKEY et Thierry PÉREZ	
1.1. Systématique et taxonomie intégrative grâce à l'écologie chimique. . . . .	21
1.2. Communiquer par les odeurs entre partenaires sexuels . . . . .	24
1.3. Communiquer par les odeurs entre espèces . . . . .	26
1.4. Le mimétisme chimique, pour mieux se reproduire . . . . .	27
1.5. Un dialogue évolue parfois en un réseau d'interactions . . . . .	29
1.6. Conclusion . . . . .	36
1.7. Bibliographie. . . . .	37
<b>Chapitre 2. Ecologie chimique : une science intégrative et expérimentale</b> . . . . .	41
Anne-Marie CORTESERO, Magali PROFFIT, Christophe DUPLAIS et Frédérique VIARD	
2.1. Les médiateurs chimiques . . . . .	41
2.2. Ecologie chimique dans les réseaux multitrophiques et la coévolution entre espèces . . . . .	46

2.3. Contribution de l'écologie chimique à l'étude de l'adaptation des plantes tropicales . . . . .	50
2.4. Quand l'écologie chimique nous éclaire sur les processus d'invasions biologiques : un exemple démonstratif d'intégration entre chimie et écologie . . . . .	54
2.5. Une protection dans l'air : comment les plantes se défendent des attaques des insectes phytophages à travers l'émission de composés volatils . . . . .	58
2.6. Conclusion . . . . .	61
2.7. Bibliographie . . . . .	61

**Chapitre 3. Les odeurs dans la vie sociale des primates . . . . . 65**

Marie CHARPENTIER, Guillaume ODONNE et Benoist SCHAAL

3.1. Les sociétés de primates et leurs systèmes de communication complexes . . . . .	65
3.2. La place des odeurs dans les communications humaines . . . . .	71
3.2.1. Les odeurs humaines transmettent une variété d'indices odorants . . . . .	71
3.2.2. Corrélats odorants des états internes . . . . .	73
3.2.3. Quelles fonctions pour les odeurs sociales dans la vie quotidienne ? . . . . .	74
3.2.4. Les phéromones humaines, une fiction ? . . . . .	77
3.3. L'olfaction et la gustation dans la quête des aliments et des remèdes . . . . .	78
3.3.1. Les sens et les interactions avec l'alimentation chez les primates . . . . .	79
3.3.2. Les sens et l'automédication chez les animaux . . . . .	80
3.3.3. Les sens dans les thérapeutiques humaines . . . . .	82
3.3.4. Une vision évolutionniste du lien entre sensations et santé . . . . .	82
3.4. Conclusion : les fonctions adaptatives de l'olfaction chez des espèces dites « microsmatiques » . . . . .	84
3.5. Bibliographie . . . . .	85

**Chapitre 4. Microbiome et écologie chimique . . . . . 89**

Soizic PRADO, Catherine LEBLANC et Sylvie REBUFFAT

4.1. Les micro-organismes protagonistes de l'écologie chimique . . . . .	89
4.2. Les stratégies d'étude du microbiome . . . . .	90
4.2.1. Comment caractériser le microbiome ? . . . . .	90

4.2.2. Quels sont les outils disponibles qui permettent de comprendre les rôles du microbiome ? . . . . .	91
4.3. Le dialogue moléculaire des micro-organismes . . . . .	93
4.3.1. Langage et vie sociale des micro-organismes . . . . .	93
4.3.2. Les peptides antimicrobiens, des acteurs clés de l'équilibre des communautés bactériennes . . . . .	96
4.3.3. Champignons et bactéries communiquent pour mieux s'entraider . . . . .	97
4.3.4. Quand l'entraide dégénère : guerre chimique entre bactéries et champignons . . . . .	97
4.3.5. Les champignons <i>Trichoderma</i> : une artillerie lourde contre les champignons pathogènes . . . . .	98
4.4. Communication chimique entre les micro-organismes et leurs hôtes . . . . .	99
4.4.1. Les relations plantes-bactéries : des interactions essentielles aux différents partenaires . . . . .	99
4.4.1.1. Relation symbiotique dans la rhizosphère entre légumineuses et bactéries <i>Rhizobium</i> . . . . .	99
4.4.1.2. La symbiose actinorhizienne, une autre relation symbiotique de la rhizosphère . . . . .	100
4.4.2. Les plantes établissent aussi des relations intimes avec les champignons . . . . .	101
4.4.2.1. La symbiose mycorrhizienne : un autre modèle d'interaction chimique bénéfique et essentiel au sein de la rhizosphère . . . . .	101
4.4.2.2. L'aide précieuse des champignons endophytes . . . . .	102
4.4.2.3. Quand les champignons deviennent de véritables ennemis pour les plantes . . . . .	102
4.4.3. Des actinobactéries mutualistes prodiguent leurs soins aux insectes . . . . .	103
4.4.4. Communication chimique entre micro-organismes et hôte dans le monde marin . . . . .	105
4.4.4.1. Décryptage d'une interaction chimique bénéfique entre algues et bactéries . . . . .	105
4.4.4.2. Un langage chimique dense et complexe entre invertébrés marins et leurs bactéries associées . . . . .	106
4.5. Régulations et évolutions des interactions dans les écosystèmes et environnements changeants . . . . .	107
4.5.1. Apport de l'écologie chimique à la connaissance des mécanismes de biosynthèses des médiateurs chimiques. . . . .	107

