

**SUR UNE ESPÈCE JAPONAISE DE *CHONDRUS*
(GIGARTINACEAE, RHODOPHYTA)
ACCIDENTELLEMENT INTRODUITE
DANS L'ÉTANG DE THAU
(FRANCE, MÉDITERRANÉE)**

Marc VERLAQUE¹ et Adam LATALA²

¹ Auteur à contacter. E.P. 75 CNRS, Laboratoire LBMEB,

Faculté des Sciences de Luminy, F.13288 Marseille cedex 9, France. Télécopie : 91.41.12.65.

² Institute of Oceanography, University of Gdansk, Al. Pilsudskiego 46, 81-378 Gdynia, Pologne.

ABSTRACT — Probably in 1993 or early 1994, further to illicit importations of oysters (*Crassostrea gigas*) from North Japan, an asiatic *Chondrus*, *C. giganteus* forma *flabellatus*, has accidentally been introduced in the Mediterranean sea where the genus was hitherto unknown. In september 1995, this alga was common on hard substrates along the north coast of Thau lagoon (Hérault, France), and the majority of thalli were in reproduction (tetrasporophytes, male plants and female plants with carpogonial branches and carposporophytes). The mediterranean specimens are described. The implications of this acclimatization in Thau lagoon and the possible spread of this *Chondrus* elsewhere in Europe are discussed.

RÉSUMÉ — Probablement en 1993 ou au début de 1994, à la suite d'importations illicites d'huîtres *Crassostrea gigas* du Nord du Japon, une espèce asiatique de *Chondrus*, *C. giganteus* forma *flabellatus*, a été accidentellement introduite en Méditerranée où le genre était inconnu jusqu'à présent. En septembre 1995, l'algue était commune sur les substrats durs du littoral nord de l'étang de Thau (Hérault, France) et la plupart des thalles étaient fertiles (tétrasporophytes, mâles, femelles avec rameaux carpogoniaux et carposporophytes). Les spécimens méditerranéens sont décrits. Les implications de cette acclimatation dans l'étang de Thau et la possible dissémination de ce *Chondrus* ailleurs en Europe sont discutées.

MOTS CLÉS : *Chondrus giganteus* f. *flabellatus*, espèce introduite, France, Méditerranée.

INTRODUCTION

L'aquaculture, notamment la conchyliculture, et le trafic maritime, via les salissures et les opérations de déballastage, sont les deux principaux vecteurs d'introduction accidentelle d'espèces marines (Zibrowius, 1991; Ribera & Boudouresque, 1995). Première zone ostréicole méditerranéenne par sa production (13 000 t an⁻¹, Trousselier *et al.*, 1991), l'étang de Thau (Hérault, France) s'est révélé comme un site majeur d'introduction d'espèces (Verlaque, 1994, 1996). Notamment, depuis que

l'essentiel de sa production est assuré par l'huître *Crassostrea gigas* Thunberg, une espèce exotique acclimatée dans l'Atlantique mais qui ne permet pas le captage de naissain en Méditerranée. Entre 1971 et 1976, un contingent important d'algues asiatiques est arrivé à Thau lors d'importations massives et directes de naissains du Japon (Grizel & Héral, 1991). Depuis cette période, les seuls sites d'approvisionnement officiellement autorisés sont des zones de captage atlantiques.

