

H510-CAM-T

~~4/28/91~~
61220

**TROUBLES D'ORIGINES BIOTIQUES ET ABIOTIQUES
DES MACROPHYTES MARINS
D'INTERETS ALIMENTAIRE ET INDUSTRIEL**

CATALOGUE 1991

F. CAMPELLO

IFREMER-DEROVEL



0EL04246

DÉPARTEMENT ENVIRONNEMENT
RÉGIONAL ET GESTION DU MILIEU
MARIN



IFREMER

RIDRV-91-10/RA NANTES

JUN 1991

Q 529 CAM T

**TROUBLES D'ORIGINES BIOTIQUES ET ABIOTIQUES
DES MACROPHYTES MARINS
D'INTERETS ALIMENTAIRE ET INDUSTRIEL**

CATALOGUE 1991

F. CAMPELLO

JUIN 1991

INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

Adresse :
Rue de l'île d'Yeu
BP 1049
44037 NANTES CEDEX 01

DIRECTION DES RESSOURCES VIVANTES

DEPARTEMENT RESSOURCES AQUACOLES

STATION/LABORATOIRE AQUACULTURE/NANTES

AUTEURS (S) : François CAMPELLO		CODE : RIDRV-91-10 RA/NANTES
TITRE : Troubles d'origines biotiques et abiotiques rencontrés en aquaculture de macrophytes - Catalogue 1991		Date : Tirage en nombre :
		Nb pages : 39 Nb figures : Nb photos :
CONTRAT (intitulé) N° _____		DIFFUSION libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> confidentielle <input type="checkbox"/>

<p>RESUME</p> <p>Ce catalogue regroupe les troubles connus qui peuvent affecter les macrophytes cultivées dans le monde, appartenant aux familles des Phéophycées et des Rhodophycées. Des virus, des bactéries, des champignons, des épiphytes et des endophytes divers, ainsi que des agents encore non identifiés et des substances chimiques, naturelles ou dues à l'activité humaine, peuvent compromettre la qualité et les rendements en algoculture.</p>
<p>Mots clés : Troubles - Biotiques - Abiotiques - Aquiculture - Macrophytes - <i>Alaria</i> - <i>Chondrus</i> - <i>Ectocarpus</i> - <i>Euclidean</i> - <i>Gelidium</i> - <i>Gracilaria</i> - <i>Himanthalia</i> - <i>Hizikia</i> - <i>Laminaria</i> - <i>Macrocystis</i> - <i>Porphyra</i> - <i>Undaria</i>.</p>
<p>Key words : Abiotic - Biotic - Diseases - Aquiculture - Macroalgae - <i>Alaria</i> - <i>Chondrus</i> - <i>Ectocarpus</i> - <i>Euclidean</i> - <i>Gelidium</i> - <i>Gracilaria</i> - <i>Himanthalia</i> - <i>Hizikia</i> - <i>Laminaria</i> - <i>Macrocystis</i> - <i>Porphyra</i> - <i>Undaria</i>.</p>

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
A. PHEOPHYCEES	4
1. <i>ALARIA</i> SP.	4
1.1. Endophytie	4
2. <i>ECTOCARPUS</i> SP.	4
2.1. Mycoses	5
2.2. Epiphytie	5
3. <i>HIMANTHALIA ELONGATA</i>	5
3.1. Epiphytie	5
3.1.1. Flore épiphyte	5
3.1.2. Faune épiphyte	7
4. <i>HIZIKIA FUSIFORME</i>	7
4.1. Epiphyties	7
5. <i>LAMINARIA</i> SP.	7
5.1. Bactérioses	8
5.1.1. Malformations	8
5.1.2. Pourriture estivale	8
5.1.3. Enroulement	8
5.1.4. Alginolyse	9
5.1.5. Taches rouges	9
5.2. Mycoses	10
5.3. Epiphyties	10
5.3.1. Chlorophycées	10
5.3.2. Phéophycées	10
5.3.3. Rhodophycées	11
5.3.4. Bryozoaires	11
5.4. Endophyties	11
5.5. Parasitoses	12
5.5.1. <i>Streblonema</i> sp.	12
5.5.2. <i>Ectocarpus deformans</i>	12
5.6. Chimiose	12
6. <i>MACROCYSTIS</i> SP.	13
6.1. Bactériose	13
6.1.1. Lésions noires	13
6.2. Epiphyties	14
6.2.1. Invertébrés immobiles	14
6.2.2. Invertébrés mobiles	14
6.3. Parasitose	14
7. <i>UNDARIA PINNATIFIDA</i>	14
7.1. Bactérioses	15
7.1.1. Taches vertes	15
7.1.2. "Nanpusei anaaki sho"	15
7.2. Parasitoses	15
7.2.1. <i>Streblonema aecidioides</i>	15
7.2.2. "Hantensei sakikusare sho"	16
7.2.3. Crustacés parasites	16
B. RHODOPHYCEES	16
1. <i>CHONDRUS CRISPUS</i>	16
1.1. Bactériose	16
1.2. Mycose	17
1.3. Epiphyties	17
1.3.1. Flores épiphytes	17

1.3.2. Faunes épiphytes	18
1.4. Endophyties	18
1.5. Malformation	19
1.6. Etiologie inconnue	20
2. <i>EUCHEUMA</i> SP.	20
2.1. Bactériose.....	20
2.1.1. Hydrolyse.....	20
2.1.2. Perforations	21
2.2. Mycose.....	21
2.3. Epiphytie.....	21
2.4. Endophyties	21
2.5. Parasitoses.....	21
2.6. Malformations.....	21
3. <i>GELIDIUM</i> SP.	22
3.1. Epiphyties	22
3.1.1. Flore épiphyte.....	22
3.1.2. Faune épiphyte	23
3.2. Parasitoses.....	23
4. <i>GRACILARIA</i> SP.	23
4.1. Virose.....	24
4.2. Epiphyties	24
4.2.1. Flores épiphytes	24
4.2.1.1. Algues microphytes.....	24
4.2.1.2. Algues macrophytes	24
4.2.2. Faunes épiphytes.....	25
4.2.2.1. Faune sessile.....	25
4.2.2.2. Faune mobile.....	25
4.3. Parasitoses.....	26
5. <i>PORPHYRA</i> SP.	26
5.1. Bactérioses	26
5.1.1. Taches rouges.....	26
5.1.2. Taches jaunes	27
5.1.3. Flétrissure blanche.....	27
5.1.4. Flétrissure rouge.....	27
5.1.5. Flétrissure verte	28
5.1.6. Sénescence	28
5.1.7. Galles	28
5.1.8. Perforations	29
5.2. Mycoses	29
5.2.1. Pourriture blanche	29
5.2.2. Taches jaunes	29
5.2.3. Pourriture rouge.....	29
5.3. Parasitose	31
5.4. Chimioses.....	32
5.4.1. Rejets agricoles	32
5.4.2. Hydrocarbures.....	32
5.4.3. Rejets industriels	32
CONCLUSION.....	33
REMERCIEMENTS.....	33
BIBLIOGRAPHIE.....	34

INTRODUCTION

Dans un travail antérieur (Campello, 1989), la pathogénie des productions aquicoles mondiales a été abordée. Cette nouvelle contribution se focalise sur les facteurs biotiques et abiotiques décrits qui sont susceptibles de contrarier, en France métropolitaine et d'outre-mer, les cultures de macrophytes retenues par le Laboratoire Aquaculture, à savoir les genres: *Alaria*, *Ectocarpus*, *Himanthalia*, *Hizikia*, *Laminaria*, *Macrocystis*, *Undaria* (Phéophycées); *Chondrus*, *Eucheuma*, *Gelidium*, *Gracilaria* et *Porphyra* (Rhodophycées).

Dans un environnement naturellement diversifié, les différentes espèces se développent en équilibre et ne présentent que peu ou pas de troubles. Dans une culture unialgale artificielle, les conditions offertes par l'homme engendrent des déséquilibres. Des espèces pathogènes, épiphytes, endophytes ou parasites vont ainsi pouvoir rencontrer un foisonnement d'individus-cibles dans, ou sur, lesquels elles proliféreront, les dévalorisant du point de vue économique (Tseng, 1981). Elles peuvent être des virus, des bactéries, des champignons, des algues ou des animaux. Des substances chimiques naturelles, ou apportées par l'homme, peuvent provoquer des effets semblables.

Dans un but utilitaire, les macrophytes seront abordées dans l'ordre dans lequel elles sont citées. Le mot "trouble" est employé dans une acceptation très large puisque les épi- et les endophytes sont considérés comme des nuisances.

A. PHEOPHYCEES

1. ALARIA SP.

Le seul trouble connu pour cette algue alimentaire est l'endophytie.

1.1. Endophytie

Goff (1983) signale que *Alaria* sp. peut être endophytée par *Streblonema pacificum* Saund (Phéophycées), d'après les travaux de Abbott et Hollenberg (1976).

En Nouvelle Ecosse, la petite algue verte *Bolbocoleon piliferum* Pringsh. est surtout endophyte parmi les cellules corticales des espèces-hôtes, telles que *Alaria esculenta* (L.) Grev. (Nielsen et McLachlan, 1986 a).

2. ECTOCARPUS SP.

Ectocarpus sp. n'intéresse l'IFREMER que dans la mesure où des moyens seraient mis en évidence pour l'éliminer. En effet, cette macroalgue est épiphyte. Elle diminue la valeur marchande des macrophytes cultivées sur lesquelles elle a la possibilité de se fixer. Mais elle peut être atteinte de mycoses et être épiphytée.

2.1. Mycoses

Olpidiopsis andreei (Lagerheim) Karling, champignon marin (Lagénidiales) provoque des mycoses sur *Ectocarpus* sp. (Sparrow, 1969).

Pharcidia laminaricola Kohlmeyer est décrit en association lichénoïde avec *Ectocarpus fasciculatus* Harvey sur les stipes de *Laminaria digitata* (Huds.) Lamouroux (Kohlmeyer, 1973).

Porter (1986) signale que des Hyphochytridiomycètes marins peuvent se rencontrer sur des *Ectocarpus*. Trois espèces d'*Anisoldidium* forment des thalles endobiotiques et monocentriques dans leurs cellules.

2.2. Epiphytie

Le champignon Loculoascomycète *Pharcidia laminaricola* peut former une association symbiotique avec *E. fasciculatus*. Les filaments de l'algue épiphyte et les hyphes du champignon se trouvent intimement entremêlés. Kohlmeyer (1973) considère cette association comme étant une forme lichénoïde primitive. Les filaments algaux apparaissent sains, sans aucune trace de dommage causé par le champignon.

La chlorophycée *Acrochaete wittrockii* (Wille) R. Nielsen est épiphyte ou endophyte parmi les cellules de la paroi de *E. fasciculatus* en Nouvelle Ecosse, selon Nielsen et McLachlan (1986 a).

3. HIMANTHALIA ELONGATA

Himantalia elongata (L.) S.F. Gray est une phéophycée alimentaire qui vit environ deux ans et est particulièrement épiphytée par des algues, mais aussi par des animaux.

3.1. Epiphytie

3.1.1. Flore épiphyte

Les algues qui sont associées aux *H. elongata* à Roscoff (France) sont répertoriées par Ende et Linskens (1962). Sur un thalle d'environ 2 m, ils notent, de la base vers le sommet, dans les trente premiers centimètres la présence de *Palmaria palmata* (L.) O. Kuntze (Rhodophycées) ; entre 30 et 90 cm, *Ectocarpus draparnaldioides* (Crouan) Kjellman (Phéophycées) et, au-dessus, *Ceramium rubrum* (Hudson) C. Agardh (Rhodophycées).

Des recherches anatomiques et le marquage isotopique mettent en évidence l'épiphytie progressive par *Ulva* (Chlorophycées), *Palmaria*, *Ceramium* (Rhodophycées) et *Pylaiella* (Phéophycées) selon Ende et Oorschot (1963).

Neuf Chlorophycées, six Phéophycées et quatorze Rhodophycées sont répertoriées par Kitching (1987).

Les populations épiphytes de *H. elongata* de l'île de Man (Angleterre) sont inventoriées par Russell (1988).

Ses observations mettent en évidence le fait que la distribution des épiphytes n'est pas uniforme parmi les parties végétatives. Celles qui se développent dans des conditions suboptimales sont davantage sujettes à l'infestation.

Les algues vertes et rouges sont en très faible proportion. A la profondeur où elles sont les plus abondantes, elles représentent moins de 50% de la flore épiphyte totale.

Les algues brunes épiphytes sont représentées par les espèces suivantes : *Ectocarpus fasciculatus*, *Herponema velutinum* (Greville) Kützing, *Elachista scutulata* Duby et *Myriactula areschougii* (Crouan frat.) Hamel. Ces trois dernières semblent inféodées à *Himanthalia* et, tout particulièrement, à ses éléments reproducteurs. Cette spécificité pourrait être la conséquence d'optima écologiques communs autant que de dépendances biochimiques. Il est quand même difficile d'expliquer que la flore épiphyte de ces algues soit complètement liée à des optima environnementaux. Il se pourrait que les polyphénols de l'hôte soient des inhibiteurs peu efficaces à l'encontre d'épiphytes phylogénétiquement apparentés. *Ectocarpus fasciculatus* peut se rencontrer sur d'autres algues.

