

Jean-Michel Kornprobst

Substances naturelles d'origine marine

Chimiodiversité | **Pharmaco**diversité | **Bio**technologie



1 Généralités • Micro-organismes • Algues

Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

جامعة البويرة
مكتبة كلية علوم الطبيعة والحياة
وعلوم الأرض
رقم الشيفرة: 551.46/T.1/KOR

Substances naturelles d'origine marine

Chimiodiversité – Pharmacodiversité – Biotechnologies

Tome 1 : Généralités – Micro-organismes – Algues

Jean-Michel Kornprobst

professeur émérite à la faculté de pharmacie de l'université de Nantes

Pôle Mer et Littoral



Editions
TEC
& **DOC**

11, rue Lavoisier
75008 Paris

LONDRES - PARIS - NEW YORK

جامعة البويرة
مكتبة كلية علوم الطبيعة والحياة
وعلوم الأرض
رقم الشيفرة: 4468(T.1/2ex/1ex

Table des matières

Préface.....	V
Avant-propos	VII
Liste des figures	XI
Liste des planches	XIII
Liste des tableaux.....	XXIII

TOME I : Généralités – Micro-organismes – Algues

PARTIE 1

Généralités et ressources documentaires

1 – Les systèmes de classification des organismes vivants – Les grandes étapes de l'évolution chimique et biologique	3
Le système et cinq règnes de Whittaker.....	4
Découverte des Archées (Archéobactéries) – modèle ternaire du vivant (Woese)	5
Principales caractéristiques des membranes cellulaires.....	6
Quelques données récentes sur les terpènes	9
Les grandes étapes de l'évolution	11
Richesse exceptionnelle de la biodiversité marine	13
Sélection de ressources documentaires	13
Bibliographie.....	14
Les systèmes de classification des organismes	14
Membranes cellulaires, lipides membranaires	15

Hopanoïdes et voies de biosynthèse des terpènes	15
Les grandes étapes de l'évolution	15
Sélection de sites Internet	17
2 – Généralités sur le milieu marin	19
Aspects Physico-chimiques	19
Composition chimique de l'eau de mer	20
Propriétés optiques de l'eau de mer	23
Aspects biologiques et écologiques	24
Métabolites primaires et secondaires	24
Écomones : vecteurs de la communication chimique	24
Phénomènes de dépendance	25
Principaux types de relations interspécifiques	26
Hiérarchie des niveaux écologiques et répartition spatiale des organismes marins	26
Biodiversité végétale, phylogénie des algues	27
Biodiversité animale	32
Caractéristiques biochimiques des animaux sessiles	34
Estimation des biomasses	35
Sélection de ressources documentaires	36
Bibliographie	36
Aspects physicochimiques du milieu marin	36
Aspects biochimiques et biologiques du milieu marin	36
Sélection de sites Internet	38
3 – Chimie des substances naturelles marines : originalité, diversité, répartition	41
Introduction générale	41
Répartition des métabolites secondaires azotés et non azotés	42
Répartition des métabolites secondaires par familles chimiques	43
Particularités des métabolites secondaires des organismes marins	44
Incorporation des halogènes	45
Incorporation du soufre	47
Incorporation du silicium	48
Éléments chimiques rares rencontrés dans les substances marines : As, B, Ni, V, Zn	48
Sélection de ressources documentaires	51
Bibliographie	51
Généralités	51
Halogènes	51
Soufre	52
Silicium	53
Arsenic	53
Bore	54