4.5.2. Les réseaux métaboliques, de nouveaux outils pour étudier l'évolution des interactions hôte/microbiome . . . . .	108
4.6. Conclusions : de l'écologie chimique aux applications de demain, impacts de l'étude du microbiome . . . . .	109
4.7. Bibliographie. . . . .	110

## **Chapitre 5. De l'écologie chimique à l'écogéochimie . . . . . 113**

Catherine FERNANDEZ, Virginie BALDY et Nadine LE BRIS

5.1. Balance entre métabolisme primaire et métabolisme secondaire. . . . .	114
5.2. Rôle des métabolites secondaires dans les interactions biotiques et la structuration des communautés . . . . .	117
5.3. Métabolites secondaires et fonctionnement des écosystèmes : relation sol plante – <i>brown food chain</i> . . . . .	121
5.4. Intégration des dynamiques biotiques et abiotiques : microhabitats marins benthiques . . . . .	127
5.5. Conclusion . . . . .	132
5.6. Bibliographie. . . . .	132

## **Chapitre 6. Les « omiques » en écologie chimique . . . . . 135**

Sylvie BAUDINO, Christophe LUCAS et Carole SMADJA

6.1. Introduction : les différentes technologies « omiques » . . . . .	136
6.2. Des « omiques » aux signaux : identifier de nouvelles molécules actives . . . . .	138
6.3. Des « omiques » à l'écologie des communautés : identifier les interactions chimiques des organismes dans leurs milieux. . .	139
6.4. Des « omiques » aux bases moléculaires : révéler les bases génétiques et moléculaires des interactions chimiques. . .	140
6.5. Des « omiques » à la physiologie : caractériser les modes de production et de réception des molécules actives. . . . .	145
6.6. Des « omiques » au rôle de l'environnement : comprendre l'impact de facteurs biotiques et abiotiques sur les interactions . . . . .	146
6.7. Des « omiques » à l'évolution : comprendre et prédire la valeur adaptative des interactions chimiques . . . . .	148
6.8. Conclusion . . . . .	151
6.9. Bibliographie. . . . .	151

## **Chapitre 7. Apports de la métabolomique à l'écologie chimique . . . . . 157**

Philippe POTIN, Florence NICOLÈ et Olivier P. THOMAS

7.1. Définition de la métabolomique . . . . .	157
7.2. Les différentes stratégies des approches métabolomiques . . . . .	158
7.3. Les différentes étapes pour la réalisation d'une étude métabolomique . . . . .	159
7.3.1. Le design expérimental et l'échantillonnage . . . . .	160
7.3.2. Les approches analytiques . . . . .	162
7.3.3. Le traitement de données . . . . .	162
7.3.3.1. <i>Pre-processing</i> : traitement des données brutes . . . . .	162
7.3.3.2. <i>Post-processing</i> : traitement statistique des matrices finalisées . . . . .	163
7.3.3.3. Identification des métabolites . . . . .	167
7.3.3.4. Intégration des données dans les réseaux métaboliques et biologie des systèmes . . . . .	169
7.4. Les applications de la métabolomique . . . . .	169
7.4.1. Biodiversité chimique et chimiotaxonomie . . . . .	169
7.4.2. Etude de la régulation et évolution des voies métaboliques/ voies de biosynthèse . . . . .	170
7.4.3. Apports à l'écologie fonctionnelle . . . . .	173
7.4.4. Application de la métabolomique à l'étude des perturbations environnementales . . . . .	174
7.5. Conclusion . . . . .	175
7.6. Bibliographie . . . . .	176

