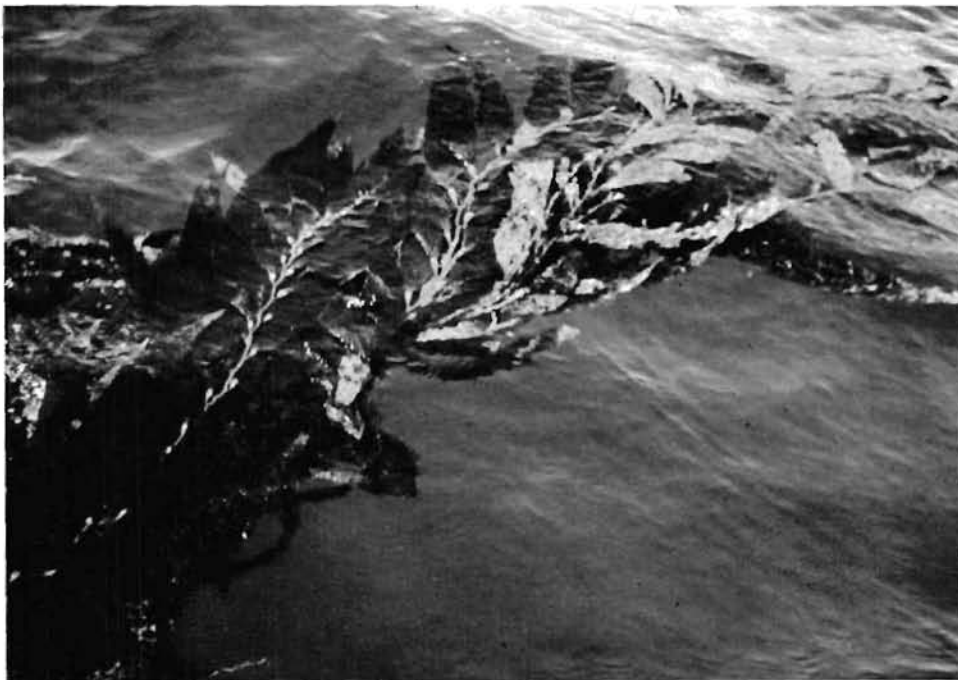


**ETUDE SUR L'OPPORTUNITÉ D'INTRODUIRE
L'ALGUE *MACROCYSTIS*
SUR LE LITTORAL FRANÇAIS**

Mission effectuée en Californie et au Chili
du 11 au 25 mars 1973

par

**R. PEREZ, J. COUESPEL DU MESNIL, Y. COLIN
L. LE FUR et H. DIDOU**



Macrocystis pyrifera dans son milieu naturel.

Abstract.

The possibility of cultivation of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* was successfully experimented in France on the north coast of Brittany.

In order to evaluate the interest of an eventual acclimatation on the french shore, a study tour was undertaken on the californian and chilian coasts on main kelp beds.

Effects of such beds on general ecology, fish resources, sportfishing, navigation, beaches cleanness, alginates industry are analyzed. Factors controlling kelp distribution and hazard of wide distribution are discussed.

Macrocystis seems to be able of developping and maintaining a large standing crop and to contribute to a large and stable associated fauna. The advantage of enhancing fishing greatly outweigh the minor disadvantage of navigational interference.

Introduction in France seems desirable if the same benefic effects could be expected. The possibility of a test experiment on a large scale, under permanent control, is discussed.

PRESENTATION DU RAPPORT

La grande étendue du littoral français qui se développe sur 3 000 km de côtes et la variété des reliefs côtiers ouverts sur quatre mers expliquent la diversité des activités de pêche maritime qui s'exercent tout au long des côtes de France. Parmi les plus originales et sans doute les plus méconnues, la récolte des algues marines, dont la plupart ont une destination industrielle de grand intérêt, concerne essentiellement les côtes de la Manche et plus particulièrement les côtes de Bretagne.

La récolte des algues brunes, (*Laminaria digitata* principalement) occupe environ 430 marins professionnels armant 270 navires. La production annuelle de laminaires est de 25 000 t d'algues fraîches à partir desquelles l'industrie française fabrique environ 1 200 t d'acide alginique.