Nickel	54
Vanadium	54
Zinc	55
Sélection de Sites Internet	55
4 – Les bases de la pharmacologie marine	57
Le passé et ses espoirs	57
Le présent et ses réalités	60
L'avenir et ses perspectives	71
Ziconotide	74
Bryostatine 1	74
Didemnine B et déhydrodidemnine B	75
Dolastatine 10	76
Ecteinascidine 743	76
Squalamine	77
Discodermolide	77
KRN 7000	78
Halichondrines	79
Molécules marines utilisées comme outils biologiques	80
Sélection de ressources documentaires	81
Bibliographie	81
Sites Internet sur quelques-uns des sujets abordés	85
Sites Internet de quelques grandes institutions océanologiques	86
Sites Internet de quelques grandes sociétés	87
5 – Les ressources documentaires	57
Bref rappel historique	89
Documentation imprimée	90
Chemical Abstracts, Biological Abstracts, Current Contents	90
Les ouvrages de base	90
Les ouvrages de référence	91
Les articles de mise au point publiés dans des ouvrages non entièrement dédiés aux organismes marins ..	93
Les journaux scientifiques et la notion de facteur d'impact (Impact Factor)	93
Les revues scientifiques spécialisées dans les mises au point	95
Les articles de mise au point publiés dans les journaux scientifiques	97
Les actes (proceedings) des grands congrès internationaux	98
La documentation électronique et les sites Internet	98
Documentation électronique	99
Les bases de données « statiques »	99
Les bases de données « dynamiques »	100
La recherche d'informations sur Internet	100

PARTIE 2

Archées (Archéobactéries) et Eubactéries

6 – Archées (Archéobactéries)	105
Présentation générale	105
Lipides membranaires	107
Pranylquinones	113
Polysulfures cycliques	116
Bactériorhodopsine des halophiles	117
Extrêmozymes	118
Annexe 1 – Numérotation stéréospécifique (sn)	118
Sélection de ressources documentaires	119
Bibliographie	119
Documentation expérimentale	121
Sélection de Sites Internet	121
7 – Eubactéries – 1	125
Présentation générale	125
Parois cellulaires et réaction de Gram	125
Photosynthèses anaérobies et aérobies – bactériochlorophylles	127
Présentation succincte des Bactéries marines	129
Exemples de métabolites isolés de bactéries non photosynthétiques	131
Bactéries photosynthétiques anaérobies	143
Bactéries photosynthétiques aérobies	143
Sélection de ressources documentaires	145
Bibliographie	145
Sélection de Sites Internet	150
8 – Eubactéries – 2	151
Prochlorophytes	151
Taxonomie des Prochlorophytes	152
Originalités de la photosynthèse chez <i>Prochlorococcus</i>	152
Données biochimiques sur <i>Prochloron didemni</i>	153
Données biochimiques sur <i>Prochlorothrix hollandica</i>	154
Sélection de ressources documentaires	158
Bibliographie	158
Sélection de Sites Internet	159
Cyanobactéries	160
Classification classique des Cyanobactéries	160
Pigments photosynthétiques	161

Lipides membranaires	165
Caractéristiques générales des métabolites secondaires	166
Malyngamides et autres dérivés chlorés.....	167
Semiplenamides A-G.....	171
Aplysiatoxine, Oscillatoxine-A et autres dérivés bromés.....	172
Autres dérivés azotés non peptidiques.....	175
Peptides et depsipeptides	177
Autres toxines.....	187
Polyméthoxycalcènes et acides poly- β -hydroxybutyriques (PHB)	190
Autres molécules	191
Sélection de ressources documentaires	192
Bibliographie.....	192
Sélection de sites Internet.....	201

PARTIE 3

Eucaryotes photosynthétiques

9 – Bacillariophyceae (Diatomées)	205
Les frustules – caractéristiques fondamentales des Diatomées	205
Les bases de la classification des Bacillariophyceae.....	206
Métabolites primaires.....	207
Pigments photosynthétiques.....	207
Lipides membranaires	209
Hydrocarbures terpéniques	212
Autres dérivés terpéniques – mise en évidence des 2 voies de biosynthèse.....	214
Les genres <i>Nitzschia</i> et <i>Pseudonitzschia</i> – acide domoïque	215
Autres molécules.....	217
Bibliographie.....	220
Sélection de sites Internet.....	223
10 – Chrysophyceae et Haptophyceae.....	205
Chrysophyceae.....	225
Présentation générale – classification simplifiée	225
Pigments photosynthétiques.....	225
Acides gras	226
Stérols	226
Autres dérivés.....	227
Haptophyceae	228
Présentation générale – classification simplifiée	228
Pigments photosynthétiques.....	229
Stérols	229