## **Chapitre 8. Outils chimiques, bio-informatiques et bases de données en écologie chimique . . . . . 179**

Nicolas BARTHÈS, Jean-Claude CAISSARD, Jérémy JUST  
et Xavier FERNANDEZ

8.1. Outils chimiques . . . . .	179
8.1.1. Outils analytiques de chromatographie . . . . .	179
8.1.1.1. Prélèvements des composés volatils . . . . .	180
8.1.1.2. Techniques séparatives des composés volatils . . . . .	181
8.1.1.3. Détection des composés volatils . . . . .	184
8.1.1.4. Séparation et détection des composés thermolabiles peu ou pas volatils . . . . .	184
8.1.2. Approche analytique par résonance magnétique nucléaire . . . . .	186
8.1.3. Techniques d'imagerie des métabolites secondaires . . . . .	188

8.1.3.1. Techniques d'imagerie basées sur la spectrométrie de masse . . . . .	188
8.1.3.2. Techniques d'imagerie basées sur les propriétés des photons . . . . .	189
8.1.3.3. Autres techniques d'imagerie. . . . .	190
8.2. Outils de séquençage . . . . .	191
8.2.1. Principes, forces et limitations des NGS . . . . .	192
8.2.1.1. Les grandes techniques de NGS . . . . .	192
8.2.1.2. L'analyse des données de séquençage : la bio-informatique. . . . .	193
8.2.2. Grands domaines d'application des NGS . . . . .	193
8.2.2.1. Le séquençage des génomes . . . . .	193
8.2.2.2. L'analyse de l'expression des gènes et des ARN non codants. . . . .	195
8.2.2.3. L'imagerie dynamique des génomes . . . . .	196
8.2.2.4. L'étude des communautés . . . . .	196
8.3. Bases de données : la biodiversité <i>in silico</i> . . . . .	197
8.3.1. Bases de données de composés chimiques et en écologie générale. . . . .	198
8.3.2. Banques de données pour les « omiques » pouvant servir en écologie chimique . . . . .	199
8.4. Conclusion . . . . .	200
8.5. Annexe : les différentes bases de données internationales . . . . .	200
8.6. Bibliographie. . . . .	201

## **Chapitre 9. Chimie pour le vivant éco-inspirée. . . . . 205**

Bernard BANAIGS, Ali AL MOURABIT, Guillaume CLAVÉ et Claude GRISON

9.1. La nature comme modèle. . . . .	205
9.2. La nature comme modèle pour le développement de nouvelles molécules d'intérêt . . . . .	207
9.2.1. Des médiateurs chimiques aux nouveaux archétypes structuraux bioactifs . . . . .	208
9.2.1.1. Les peptides lasso . . . . .	208
9.2.1.2. Les peptaïbols. . . . .	209
9.2.1.3. Les lipopeptides . . . . .	210
9.2.1.4. Les molécules du <i>quorum sensing</i> et du <i>quorum quenching</i> . . . . .	211
9.2.1.5. Les <i>mycosporine-like amino acides</i> (MAAs) . . . . .	211
9.2.2. Biosynthèses et synthèses biomimétiques. . . . .	212

---

9.2.3. Médiateurs chimiques et interactions ligands/récepteurs : vers la découverte de nouveaux récepteurs cellulaires et d'outils biochimiques . . . . .	215
9.3. Ecologie chimique et développement durable . . . . .	216
9.3.1. Biocontrôle . . . . .	217
9.3.2. Chimie bio-inspirée et phytotechnologies remédiatrices . . . . .	220
9.3.2.1. Exemple de réduction biomimétique . . . . .	221
9.3.2.2. Exemple d'oxydation biomimétique . . . . .	223
9.4. Conclusion . . . . .	224
9.5. Bibliographie . . . . .	225
<b>Conclusion. Perspectives, ou l'écologie chimique de demain . . .</b>	<b>227</b>
Martine HOSSAERT-MCKEY et Anne-Geneviève BAGNÈRES	
<b>Glossaire . . . . .</b>	<b>233</b>
<b>Index . . . . .</b>	<b>237</b>