En 1994, lors d'une étude sur la physiologie des algues des parcs ostréicoles de Thau, l'un d'entre nous (Latala, 1996) a récolté plusieurs espèces asiatiques inconnues, jusqu'à ce jour, en Méditerranée. Dans ce nouveau contingent d'algues introduites en Europe, la première espèce qu'il nous paraît important de signaler et de décrire est le *Chondrus giganteus* Yendo f. *flabellatus* Mikami.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Toutes les observations de terrain et les récoltes ont été réalisées en septembre 1994 et 1995, sur le littoral nord de l'étang de Thau, entre les localités de Mèze et de Bouzigues (43°26'N, 3°37'E). Thau est une lagune littorale profonde (4 m en moyenne et 10 m au maximum, hormis le gouffre de la Bise) où la température de l'eau avoisine 4°C, en janvier-février, et 27°C, en juillet-août. La salinité y reste élevée toute l'année (min. 27.35 g l⁻¹ ; max. 40.36 g l⁻¹) en raison d'échanges permanents avec la mer au travers de trois canaux de communication (Tournier *et al.*, 1983). Les variations du niveau de l'eau, essentiellement liées aux marées barométriques et aux vents, n'excèdent pas quelques dizaines de centimètres. Le matériel récolté a été fixé dans de l'eau de mer formolée à 4%. Les spécimens étudiés ont été déposés dans l'Herbarium du Laboratoire LBMEB, Faculté de Luminy, Marseille, avec les références suivantes : H.2540-2542, tétrasporophytes, étang de Thau, septembre 1994 ; F. 1361-1364 et H.2543-2575, étang de Thau, 27 septembre 1995 (F. 1361, thalles stériles ; F.1364, H.2543-H2560, tétrasporophytes ; F.1362, H.2561-2568, gamétophytes mâles ; F.1363, H.2569-H2575, gamétophytes femelles). Les coupes ont été réalisées à l'aide d'une lame de rasoir puis colorées dans une solution aqueuse de bleu d'aniline 1% (v/v), rincées, acidifiées avec une goutte d'HCl 1N (1%, v/v), à nouveau rincées puis montées dans du sirop Karo® à 20% dans l'eau de mer (v/v). Les photographies au microscope ont été réalisées avec un Nikon Optiphot-2®. Les mesures ont été faites sur le matériel fixé et sur des cellules au contenu non rétracté.

RÉSULTATS

L'algue a été découverte dans l'étang de Thau en 1994. En septembre 1995, elle était commune et fertile, entre la surface et un mètre de profondeur environ, sur les enrochements situés entre Mèze et Bouzigues.

Caractéristiques de l'appareil végétatif

Le *Chondrus* récolté à Thau présente une grande diversité de formes (Figs 1-8). Le thalle aplati et cartilagineux est de couleur rouge brunâtre à noirâtre. L'algue, fixée au substrat (roche ou coquilles d'huîtres) par un petit disque charnu de quelques millimètres de diamètre, se compose de plusieurs axes dressés plus ou moins

développés (jusqu'à une vingtaine par individu) (Fig. 2). Les dimensions maximales des axes sont plus grandes chez les tétrasporophytes (hauteur : 9.5 à 21 cm, largeur : 0.5 à 12.5 cm, Figs 1-6) que chez les gamétophytes mâles (hauteur : 6 à 14.5 cm, largeur : 0.5 à 4.5 cm, Fig. 7) ou femelles (hauteur : 9.5 à 10 cm, largeur : 0.5 à 2.5 cm, Fig. 8). Le port de l'algue est flabellé. L'épaisseur des axes peut atteindre 720-760 μm au niveau de leur base cunéiforme et plus ou moins évasée. La ramification est subdichotome à angles aigus ou obtus. Le nombre de dichotomies successives varie de 4 à 8 suivant les individus. Les apex, simples ou bifurqués, peuvent être graduellement effilés, arrondis ou bien tronqués. Les marges du thalle et, sur certains grands individus, la surface portent un nombre variable de proliférations, rétrécies à leur point d'insertion, simples et spatulées ou cordiformes ou encore plus ou moins ramifiées comme les axes. En coupe longitudinale, le thalle se compose d'un cortex de 7 à 9 rangées de cellules oblongues de taille décroissante (diamètre : 4 à 2 μm) disposées en files plusieurs fois dichotomes perpendiculaires à la surface du thalle, d'une couche sub-corticale de cellules subglobulaires étoilées et enfin d'une zone médullaire de cellules longues et fines (longueur \times diamètre : 40-124 \times 7-18 μm) disposées en files longitudinales et connectées entre elles par des synapses secondaires (Figs 9-11).