Acides gras et autres dérivés linéaires	230
Prymnésines	231
Sélection de ressources documentaires	234
Bibliographie.....	234
Sélection de sites Internet.....	236
11 – Dinophyceae (Dinoflagellés)	237
Généralités	237
Éléments de la classification des Dinoflagellés	238
Pigments photosynthétiques	239
Stérols.....	239
Acides gras	242
Dérivés polyéniques polyhydroxylés.....	243
Proliférations toxiques – endo et exotoxines	246
Principaux types de toxines des Dinoflagellés.....	247
Polyéthers cycliques.....	248
Acide okadaïque et dérivés	255
Macrolides toxiques : amphidinolides, caribenolide, goniodomine, hoffmanniolide	258
Saxitoxine et dérivés	260
Toxines azotées à fonction imine	262
Zooxanthellatoxines (ZTs) et autres toxines azotées	264
<i>Pfiesteria piscicida</i> – un Dinoflagellé toxique particulier.....	266
Dérivés soufrés.....	267
Dérivés phosphorés	268
Sélection de ressources documentaires	268
Bibliographie.....	268
Sélection de sites Internet.....	277
12 – Chlorophyceae (Algues Vertes)	281
Aspects généraux.....	281
Éléments de la classification des macroalgues marines	281
Classification des Chlorophyceae.....	282
Chlorophylles, carotènes et xanthophylles	283
Polysaccharides de réserve – amidons.....	286
Polysaccharides de parois	287
Polysaccharides fibrillaires du « squelette » des parois	287
Polysaccharides matriciels	288
Lipides membranaires – acides gras et stérols	288
Oxylipines.....	291
Généralités sur les métabolites secondaires des Chlorophyceae	292
Terpènes	293
Méroterpènes des Dasycladales.....	297

Dérivés aromatiques	298
Acides aminés, amines, bêtaïnes	299
Peptides et depsipeptides – kahalalides	300
Autres dérivés azotés	303
Dérivés soufrés	304
Sélection de ressources documentaires	306
Bibliographie	306
Sélection de sites Internet	312
 13 – Rhodophyceae (Algues Rouges)	 313
Caractéristiques particulières des Algues Rouges	313
Classification des Rhodophyceae	313
Pigments photosynthétiques	316
Osides et polyholosides de réserve	317
Polysaccharides de squelette	318
Polysaccharides matriciels – carraghénanes et agars	318
Carraghénophytes et agarophytes	321
Gélifiants et épaississants	321
Autres types de polysaccharides matriciels	322
Phospholipides et acides gras	323
Sterols et ecdystéroïdes	325
Oxylipines	326
Remarques générales sur les métabolites secondaires	328
Métabolites secondaires des Cryptonémiales	330
Métabolites secondaires des Gélidiales	333
Métabolites secondaires des Rhodyméniales	334
Monoterpènes polyhalogénés des Gigartinales	335
Diterpènes de <i>Sphaerococcus coronopifolius</i> (Gigartinales, Sphaerococcaceae)	338
Pyrones macrocycliques de <i>Phacelocarpus labillardieri</i> (Gigartinales, Sphaerococcaceae)	343
Polycavernosides – macrolactones toxiques de <i>Polycavernosa tsudai</i> (Gigartinales, Gracilariaceae) ..	343
Phloroglucinols halogénés de <i>Rhabdonia verticillata</i> (Gigartinales, Solieriaceae)	344
Dérivés azotés des Gigartinales	344
Dérivés halogénés des Cérámiales – considérations générales	346
Monoterpènes polyhalogénés de <i>Pantoneura plocamioides</i> (Cérámiales, Delesseriaceae)	347
Sesquiterpènes des <i>Laurencia</i> (Cérámiales, Rhodomelaceae)	348
Diterpènes halogénés des <i>Laurencia</i>	358
Squalénoïdes des <i>Laurencia</i> et de <i>Chondria armata</i>	370
Éthers et polyéthers cycliques halogénés en C ₁₅ des <i>Laurencia</i> et des <i>Chondria</i>	374
Bromo et polybromophénols des Cérámiales	378
Polysulfures cycliques de <i>Chondria californica</i>	380
Dérivés azotés des Cérámiales	380
Dérivé arsénié de <i>Chondria crassicaulis</i>	385
Quelques dérivés atypiques des <i>Laurencia</i>	385