Les algues brunes sont particulièrement nombreuses sur les organes reproducteurs en croissance, ou parvenus à maturité. Le fait qu'*E. fasciculatus*, épiphyte non spécifique, puisse être aussi intimement associé aux organes reproducteurs de *Himanthalia* que les *E. scutulata* et les *M. areschougii* illustre combien une association spécifique peut se développer. Les réceptacles s'allongent très rapidement et desquament une fois par jour, ou à chaque marée. Ce comportement permet aux *Ectocarpus* d'échapper au broutage effectué par les Crustacés isopodes et amphipodes.

Les parties végétatives et reproductrices de *Myriactula* sont presque entièrement contenues dans les conceptacles. Les sporocystes de *Herponema* sont produits en grand nombre à la surface des réceptacles. Ceux des *Elachista* sont protégés par un tissu constitué de filaments végétatifs.

Ces épiphytes ont des relations spécialisées avec leur hôte dans la mesure où elles sont hautement spécifiques des organes reproducteurs dont la différence de taille avec la partie végétative est très grande. Ceci expliquerait que les épiphytes y soient plus nombreux. Cependant, leur incidence quasiment nulle sur le thalle révélerait la présence d'un facteur discriminant s'ajoutant au facteur taille.

Seulement 5 à 10% des épiphytes supportent les conditions hivernales et permettent la transmission vers les nouveaux réceptacles, dès les premiers stades de leur développement (Russell, 1988).

3.1.2. Faune épiphyte

Kitching (1987) étudie aussi les animaux épiphytes dans la réserve marine naturelle de Lough Hyne. La liste qu'il dresse est impressionnante: 1 espèce de Porifères, 1 espèce d'Hydrozoaires, 6 espèces de Polychètes, 13 espèces de Bryozoaires, 18 espèces de Crustacés, 3 espèces d'Insectes, 16 espèces de Prosobranches, 1 espèce d'Opisthobranches, 5 espèces de Lamellibranches, 2 espèces d'Ophiurides et 9 espèces d'Ascidies. L'auteur estime que des relevés ultérieurs pourraient allonger cette liste.

Himantalia elongata offre deux substrats totalement différents, la partie végétative et les organes de reproduction. Ils permettent deux types de recouvrement que la desquamation n'élimine pas. Cette épiphytie est le résultat des interactions de trois catégories de facteurs: le comportement des larves d'épiphytes, les moyens de défense de l'hôte et les conditions hydrologiques.

Les jeunes thalles ne sont pas épiphytés. Les cellules épidermiques sécrètent une couche d'alginate qui les recouvre. Ces cellules et leurs sécrétions sont ensuite éliminées. Cette sécrétion aurait des propriétés antibiotiques (Al-Ogily, 1985) selon la méthode utilisée par Hornsey et Hide (1976).

4. HIZIKIA FUSIFORME

Cette algue brune d'intérêt alimentaire est parfois épiphytée.

4.1. Epiphyties

Tanaka (1988) a noté la présence de *Sphacelaria furcigera* Kützing et de *S. variabilis* Sauvageau en état de se reproduire sur des thalles de *Hisikia fusiforme* (Harvey) Okamura.

5. LAMINARIA SP.

Des bactéries, des champignons, des épiphytes, des parasites et des substances chimiques sont susceptibles de compromettre les *Laminaria*, cultivées pour l'alimentation humaine.

5.1. Bactérioses

Elles sont au nombre de cinq.

5.1.1. Malformations

Wu *et al.* (1983) prouvent expérimentalement que la rouille des canalisations et l'hydrogène sulfuré dissous dans l'eau de mer des stations chargées de la fourniture des jeunes plants sont à l'origine des malformations des plantules de *Laminaria*. Les gamétophytes ont une croissance ralentie et des chloroplastes dégénérés. Les oeufs se contractent dans l'oogonium et ne sont pas expulsés.

Le rôle tenu par les bactéries productrices d'hydrogène sulfuré est confirmé par le fait que l'addition d'antibiotiques fait chuter le pourcentage d'individus malades. Les lames nécrosées, l'eau des bassins de culture et la boue marine au voisinage de la station sont porteuses de cultures mixtes de bactéries réductrices des sulfates et de bactéries saprophytes productrices d'hydrogène sulfuré, parmi lesquelles *Micrococcus* sp. Elles se multiplient rapidement à 10–12°C en produisant de grandes quantités d'hydrogène sulfuré.

Les symptômes typiques sont induits par des concentrations extrêmement faibles. La dose létale pour 32% des gamétophytes est de 4 ml.l⁻¹. Une concentration aussi faible que 0,005 ml.l⁻¹ peut provoquer le rétrécissement des oeufs. La moitié de la dose toxique pour l'oogonium est approximativement de 0,018 ml.l⁻¹. La formation de l'oogonium et celle du jeune gamétophyte sont les stades les plus sensibles.

5.1.2. Pourriture estivale

Selon les mêmes auteurs, les jeunes plants peuvent se détacher des supports de culture et se désagréger sous l'action d'une *Pseudomonas* alginolytique.

Expérimentalement, le contact d'une suspension de 10⁸ cellules.ml⁻¹ provoque la perte des plantules. L'enzyme brute aboutit aux mêmes effets.

Le nitrate de sodium a une action inhibitrice certaine sur ces bactéries. L'emploi de l'urée, comme source azotée, pour la culture des jeunes plantules est recommandé (Wu *et al.*, 1983).

5.1.3. Enroulement

Au cours de leur développement en mer, les frondes de *Laminaria* peuvent s'enrouler. Un organisme semblable à un mycoplasme est mis en évidence par microscopie électronique dans les coupes de tissus atteints. Il se manifeste en fonction de la température

de l'eau. A 3°C la maladie est importante, mais à 10°C les plants infectés commencent à se rétablir. Les cultures les moins immergées sont les mieux portantes (Wu *et al.*, 1983).

5.1.4. Alginolyse

D'une part, les cultures forcées de *Laminaria japonica* var. *ochotensis* Okamura de l'île de Hokkaido (Japon) présentent, en 1959, une multitude de petites perforations. Elles confluent et, dans la phase terminale, une partie des lames est déchiquetée, ce qui entraîne une perte économique.

Ando et Inoue isolent, en 1961, un vibron qui possède une alginase et serait responsable de cette maladie épidémique après une phase de multiplication dans l'eau des zones de culture.

D'autre part, des sporophytes en fin de croissance peuvent se détacher de leurs supports de culture. Selon Chen *et al.* (1984), la microflore alginolytique, dominante dans la microflore totale, est la cause de ce phénomène.

Expérimentalement, cette infection se manifeste dès que la densité des germes alginolytiques dans l'eau de mer atteint 10^8 cellules . ml⁻¹.

L'algoculture monospécifique forcée permet l'épanouissement de cette microflore pathogène qui augmente au moment du développement des frondes (Chen *et al.*, 1986).

5.1.5. Taches rouges

Alteromonas sp. sécrète un pigment semblable à la prodigiosine, aux dépens de cellules vivantes d'autres bactéries à Gram négatif. Les thalles de *Laminaria* prennent alors une coloration inhabituelle, indésirable. Il ne s'agit pas d'une maladie au sens habituel du terme puisqu'elle ne se développe pas au détriment des composés cellulaires des sporophytes, mais elle aboutit à une perte économique pour l'île de Hokkaido (Ezura *et al.*, 1988; Yumoto *et al.*, 1989).

Ces bactéries sont isolées entre les mois de mai et de septembre, quand la température de l'eau de mer est supérieure à 13°C. La teneur de l'eau de mer en matière organique particulaire et en flore bactérienne vivante seraient des facteurs favorables pour leur multiplication (Yumoto *et al.*, 1989). Ces bactéries marines ne résistent ni au chauffage à 80–90°C qui précède le remplissage des bacs de culture, ni au dessèchement. Elles sont vraisemblablement amenées par les zoospores et par les pieds-mères, où elles sont détectées au sommet des frondes.

Le lavage des pieds-mères et l'élimination des parties colorées seraient des moyens utiles pour contenir l'invasion des bacs par cet agent du rougissement.

5.2. Mycoses

Laminaria digitata peut être contaminée par deux champignons. Il est possible de rencontrer sur le même stipe, *Pharcidia laminaricola* et *P. rhachiana* Kohlmeyer. Ce dernier est limité à la surface des haptères de son hôte, en association lichénoïde avec des Cyanophycées, des Chroococales et probablement aussi des Ectocarpales. Ces deux champignons ne blessent pas leur hôte (Kohlmeyer, 1973).

Les cellules épidermiques de *L. digitata* semblent sécréter activement des substances polyphénoliques. Elles expliqueraient l'apparente limitation de cette mycose aux organes reproducteurs (Davis *et al.*, 1973).

Le stipe et le crampon de *Laminaria* sp. sont parfois infectés par le champignon Ascomycète *Phycomelaina laminariae* (Rostrup) Kohlmeyer ; les tissus nécrosés noircissent. La croissance du parasite est intercellulaire (Schatz *et al.*, 1979). Parfois, autour de la lésion, ils présentent une hyperplasie (Kohlmeyer, 1968, 1979). Les spermogonies et les ascocarpes se forment dans les taches noires (Schatz, 1983).

5.3. Epiphyties

Pour se protéger de leurs épiphytes, les espèces de *Laminaria* érodent continuellement la partie distale de leurs lames, remplacée grâce à un méristème basal (Ott, 1979 et 1980).

5.3.1. Chlorophycées

Les chlorophycées *Acrochaete viridis* (Reinke) R. Nielsen, *Blastophysa rhizopus* Reinke, *Bolbocoleon piliferum*, *Ochlochaete hystrix* Thwaites *ex.* Harvey, *Phaeophila dendroides* (Crouan frat.) Batt. et *Pseudoclonium fucicola* (Rosenv.) R. Nielsen sont associées aux cellules superficielles de *Laminaria digitata*, *L. saccharina* (L.) Lamouroux et *L. sp.* (Nielsen et McLachlan, 1986 a).

5.3.2. Phéophycées

L'épiphytie des algues brunes du détroit de Tsugaru, dans le Sud de l'île de Hokkaido (Japon), fait l'objet de l'étude de Tanaka (1988). Bien que le nom du genre *Laminaria* ne figure pas de manière explicite dans la publication, il est possible de penser qu'il peut être épiphyté par les espèces citées des familles suivantes:

- Ectocarpaceae : *Giffordia mitchellae* (Harvey) Hamel;
- Elachistaceae : *Elachista coccophorae* Takamatsu, *E. taeniaeformis* Yamada, *E. tenuis* Yamada, *Halothrix ambigua* Yamada, *H. lumbricalis* (Kützinger) Reinke et *H. tortuosa* Takamatsu ;

– Sphacelariaceae : *Sphacelaria furcigera* Kützing et *S. variabilis* Sauvageau.

Autour de l'île de Man, la principale algue brune épiphyte sur *Laminaria digitata* est la Phéophycée *Ectocarpus fasciculatus* (Russell, 1988). Elle est présente sur le stipe vivace et sur la lame en continuelle régénération, avec une plus grande fréquence aux extrémités distales. La distribution et l'abondance des épiphytes sur les lames semblent être fortement apparentées aux caractéristiques de croissance des lames (Russell, 1983 b). La distribution discontinue des *Ectocarpus* sur les *Laminaria* est due au méristème intercalaire qui produit du tissu frondal et stipal. C'est ainsi que les spores qui germent sur la fronde sont convoyées vers l'extrémité par le processus de croissance du thalle de l'hôte.

La pérennité des *Ectocarpus* est liée à leur capacité à atteindre le stade de reproduction avant que leur support se désintègre (Russell, 1983 a). Elle est fortement aidée par la variabilité morphologique. Les filaments primaires et secondaires des *E. fasciculatus* de *L. digitata* ont normalement moins d'importance que celui qui est en position centrale et demeure visible sur toute la longueur de la plante.

Les cycles écologiques de cet épiphyte et de cet hôte peuvent être considérés comme le résultat d'une adaptation évolutive ou de la convergence d'optima saisonniers et environnementaux confirmés par l'observation.

Cette forme d'association est également visible à Helgoland (Kornmann et Sahling, 1977).

5.3.3. Rhodophycées

Selon Goff (1983), *Laminaria sinclairii* (Harv.) Farl., Anders. et Eaton peut être épiphytée par la Rhodophycée *Erythrotrichia porphyroides* Gardn. ; *Laminaria dentigera* Kjellm. par *Porphyrella gardneri* Smith et Hollenb.

5.3.4. Bryozoaires

Les larves du bryzoaire *Membranipora membranacea* L. colonisent les lames de *Laminaria hyperborea* (Gunner) Foslie (Lüning, 1990).