La France, qui était dans ce domaine le premier producteur de l'Europe des Six, est devenue le deuxième producteur dans le cadre de l'Europe des Neuf derrière la Grande Bretagne (3 000 t), la Communauté étant sérieusement concurrencée par la Norvège (2 500 t). Les États-Unis occupent le premier rang avec 4 500 t sur une production mondiale de 13 000 t d'acide alginique.

Ce secteur d'activité rencontre en France plusieurs sortes de difficultés tant au niveau de la production qu'à celui de la transformation. La dureté du métier de goémonier, les servitudes du séchage

des algues sur « la dune », la faible rentabilité des activités de production encore peu mécanisées et de structure artisanale entraînent une certaine désaffection pour ce métier. De son côté, l'industrie des laminaires dont la structure est celle de la moyenne entreprise, souffre d'un manque d'approvisionnement en matière première dont le coût s'élève sur le plan national, alors que les coûts de transport excluent l'importation. Industrie exportatrice, elle est placée en concurrence avec les producteurs étrangers et se trouve contrainte par des cours internationaux sur un marché de libre échange.

Pourtant, la production goémonière revêt sous l'angle régional une importance particulière dont le développement s'inscrit naturellement dans le cadre de l'aménagement rationnel du Territoire. Les professionnels renoncent à abandonner délibérément le métier et ont fait de grands efforts d'imagination pour mécaniser la récolte et récemment de grands efforts d'investissement pour rajeunir leur flottille. Certains éléments jeunes sont décidés à persévérer dans cette voie.

Les industriels, pour leur part, n'ignorent pas les développements auxquels est appelée la production des alginate dont les multiples applications sont connues dans les secteurs des industries alimentaires, textiles ou pharmaceutiques et promises à un brillant avenir.

L'interprofession dispose de nombreux atouts tant sur le plan humain que géographique, technique et commercial. Il n'en est pas moins certain que l'exploitation utile de ces atouts passe par une amélioration indispensable de la productivité tant au niveau de la récolte que de la transformation en vue de maintenir et de consolider la place de la France sur le marché mondial.

Les expériences de cultures d'algues du genre *Macrocystis* réalisées par les Américains sur les côtes de la Californie ont été suivies avec un très grand intérêt par le Comité interprofessionnel des Algues marines, plateforme de concertation entre producteurs et industriels recherchant en commun, avec le concours de l'I.S.T.P.M. et de l'Administration de tutelle, des solutions d'avenir pour la profession. Cette algue qui a une pousse remarquablement rapide et une teneur élevée en acide alginique d'excellente qualité peut faire l'objet de trois récoltes par an. Implantée sur nos côtes en larges champs, elle conduirait à une meilleure rentabilité de la production en permettant :

un travail non plus saisonnier, mais annuel,

un approvisionnement constant des usines qui pâtissent actuellement d'un manque de matière première et ne fonctionnent qu'à la moitié de leur capacité,

l'obtention d'un extrait à un prix de revient qui assurerait sur le marché mondial largement ouvert une haute compétitivité.

L'industrie bretonne des algues brunes pourrait ainsi devenir, rationalisée et annuelle, une Industrie digne de ce nom susceptible de procurer à ses animateurs une rémunération convenable au même titre que les autres industries. C'est là un moyen pour la Bretagne de développer cette vocation qui est la sienne, « l'exploitation de la mer », tout en conservant son caractère typique.

La présence de champs de *Macrocystis* sur nos côtes entraînerait probablement une modification de la structure de la profession. Les techniques de récolte devraient être adaptées. La coupe remplacerait l'arrachage. La dimension de l'outil de production serait à modifier en fonction du volume de matière première disponible. Le débarquement de la récolte imposerait une infrastructure portuaire adéquate. Les opérations de séchage seraient sans doute transférées à des groupements spécialisés. Il serait nécessaire de s'orienter vers des formules de concentration à la production et sans doute d'intégration à l'initiative de l'amont ou de l'aval en fonction de l'esprit d'entreprise de chacun. Les professionnels sont conscients de cette évolution indispensable et savent qu'elle est liée autant au développement qu'à la survie de l'économie des algues. Mais, le projet d'introduction d'une algue telle que *Macrocystis* soulève un certain nombre de problèmes auxquels il convient d'apporter des réponses avant de réaliser l'implantation définitive.