Dérivés halogénés des Némaliales.....	386
Acides acétyléniques de <i>Liagora farinosa</i>	389
Alcools triterpéniques sulfatés de <i>Tricleocarpa fragilis</i>	390
Sélection de ressources documentaires	394
Bibliographie.....	394
Sélection de sites Internet.....	417
14 – Phaeophyceae (Algues Brunes)	419
Introduction générale.....	419
Classification des Phaeophyceae	419
Pigments photosynthétiques	421
Laminaranes et autres osides de réserve.....	422
Polysaccharides matriciels – acides alginiques et alginates.....	424
Fucoïdanes (fucanes)	426
Lipides et acides gras.....	427
Stérols.....	429
Oxylipines des Laminariales	430
Hydrocarbures volatils et chimiotaxie sexuelle.....	434
Généralités sur les métabolites secondaires	439
Sesquiterpènes des Dictyotales.....	440
Diterpènes cycliques des Dictyotales	441
Diterpènes linéaires des Fucales et autres dérivés	448
Phénols et phlorotannins	450
Autres dérivés aromatiques	455
Méroterpènes – Généralités.....	456
Hydroquinones et quinones prénylées.....	456
Mérosesquiterpènes des <i>Dictyopteris</i>	457
Méroditerpènes des genres <i>Taonia</i> et <i>Stypodium</i>	460
Méroditerpènes des <i>Cystoseira</i> – chimiotaxonomie des <i>Cystoseiraceae</i>	464
Nahocols et isonahocols : méroditerpènes linéaires transposés de <i>Sargassum autumnale</i>	472
Dérivés de l'azote, du phosphore et de l'arsenic	473
Dérivés soufrés.....	477
Dérivés iodés.....	478
Sélection de ressources documentaires	482
Bibliographie.....	482
Sélection de sites Internet.....	498
15 – Principales utilisations des macroalgues	501
Présentation générale	501
Estimations sur les ressources	502
Les algues alimentaires	504
Propriétés diététiques des algues marines.....	506