Caractéristiques des organes reproducteurs

À la fin du mois de septembre 1995, la plupart des thalles récoltés étaient fertiles. L'algue est dioïque. Sur 45 individus examinés, la répartition entre gamétophytes et tétrasporophytes était proche de 1 : 1 (21 tétrasporophytes, 9 mâles, 10 femelles et 5 indéterminés). Les caractéristiques des organes reproducteurs restent inchangées quelles que soient les variations morphologiques du thalle (largeur, ramification, nombre de proliférations).

Les sores de tétrasporocystes forment des taches rouges ovales, souvent confluentes, sur presque toute la surface du thalle (Figs 12-13). Chez tous les tétrasporophytes fertiles récoltés, la différenciation en chaîne des tétrasporocystes s'effectue toujours à partir de n'importe quelle cellule médullaire. En coupe, la masse de tétrasporocystes occupe la totalité de la *medulla* (Figs 14-16). À maturité, les tétrasporocystes cruciés atteignent 32 à 52 μm de long et 20 à 38 μm de diamètre.

Les thalles mâles fertiles se distinguent grâce à la couleur plus claire des proliférations et des ramules terminaux qui portent les sores d'organes reproducteurs (Fig. 17). Les spermatocystes mesurent 7.5 μm de long et 2 à 2.5 μm de diamètre et se différencient seuls ou en paires sur les cellules corticales superficielles. Chaque spermatocyste produit latéralement une spermatie ovoïde uninucléée de 2 à 2.5 μm de diamètre et 4 à 5 μm de long (Fig. 18).

Les thalles femelles fertiles portent dans leur moitié supérieure des cystocarpes à différents stades de développement (Fig. 19). Les plus jeunes se situent dans les portions terminales et les petites proliférations latérales alors que les plus âgés se rencontrent plus bas sur les axes. Les rameaux carposoniaux, observés sur des coupes longitudinales de ramules jeunes, naissent chacun sur une cellule-support différenciée dans le cortex interne et connectée aux cellules végétatives voisines par des synapses secondaires (Fig. 20). Une file cellulaire stérile est également visible sur certaines cellules-supports (Fig. 21). La fécondation et les premiers stades du développement du carposporophyte n'ont pas pu être observés. Par la suite, les filaments gonimoblastiques s'insinuent entre les cellules médullaires. Les jeunes cystocarpes sont globulaires et occupent toute la *medulla* (Fig. 22). Les carpospores se développent latéralement ou

en position terminale sur les filaments gonimoblastiques (Fig. 23). A maturité, les cystocarpes deviennent ocellés et plus ou moins circulaires (diamètre 2.5 à 2.9 mm) et les carpospores atteignent 22 à 42 μm de long et 16 à 29 μm de diamètre (Fig. 24). Leur libération s'effectue par désorganisation de la couche corticale sans différenciation d'ostiole.