Ces problèmes portent notamment sur la maîtrise de la croissance de cette algue dite « géante », sur les effets du caractère prolifère de l'espèce considérée, sur les incidences dans le domaine de la circulation maritime. Ils se posent également à l'intérieur même du secteur de la pêche maritime :

la coexistence des laminaires bretonnes avec l'algue *Macrocystis* serait-elle possible ?

quels seraient les relations entre la présence de cette algue et les activités traditionnelles de la pêche côtière ?

les champs de *Macrocystis* constituent-ils des abris favorables aux poissons, aux crustacés, aux mollusques, ou sont-ils de sombres prisons privant la faune et la flore de la lumière dont elles ont besoin ?

Les incidences écologiques d'une telle implantation sont certaines mais méconnues. Il est donc nécessaire de les cerner avec précision.

La présence d'algues géantes à croissance rapide doit avoir normalement des effets au niveau de l'environnement non seulement dans le cadre des modifications écologiques profondes mais également au niveau superficiel des aspects nouveaux du littoral. Le tourisme ne risque-t-il pas, pour sa part, de pâtir de plages envahies par une végétation florissante et inopportune, à moins que les activités de la thalassothérapie n'y trouvent une manne favorable à leur développement ?

C'est pour répondre à ces différentes questions que le Comité interprofessionnel des Algues marines a pris l'initiative d'envoyer en Californie et au Chili une mission dont l'objectif était de recueillir sur place et par contact avec les représentants américains et chiliens de la recherche, de la profession, de l'Administration, le plus d'informations possibles concernant la biologie, l'écologie et les incidences sur la vie marine des champs de *Macrocystis* vivant au long des côtes de ces pays.

Cette mission, constituée de plusieurs membres provenant d'horizons divers et choisis en raison de leurs compétences propres, se composait de Messieurs R. PEREZ, chef du laboratoire d'Algologie appliquée de l'ISTPM, COUESPEL DU MESNIL, Administrateur en chef de 2^e classe des Affaires maritimes et chef du bureau économique des Pêches maritimes au Secrétariat général de la Marine marchande, LE FUR, industriel, Vice-président du Comité interprofessionnel des Algues marines, Y. COLIN, goémonier et membre de ce même Comité, H. DIDOU, secrétaire du Comité local des Pêches maritimes de Brest et du Comité interprofessionnel des Algues marines.

Son financement a été assuré par le Comité interprofessionnel des Algues marines avec le concours du Comité local des Pêches maritimes de Brest, de l'Industrie des algines, du plan de Relance des Pêches maritimes et du Conseil général du Finistère.

Sans vouloir anticiper sur le contenu et les conclusions de ce rapport, ni trancher péremptoirement sur le fond du problème, on peut retenir de la mission effectuée Outre-Atlantique les impressions générales suivantes.

a) Alors que la mission française venait s'informer des précautions à prendre pour maîtriser la croissance désordonnée des algues *Macrocystis*, ses interlocuteurs américains ont essentiellement mis l'accent sur les difficultés techniques qu'ils rencontraient pour maintenir et étendre les peuplements actuels ainsi que pour en créer de nouveaux. Il apparaît en effet que de nombreux obstacles contraignent leur action : présence de prédateurs (oursins notamment), température de la mer (deux étés chauds successifs ont détruit des champs d'algues entiers à La Jolla en 1957-1959), eaux agitées (dilacérant les jeunes pousses), excès de pluviosité influant sur la salinité de la mer, concurrence d'autres algues portant ombrage à la germination ou à la croissance des jeunes plants etc...

Les Américains consacrent un effort de recherche et des crédits très importants pour réduire ces facteurs limitant le développement de *Macrocystis*.

b) L'unanimité existe chez les différents interlocuteurs quant à l'influence bénéfique qu'apporte la présence de *Macrocystis* sur l'abondance en espèces marines. Le rapport analyse ce point particulier. Il a été précisé qu'à l'origine les Indiens se sont fixés le long de la côte du Pacifique à proximité des champs de *Macrocystis* qui leur fournissaient, d'une part, l'engrais pour la terre (activité actuelle de la société « Ocean Laboratory ») et, d'autre part, des zones privilégiées de pêche. On retiendra que c'est sous cet angle spécifique de l'enrichissement des fonds que le Ministère de l'Environnement américain a axé les travaux de ses laboratoires de recherche qui collaborent avec les autres organismes scientifiques pour favoriser l'extension des aires à *Macrocystis*.