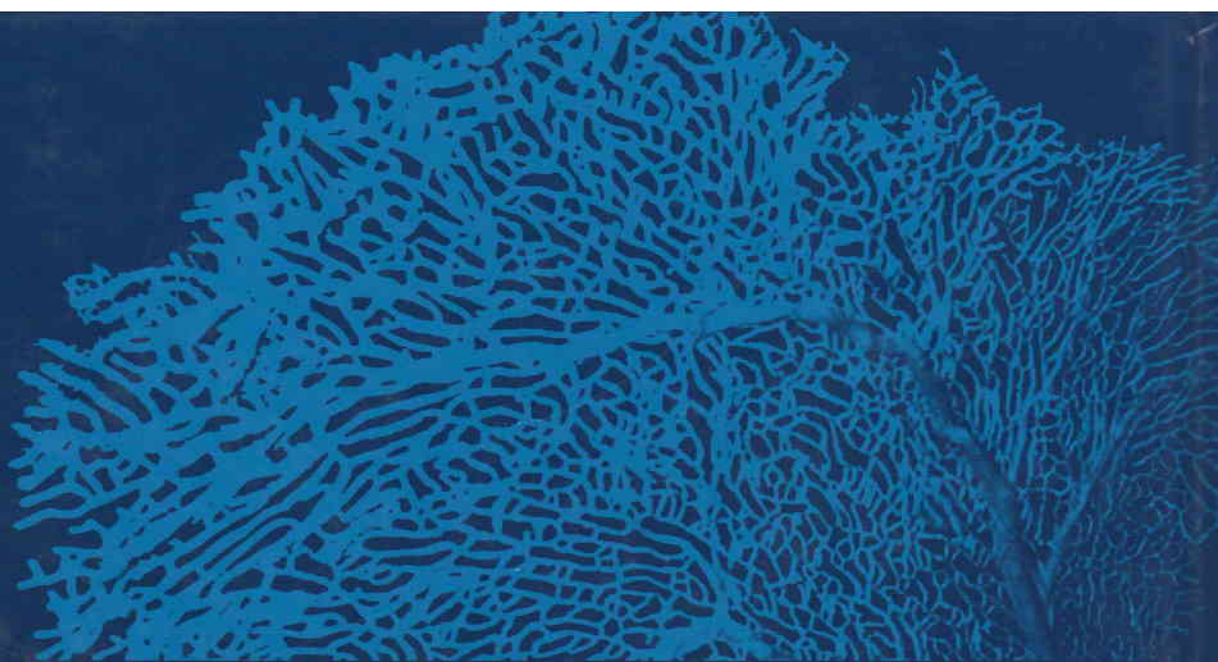
Aspects physicochimiques des phycocolloïdes	507
Aspects économiques des phycocolloïdes	510
Principaux pays producteurs de phycocolloïdes	511
Principales applications des agars.....	512
Principales applications des carraghénanes et des furcellaranes.....	513
Principales applications de l'acide alginique et des alginates	514
Les grandes lignes de la Recherche-Développement dans le domaine de la santé.....	515
Polysaccharides sulfatés antiviraux des Algues Rouges.....	516
Propriétés anticoagulantes et antithrombotiques des fucanes	517
Propriétés antitumorales et immunomodulatrices des fucanes	518
Autres exemples d'activités biologiques des macroalgues	519
Les Algues en cosmétologie.....	519
Utilisation des Algues pour l'agriculture et l'élevage	520
Sélection de ressources documentaires	521
Bibliographie.....	521
Actes des derniers Symposium Internationaux sur les Algues	527
Sélection de sites Internet.....	527

PARTIE 4

Champignons et autres Eucaryotes monocellulaires non-photosynthétiques

16 – Champignons.....	533
Le règne fongique – notion de Champignon marin	533
Mastigomycètes et Champignons vrais (Eumycètes).....	534
Éléments de la classification des Eumycètes	534
Rappel sur la structure de la chitine	535
Stérols.....	536
Acides gras	536
Observations générales sur les métabolites secondaires isolés des Champignons marins	537
Substances isolées de Champignons prélevés à la surface de la mer.....	538
Substances isolées de Champignons prélevés sur des sédiments	539
Substances isolées de Champignons associés à des algues	540
Substances isolées de Champignons lignicoles.....	547
Substances isolées de Champignons associés à des Éponges.....	550
Substances isolées de Champignons associés à des Cnidaire.....	555
Substances isolées de Champignons associés à des Mollusques.....	557
Substances isolées de Champignons associés à des Échinodermes	558
Substances isolées de Champignons associés à des Crustacés.....	558
Substances isolées de Champignons associés à des Tuniciers (ascidies)	560
Substances isolées de Champignons associés à des Poissons	561
Peptides membranaires des Champignons – peptaibols	562