DISCUSSION

L'organisation de l'appareil végétatif, les tétrasporocystes cruciés unis en chaînes et groupés au centre de la *medulla* et enfin le carposporophyte dépourvu d'enveloppe périphérique différenciée permettent d'attribuer l'algue découverte à Thau au genre *Chondrus* Stackhouse. C'est la première fois que la présence d'un *Chondrus* est établie en Méditerranée. En effet, bien que signalé dans le bassin oriental (Haritoniadis & Tsekos, 1976), l'algue atlantique *Chondrus crispus* Stackhouse, unique représentant européen du genre, est très probablement absente de Méditerranée (Athanasiadis, 1987). A Thau, les dimensions importantes de l'algue, l'abondance des proliférations observée chez certains individus et enfin l'aspect ocellé des cystocarpes mûrs ne s'accordent pas avec *C. crispus* (cf. Taylor & Chen, 1973 ; Dixon & Irvine, 1977). Compte-tenu de l'origine asiatique des précédentes introductions dans l'étang de Thau, nous nous sommes donc orientés vers les espèces du Pacifique et notamment vers celles des principaux pays exportateurs d'huîtres vivantes, c'est-à-dire la Corée et le Japon. Dans cette région d'Extrême-Orient, sept ou huit taxons de *Chondrus* sont reconnus à ce jour (Lee & Kang, 1986 ; Noda, 1987 et Yoshida *et al.*, 1990). Parmi ceux-ci, les seuls à posséder un thalle aplati, large, plus ou moins subdichotome et prolifère sont : *C. giganteus* Yendo, *C. nipponicus* Yendo et *C. ocellatus* Holmes, trois algues proches et très polymorphes, considérées longtemps comme trois formes du *C. ocellatus* (Okamura, 1929-1932), et discriminées aujourd'hui principalement sur des bases anatomiques (Noda, 1987 ; Brodie *et al.*, 1991, 1993, 1994). Certains de nos spécimens rappellent, par leur forme, le *Chondrus ocellatus* f. *crispus* d'Okamura (1929-1932, pl.292, fig. 2), une algue japonaise d'abord mise en synonymie avec *C. crispus* (Mikami, 1965) puis, récemment, avec *C. nipponicus* (Brodie *et al.*, 1991, Masuda & Hashimoto, 1993), d'autres ressemblent aux illustrations du *C. ocellatus* données par Noda (1987). Cependant, l'algue de Thau ne s'accorde avec aucun de ces deux taxons. D'une part, elle diffère du *C. nipponicus* tel qu'il a été redécrit récemment, par sa taille plus grande, son port et surtout par ses cystocarpes mûrs qui forment des ocelles à la surface du thalle. D'autre part, elle se distingue aisément du *C. ocellatus* par la différenciation constante de ses tétrasporocystes à partir de n'importe quelle cellule de la *medulla* et non uniquement à partir de celles de la périphérie. En définitive, le seul taxon morphologiquement et anatomiquement compatible avec nos échantillons est la forme *flabellatus* Mikami du *Chondrus giganteus* Yendo (Tableau 1). Aucune divergence majeure n'a pu être relevée entre les deux algues. Les convergences morphologiques observées entre le *Chondrus* de Thau et les trois taxons asiatiques résultent sans doute des liens étroits de parenté qui les unissent.

A Thau, la découverte du *Chondrus giganteus* dans un secteur pourtant très étudié auparavant (Ben Maiz, 1986 ; Gerbal, 1994) signifie que des immersions d'huîtres en provenance d'Asie ont dû avoir lieu ces dernières années (Verlaque, 1996). La présence, sur les fonds meubles proches de notre zone de récolte, de poches ostréicoles colonisées par une flore exotique inconnue dans l'étang corrobore cette

Espèces et Sources	<i>C. ocellatus</i> Holmes Brodie <i>et al.</i> , 1993	<i>C. nipponicus</i> Yendo Brodie <i>et al.</i> , 1991, 1993	<i>C. giganteus</i> Yendo <i>f. flabellatus</i> Mikami, 1965	<i>Chondrus</i> de Thau Matériel étudié
Ramification	dichotome/subdich.	dichotome/subdich.	subdichotome	subdichotome
Hauteur	1.5 - 20 cm	5 - 12	10 - 20	6 - 21
Largeur des axes	< 0.4 - 3.5 cm	0.2 - 2	max. 2 - 8	0.5 - 12.5
Cellules longueur médullaires	75 - 133 μ m	35 - 100	110 - 120*	40 - 124
Cellules diamètre	2.5 - 12 μ m	2.5 - 12	9 - 15*	7 - 18
Sores à tétrasporocystes	sur tout le thalle, sauf extrême base	partie inférieure du thalle et proliférations	sur tout le thalle, sauf extrême base	sur tout le thalle, sauf extrême base
Différenciation des tétrasporocystes	sur le bord externe de la <i>medulla</i>	dans toute la <i>medulla</i>	dans toute la <i>medulla</i>	dans toute la <i>medulla</i>
Localisation à maturité	près d'une face du thalle	centrés sur la <i>medulla</i>	centrés sur la <i>medulla</i>	centrés sur la <i>medulla</i>
dimensions longueur	27.5 - 35 μ m	30 - 46.5	50	32 - 52
dimensions diamètre	20 - 25 μ m	25 - 32.5	37.5	20 - 38
Cystocarpes	près des apex ou plus bas	près des apex, souvent sur les bords	dispersés sur le thalle	moitié supérieure du thalle
Aspect à maturité	ocellé, saillant sur une face	hémisphérique, saillant sur une face	ocellé	ocellé
Carpospores, longueur	25 - 38 μ m	17.5 - 30	non précisée	22 - 42
Carpospores, diamètre	20 - 33 μ m	15 - 25	20 - 25	16 - 29

Tableau 1. Caractéristiques des espèces de *Chondrus* à thalles aplatis, subdichotomes et prolifères du Japon et de l'étang de Thau (* : d'après les illustrations de l'auteur).