5.4. Endophyties

Les algues brunes endophytes font l'objet des publications de plusieurs auteurs: Setchell et Gardner (1922, 1925), Andrews (1976, 1977), Yoshida et Akiyama (1978) et Goff (1983) qui signale que *Streblonema evagatum* Setchell et Gardner pénètre profondément dans les tissus de son hôte, *Laminaria dentigera*. *Endophyton* sp. et quelques *Audouinella* (*Acrochaetium*) font de même.

5.5. Parasitoses

5.5.1. *Streblonema* sp.

Une algue brune peut provoquer une réaction de son hôte. Les galles rencontrées sur les stipes de *Laminaria japonica* Areschoug sont associées aux filaments d'une algue voisine des *Streblonema* (Andrews, 1977). Elles sont très grosses par rapport à la finesse des stipes qui les supportent. Elles sont sphériques ou allongées, plus ou moins enroulées (Apt, 1988 a et b).

Des sporophytes peuvent être expérimentalement contaminés avec des filaments de *Streblonema*. Des galles apparaissent. Les filaments irrégulièrement divisés produisent des sporocystes uniloculés.

Le tissu qui constitue la galle provient des cellules les plus internes de l'épiderme de la zone méristématique de l'hôte. Les cellules infectées se divisent d'une manière irrégulière et inorganisée. Cette structure est insolite parce que l'organisme qui provoque la prolifération cellulaire appartient taxonomiquement au même phylum que son hôte (Apt, 1988 a et b).

5.5.2. *Ectocarpus deformans*

En Europe, la Phéophycée *Ectocarpus deformans* Dangeard est considérée par Dangeard (1931) comme la cause des galles apparues sur *Laminaria digitata*.

Au début de l'attaque, le parasite se décèle par une tache brun-noir d'étendue variable, visible à l'oeil nu à la surface des stipes ou des lames. Il détermine bientôt la formation d'excroissances dues à une prolifération cellulaire plus active dans la région attaquée. Elles forment soit des pustules isolées, soit des tumeurs noueuses saillantes, isolées ou groupées, soit des zones boursoufflées qui déterminent assez souvent l'enroulement du stipe en spirale. Les coupes de stipes parasités montrent que les filaments du parasite ont une direction générale perpendiculaire à la surface de l'hôte et se terminent par une extrémité libre entre les cellules superficielles qu'ils désorganisent sans en dépasser le niveau. La forte pigmentation des filaments du parasite contraste avec la faible coloration des cellules du tissu intermédiaire de *L. digitata*. Sur les tumeurs âgées, des sporocystes pluriloculaires unisériés font à peine saillie au dehors.

5.6. Chimiose

Compte tenu des risques de pollution par les hydrocarbures, Bokn (1987) étudie les effets d'un tel contact pendant deux ans sur la croissance et la guérison des *Laminaria digitata*.

L'exposition continue au fioul affecte la croissance longitudinale. Cet effet ne se fait sentir qu'à partir de la seconde année. Une forte concentration ($130 \mu\text{g.l}^{-1}$) entraîne une inhibition plus ou moins continue. Une faible concentration ($30 \mu\text{g.l}^{-1}$) aboutit à des inhibitions périodiques.

Le contact terminé, les algues montrent une guérison complète pendant la période de croissance qui suit l'arrêt de la pollution artificielle.

6. *MACROCYSTIS* SP.

Ces algues géantes alginophytes peuvent subir une attaque bactérienne et être épiphytées.

6.1. Bactériose

6.1.1. Lésions noires

Au printemps et en été, de petites lésions noires apparaissent et confluent jusqu'à provoquer la flétrissure des extrémités des lames (Andrews, 1976). Les parties les plus sensibles sont les frondes mûres. Apparemment, l'infection débute sur des blessures. Elle peut progresser vers les stipes, alors la croissance est arrêtée. Les parties atteintes deviennent molles et noires. Eventuellement, elles s'exfolient. Cette maladie peut faire diminuer de 90 % la production californienne (Brandt, 1923).

L'agent étiologique n'a pu être ni décrit, ni classifié. Il cultive vigoureusement à 18–20°C. Il est aérobic. Ses propriétés physiologiques expliquent l'extension de cette bactériose pendant la saison chaude sur les frondes âgées qui flottent. Les symptômes n'apparaissent jamais sous la thermocline, où l'eau est plus fraîche.

Cette maladie n'a pas pu être provoquée expérimentalement. Les cueillettes périodiques, à plusieurs mètres sous la surface de l'eau, permettent aux algues de rester dans un état de santé compatible avec les impératifs économiques.

Pendant la saison hivernale, *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh exsude une, ou des, substances qui inhibent la croissance bactérienne à la surface de l'algue et dans l'eau environnante (Scotten, 1971).

Pendant cette saison, les dénombrements sont plus faibles. Le pouvoir antibiotique est élevé: l'exsudat produit par 20 mg de lame, mis en suspension dans 100 ml d'eau de mer, inhibe le développement de 94% des bactéries associées.

6.2. Epiphyties

Des épiphytes animaux vivent sur les *Macrocystis*.

6.2.1. Invertébrés immobiles

Le plus visible est le Bryzoaire encroûtant *Membranipora*. Quand les algues sont jeunes, l'infestation est habituellement faible. Les frondes deviennent fortement incrustées après leur maturation. L'épiphytie est la plus importante, d'une part au-dessus de la thermocline, d'autre part à la lisière des stations.

Ce phénomène limite l'intensité lumineuse et inhibe la photosynthèse. Les *Membranipora* présents sur les stipes, les lames et les pneumatocystes peuvent devenir si lourds qu'ils provoquent une perte de flottabilité des frondes. En s'enfonçant, elles empêchent la croissance des lames sous-jacentes (Wing et Clendenning, 1971).

Cet épiphyte diminue la valeur marchande de l'alginophyte.

6.2.2. Invertébrés mobiles

Dans les conditions naturelles, les Amphipodes *Ampithoe humeralis* peuvent perforer les lames des *Macrocystis* (Wing et Clendenning, 1971).

Des Foraminifères sont rencontrés dans des cavités des lames, taillées exactement à leurs dimensions, à la surface comme sur toute la longueur de l'algue, en hiver comme en été (Wing et Clendenning, 1971).

Ces perforations peuvent diminuer la valeur marchande du produit.

6.3. Parasitose

Des filaments de *Streblonema* provoquent expérimentalement des galles sur les sporophytes de *Macrocystis integrifolia* Bory (Apt, 1988 a et b).

Si elles se développaient dans les conditions fixées pour la culture des *Macrocystis pyrifera*, elles compromettraient la qualité du produit exploité.

7. UNDARIA PINNATIFIDA

Les *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, d'intérêt alimentaire, sont sujettes aux maladies bactériennes. Elles peuvent aussi être parasitées.

7.1. Bactérioses

7.1.1. Taches vertes

En Corée, en 1981, des taches vertes se forment à la partie distale des frondes sous l'action de microorganismes pathogènes (Kang, 1981). Les tissus nécrosés disparaissent pour laisser la place à de petites cavités aux bords verdâtres. Elles peuvent se rejoindre, accélérant ainsi le dépérissement des frondes. Les thalles atteints sont plus nombreux au centre des zones de culture. La population bactérienne des frondes malades est comprise entre $6,8 \cdot 10^5$ et $1,2 \cdot 10^6$ cellules viables.g⁻¹. Des *Moraxella*, des *Achromobacter*, des *Vibrio*, des *Flavobacterium*, des *Acinetobacter* et des *Pseudomonas* sont identifiés.

7.1.2. "Nanpusei anaaki sho"

En 1989, à Iwate (Japon), les récoltes diminuent par suite d'une maladie, probablement d'origine bactérienne. Les premières manifestations ne sont pas encore déterminées avec exactitude. Une récolte précoce serait de nature à contenir son développement. Des souches algales résistantes pourraient être créées par des techniques biotechnologiques (Ishikawa et Saga, 1989).

7.2. Parasitoses

7.2.1. *Streblonema aecidioides*

Le long de la côte Nord-Est de l'île de Honshu (Japon), les *Undaria* cultivées sont susceptibles d'être parasitées, entre mai et juin, par une algue macrophyte de l'embranchement des Phéophycées, identifiée à l'espèce *Streblonema aecidioides* Rosenvinge (Yoshida et Akiyama, 1978). Les lames atteintes présentent des taches brun-sombre qui peuvent atteindre 2 cm de diamètre. La zone malade devient plus épaisse et prend un aspect rugueux. Parfois le centre des plus grandes taches se perce du fait du pourrissement des tissus. La qualité alimentaire de la culture s'en trouve diminuée.

A l'oeil nu, une tache brune est un ensemble de sporocystes. Au microscope, la surface des taches est un ensemble de cellules parasites. Au premier stade, elles se trouvent immédiatement sous la couche de cellules épidermiques de la plante hôte. Au stade suivant, des sporocystes se sont formés. Ils soulèvent la couche épidermique, parfois jusqu'à la rupture. Un tapis dense de sporocystes apparaît.

Une section transversale de la lame montre les filaments irrégulièrement branchus du parasite, reconnaissables à leurs plastes richement pigmentés. Les tissus du parasite et de l'hôte sont entrelacés.

Ces Ectocarpales parasites sont connues en France (Hamel, 1931).

7.2.2. "Hantensei sakikusare sho"

Cette maladie parasitaire n'est pas bien définie. Une récolte précoce à Iwate (Japon) peut en limiter les dégats (Ishikawa et Saga, 1989).

7.2.3. Crustacés parasites

En Corée, les cultures de *Undaria pinnatifida* peuvent être attaquées par des Crustacés parasites. Certaines perforations sont dues à des Copépodes harpacticoïdes, *Thalestris* sp., qui apparaissent entre décembre et mars (Kang, 1981).

Les Amphipodes gammarides, *Ceinina japonica*, envahissent la moelle de la nervure médiane après avoir pénétré par les crampons du thalle. Dans les cas graves, le tunnel ainsi creusé peut conduire à la séparation de la fronde (Kang, 1981).

Les conséquences sur la production sont évidentes.

B. RHODOPHYCEES

1. *CHONDRUS CRISPUS*

Ces Rhodophycées carraghénophytes peuvent subir l'attaque de bactéries et de champignons, supporter des épiphytes végétaux et animaux et abriter des endophytes. Harvey et McLachlan (1973) ont présenté une bibliographie exhaustive relative aux bactéries, champignons, plantes et animaux qui apparaissent sur cette algue.

1.1. Bactériose

En 1930, Cantacuzène décrit des galles d'origine bactérienne. Elles apparaissent sur la base, le stipe et la lame des thalles infectés. Leurs tailles varient en fonction de leur ancienneté et de leur position. Les plus grandes se trouvent sur les portions les plus âgées de l'hôte. Elles donnent naissance à des métastases. Les tissus médullaires concernés sont hyperplasiques. Des bactéries sont isolées des tumeurs primaires et secondaires.

Des galles expérimentales sont obtenues par inoculation d'algues saines avec des bactéries issues de cultures ou de galles broyées.

L'auteur conclut à l'existence d'un agent pathogène, basée sur son association avec les galles, son action dommageable sur l'hôte, son affinité pour des tissus spécifiques et la réaction qu'il provoque après infection expérimentale.

1.2. Mycose

En 1973, au Nouveau Brunswick, les régions apicales des frondes de *Chondrus crispus* Stackhouse, cultivés en bacs, sont devenues moribondes et ont décliné (Shacklock *et al.*, 1974). En Nouvelle Ecosse, dans les cultures mises en place en 1980, les épidémies débutent à la fin août ou au début septembre. Les zones méristématiques sont infectées, perdent leur couleur et meurent, laissant en place des frondes "décapitées". La croissance est arrêtée pendant plusieurs semaines, le temps que de nouveaux méristèmes se régénèrent.

L'agent causal est le champignon Oomycète *Petersenia pollagaster* (Petersen) Sparrow. Grâce à ses zoospores, il s'installe dans les extrémités apicales quand la température de l'eau est supérieure à 10°C (Molina, 1986). Il se signale par de très petites lésions blanchâtres au voisinage de la zone de croissance du thalle. Après environ deux semaines, les lésions deviennent abondantes, la zone distale du thalle blanchit et s'érode. L'examen microscopique révèle l'infection fongique en contact étroit avec l'hôte, dans un but probablement alimentaire. Le développement de *P. pollagaster* est différent de celui des *Pythium* (Kazama et Fuller, 1970; Molina, 1986). Une température inférieure à 15°C retarde fortement l'extension de ce mal. En dessous de 10°C, l'épidémie est arrêtée (Craigie, 1984).

1.3. Epiphyties

1.3.1. Flores épiphytes

Chopin (1986) dresse une liste des algues brunes, vertes et rouges qui épiphytent les *Chondrus crispus*. Un petit nombre d'entre elles peut être nuisible pour les cultures en bacs.

Quand la température de l'eau est basse, en hiver et au début du printemps, des Diatomées benthiques et filamenteuses dominant. Au fur et à mesure que l'ensoleillement augmente et que la température de l'eau s'élève, elles sont remplacées par des algues brunes filamenteuses, principalement des *Ectocarpus* spp. Au delà de 15°C environ, les algues brunes croissent difficilement et deviennent des épiphytes peu encombrants.