On notera par ailleurs, avec intérêt, le rôle de barrage joué par les champs de *Macrocystis* à l'occasion d'une « marée noire » venant du large devant Santa Barbara, dont les plages ont été ainsi protégées.

En outre, végétal chlorophyllien et par conséquent source d'oxygène à l'image des sapins du Larzac, *Macrocystis* devrait favoriser la clarté des eaux et le développement du tourisme. Il a été ainsi constaté, sur des embarcations légères, que la présence de *Macrocystis* ne contrarie pas la cir-

culatation maritime. Plus de 200 000 bateaux de plaisance de tous tonnages sont basés devant ces champs contre l'existence desquels les usagers ne protestent pas. La lettre du Commandant du « Marion Dufresne » habitué à naviguer régulièrement aux Iles Kerguelen est également intéressante à ce sujet.

En outre, les plus grands champs de *Macrocystis* sont situés sur la côte de Californie devant le plus grand port de commerce (Los Angeles), devant le plus grand port de guerre (San Diégo) et devant le plus grand port de plaisance (Long Island) de la côte pacifique. Les eaux maritimes situées devant San Diégo sont réputées pour être les plus claires des rives américaines.

Les difficultés rencontrées par les Américains pour la culture de *Macrocystis* et les soins qu'impose notamment la protection des jeunes pousses menacées par différents agresseurs devraient normalement faire tomber les appréhensions, si l'on veut bien prendre en considération que la flottille finistérienne mécanisée constitue l'outil le mieux adapté pour détruire rapidement un champ de *Macrocystis* par l'utilisation du « scoubidou mécanique ». En effet, *Macrocystis* ne résiste pas à l'arrachage et seule la récolte par focardage permet la repousse. Encore, s'agit-il là d'une mesure curative appelée à doubler éventuellement les mesures préventives dont une implantation expérimentale devrait être assortie et qui se manifesteraient notamment par le choix d'un site approprié.

Il apparaît finalement qu'au terme des informations recueillies sur place, le temps des controverses est passé et que les éléments rassemblés permettent de formuler des propositions concrètes. C'est la conclusion à laquelle conduit le rapport de la mission.

INTRODUCTION

Nous tenons en premier lieu à remercier tous ceux qui ont permis l'organisation et le déroulement de cette mission sur les côtes californiennes et chiliennes. C'est à leur aide que nous devons d'avoir pu atteindre, en dépit du temps trop court qui nous était imparti, la quasi-totalité des objectifs qui étaient fixés.

Nous désirons exprimer tout particulièrement notre vive reconnaissance aux professeurs :

Michaël NEUSHUL, professeur de Botanique au « Marine sciences Institute » de l'Université de Californie à Santa Barbara ;

Wheeler J. NORTH, professeur en sciences de l'environnement au « California Institute of Technology » (Pasadena), chef du Kerkhoff laboratory de Corona-Del-Mar ;

Hector ETCHEVERRY D., professeur de l'Université du Chili à Valparaiso ;

à leurs collègues,

à leurs assistants,

aux chercheurs du « Department of Fish and Game » de Californie, à M. STEINER et ses collaborateurs de la « KELCO Company », pour la chaleur de leur accueil et les nombreux renseignements qu'ils ont bien voulu nous donner.

Notre première intention était de limiter notre rapport à une énumération chronologique de ce que nous avons vu, entendu, fait et dit au cours de nos déplacements. Mais, après réflexion, il nous a paru préférable de dépasser le stade de simple constat pour tenter de reprendre, à la lumière de ce que nous avons observé et appris, tout le problème concernant l'opportunité d'introduire l'espèce *Macrocystis pyrifera* sur les côtes bretonnes.

La presse et certains scientifiques insuffisamment informés des intentions de leurs collègues ont, involontairement sans doute, donné à cette question une dimension excessive. C'est la raison pour laquelle nous allons, avant d'entreprendre l'exposé proprement dit, retracer l'historique des événements. Nous essayerons ainsi de ramener le débat à sa juste place afin qu'il soit possible de présenter, en toute lucidité, la direction dans laquelle pourrait être fait le prochain pas.

HISTORIQUE

Origine.