Table 1. Characteristics of flat, subdichotomous and proliferous species of *Chondrus* from Japan and Thau lagoon (* : from illustrations given by the author)

hypothèse. L'origine de ces importations récentes, et donc illicites, d'huîtres asiatiques serait dans ce cas le Nord du Japon puisque, depuis sa description dans le détroit de Tsugaru (localité d'Omazaki), *Chondrus giganteus f. flabellatus* semble n'avoir été observé qu'au Nord-Ouest de l'île d'Honshu (Province d'Aomori) ainsi que dans la région d'Hakodate (île d'Hokkaido) (Mikami, 1965; Noda & Ohta, 1971; Noda, 1987; Brodie *et al.*, 1994). Dans l'ensemble de cette zone balayée par le *Tsushima warm current*, une branche du Kuroshio, la marée est faible (moins de 25 cm d'amplitude) et la température de l'eau oscille entre 14-20°C en février-mars et 28-29°C en août (Tokuda *et al.*, 1994). La flore algale de la région est considérée comme tempérée chaude (Ohta, 1973; Lüning *et al.*, 1986). Les derniers auteurs précisent que *C. giganteus f. flabellatus* survit à une température de 30°C. En conséquence, malgré des températures hivernales plus basses dans l'étang de Thau, l'acclimatation de cette algue sur notre littoral semble être bien engagée.

A présent et indépendamment de possibles nouvelles introductions directes d'Asie via les naissains d'huîtres, le risque d'une dissémination de ce *Chondrus* en Europe paraît élevé. En effet, dans le cadre de la législation européenne des transferts de coquillages, l'étang de Thau a été classé parmi les zones indemnes sur le plan

zoosanitaire ce qui signifie que les exportations vers d'autres sites conchylicoles de Méditerranée ou d'Atlantique sont libres. Ainsi, par exemple, des parcs atlantiques sont actuellement approvisionnés avec des huîtres plates (*Ostrea edulis* L.) captées dans l'étang. L'acclimatation d'un nouveau grand carraghénophyte en Europe pourrait paraître intéressante sur le plan économique, toutefois, il faut garder à l'esprit qu'il est impossible, à l'heure actuelle, de prévoir le comportement de l'algue sur nos côtes. A l'instar d'autres exemples récents, de telles espèces, une fois introduites, peuvent dans certains cas devenir très rapidement des nuisances incontrôlables (Ribera & Boudouresque, 1995).

La menace la plus importante se situe au niveau des stocks naturels de Carraghénophytes et notamment de ceux de l'espèce atlantique *Chondrus crispus* (risques de pollution génétique, de compétition, d'introduction de nouveaux parasites ou de nouvelles maladies, etc.). Exploités sur les deux rives de l'Atlantique Nord, les champs de *C. crispus* ont une grande importance sur le plan économique (plusieurs dizaines de milliers de tonnes récoltées annuellement). Or, malgré d'exceptionnelles capacités de tolérance vis-à-vis de certains paramètres environnementaux (température, salinité, profondeur), c'est dans une tranche bathymétrique assez étroite (entre +1 et -1m par rapport à la limite des plus basses mers) que *C. crispus* constitue ses peuplements les plus denses (cf. Pérez *et al.*, 1992). Par ailleurs, depuis 1975, tant aux USA qu'en Europe, les tonnages récoltés de *C. crispus* n'ont cessé de décroître en partie pour des raisons économiques (concurrence mondiale) mais apparemment aussi du fait de la raréfaction de la ressource (Pérez *et al.*, 1992). Dans ce contexte écologique et économique et compte-tenu du caractère imprévisible des conséquences d'une introduction, l'arrivée accidentelle du *Chondrus giganteus* f. *flabellatus* dans l'Atlantique n'est pas souhaitable. En conclusion, conjointement à une étude de valorisation de cette nouvelle ressource potentielle, un programme de surveillance de la population de *Chondrus* de l'étang de Thau devrait être instauré. Parallèlement, il serait prudent de mettre en place auprès des ostréiculteurs des mesures prophylactiques préventives efficaces afin de réduire les risques de dissémination de l'espèce au sein de la CEE.