Il en va autrement des algues vertes, *Ulva* spp., qui se développent rapidement au printemps et au cours des premiers mois de l'été. *Ulva lactuca* Linné est un compétiteur puissant de *C. crispus* entre 5 et 20°C. Mais avec un faible ensoleillement et une température peu élevée, la culture prime sur l'épiphytie (Enright, 1979).

La Chlorophycée *Enteromorpha* sp. est aussi un épiphyte des cultures de *C. crispus* (Shacklock *et al.*, 1973; Morrison, 1974). Les températures comprises entre 15 et 20°C favorisent la croissance de cet épiphyte. Comme *Ulva*, elle sporule fréquemment. Les frondes, longues et étroites, empêchent l'agitation nécessaire des cultures qui se développent mal et deviennent sujettes aux maladies (Craigie et Shacklock, 1989).

Une autre chlorophycée, *Acrochaete viridis*, est épiphyte ou endophyte parmi les *C. crispus* au Canada (Nielsen et McLachlan, 1986 a).

D'autres algues vertes, *Chaetomorpha* spp. et *Cladophora* spp., sont parfois observées dans les cultures des *C. crispus*, mais ne sont pas souvent abondantes (Craigie et Shacklock, 1989).

Des algues rouges telles que *Ceramium* spp., *Cystoclonium purpureum* (Hudson) Batters et *Porphyra* spp. sont des épiphytes temporaires, peu dangereux. Il n'en est pas de même pour la phase *Trailliella intricata* de *Bonnemaisonia hamifera* Hariot qui peut coloniser les bacs (Ryther *et al.*, 1979).

Dès que la densité de la flore épiphyte avoisine les 10% de la biomasse totale, la qualité commerciale de *Chondrus* est compromise (Craigie et Shacklock, 1989).

1.3.2. Faunes épiphytes

Il arrive que plusieurs espèces animales pénètrent dans les bacs de culture des *C. crispus* par les systèmes d'adduction d'eau, sous forme d'oeufs, de larves, de jeunes ou d'adultes. Une fois enfermées, elles peuvent acquérir leur maturité, se reproduire et les individus devenir nombreux assez rapidement. Ces observations concernent, en particulier, les Crustacés amphipodes *Gammarus oceanicus* Segerstrale et isopodes *Idotea baltica* Pallas et les Mollusques *Lacuna vincta* Montagu (Craigie et Shacklock, 1989).

Ils causent des dommages en broutant. *I. baltica*, *G. oceanicus* et *L. vincta* ingèrent respectivement 20, 5 et 4% de leur poids par jour (Shacklock et Croft, 1981). La perte de biomasse occasionnée n'est pas seulement immédiate, concernant la partie végétative, elle doit être extrapolée dans le futur, car les parties apicales méristématiques sont aussi atteintes. D'autre part, les Mollusques râpent les couches épidermiques des frondes. Ils exposent ainsi les tissus internes à un dépérissement certain et précoce. En grand nombre, ces brouteurs peuvent réduire la culture en pièces si elle n'est pas surveillée en hiver.

Par contre, en petit nombre, ils peuvent débarrasser *C. crispus* de sa flore épiphyte, *Enteromorpha* sp. et *Ectocarpus* sp. (Shacklock et Doyle, 1983).

Gammarus lawrencianus Bousfield ne broute pas *C. crispus*, mais seulement ses épiphytes végétaux, *Enteromorpha*, *Ectocarpus* et *Ulva* (Shacklock et Doyle, 1983).

1.4. Endophyties

Chondrus crispus peut être endophyté par des algues brunes et des algues vertes (Nielsen et McLachlan, 1986 a ; Correa *et al.*, 1987 et 1988). Cette endophytie est commune sur les côtes Est et Ouest de l'Atlantique Nord, touchant plus de 80 % des

frondes, surtout dans leurs parties médianes. La maladie frappe les frondes situées à mi-marée et celles qui ne sont jamais découvertes. Il n'y a pas de différence entre les tétrasporophytes et les gamétophytes.

Les algues endophytes isolées sont identifiées aux Chlorophycées *Phaeophila dendroides*, *Acrochaete heteroclada* Correa et Nielsen et *A. operculata* Correa et Nielsen (*Endophytum ramosum*) et à la Phéophycée *Streblonema* sp.

Les Chlorophycées pénètrent dans leur hôte à tous les stades du développement, depuis la zoospore fixée jusqu'à la partie apicale de la fronde en forte croissance. Une même fronde peut héberger plusieurs espèces endophytes.

Les voies d'entrée peuvent être constituées par des blessures, des sporocystes ouverts et des cellules du tissu cortical dont la cuticule est rompue par la croissance.

Dans certains cas, les endophytes n'induisent que peu de perturbations chez l'hôte. Dans d'autres cas, ils remplacent complètement le tissu cortical de l'hôte. Dans certaines conditions, les filaments des endophytes peuvent ressortir à la surface de l'hôte et s'y étaler. En présence de petits gastéropodes, ils sont broutés. Le broutage ouvre de nouvelles voies à l'envahissement. En leur absence, ils deviennent excessivement abondants et supplantent leurs hôtes.

L'infection expérimentale permet de déterminer la variation phénotypique des Chlorophycées endophytes. *Acrochaete heteroclada* passe d'abord par un stade épiphyte, pas toujours visible du fait du broutage. Secondairement, elle émet des filaments à l'intérieur du cortex de l'hôte. Les cellules-mères des sporocystes de *A. operculata* peuvent être confondues avec les filaments émis par l'hôte.

L'endophytie de *Phaeophila dendroides* est étroitement liée à la température. A 15 et à 24°C, elle est épiphyte. A 20°C, elle s'introduit dans les tissus de *Chondrus crispus*.

Pour ces trois Chlorophycées endophytes, les filaments végétatifs ne se comportent pas en épiphytes et ils ne pénètrent pas dans l'hôte au cours d'essais de contamination in vitro. L'association physique ne s'établit que par les zoospores, quand elles se déposent et germent en n'importe quel point de la surface de l'hôte. La cuticule de *Chondrus crispus* n'est pas une barrière efficace. Son exfoliation ne suffit pas à empêcher leur établissement.

1.5. Malformation

Des galles induites par des Nématodes (Barton, 1901, cité par Apt, 1988) se rencontrent sur *Chondrus crispus*. La description du phénomène ne permet pas de savoir s'il y a hyperplasie et modification de la structure interne de l'hôte.

1.6. Etiologie inconnue

Les frondes matures de *C. crispus* peuvent être affectées par une maladie dont l'agent, bactérie ou champignon, n'est pas identifié. Des cellules meurent au hasard en formant de petites taches verdâtres, qui peuvent atteindre 3 mm de diamètre avant que le tissu disparaisse, faisant apparaître des perforations caractéristiques. Quand ces dernières sont suffisamment nombreuses, la structure physique de la fronde est compromise. Elle se casse. Ce phénomène diminue la valeur marchande de la culture (Craigie et Shacklock, 1989).

2. EUCHEUMA SP.

Plusieurs espèces sont concernées : *E. cottonii* (Weber) Van Bosse, *E. spinosum* (*E. denticulatum*) Burnam et *E. striatum* Schmidt.

Ces algues carraghénophytes sont susceptibles d'être attaquées par des bactéries, des champignons et des épiphytes et de subir des malformations à étiologie mal définie.

2.1. Bactérioses

Deux maladies à étiologie bactérienne sont identifiées.

2.1.1. Hydrolyse

L'hydrolyse des carraghénanes de *E. cottonii* résulte de l'action des carraghénases produites par plusieurs *Pseudomonas* marines (Weigl et Yaphe, 1966 ; Bellion *et al.*, 1982). L'activité enzymatique de *P. carrageenovora* atteint son maximum à la fin de la phase logarithmique de croissance. Le iota-carraghénase dégrade 75 % du iota-carraghénane de *E. spinosum* et 10 % du kappa-carraghénane de *E. cottonii*. Le kappa-carraghénase hydrolyse 80% de kappa-carraghénane et 23 % de iota-carraghénane (Bellion *et al.*, 1982).

Certaines bactéries ne synthétisent qu'une hydrolase, d'autres les deux. Dans le milieu naturel, les enzymes qui coupent les liaisons β 1 ----> 4 dominent. Huit sont isolées. Aucune activité hydrolasique α 1 ----> 3 n'est détectée.

Si les travaux de Bellion *et al.* (1982) ne relèvent pas directement d'un désordre physiologique, ils mettent en évidence l'existence d'enzymes extracellulaires capables de dégrader les polysaccharides constitutifs de la paroi cellulaire des Rhodophycées, enzymes sécrétées par des bactéries marines présentes sur leurs lieux de culture.

2.1.2. Perforations

Des cavités traversent le cortex et atteignent les régions médullaires sous-jacentes. Si des bactéries peuvent être isolées et le postulat de Koch vérifié, ces perforations débutent toujours par une blessure mécanique du cortex. Le thalle peut casser avec, pour corollaire, une perte économique. Cette atteinte n'est pas proliférante (Doty, 1987).

Parfois, les perforations peuvent se couvrir de tissu cortical régénéré de même nature et de même couleur que le cortex initial.

2.2. Mycose

Aux îles Carolines, les cultures monospécifiques de *E. striatum* peuvent être infectées, devenir blanchâtres et perdre leur rigidité. Cette affection est causée par un champignon identifié à *Penicillium waksmanii* Zaleski (Dewey *et al.*, 1983). C'est la première signalisation d'un *Penicillium* parasite d'une algue marine. Son potentiel de dégradation du carraghénane est à l'étude.

Aucun des champignons connus, parasites des Rhodophycées, n'est pathogène pour les *Eucheuma*.

2.3. Epiphytie

Sous l'influence de changements mal tolérés de l'agitation de l'eau, de sa salinité ou de sa teneur en éléments minéraux tels qu'ils apparaissent au rythme des saisons, ou par hasard, les thalles d'*Eucheuma* peuvent se couvrir d'épiphytes avant de perdre leur pigmentation et de pourrir. Cet inconvénient peut être compensé par un déplacement des supports de culture (Doty, 1987).

2.4. Endophyties

Les chlorophycées *Acrochaete leptochaete* (Huber) Nielsen, *Blastophysa rhizopus* sont aussi endophytes des thalles de *E. isiforme* dans lesquels une autre chlorophycée, *Phaeophila dendroides*, est signalée par Nielsen et McLachlan (1986 b).

2.5. Parasitoses

Selon Nielsen et McLachlan (1986 b) *Eucheuma isiforme* est parasité aux Antilles par les algues vertes *Acrochaete marchantiae* (Setchell et Gardner) Nielsen et McLachlan, *A. leptochaete*, *Blastophysa rhizopus* et *Phaeophila dendroides*.

2.6. Malformations

Eucheuma spinosum et *E. striatum*, cultivés aux Philippines peuvent présenter des excroissances blanches et pulvérulentes sur leurs thalles. Elles entraînent la perte de la pigmentation, puis la destruction de l'algue. Le nom, "ice-ice", donné à cette maladie est dû à son aspect.

Uyenco *et al.* (1981) isolent des *Pseudomonas*, des *Flavobacterium*, des *Vibrio*, des *Xanthomonas* et des *Achromobacter* à diverses périodes de l'année. Aucune de ces bactéries n'est directement liée à la maladie. Pendant les mois de mai à septembre, période de croissance, l'apparition du "ice-ice" est faible, corrélée avec l'activité inhibitrice due à une croissance active.

Cette maladie serait soumise à des facteurs physiologiques et environnementaux, ou un moyen pour l'algue de se desséminer végétativement lorsque les conditions deviennent insupportables.

3. GELIDIUM SP.

Epiphyties et parasitoses peuvent causer des troubles à la culture de ces agarophytes.

3.1. Epiphyties

3.1.1. Flore épiphyte

L'espèce *G. amansii* Lamouroux est cultivée le long de cordages suspendus à des radeaux le long de la côte de Shandong (Chine). D'autres espèces algales non désirées envahissent ses ramifications et s'enroulent dans les supports. Au fur et à mesure de leur croissance, elles entravent de plus en plus la culture de l'agarophyte (Li *et al.*, 1987).

Sur la côte Nord de l'Espagne, selon Arrontes (1990), *G. latifolium* (Greville) Thuret et Bornet peut supporter 45 espèces d'algues épiphytes réparties en Chlorophycées (*Ulva* sp. et *Enteromorpha* sp.), épiphytes de petite taille de la famille des Phéophycées (*Sphacelaria fusca* (Hudson) C. Agardh et *Elachista flaccida* (Dillwyn) Areschoug et de la famille des Rhodophycées (*Pterosiphonia* sp.) et épiphytes macrophytes de la famille des Rhodophycées (*Calliblepharis jubata* Kützinger et *Plocamium cartilagineum* (L.) Dixon). D'une manière générale, les espèces filamenteuses occupent les parties apicales qui sont les zones de croissance, tandis que les espèces plus grandes recouvrent les stipes et les crampons. La couverture épiphyte avoisine les 100 % en été, tandis qu'elle est presque nulle en hiver. Les pics d'abondance de la biomasse sont dus au grand nombre de *C. jubata*. Ils peuvent atteindre $400 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ d'hôte en mars et en juillet.