En 1967, le Président du Comité interprofessionnel des Algues marines demanda à différents organismes de recherches s'il ne serait pas possible d'implanter l'algue *Macrocystis pyrifera* sur les côtes de France.

Le laboratoire d'Algologie appliquée de l'I.S.T.P.M. s'est proposé d'analyser ce problème. Il étudiait depuis quelques années déjà les moyens de cultiver les laminaires et était arrivé à la conclusion qu'une telle culture ne pouvait être rentable en raison de la faible valeur marchande de

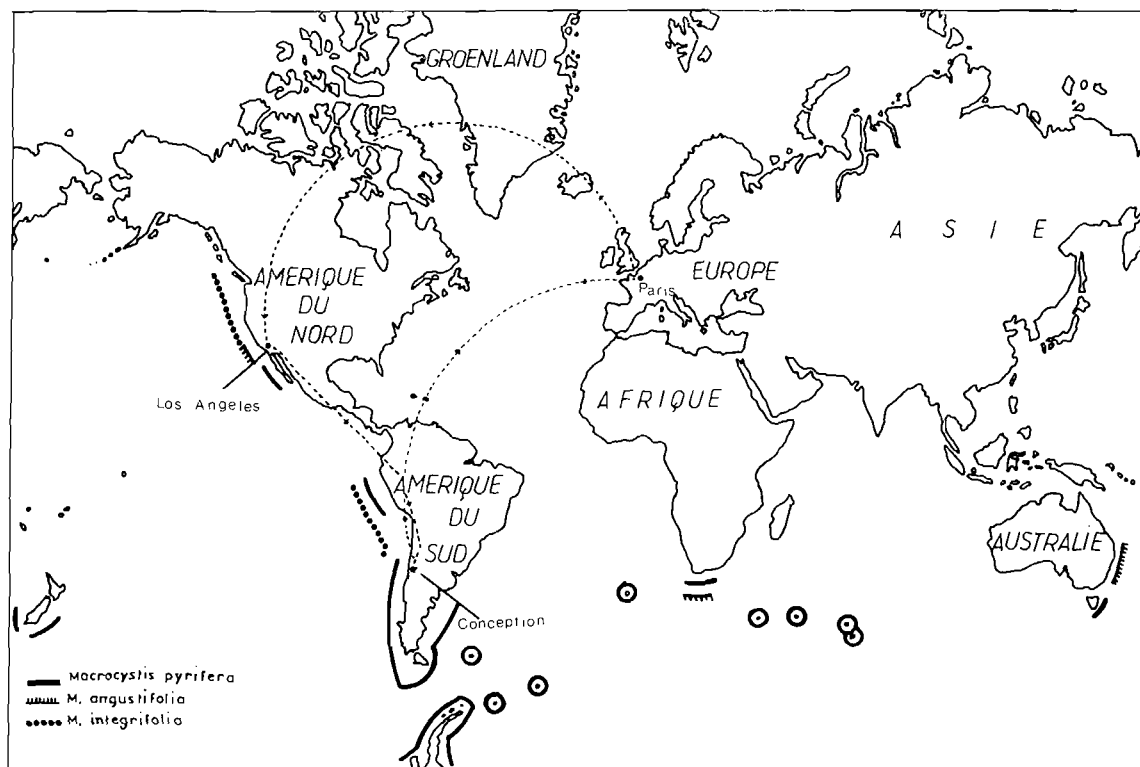


FIG. 1. — Carte montrant la répartition mondiale du genre *Macrocystis* ainsi que le voyage effectué par la Délégation.

ces algues, du temps nécessaire pour obtenir un adulte et du poids relativement faible de ce dernier. Il était devenu évident qu'une entreprise de ce type n'avait de chance d'être réalisable que si l'espèce utilisée remplissait au moins une des deux conditions suivantes :

- avoir, par unité de poids, une valeur commerciale élevée,
- fournir par pied une très grande quantité de tissu.

Il n'y a pas de phéophycée répondant à la première condition. La culture d'algues, sources d'alginate, ne pouvait donc être envisagée qu'avec une espèce capable de produire par thalle un poids important de matière première. Or, *Macrocystis pyrifera* entrait dans cette catégorie. C'est la raison pour laquelle l'I.S.T.P.M. se pencha très sérieusement sur la question posée par le Président du C.I.A.M. au nom de l'interprofession. Dès ce moment, une étude bibliographique fut entreprise ; elle conduisit à la publication d'un article qui résume la biologie et l'écologie de cette algue et signale la tentative d'un essai d'acclimatation (PÉREZ, 1972). Tout débat sérieux sur l'opportunité d'introduire cette espèce sur les côtes de France paraissait, en effet, inutile tant qu'il n'était pas prouvé qu'elle pouvait s'y développer.