REMERCIEMENTS — Nous tenons à remercier vivement M^{me} le Pr. F. Ardré pour sa très amicale participation à notre recherche bibliographique ainsi que MM. le Pr. Deslous-Paoli de l'IFREMER de Sète, le Dr. Zibrowius et M. Pichon pour leur soutien matériel et leur collaboration lors de nos campagnes de prélèvement.

REFERENCES

- ATHANASIADIS A., 1987 — *A survey of the seaweeds of the Aegean Sea, with taxonomic studies on species of the Tribe Antithamnieae (Rhodophyta)*. Ph.D. University of Gothenburg, Suède, 174p.
- BEN MAIZ N., 1986 — *Flore algale (Rhodophyta, Phaeophyceae, Chlorophyceae, Bryopsidophyceae) de l'étang de Thau (Hérault)*. Thèse 3^e Cycle, Université d'Aix-Marseille 2, France, 354 p.
- BRODIE J., GUIRY M.D. & MASUDA M., 1991 — Life history and morphology of *Chondrus nipponicus* (Gigartinales, Rhodophyta) from Japan. *British phycological Journal* 26 : 33-50.

- BRODIE J., GUIRY M.D. & MASUDA M., 1993 — Life history, morphology and crossability of *Chondrus ocellatus* forma *ocellatus* and *C. ocellatus* forma *crispoides* (Gigartinales, Rhodophyta) from the north-western Pacific. *European Journal of Phycology* 28 : 183-196.
- BRODIE J., MASUDA M. & GUIRY M.D., 1994 — Life history and photoperiodic response in *Chondrus giganteus* forma *flabellatus* (Gigartinales, Rhodophyta) from Japan. *European Journal of Phycology* 29 : 159-164.
- DIXON P.S. & IRVINE L.M., 1977 — *Seaweeds of the British Isles. Vol. I. Rhodophyta. Part I. Introduction, Nemaliales, Gigartinales*. London, British Museum (Natural History) Publication, 252 p.
- GERBAL M., 1994 *Analyse spatio-temporelle des peuplements phytobenthiques de substrat meuble de l'étang de Thau (Hérault, France)*. These Ecologie, Université d'Aix-Marseille 2, France, 241 p.
- GRIZEL H. & HERAL M., 1991 - Introduction into France of the Japanese oyster (*Crassostrea gigas*). *Journal du Conseil international pour l'Exploration de la Mer* 47 : 399-403.
- HARITONIDIS S. & TSEKOS I., 1976 — A survey of the marine algae of the Ionian sea coasts, West Greece. *Rapport de la Commission internationale pour l'Exploration scientifique de la Mer Méditerranée* 25, 10 p.
- LATALA A., 1996 Photosynthetic light-response curves in marine benthic plants from the Thau Lagoon. *Photosynthesis Research* (sous presse).
- LEE I.K. & KANG J.W., 1986 — A check list of marine algae in Korea. *Korean Journal of Phycology* 1 : 311-325.
- LÜNING K., GUIRY M.D. & MASUDA M., 1986 — Upper temperature tolerances of North Atlantic and North Pacific geographical isolates of *Chondrus* species (Rhodophyta). *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 41 : 297-306.
- MASUDA M. & HASHIMOTO Y., 1993 - Autocological studies on *Chondrus nipponicus* Yendo (Gigartinales, Rhodophyta). *Japanese Journal of Phycology (Sôru)* 41 : 99-111.
- MIKAMI H., 1965 — A systematic study of the Phyllophoraceae and Gigartineae from Japan and its vicinity. *Scientific Papers of Institut of algological Research, Hokkaido University* 5 : 181-285, pls I-XI.
- NODA M., 1987 — *Marine algae of the Japan sea*. Tokyo, Kazama Shobo Publisher, 557 p.
- NODA M. & OHTA T., 1971 — Marine algae from the coast of Fukaura, Aomori Pref. facing the Japan Sea. *Bulletin of Japanese Society of Phycology* 19 (1) : 21-27.
- OHTA T., 1973 — On a relationship between a distribution of marine algae and sea currents in the Tsugaru straits between the Hokkaido and Honshu, Japan. *Bulletin of Japanese Society of Phycology* 21 (1) : 12-17.
- OKAMURA K., 1929-1932 — *Icones of Japanese algae VI*. Tokyo, Kazama Shobo Publisher, 96 p., pls 251-300.
- PEREZ R., KAAS R., CAMPELLO F., ARBAULT S. & BARBAROUX O., 1992 *La culture des algues marines dans le Monde*. Brest - Plouzané, Ifremer Publication, France, 614 p.
- RIBERA M.A. & BOUDOURESQUE C.F., 1995 - Introduced marine plants, with special reference to macroalgae : mechanisms and impact. In : Round F.E. & Chapman D.J. (eds), *Progress in Phycological Research*, 11. Biopress Ltd., pp. 187-268.
- TAYLOR A.R.A. & CHEN L.C.M., 1973 — The biology of *Chondrus crispus* Stackhouse. Systematics, morphology and life history. *Proceedings of Nova Scotian Institut of Sciences* 27 (suppl.) : 1-21.
- TOKUDA H., KAWASHIMA S., OHNO M. & OGAWA H., 1994 — *Seaweeds of Japan*. Tokyo, Midori Shobô Co., Ltd. Publisher, 194 p.
- TOURNIER H., HAMON P.Y. & LANDREIN S., 1983 — Conditions de milieu moyennes dans l'étang de Thau établies sur les observations réalisées de 1974 à 1980. *Rapport de la Commission internationale pour l'Exploration scientifique de la Mer Méditerranée* 28 : 195-200.