3.1.2. Faune épiphyte

Suivant que le littoral est abrité ou non, la méiofaune des *G. pristoides* (Turner) Kuetzing est différente (Beckley, 1982 ; Gibbons, 1988). Les thalles des rivages calmes renferment préférentiellement des petits copépodes, leur nauplii et des ostracodes. Ceux des rivages exposés abritent des amphipodes et des bivalves.

Communément, plusieurs espèces de *Membranipora* (Bryozoaires) se fixent sur des algues brunes et rouges. Cancino *et al.* (1987) mesurent les changements occasionnés par les colonies de *M. tuberculata* Bosc. sur la croissance de *G. rex* Santelices et Abbott. Le flux photonique est diminué d'environ 56 % par rapport à la lumière incidente, mais sa qualité n'est que peu affectée. Bien que la photosynthèse soit moins importante sous les colonies, elle ne semble pas avoir une influence marquée sur la croissance de l'algue.

3.2. Parasitoses

L'existence d'espèces parasites chez les Rhodophycées attire l'attention sur la présence ou l'absence de synapses secondaires entre les cellules du parasite et celles de son hôte.

Dans le complexe *Gelidiocolax deformans* Seoane-Camba / *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Thuret, Seoane-Camba (1982) décrit la présence d'une hyperplasie entre les filaments du parasite et les cellules de l'hôte. En 1985, cet auteur décrit des connexions intercellulaires complexes entre le parasite et l'hôte. En 1989, il note que des relations physiologiques semblent exister entre ces deux espèces de Rhodophycées. L'hyperplasie développée, ainsi que l'appauvrissement en grains d'amidon floridéen des parties parasitées du thalle par rapport aux autres régions, permettent de suggérer que les matières nutritives passent de l'hôte au parasite, probablement en relation avec quelques stimulations communiquées par le parasite à l'hôte. Bien que cette description ne précise pas les effets de la parasitose sur la croissance et la reproduction de l'hôte, elle met en lumière le fait que pour un poids de récolte donné il peut y avoir divergence sur l'espèce, donc sur la qualité.

Gelidium sp. peut être parasité par la Rhodophycée *Gelidiocolax microsphaerica* Gardn. (Goff, 1983).

4. GRACILARIA SP.

Ces agarophytes sont sujettes aux attaques virales et à l'épiphytie. Elles peuvent être parasitées.

4.1. Virose

Un cas de galle, probablement causé par un virus, est signalé (Apt, 1984). La particule est présente dans le cytoplasme, mais son rôle dans les croissances anormales n'est pas mis en évidence. Les cellules de l'épiderme méristématique semblent avoir perdu leurs capacités de différenciation. Elles se divisent au hasard pour former des agrégats semblables à des calcs. Cette masse une fois excisée continue à proliférer en un tissu indifférencié qui a une ultrastructure et des parois cellulaires de composition particulière (Apt, 1988 b).

4.2. Epiphyties

4.2.1. Flores épiphytes

4.2.1.1. Algues microphytes

Des algues planctoniques peuvent se fixer sur *Gracilaria*. Dans la baie de Coquimbo (Sud du Chili), les champs de culture de cette algue sont envahis par des espèces compétitives. Une centaine d'espèces de Diatomées différentes est recensée sur les frondes (Kim, 1970).

4.2.1.2. Algues macrophytes

Suivant le lieu de la culture, les *Gracilaria* sont épiphytées par des espèces d'algues macrophytes qui appartiennent à des familles différentes : Rhodophycées, Phéophycées et Cyanophycées.

L'épiphytie de *Gracilaria compressa* Greville dans le Sud-Ouest de Porto Rico est suivie pendant un an (Ballantine, 1979). La présence des épiphytes augmente des parties les plus jeunes vers les parties les plus âgées. Elles appartiennent à trois familles.

- Les Rhodophycées (même famille que l'hôte) : *Acrochaetium* sp., *Polysiphonia havanensis* Montagne, *P. ferulacea* Suhr, *Griffithsia globulifera* Harvey, *Crouania attenuata* (Bonnemaison) J. Agardh, *Fosliella farinosa* (Lamouroux) Howe, *Callithamnion byssoides* Arnott, *Ceramium byssoideum* Harvey, *C. fastigiatum* f. *flaccida* H.E. Petersen, *Heterosiphonia wurdemanni* (Bailey ex Harvey) Falkenberg, *Herposiphonia tenella* (C. Agardh) Naegeli et *H. secunda* (C. Agardh) Ambronn ;
- Les Phéophycées : *Giffordia* sp. et *Dictyota* sp.
- une Cyanophycée : *Microcoleus lyngbyaceus* (Kützing) Crouan.

Dans les conditions les plus difficiles, les Rhodophycées *Ceramium byssoideum*, *Polysiphonia havanensis*, *Callithamnion byssoides* et la Cyanophycée *Microcoleus lyngbyaceus* parviennent à se fixer.

Avec l'âge de la plante-hôte, les composants de la flore épiphyte augmentent. Une espèce peut en remplacer une autre. Si les premières espèces implantées deviennent moins importantes, en terme d'abondance relative, d'autres arrivent à dominer sur les parties les plus âgées.

A Taïwan, la culture forcée de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfus, *G. gigas* Harvey et *G. lichenoides* (L.) Harvey s'effectue dans des bassins de moins 1 m de profondeur dans une eau dont la salinité est comprise entre 5 et 50 ‰. Les agarophytes sont épiphytées par *Enteromorpha* sp. et *Chaetomorpha* sp. (Chlorophycées), ainsi que par la Phéophycée *Ectocarpus* sp. (Chiang, 1984).

En Nouvelle Ecosse (Canada), *Gracilaria tikvahiae* McLachlan, supporte les filaments irrégulièrement branchus de la chlorophycée *Acrochaete leptochaete* (Nielsen et McLachlan, 1986 a),

En Suède, la culture forcée de *Gracilaria secundata* Harvey dans des cylindres en plexiglass entraîne celle d'épiphytes telles que la rhodophycée *Ceramium rubrum* et la phéophycée *Ectocarpus siliculosus* (Dillwynn) Lyngbye (Lignell et al., 1987).

La biomasse récoltable de *Gracilaria* varie beaucoup au cours des saisons. Il en va de même pour l'algue brune *Giffordia* sp. qui l'épiphyte. Kuschel et Buschmann (1991) dressent un tableau quantitatif des principales algues épiphytes dans un système de culture ouvert, soumis aux marées, dans le Sud du Chili et présentent les effets de l'épiphytie sur la production. Au printemps *Giffordia* sp. peut représenter 300 % de la biomasse de *Gracilaria*. Durant l'été, les céramiales dominent, mais sont significativement moins abondantes que les *Giffordia*. Les pieds de *Gracilaria* de la zone sublittorale sont plus sensibles que ceux de la zone médiolittorale. Dans certains cas, la technique d'ensemencement utilisée peut favoriser la fixation des *Giffordia*.

4.2.2. Faunes épiphytes

4.2.2.1. Faune sessile

Dans la baie de Coquimbo (Sud du Chili), les champs de *Gracilaria* sont couverts de Bryozoaires qui y provoquent des dégâts considérables à leur développement (Kim, 1970).

4.2.2.2. Faune mobile

Les champs naturels de *Gracilaria verrucosa* dans le Sud du Chili renferment une épifaune composée principalement de trois espèces de mollusques bivalves : *Gaimardia bahamondi*, *Chloromytilus chorus* et *Semimytilus algosus*. Ils exercent une influence sur la quantité d'agar et sur la force du gel en fonction de la saison. La teneur

varie entre 7,7 % au printemps et 21,3 % en automne. La force du gel est comprise entre 134 et 1 200 g . cm⁻². En toutes saisons, les algues qui ont une épiphytie supérieure à 30 % du poids total fournissent de plus grandes quantités d'agar dont la force du gel est plus forte que celles qui ont une épiphytie moindre. Ce contact permet d'améliorer la culture dans des conditions artificielles.

Des expériences de laboratoire mettent en évidence le fait que les mollusques présents dans le bac de culture, mais sans contact direct avec les algues, les induisent à croître à une vitesse supérieure à celle des algues qui ne subissent pas leur influence. Elles donnent des gels plus forts que ceux des algues cultivées sans eux. Cette force serait due à un effet des substances nutritives, en particulier l'ammoniaque, produit d'excrétion de la faune rapidement absorbé par la flore en culture. Plus la concentration interne des algues en azote est élevée, plus fort est le gel (Craigie *et al.*, 1984 ; Cancino *et al.*, 1987).

4.3. Parasitoses

Quand *Gracilaria verrucosa* subit la présence de *Holmsella pachyderma* (Reinsch) Sturch (rhodophycées), Evans *et al.* (1981) mettent en évidence un transfert non négligeable de glucides de l'hôte vers son parasite par une technique de marquage au ¹⁴C.

La rhodophycée *Gracilariophila gardneri* Setch. parvient à parasiter *Gracilaria textorii* (Sur.) J. Agardh, tandis que *Gracilariophila oryzoides* Setch. et Wils. infecte *Gracilaria sjoestedtii* (Kylin) Dawson et *G. andersonii* (Grun.) Kyl. (Goff, 1983).

Selon Nielsen et McLachlan (1986 b) des espèces de *Gracilaria* sont parasitées par des Chlorophycées dans les Antilles : *G. blodgettii* (Harvey) et *G. crassissima* par *Acrochaete leptochaete* ; *G. blodgettii*, *G. cervicornis* (Turner) J. Agardh, *G. crassissima*, *G. debilis* (Forsskal) Borgesen et *G. sp.* par *Blastophysa rhizopus* et *G. cervicornis*, *G. crassissima*, *G. debilis* et *G. sp.* par *Phaeophila dendroides*.

5. PORPHYRA SP.

Cette algue alimentaire est sujette à des maladies d'origines diverses.

5.1. Bactérioses

5.1.1. Taches rouges

Lors de la culture en masse de la phase *Conchocelis* des *Porphyra tenera* Kjellman à l'intérieur de coquilles d'huîtres, des taches orangées-rouges peuvent apparaître sur le support calcaire. Il arrive qu'elles causent la perte de *Conchocelis*. Absents des filaments sains, de nombreux bacilles se trouvent à l'intérieur des filaments colorés. La maladie a été reproduite expérimentalement (Nozawa et Nozawa, 1957).

5.1.2. Taches jaunes

Les cultures industrielles de *Conchocelis* de *Porphyra yezoensis* Uedo peuvent être atteintes par une maladie qui se manifeste par des taches jaunes. L'agent responsable est plus petit qu'une bactérie et plus grand qu'un virus.

Si l'on utilise l'eau de mer stérilisée d'un bac où la maladie est bien développée pour cultiver des *Conchocelis* inoculés avec le complexe pathogène, presque tous seront atteints. Au contraire, quand des *Conchocelis* contaminés sont placés dans une eau de mer naturelle, ils ne souffrent pas de la maladie. La demande chimique en oxygène et la teneur en nitrate sont comparativement fortes dans l'eau de culture stérilisée et faibles dans l'eau de mer qui n'a pas supportée de culture malade (Taniguchi, 1977 a et b).

5.1.3. Flétrissure blanche

Les thalles de *Porphyra tenera* cultivés dans les baies à faible renouvellement d'eau subissent fréquemment des attaques bactériennes. La première est connue depuis 1947 sous le nom de flétrissure blanche. Les frondes sont décolorées de l'extrémité jusqu'au crampon. Elles se détachent alors du support de culture constitué par un filet flottant et la récolte est perdue.

Les microorganismes isolés sont identifiés aux genres *Achromobacter*, *Flavobacterium* / *Cytophaga*, *Pseudomonas* et *Beneckea*. Certains sont des levures (Tsukidate, 1983).

Cette maladie (Shirogusare sho) apparaîtrait quand les nutriments dissous, indispensables à la croissance de l'algue, seraient en quantité insuffisante pour permettre un métabolisme normal (Katada, 1967).

Les thalles des *Porphyra* peuvent également devenir blanchâtres et mourir quand une bactérie du genre *Vibrio* devient majoritaire dans la microflore accompagnatrice (Tsukidate, 1970). La période de latence est d'environ trois jours quand la bactérie suspecte représente 20%, ou plus, de la microflore totale présente sur les thalles (Tsukidate, 1977).

5.1.4. Flétrissure rouge

Les thalles de *Porphyra yezoensis* rougissent après une attaque bactérienne (Suto *et al.*, 1972).

Les agents isolés des frondes malades, responsables de ce changement de coloration, appartiennent aux genres *Beneckea* et *Agarbacterium* (Fujita *et al.*, 1972).

5.1.5. Flétrissure verte

Ce désordre apparaît fréquemment dans les cultures de *Porphyra*.