Expérience d'acclimatation.

L'expérience d'acclimatation fut réalisée par l'I.S.T.P.M., en 1972, à partir de folioles fertiles provenant du Chili. Les spores libérées par ces folioles furent mises en cultures au laboratoire de Nantes en solution vitaminée et les plantules qui en résultèrent furent placées, d'abord, en aquariums irrigués par de l'eau de mer courante, puis dans le milieu naturel. Elles mesuraient alors 5 cm de longueur lors de leur immersion début février. En juin, elles atteignaient 150 cm de haut et présentaient l'aspect typique des *Macrocystis*. Leur taille dépassait 10 m en août et 13 m en septembre. Lorsque les sporophylles commencèrent à se différencier, c'est-à-dire juste avant la production de spores, les chercheurs de l'I.S.T.P.M., dans un souci de prudence, arrachèrent les thalles afin d'éviter tout risque de dissémination. L'opération fut accomplie sans le moindre problème. Cet essai a permis de conclure que *Macrocystis pyrifera* peut vivre sur les rivages du Nord-Finistère.

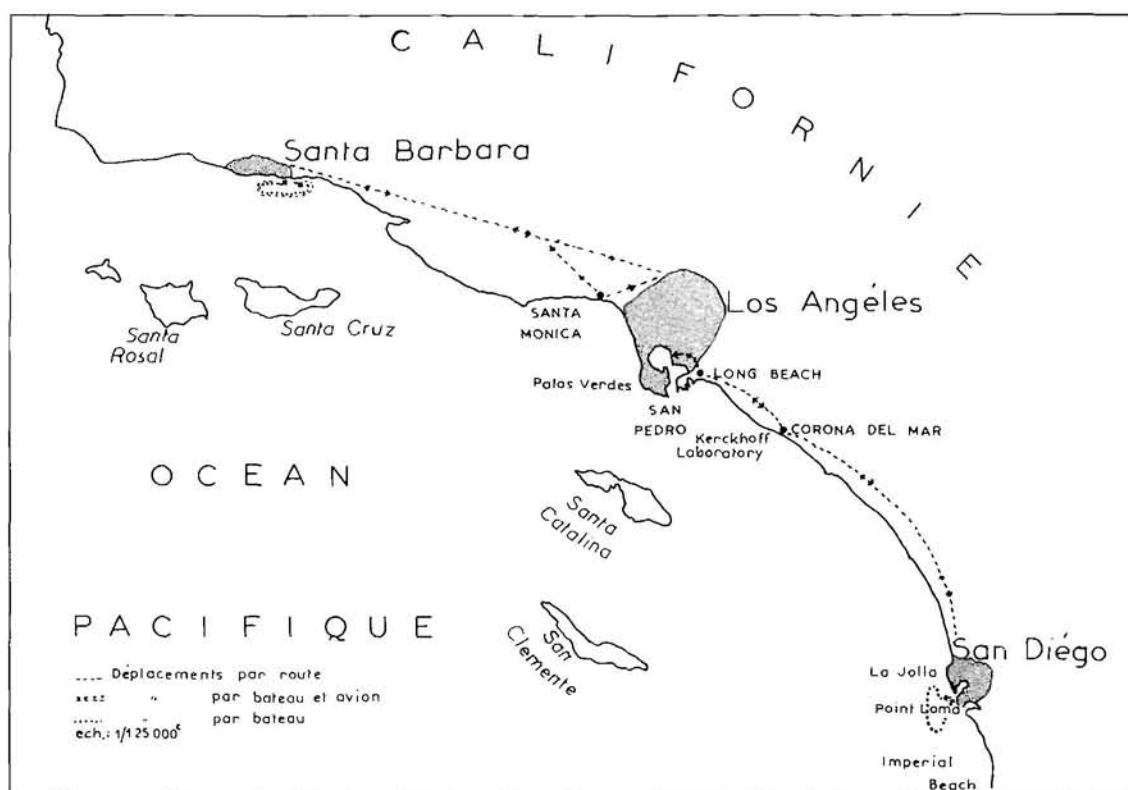


FIG. 2. — Carte indiquant nos déplacements le long de la côte californienne.