- TROUSSELIER M., FRISONI G.F. & LASSERRE G., 1991 — Présentation de cadre. In : Jouffre D. & Amanieu M. (éds), *ECOTHAU, synthèse des résultats*. Rapport Laboratoire Hydrobiologie marine et continentale, Université Montpellier 2, France, pp. 11-17.
- VERLAQUE M., 1994 — Inventaire des plantes introduites en Méditerranée : origines et répercussions sur l'environnement et les activités humaines. *Oceanologica Acta* 17 : 1-23.
- VERLAQUE M., 1996 — L'étang de Thau (France), un site majeur d'introduction d'espèces en Méditerranée. Relations avec l'ostréiculture. In : Ribera M.A., Ballesteros E., Boudouresque C.F., Gomez A. & Gravez V. (eds), *Second international Workshop on Caulerpa taxifolia*, Universitat de Barcelona Publications, Espagne, pp. 423-430.
- YOSHIDA T., NAKAJIMA Y. & NAKATA Y., 1990 — Check-list of marine algae of Japan (revised in 1990). *Japanese Journal of Phycology (Sôrui)* 38 : 269-320.
- ZIBROWIUS H., 1991 — Ongoing modification of the Mediterranean marine fauna and flora by the establishment of exotic species. *Mésogée, France* 51 : 83-107.

LÉGENDES DES FIGURES

Figs 1-8. *Chondrus giganteus* Yendo f. *flabellatus* Mikami de l'étang de Thau. Figs 1-6. Tétrasporeophytes (spécimens H.2550, H.2543, H.2546, H.2544, H.2553 et H.2560). Fig. 7. Gamétophytes mâles (spécimens H.2564 et 2565). Fig. 8. Gamétophytes femelles (spécimens H.2572 & H.2575). (Barres d'échelle = 5 cm).