L'invasion bactérienne débute par une partie blessée de la fronde dont le tissu est désorganisé en éléments uni ou pluricellulaires. Ce processus aboutit à la turgescence et au verdissement des parties blessées. La partie atteinte est progressivement éliminée.

Cinq souches bactériennes sont capables de reproduire la maladie in vitro, sans plasmolyse des cellules endommagées. Elles sont identifiées aux genres *Pseudomonas* et *Vibrio* (Fujita *et al.*, 1972; Nakao *et al.*, 1972 ; Fujita, 1973).

5.1.6. Sénescence

Au début de la période de récolte, une certaine forme de sénescence apparaît dans les cultures de *Porphyra*. Selon les professionnels de cette algoculture, les grandes différences entre les températures de l'air et de l'eau au moment de la basse mer de l'aube seraient les causes favorisantes. Ce facteur environnemental est vérifié.

Des *Beneckea* apparaissent entre le deuxième et le neuvième jour qui suit une différence de température supérieure à 8°C pendant au moins 4 h au lever du jour. Ils sont la cause de l'apparition de cellules qui présentent des granulations. Les chromatophores pâlisent et les cellules rétrécissent avant de perdre leur vitalité. A ce stade, la couleur est rouge, mais devient ensuite blanche. Ce phénomène se rencontre sur tous les pieds, quelle que soit leur taille. Ils meurent en quatre jours (Tsukidate, 1977).

5.1.7. Galles

Des cellules anormales peuvent apparaître et entraîner la perte des thalles de *Porphyra* en culture entre octobre et février.

Quand un *Vibrio* est dominant dans la microflore accompagnatrice, les cellules algales deviennent pâles et meurent en trois jours. Quand ce *Vibrio* est associé à une *Aeromonas*, l'algue réagit en formant une galle. Parfois l'*Aeromonas* provoque seule cette réaction du thalle (Tsukidate, 1974).

Les dommages occasionnés sur le plan économique ne sont pas importants.

En 1958, Tokida publie une revue relative aux galles qui apparaissent sur les algues.

5.1.8. Perforations

Certains thalles de *Porphyra* sp. en culture présentent des perforations. Cette atteinte est appelée la maladie de l'Anaaki par les Japonais.

La bactérie responsable est identifiée à *Vibrio fisheri* (Beijerinck) Lehmann et Neumann. Elle sécrète des enzymes capables de digérer les polysaccharides qui constituent la paroi cellulaire des algues brunes et rouges, provoquant ainsi la libération des protoplastes. Cette action enzymatique entraîne la perte des cultures (Hayashi *et al.*, 1984).

Elle peut être mise à profit au laboratoire pour améliorer les plants d'algues par fusion des protoplastes (Hayashi *et al.*, 1984).

5.2. Mycoses

5.2.1. Pourriture blanche

Le premier isolement d'un *Olpidiopsis* sp., à partir de *Porphyra* sp., remonte à 1960, mais la maladie engendrée n'est plus signalée au Japon depuis plusieurs années.

A plusieurs reprises, des *Olpidiopsis* sont isolés des thalles de *Porphyra* atteints par la pourriture blanche dans la mer d'Ariake. Ce champignon aquatique cultive entre 5 et 30°C. Il tolère les teneurs en sels élevées des saumures. Dans son hôte, il est remarquablement résistant à la dessiccation. Ses attaques peuvent être particulièrement violentes (Migita, 1969).

5.2.2. Taches jaunes

Dans la mer Noire, au printemps, un *Pythium* sp. se fixe sur les frondes de *Porphyra (leucosticta) thuretii* Setchell et Dawson matures sous 20 cm d'eau (Mujdaba-Apas, 1976). Il étend ses hyphes entre les cellules de l'algue. Des taches circulaires jaunâtres, avec un liseré rougeâtre qui correspond aux spores, apparaissent. A un stade plus avancé, elles sont complètement désintégrées, conférant à l'algue un aspect criblé (Kazama et Fuller, 1970).

5.2.3. Pourriture rouge

Pythium porphyrae Takahashi, Ichinotani et Sasaki est un champignon marin qui peut provoquer de lourdes pertes au Japon. La pourriture rouge, appelée Akagusare, peut détruire une récolte en deux à trois semaines (Andrews, 1976).

Le genre *Pythium* est le plus important des champignons pathogènes marins avec cinq souches taxonomiquement apparentées à l'espèce *P. porphyrae* (Fujita et Zenitani, 1976). Les études sérologiques aboutissent à la différenciation de deux groupes: le groupe Ariake- Fukushima et le groupe Miyagi. Tous les isolats marins de *Pythium* ne

sont pas pathogènes pour les *Porphyra*. Des différences morphologiques dans l'appareil reproducteur permettent de définir un *P. marinum* Sparrow. Mais les similitudes sont telles et les variations si mineures qu'il semble que ce soit le même pathogène qui attaque toutes les espèces de *Porphyra* (Arazaki, 1947 ; Kazama, 1979).

La première manifestation de la pourriture rouge sur le thalle est une coloration bleu-verdâtre. Ces zones s'entourent ensuite d'un liseré rouge. Le cycle reproductif de *Pythium porphyrae* passe par la formation d'oospores qui germent pour donner des zoospores. Celles-ci donnent naissance au champignon parasite. Les symptômes de la pourriture rouge apparaissent in vivo après infestation des frondes de *Porphyra yezoensis* par oospores (Fujita, 1978) ou par zoospores (Kazama, 1979).

Au Japon, *Porphyra* est une annuelle hivernale alors qu'en Amérique du Nord elle est une annuelle estivale. Elle peut se développer le long des côtes orientales (*P. miniata* (Lyngbye) C. Agardh) et occidentales (*P. perforata* J. Agardh, *P. lanceolata* (Setch. et Hus) G. M. Smith et *P. schizophila* Hollenberg). Etant donné que *P. pulchra* Hollenberg, *P. nereocystis* Anderson et *P. miniata* f. *cuneiformis* Setchell et Hus sont sujettes à l'infection in vivo, toutes les espèces de *Porphyra* peuvent être envahies par les *Pythium* dans certaines conditions (Kazama et Fuller, 1977).

Les lésions observées sur la côte Pacifique de l'Amérique du Nord sont blanchâtres et mesurent entre 1 et 3 mm, tandis que celles de la côte Atlantique sont marbrées de rose au centre, orangées à la périphérie et atteignent 2 à 25 mm (Fuller *et al.*, 1966).

La coloration des lésions dépend de la pigmentation de l'hôte plus que de la souche du champignon. Les marbrures des lésions de *Porphyra miniata* peuvent provenir de différences dans la structure du thalle. En effet, celui de *P. miniata* est constitué de deux couches de cellules, alors que ceux de *P. perforata* et de *P. nereocystis* sont formés d'une seule couche (Kazama, 1979).

En dehors des estuaires, ces algues alimentaires seraient à l'abri de la destruction fongique. Les périodes de reproduction sont les plus sensibles. Au Japon, les récoltes peuvent être perdues pendant les hivers chauds et pluvieux. Sur la côte Est de l'Amérique du Nord, les pieds infectés se rencontrent à la fin juillet ou début août.

La phase *Conchocelis* des *Porphyra tenera* et *P. yezoensis* est insensible aux attaques des *Pythium* (Kazama, 1979).

Porphyra peut résister aux champignons grâce aux substances synthétisées sous l'effet de l'histidine (Noda *et al.*, 1983).

En Méditerranée, *P. (leucosticta) thuretii* est infesté par *Pythium marinum* (Aleem, 1980).

5.3. Parasitose

Une autre catégorie de microorganismes qui peut entraîner des dommages aux cultures de *Porphyra* sp. et à leurs supports dans les baies abritées est constituée par les Diatomées.

Au Japon, la zone la plus importante pour la production du nori, *Porphyra tenera*, est la baie d'Ariake. La récolte a lieu principalement entre novembre et mars. Elle peut être contrariée par de véritables marées rouges qui se produisent en plein coeur de l'hiver, entre la fin janvier et le milieu de mars. En leur absence, les volumes de plancton récoltés sont faibles. Entre janvier et février, ils augmentent logarithmiquement; puis la chute est brutale jusqu'à la mi-mars. Les *Chaetoceros* spp. dominent par le nombre de leurs cellules. Les cinq espèces les plus importantes par le volume de cellules sont : *Eucampia zoodiacus*, *Rhizosolenia* spp., *Chaetoceros* spp., *Coscinodiscus* spp. et *Biddulphia sinensis*. Les espèces à grandes cellules, telles que *Coscinodiscus* et *Biddulphia*, ne présentent pas de variations quantitatives notables pendant les observations in situ, entre septembre 1985 et mars 1986. Au cours d'une marée rouge, la teneur de l'eau de mer en azote inorganique suit une évolution inverse de celle du phytoplancton. L'efflorescence planctonique consomme presque tous les nutriments dissous. Ceci entraîne la perte de la coloration brune sombre du nori et, par voie de conséquence, une diminution drastique de sa valeur marchande (Uno et Sasaki, 1989).

Au laboratoire, ces auteurs cultivent six espèces de Diatomées avec des thalles de *Porphyra*. *E. zoodiacus* présente le plus fort taux de croissance et est l'espèce la plus représentée pendant les épisodes de marées rouges.

La marée rouge se traduit par une forte augmentation de la quantité de chlorophylle *a* présente dans l'eau de mer. Selon Yamamoto et Fujisaki (1989), la mesure de la fluorescence induite du DCMU (3,4 - dichlorophényl - 1,1 diméthylurée), un herbicide puissant, permet de prévoir ces efflorescences hivernales de plus en plus importantes d'année en année. Cette fluorescence, corrélée à l'activité photosynthétique, augmente un à deux jours avant que les *Chaetoceros* spp. et les espèces associées aient atteint leur expansion maximum.

Des études in vitro portent sur la température de l'eau, l'intensité lumineuse, la chlorinité, le pH; les besoins nutritifs et les acides aminés sécrétés par les frondes. Elles mettent en évidence les mécanismes qui permettent à ces algues planctoniques d'adhérer aux *Porphyra* et d'en diminuer la valeur marchande. Elles permettent de cerner les facteurs environnementaux nécessaires à la propagation des Diatomées, ainsi que quelques stratégies à mettre en oeuvre pour éviter tout dommage (Ohgai, 1986).

5.4. Chimioses

5.4.1. Rejets agricoles

Les informations relatives aux effets des pesticides sur les algues marines font état de réactions diverses (Andrews, 1976).

Les insecticides, fongicides, herbicides et biphényles polychlorés inhibent la division cellulaire et le métabolisme.

Certains hydrocarbures aromatiques polycycliques stimulent des croissances anormales. Des structures semblables à des tumeurs se développent sur les frondes des *Porphyra tenera* en contact avec des boues marines souillées par du 2-chloroanthraquinone et par du dibenzanthrone réduit (Ishio *et al.*, 1972 a, b et c). Des tumeurs semblables apparaissent sur les *Porphyra* exposées pendant plusieurs semaines à des concentrations inférieures à 1 ppm de ces produits à l'état pur (Watanabe et Kato, 1972).

5.4.2. Hydrocarbures

Sous l'influence d'une pollution chronique, *P. umbilicalis* (L.) J. Agardh voit sa photosynthèse diminuer quand elle est émergée. Re-immersée en eau de mer non polluée, les réactions photosynthétiques demeurent faibles tant que le film huileux reste adhérent (Schramm, 1972).

Certains hydrocarbures aromatiques polycycliques provoquent des croissances anormales et peuvent être oncogènes. A faibles concentrations, ils induisent une augmentation de la production cellulaire sur les jeunes plantules (Apt, 1988 b).

5.4.3. Rejets industriels

Dans les eaux fortement polluées par des rejets industriels, *Porphyra tenera* développe des galles à partir de décembre. La teneur en acide ribonucléique des cellules algales ne change pas. Par contre, la teneur en acide désoxyribonucléique est maximum au début de l'atteinte et son évolution semble corrélée à l'évolution de la maladie (Katayama et Fujiyama, 1957).

CONCLUSION

Les algues macrophytes qui peuvent être utilisées, soit directement ou indirectement pour notre alimentation, soit à d'autres fins, sont sujettes à des maladies capables d'en diminuer, voire d'en annihiler, la valeur .

L'ancienneté de certaines références n'enlève rien à leur valeur. Les troubles cités par Cantacuzène (1930) et par Dangeard (1931) peuvent causer des dégats en algoculture industrielle, ou être utilisés pour en éviter de pires.

Leur mise en culture intensive tend à accroître la fréquence de ces pathologies et à favoriser leur propagation. Depuis quelques temps, les algoculteurs et les biologistes s'inquiètent de ces phénomènes qui sont capables de ruiner en quelques jours les producteurs et toute la filière de transformation qui en dépend.

Des travaux sont indispensables pour mettre au point des mécanismes de préventions ou de traitement curatifs efficaces autres que l'erradication d'urgence des plants malades ou la destruction des structures affectées. Tout l'avenir de la valorisation des algues est à ce prix.