Sélection de ressources documentaires	563
Bibliographie.....	563
Sélection de sites Internet.....	569
17 – Thraustochytrides et Ciliés	571
Position taxonomique des Thraustochytrides et présentation générale du groupe	571
Acides gras n-3 polyinsaturés à longues chaînes des Thraustochytrides	572
Compositions en acides gras à longues chaînes et phylogénie des Thraustochytrides	573
α -Glucosylcéramides des Thraustochytrides	573
Introduction à l'étude chimique des Ciliés	574
Terpènes des <i>Euplotes</i>	575
Kéronopsines de <i>Pseudokeronopsis rubra</i>	578
Sélection de ressources documentaires	579
Bibliographie.....	579
Sélection de sites Internet.....	581
18 – Introduction aux biotechnologies marines	583
Introduction	583
Lipides et pigments : exemples d'applications nutritionnelles	584
Nouvelles substances et biomatériaux : exemples d'applications biomédicales	586
Bioremédiation et biofouling : exemples d'applications environnementales	588
Autre type d'application, les bioadhésifs	589
Sélection de ressources documentaires	590
Bibliographie générale	590
Bibliographie.....	590
Sélection de sites Internet.....	595



La valorisation des produits de la mer n'est pas nouvelle. Dans l'Antiquité, Tyr contribuait déjà au rayonnement de la civilisation phénicienne par sa production de pourpre, pigment rouge extrait d'un gastéropode. Aujourd'hui, le corail et la nacre figurent ainsi parmi les biomatériaux les plus prometteurs en chirurgie osseuse ; la chitine et le chitosane, composants de la carapace des crustacés, sont utilisés comme additifs en cosmétologie et dans l'industrie papetière, ou encore comme chélatants dans le traitement des eaux... Les exemples pourraient être multipliés. Pourtant, le nombre de ces utilisations semble infinitésimal au regard de l'inépuisable réservoir de substances naturelles d'intérêt biologique que constituent les milieux marins.

Toutes les bio-industries sont aujourd'hui engagées dans la recherche de molécules synthétisables, dotées de propriétés techno-fonctionnelles ou pharmacologiques innovantes, capables par exemple de résoudre les phénomènes de résistance (antitumoraux, antibiotiques, antipaludéens...) ou de répondre au souhait du public d'une plus grande naturalité des principes actifs ou ingrédients utilisés. Les substances naturelles d'origine marine semblent à même de répondre à cette logique.

Face à la surabondance d'informations et de publications fragmentaires, **Substances naturelles d'origine marine** constitue la première synthèse des connaissances intéressant ce domaine en constant développement et vient enfin pallier une lacune criante dans la littérature scientifique. Exploitant plus de 7 225 références bibliographiques, ce traité présente tous les aspects biologiques, taxonomiques et chimiques des phylums d'organismes marins, ainsi que les propriétés et applications des substances qui en sont issues — soit plus de 7 000 molécules chimiques.

Ce traité unique en langue française s'adresse :

- aux spécialistes des différentes disciplines de la **biologie marine** : ichtyologie, écologie, océanologie, algologie, microbiologie marine, chimie marine, zoologie générale...
- aux professionnels des **bio-industries** : pharmacologie, pharmacie, chimie thérapeutique, cosmétologie, industries agroalimentaires, éco-industries, génie biomédical et industries des biomatériaux, biotechnologies, chimie thérapeutique, toxicologie...

**Il n'existe, dans l'édition mondiale, aucun autre ouvrage comparable.
Nous sommes en présence d'une œuvre monumentale.
Je ne peux que recommander avec enthousiasme la lecture de ce chef-d'œuvre.**

Pierre Potier, de l'Académie des sciences (extrait de la préface)

Jean-Michel Kornprobst, ingénieur chimiste de l'École nationale supérieure de chimie de Montpellier, docteur ès sciences, est professeur émérite à l'université de Nantes (UFR des sciences pharmaceutiques, pôle Mer et littoral), dont il a dirigé le laboratoire de chimie marine (groupe « Substances marines à activité biologique »). Il est l'auteur de plus de 250 publications scientifiques internationales consacrées au domaine marin.

2-7430-0721-4