Figs 1-8. *Chondrus giganteus* Yendo f. *flabellatus* Mikami from Thau lagoon. Figs 1-6. *Tetrasporangial thalli* (specimens H.2550, H.2543, H.2546, H.2544, H.2553 and H.2560). Fig. 7. *Spermatangial thalli* (specimens H.2564 and 2565). Fig. 8. *Female thalli* (specimens H.2572 and H.2575). (Scale bars = 5 cm).

Figs 9-16. *Chondrus giganteus* Yendo f. *flabellatus* Mikami de l'étang de Thau. Figs 9-11. Sections longitudinales du thalle (spécimen H.2569). Fig. 9. Cortex et *medulla*. Fig. 10. Zones corticales externe et interne. Fig. 11. *Medulla*. Figs 12-13. Tétrasporeophyte, aspect général et détail des sores (spécimen H.2554). Figs 14-16. Coupes longitudinales de sores à tétrasporocystes (spécimen H.2553). Fig. 14. Jeune sore. Fig. 15. Jeunes tétrasporocystes en chaînes intercalaires. Fig. 16. Sore mûr. (Barres d'échelle, figs 9, 14 et 16 = 100 µm ; figs 10, 11 et 15 = 30 µm ; figs 12 et 13 = 5 cm).

Figs 9-16. *Chondrus giganteus* Yendo f. *flabellatus* Mikami from Thau lagoon. Figs 9-11. *Longitudinal sections of thallus* (specimen H.2569). Fig. 9. *Cortex and medulla*. Fig. 10. *Outer and inner cortex*. Fig. 11. *Medulla*. Figs 12-13. *Tetrasporangial thallus, habit and detail of sorus* (specimen H. 2554). Figs 14-16. *Longitudinal sections of tetrasporangial sorus* (specimen H. 2553). Fig. 14. *Young sorus*. Fig. 15. *Intercalary chains of young tetrasporangia*. Fig. 16. *Mature sorus*. (Scale bars, figs 9, 14 and 16 = 100 µm ; figs 10, 11 and 15 = 30 µm ; figs 12 and 13 = 5 cm).

Figs 17-24. *Chondrus giganteus* Yendo f. *flabellatus* Mikami de l'étang de Thau. Figs 17-18. Thalle mâle (spécimen H. 2561). Fig. 17. Portion du thalle avec des proliférations marginales décolorées par les sores mâles. Fig. 18. Section longitudinale d'un sore mâle. Figs 19-24. Thalle femelle (H.2569). Fig. 19. Portion du thalle avec cystocarpes. Figs 20-21. Rameaux carpogoniaux (abréviations : S, cellule-support ; 1, première cellule du rameau carpogonial ; 2, seconde cellule du rameau carpogonial ; C, carpogone ; T, trichogyne ; fs, file cellulaire stérile). Fig. 22. Coupe longitudinale d'un jeune cystocarpe. Fig. 23. Formation des carpospores. Fig. 24. Coupe longitudinale d'un cystocarpe mûr. (Barres d'échelle, fig. 17 = 5 cm ; fig. 19 = 1 cm ; figs 18, 20, 21 et 23 = 30 µm ; figs 22 et 24 = 250 µm).

Figs 17-24. *Chondrus giganteus* Yendo f. *flabellatus* Mikami from Thau lagoon. Figs 17-18. *Spermatangial thallus* (specimen H.2561). Fig. 17. *Portion of thallus with marginal proliferations discoloured by spermatangial sori*. Fig. 18. *Longitudinal section of spermatangial sorus*. Figs 19-24. *Female thallus* (H.2569). Fig. 19. *Portion of thallus with cystocarps*. Figs 20 and 21. *Carpogonial branches* (abbreviations : S, supporting cell ; 1, first carpogonial branch cell ; 2, second carpogonial branch cell ; C, carpogonium ; T, trichogyne ; fs, sterile branch). Fig. 22. *Longitudinal section of young cystocarp*. Fig. 23. *Development of carposporangia*. Fig. 24. *Longitudinal section of mature cystocarp*. (Scale bars, fig. 17 = 5 cm ; fig. 19 = 1 cm ; figs 18, 20, 21 and 23 = 30 µm ; figs 22 and 24 = 250 µm).