Les nombreux troubles répertoriés ne doivent pas cependant atténuer l'espoir de mettre en oeuvre une algoculture diversifiée et rentable. En effet, d'une part, la nature a doté les algues de moyens de défense susceptibles d'en assurer la survie (Campello, 1991), moyens qu'il faut identifier, copier et exacerber ; d'autre part, des recherches en biotechnologie devraient permettre d'obtenir des variétés résistantes, comme cela vient d'être signalé (Hayashi *et al.*, 1984 ; Ishikawa et Saga, 1989).

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce rapport a été menée à bien grâce aux personnels des Bibliothèques des Centres IFREMER de Nantes et de Brest et à mes collègues : J.-P. FLASSCH et R. KAAS, tant de fois sollicités pour la saisie informatique, R. PEREZ, qui a bien voulu corriger mon manuscrit, et Mme S. NOUHANT qui l'a traité et imprimé.

Je leur exprime ici mes remerciements pour l'aide qu'ils m'ont apportée.

BIBLIOGRAPHIE

- Abbott I.A., G.J. Hollenberg, 1976. Marine algae of California. Stanford Univ. Press, Stanford, CA., 827 p.
- Aleem A.A., 1980. *Pythium marinum* Sparrow (Phycomycetes) infesting *Porphyra leucosticta* Thuret in the Mediterranean Sea. *Bot. Mar.*, **23**, 405–407.
- Al-Ogily S.M., 1985. Further experiments on larval behaviour of the tubicolous polychaete *Spirorbis inornatus* L'Hardy et Quiévreux. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **86**, 285–298.
- Ando Y., K. Inoue, 1961. Decomposition of alginic acid by microorganisms. IV. On the *Vibrio*-type bacteria, newly isolated from the decaying *Laminaria*. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **27**, 339–341.
- Andrews J.H., 1976. The pathology of marine algae. *Biol. Rev.*, **51**, 211–253.
- Andrews J.H., 1977. Observations on the pathology of seaweeds in the Pacific Northwest. *Can. J. Bot.*, **55**, 1019–1027.
- Apt K.E., 1984. Tumour-like growths on *Gracilaria epihippisor*a Hoyle. *J. Phycol.*, **24** (suppl.) 24.
- Apt K.E., 1988 a. Etiology and development of hyperplasia induced by *Streblonema* sp. (Phaeophyta) on members of the Laminariales (Phaeophyta). *J. Phycol.*, **24**, 28–34.
- Apt K.E., 1988 b. Galls and tumor-like growths on marine macroalgae. *Dis. Aquat. Org.*, **4**, 211–217.
- Arasaki S., 1947. Studies on the wasting disease of cultured lavers (*Porphyra tenera*). *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **13**, 74–90 (en japonais).
- Arrontes J., 1990. Composition, distribution on host and seasonality of epiphytes on three intertidal algae. *Bot. Mar.*, **33**, 205–211.
- Ballantine D.L., 1979. The distribution of algal epiphytes on macrophyte hosts offshore from La Parguera, Puerto Rico. *Bot. Mar.*, **22**, 107–111.
- Barton E.S., 1901. On certain galls in *Furcellaria* and *Chondrus*. *J. Bot.*, **39**, 49–51.
- Beckley L.E., 1982. Studies on the littoral seaweed epifauna of St. Croix Island. 3. *Gelidium pristoides* (Rhodophyta) and its epifauna. *South African J. Zool.*, **17**, 3–10.

- Bellion C., G.K. Hamer, W. Yaphe, 1982. The degradation of *Eucheuma spinosum* and *E. cottonii* carrageenans by i-carrageenases and k-carrageenases from marine bacteria. *Can. J. Microbiol.*, **28**, 874-880.
- Bokn T., 1987. Effects of diesel oil and subsequent recovery of commercial benthic algae. *Hydrobiol.*, **151-152**, 277-284.
- Brandt R.P., 1923. Potash from kelp: early development and growth of the giant kelp, *Macrocystis pyrifera*. *U.S. Depart. Agric.*, 1191, 40 p.
- Campello F., 1989. Environnement bactérien des productions aquicoles . Rapport Interne de la Direction des Ressources vivantes DRV-89.043-RA-Paris (partiellement imprimé-non publié).
- Campello F., 1991. Substances et rôle antibactérien de la phycosphère marine. DRV.RA-Nantes-91-09 . 16 pages.
- Cancino J.M., J. Munoz, M. Munoz, M.C. Orellana, 1987. Effects of the bryozoan *Membranipora tuberculata* (Bosc.) on the photosynthesis and growth of *Gelidium rex* Santelices et Abbott. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **113**, 105-112.
- Cantacuzène A., 1930. Contribution à l'étude des tumeurs bactériennes chez les algues marines. Thèse Etat, Univ. Paris.
- Chen D., X.Y. Liu, X.Z. Liu, Q.X. Wang, 1986. Studies on alginic acid decomposing bacteria. 4. Distribution of alginic acid decomposing bacteria in *Laminaria* farm and its ecological significance. *Oceanol. Limnol. Sin.*, **17**, 137-143.
- Chen D., X. Liu, X. Liu, Z. Yang, S. Qiu, 1984. Studies on alginic acid decomposing bacteria. 3. The cause of the rot disease and detaching of *Laminaria* sporophytes in sporeling culture stations and their preventive measures. *Oceanol. Limnol. Sin.*, **15**, 581-589.
- Chiang Y.M., 1984. Seaweed aquaculture and its associated problems in the Republic of China. In: Proc. ROC-Japan symp. maricult. TML Conf. proc., I.C. Liao et R. Hirano Eds., Tungkang Mar. Lab., Tungkang, Pingtung, Taiwan, R.O.C., **1**, 99-109.
- Chopin T., 1986. The red alga *Chondrus crispus* Stackhouse (Irish Moss) and carrageenans : a review. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, n° 1514.
- Correa J., R. Nielsen, D.W. Grund, 1988. Endophytic algae of *Chondrus crispus* (Rhodophyta). 2. *Acrochaete heteroclada* sp.nov., *A. operculata* sp. nov. and *Phaeophila dendroides* (Chlorophyta). *J. Phycol.*, **24**, 528-539.
- Correa J., R. Nielsen, D.W. Grund, J. McLachlan, 1987. Endophytic algae of Irish moss (*Chondrus crispus* Stackh.). *Hydrobiol.*, **151-152**, 223-228.

- Craigie J.S., 1984. Disease control in *Chondrus crispus*. *J. Phycol.*, **20** (suppl.), 9.
- Craigie J.S., P.F. Shacklock, 1989. Culture of Irish moss. *In: Cold water aquaculture in Atlantic Canada*. A.D. Boghen Ed., Inst. can. rech. dév. région., Moncton, N.B., Canada, 243–270.
- Craigie J.S., Z.C. Wen, J.P. van der Meer, 1984. Interspecific, intraspecific and nutritionally-determined variations in the composition of agars from *Gracilaria* spp. *Bot. Mar.*, **27**, 55–61.
- Dangeard P., 1931. Sur un *Ectocarpus* parasite provoquant des tumeurs chez le *Laminaria flexicaulis* (*Ectocarpus deformans* nov. sp.). *C. R. hebd. Soc. Biol.*, **192**, 57–60.
- Davies J.M., N. C. Ferrier, C. S. Johnston, 1973. The ultrastructure of the meristoderm cells of the hapteron of *Laminaria*. *J.mar. biol. Assoc. U.K.*, **53**, 237–246.
- Dewey F.M., K.A. Donnelly, D. Foster, 1983. *Penicillium waksmanii* isolated from a red seaweed, *Eucheuma striatum*. *Trans. Br. mycol. Soc.*, **81**, 433–434.
- Doty M.S., 1987. The production and use of *Eucheuma*. *In: Case studies of seven commercial seaweed resources*, FAO, Fisheries Technical Paper, **281**, 123–164.
- Ende G. van den, H.F. Linskens, 1962. Beobachtungen über den Epiphytenbewuchs von *Himanthalia elongata* (L.) S.F. Gray. *Biol. Zent.bl.*, **81**, 173–181.
- Ende G. van den, R. van Oorschot, 1963. Weitere Beobachtungen über den Epiphytenbewuchs von *Himanthalia elongata* (L.) S.F. Gray. *Bot. Mar.*, **5**, 111–120.
- Enright C.T., 1979. Competitive interaction between *Chondrus crispus* (Florideophyceae) and *Ulva lactuca* (Chlorophyceae) in *Chondrus* aquaculture. *In: Proc. 9th. Int. Seaweed Symp.*, A. Jensen et J.R. Stein Eds., Science Press, Princeton, 209–218.
- Evans L.V., M.E. Callow, J.A. Callow, 1981. Host-Parasite relationships in seaweeds. *In: Proc. 8th. Int. Seaweed Symp.*, Bangor (U.K.), 18 Aug. 1974, Dep. Plant Sci., The University, Leeds, LS2 9JT, U.K., **8**, 167–171.
- Ezura Y., H. Yamamoto, T. Kimura, 1988. Isolation of a marine bacterium that produces red-spots on the culture bed of makonbu *Laminaria japonica* cultivation. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **54**, 665–672.
- Fujita Y., 1973. Maceration of laver frond by enzymes of bacteria causing green spot rotting-like deterioration. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **38**, 911–915.
- Fujita Y., 1978. Studies on pathogenic *Pythium* of laver red rot in Ariake sea farm. V. Germination of *Pythium porphyrae* oospores. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **44**, 15–19.

- Fujita Y., B. Zenitani, 1976. Studies on pathogenic *Pythium* of laver red rot in Ariake sea farm. I. General mycological characteristics. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **42**, 1183–1188.
- Fujita Y., B. Zenitani, Y. Nakao, T. Matsubara, 1972. Bacteriological studies on diseases of cultured laver. II. Bacteria associated with diseased laver. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **38**, 565–569.
- Fuller M.S., B. Lewis, P. Cook, 1966. Occurrence of *Pythium* sp. on the marine alga *Porphyra*. *Mycologia.*, **58**, 313–318.
- Gibbons M.J., 1988. The impact of wave exposure on the meiofauna of *Gelidium pristoides* (Turner) Kuetzing (Gelidiales: Rhodophyta). *Estuar., Coast., Shelf Sci.*, **27**, 581–593.
- Goff L.J., 1983. Marine algal interactions: epibiosis, endobiosis, parasitism and disease. *In: Joint China–U.S. Phycol. Symp.*, C.K. Tseng Ed., Science Press, Beijing, 221–274.
- Hamel G., 1931. *Phéophycées de France*, Paris, 432 p.
- Harvey M.J., J. McLachlan, 1973. *Chondrus crispus*. *Nova Scotian Inst. Sci.*, Halifax, Canada, 155 p.
- Hayashi S., T. Sakata, Z. Ooshiro, H. Kito, 1984. Enzymes digesting the crude fiber isolated from cultured nori (*Porphyra* sp.). *Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ.*, **33**, 107–113.
- Hornsey I.S., D. Hide, 1976. The production of antimicrobial compounds by British marine algae. III. Distribution of antimicrobial activity within the algal thallus. *Br. Phycol. J.*, **11**, 175–181.
- Ishikawa Y., N. Saga, 1989. The diseases of economically valuable seaweeds and their pathology in Japan. *In: Program 1st Int. Mar. Biotechnol. Conf.*, Tokyo (Japan), 4–6 Sep. 1989, *Jpn. Soc. Mar. Biotechnol., Found. Adv. Int. Sci., ICSU Int. Sci. Comm. Biotechnol.*, Tokyo (Jpn.), 30 p.
- Ishio S., K. Kawabe, T. Tomiyama, 1972 a. Algal cancer and its causes. 1. Carcinogenic potencies of water and suspended solids discharged to the river Ohmuta. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **38**, 17–24.
- Ishio S., H. Nakagawa, T. Tomiyama, 1972 b. Algal cancer and its causes. 2. Separation of carcinogenic compounds from sea bottom mud polluted by waters from the coal chemical industry. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **38**, 571–576.

- Ishio S., T., Y. Sapporo, H. Nakagawa, 1972 c. Cancerous disease of *Porphyra tenera* and its causes. In : Proc. 7th Int. Seaweed Symp., Y. Sapporo, 8–12 Aug 1971, K. Nisizawa Ed., University Press, Tokyo, 373–376.
- Kang J.W., 1981. Some seaweed diseases occurred at seaweed farms along the south-eastern coast of Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **14**, 165–170.
- Katada M., 1967. On the stability and increase of the *Porphyra* production. *Cultiv. Central Conf. Res. Coast. Aquic.*, 64–73.
- Katayama T., T. Fujiyama, 1957. Studies on the nucleic acid of algae with special reference to the deoxyribonucleic acid contents of the crown-gall tissues developed on *Porphyra tenera* Kjellm. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **23**, 249–254.
- Kazama F.Y., 1979. *Pythium* "red rot disease" of *Porphyra*. *Experientia*, **35**, 443–444.
- Kazama F.Y., M.S. Fuller, 1970. Ultrastructure of *Porphyra perforata* infected with *Pythium marinum*, a marine fungus. *Can. J. Bot.*, **48**, 2103–2107.
- Kazama F.Y., M.S. Fuller, 1977. Colonization of *Porphyra perforata* thallus discs by *Pythium marinum*, a marine facultative parasite. *Mycologia*, **69**, 246–254.
- Kim D.H., 1970. Economically important seaweeds in Chile. 1. *Gracilaria*. *Bot. Mar.*, **13**, 140–162.
- Kitching J.A., 1987. The flora and fauna associated with *Himanthalia elongata* (L.) S.F. Gray in relation to water current and wave action in the Lough Hyne Marine Nature Reserve. *Estuar., Coast. Shelf Sci.*, **25**, 663–676.
- Kohlmeyer J., 1968. Revisions and descriptions of algicolous marine fungi. *Phytopathol. Z.*, **63**, 341–363.
- Kohlmeyer J., 1973. Fungi from marine algae. *Bot. Mar.*, **16**, 201–215.
- Kohlmeyer J., 1979. Marine fungal pathogens among Ascomycetes and Deuteromycetes. *Experientia*, **35**, 437–439.
- Kornmann P., P.-H. Sahling, 1977. Meeresalgen von Helgoland. Bentische Grün-, Braun- und Rotalgen. *Helgol. Meeresunters*, **29**, 1–289.
- Kuschel F.A., A.H. Buschmann, 1991. Abundance, effects and management of epiphytism in intertidal cultures of *Gracilaria* (Rhodophyta) in southern Chile. *Aquaculture*, **92**, 7–19.

- Li H., Q. Li, F. Sun, B. Zhuang, 1987. The experiment of killing off fouling organisms with chemical adhered to *Gelidium amansii* Lamx by raft culture. *J. Mar. Drugs*, **6**, 25–31.
- Lignell A., P. Ekman, M. Pedersen, 1987. Cultivation technique for marine seaweeds allowing controlled and optimized conditions in the laboratory and on a pilot scale. *Bot. Mar.*, **30**, 417–424.
- Lüning K. 1990. Seaweeds. Their environment, biogeography and ecophysiology. C. Yarish et H. Kirkman Eds. John Wiley and Sons Inc. New York, 353–356.
- Migita S., 1969. *Olpidiopsis* disease of culture *Porphyra*. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.*, **28**, 131–145.
- Molina F.Y., 1986. *Petersenia pollagaster* (Oomycetes): an invasive fungal pathogen of *Chondrus crispus* (Rhodophyceae). In: The biology of marine fungi, S.T. Moss Ed., Cambridge Univ. Press, New York, N.Y. (U.S.A.), 165–175.
- Morrison R., 1974. Irish moss aquaculture. Dep. Fish. Environ., Res. Dev., Bouctouche, N.B., Canada.
- Mujdaba–Apas M., 1976. Présence de *Pythium* sp. sur l'algue *Porphyra leucosticta*. *Cercet. Mar.*, **9**, 91–94.
- Nakao Y., T. Onohara, T. Matsubara, Y. Fujita, B. Zenitani, 1972. Bacteriological studies on diseases of cultured laver. 1. Green spot rotting–like deterioration of laver frond by bacteria, in vitro. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **38**, 561–564.
- Nielsen R., J. McLachlan, 1986 a. Investigations of marine algae of Nova Scotia. XVI. The occurrence of small green algae. *Can. J. Bot.*, **64**, 808–814.
- Nielsen R., J. McLachlan, 1986 b. *Acrochaete marchantiae* comb. nov. and *Trichothyra irregularis* gen. et sp. nov. with notes on other species of small filamentous green algae from St. Lucia (West Indies). *Nord. J. Bot.*, **6**, 515–524.
- Noda H., H. Amano, S. Kano, F. Ohta, 1983. Unsaturated fatty acids as antifungal substances effective against "Akagusare" disease of the laver *Porphyra* sp. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **49**, 1583–1586.
- Nozawa Y., K. Nozawa, 1957. Studies on a disease of *Conchocelis*–phase of *Porphyra* (Preliminary notes). *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **23**, 427–429.
- Ohgai M., 1986. Studies on the morphology and ecology of epiphytic and epilithic diatoms in nori cultivation grounds. *J. Shimonoseki Univ. Fish.*, **33**, 170–222.

- Ott J.A., 1979. Persistence of a seasonal growth rhythm in *Posidonia oceanica* (L.) Delille under constant conditions of temperature and illumination. *Mar. Biol. Lett.*, **1**, 99–104.
- Ott J.A., 1980. Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delille, *Mar. Ecol.*, **1**, 47–64.
- Porter D., 1986. Mycoses of marine organisms: an overview of pathogenic fungi. In: The biology of marine fungi, S.T. Moss Ed., Cambridge Univ. Press, New York, NY (USA), 141–153.
- Russell G., 1983 a. Formation of an ectocarpoid epiflora on blades of *Laminaria digitata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **11**, 181–187.
- Russell G., 1983 b. Parallel growth patterns in algal epiphytes and *Laminaria* blades. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **13**, 303–304.
- Russell G., 1988. Distribution and development of some Manx epiphyte populations. *Helgol. Meeresunters*, **42**, 477–492.
- Ryther J.H., J.A. DeBoer, B.E. Lapointe, 1979. Cultivation of seaweeds for hydrocolloids, waste treatment and biomass for energy conversion. In: Proc. 9th. Int. Seaweed Symp., A. Jensen et J.R. Stein Eds., Science Press, Princeton, 1–16.
- Schatz S., 1983. The developmental morphology and life history of *Phycomelaina laminariae*. *Mycologia*, **75**, 762–772.
- Schatz S., D. Mauzerall, J. Fiore, 1979. A comparative study on *Laminaria saccharina* (Phaeophyta) infected by *Phycomelaina laminariae* (Ascomycotina). *Biol. Bull., Mar. Biol. Lab., Woods Hole*, **157**, 392–393.
- Schramm W., 1972. The effects of oil pollution on gas exchange in *Porphyra umbilicalis* when exposed to air. In: Proc. 7th Int. Seaweed Symp., Sapporo, 8–12 Aug. 1971, K; Nisizawa Ed., University Press, Tokyo, 309–315.
- Scotten H.L., 1971. Microbiological aspects of the kelp bed environment. In: The biology of giant kelp beds (*Macrocystis*) in California, W.J. North Ed., J. Cramer, 315–318.
- Seoane-Camba J.A., 1982. Sobre una Rodoficea parasita de Gelidiaceas. *Collect. Bot. (Barcelona)*, **13**, 911–918.
- Seoane-Camba J.A., 1985. An ultrastructural and morphological study on the parasite *Gelidiocolax deformans* Seoane-Camba, as well as the cytological connections with its host *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Thuret. In: Second Int. Phycol. Congress, Copenhagen, 4–10 Aug. (Abstract).

- Seoane-Camba J.A., 1989. Origine et structure des synapses secondaires entre cellules du parasite *Gelidiocolax deformans* (Gélidiacées ?, Rhodophytes) et son hôte *Gelidium sesquipedale* (Gélidiacées, Rhodophytes). *Cryptogamie Algol.*, **10**, 259–271.
- Setchell W.A., N.L. Gardner, 1922. Phycological contributions II to VI. II. New species of *Myrionema*. III. New species of *Compsonea*. IV. New species of *Hecatonema*. V. New species of *Pylaiella* and *Streblonema*. VI. New species of *Ectocarpus*. *Univ. Calif. Publ. Bot.*, **7**, 333–427.
- Setchell W.A., N.L. Gardner, 1925. The marine algae of North America. Part III. Melanophyceae. *Univ. Calif. Publ. Bot.*, **8**, 381–898.
- Shacklock P.F., G.B. Croft, 1981. Effects of grazers on *Chondrus crispus* in culture. *Aquaculture*, **22**, 331–342.
- Shacklock P.F., R.W. Doyle, 1983. Control of epiphytes in seaweed cultures using grazers. *Aquaculture*, **31**, 141–151.
- Shacklock P.F., D.R. Robson, I. Forsyth, A.C. Neish, 1973. Further experiments (1972) on the vegetative propagation of *Chondrus crispus* T4. *Natl. Res. Counc. Can., Atl. Reg. Lab., Tech. Rep. n° 18*.
- Shacklock P.F., D.R. Robson, F.J. Simpson, 1974. Propagation of Irish moss in tanks : comparative growth at different locations 1973. *Natl. Res. Counc. Can., Atl. Reg. Lab., Tech. Rep. n° 19*.
- Sparrow F.K., 1969. Zoosporic marine fungi from the Pacific Northwest (USA). *Arch. Microbiol.*, **66**, 129–146.
- Suto S., Y. Saito, K. Akiyama, O. Umebayashi, 1972. Text book of diseases and their symptoms in *Porphyra*. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **18**, 1–37.
- Tanaka J., 1988. Epiphytic brown algae from the coast of southern Hokkaido. *Mem. Natl. Sci. Mus., Tokyo*, **21**, 53–60.
- Taniguchi M., 1977 a. Studies on the yellow spot disease in [*Porphyra*] *conchocelis*. 2. Method for obtaining the pathogen complex. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **43**, 255–258.
- Taniguchi M., 1977 b. Studies on the yellow spot disease in [*Porphyra*] *conchocelis*. 3. Aquatic factors influencing the development of the yellow spot disease. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **43**, 259–263.
- Tokida, J., 1958. A review of galls in seaweeds. *Bull. Jpn. Soc. Phycol.*, **6**, 93–99
- Tseng C.K., 1981. Commercial cultivation. In: The biology of seaweeds. C.S. Lobban et M.J. Wynne Eds., Bot. Monogr., Univ. Calif. Press, Berkeley, **17**, 680–725.

- Tsukidate J., 1970. Microbiological studies of *Porphyra* plants. III. Abnormality on the growth of *Porphyra* plants by the disturbance of the bacterial flora accompanying the plants. *Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab.*, **4**, 1-12.
- Tsukidate J., 1974. Microbiological studies of *Porphyra* plants. 4. On the relation between the growth of the *Porphyra* plants cultivated in the sea and the bacterial flora accompanying the plants. *Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab.*, **7**, 1-8.
- Tsukidate J., 1977. Microbiological studies of *Porphyra* plants. V. On the relation between bacteria and *Porphyra* diseases. *Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab.*, **10**, 101-112.
- Tsukidate J., 1983. On the symbiotic relationship between *Porphyra* species and attached bacteria and a bacterial pathogen in white rot. *Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab.*, **15**, 29-96.
- Uno S., K. Sasaki, 1989. Volumetric consideration of some species of diatoms composing red tides in the nori culture area in Ariake bay. *In: Red Tides. Biology, Environmental Science and Toxicology. Proc. 1st. Int. Symp. Red Tides, Takamatsu, Kagawa Prefecture, Japan, 10-14 Nov. 1987, T. Okaichi, D.M. Anderson et T. Nemoto Eds., Elsevier, New York, 157-160.*
- Uyenco F.R., L.S. Saniel, G.S. Jacinto, 1981. The "ice-ice" problem in seaweed farming. *In: Proc. 10th. Int. Seaweed Symp., 11 Aug. 1980, Goeteborg (Sweden), T. Levring Ed., Walter De Gruyter, Berlin (FRG), 625-630.*
- Watanabe T., S. Kato, 1972. Studies on the diseases of cultural *Porphyra*. 4. On the cause of cancer disease. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **38**, 431-437.
- Weigl J., W. Yaphe, 1966. Glycosulfatase of *Pseudomonas carrageenovora*. Desulfation of disaccharide from k-carrageenan. *Can. J. Microbiol.*, **12**, 874-876.
- Wing B.L., K.A. Clendenning, 1971. Kelp surfaces and associated invertebrates. *In: The biology of giant kelp beds (Macrocystis) in California, W.J. North Ed., J Cramer, Germany, 319-341.*
- Wu C.Y., D. Chen, J. Li , 1983. On the diseases of cultivated *Laminaria japonica*. *In: Proc. Joint China-U.S. Phycol. Symp., C.K. Tseng Ed., Science Press, Beijing, 211-220.*
- Yamamoto T., K. Fujisaki, 1989. Prompt information on red-tides in the cultural grounds of nori (edible laver). *In : Red tides. Biology, Environnemental Science and Toxicology. Proc. 1st Int. Symp. Red Tides, Takamatsu, Kagawa Prefecture, Japan, 10 - 14 Nov. 1987, T. Okaichi, D.M. Anderson et T. Nemoto Eds., Elsevier, New York, 161-164.*

- Yoshida T., K. Akiyama, 1978. *Streblonema* (Phaeophycée) infection in the frond of cultivated *Undaria* (Phaeophycée). In: Proc. 9th. Int. Seaweed Symp., A. Jensen et J.R. Stein Eds., Science Press, Princeton, N.J. (USA), 9, 219–223.
- Yumoto I., Y. Ezura, T. Kimura, 1989. Distribution of *Alteromonas* sp., the causative agent of red-spots on the culture bed of makonbu *Laminaria japonica*, in the coastal area of Funka bay. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 55, 453–462.