Le temps était donc venu de déterminer si l'introduction sur nos côtes de cette grande phéophycée paraissait ou non souhaitable. Des contacts épistolaires furent pris avec les scientifiques (chiliens, californiens) ayant travaillé et travaillant sur l'espèce en question. Mais, les avis reçus divergeant quelquefois, il apparut évident qu'une information objective ne pouvait être obtenue que par une mission envoyée sur les lieux où *Macrocystis pyrifera* présentait un développement important et où les conditions climatiques étaient voisines des nôtres.

La mission d'information.

La mission partit le 11 mars 1973 pour la Californie où elle séjourna une semaine au terme de laquelle elle s'envola vers le Chili pour un séjour d'égale durée.

Jusqu'à ce stade, l'étude expérimentale entreprise a été fort logique. Elle a été aussi très prudente : il suffit de se référer aux multiples précautions prises par les chercheurs lors de l'essai d'implantation pour en être convaincu. Ce rapport constitue le prolongement de cette démarche scientifique. Nous commencerons par décrire la biologie et l'écologie de *Macrocystis pyrifera* puisqu'elles sont à l'origine des avantages et des gênes qui découlent de la présence de cette algue et que nous analyserons ensuite.

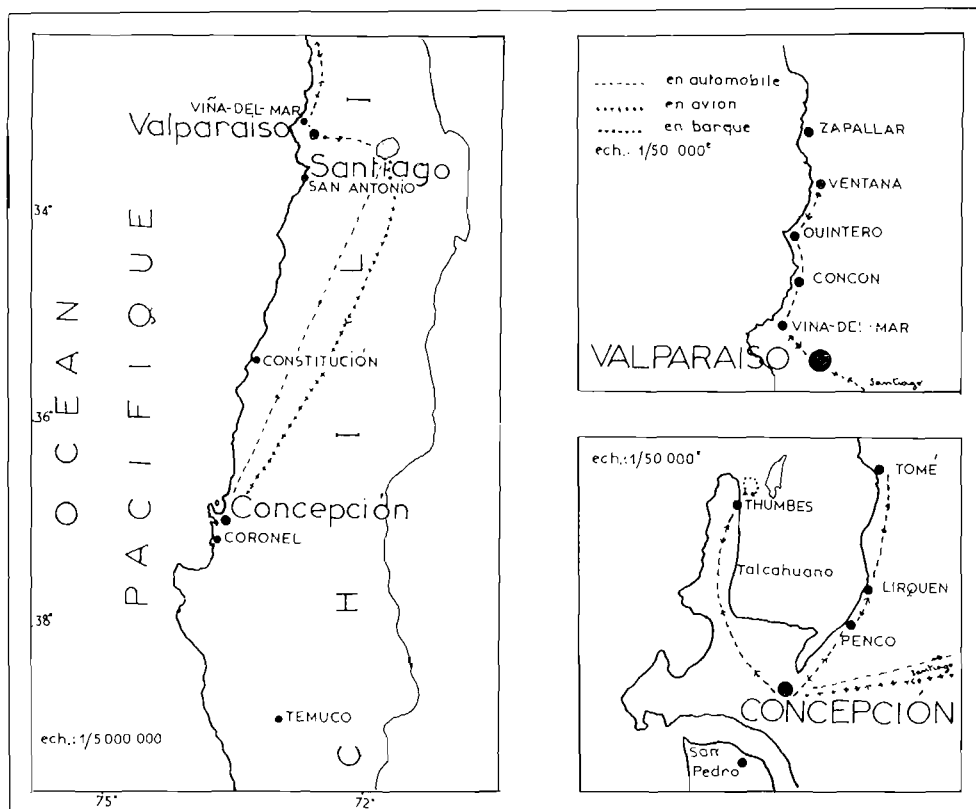


Fig. 3. — Carte d'ensemble et cartes détaillées indiquant nos déplacements au Chili.

Les propositions auxquelles aboutit ce rapport s'inspirent à la fois de l'information documentaire qui nous a été communiquée ainsi que de la précieuse expérience acquise sur place tant par les contacts avec les experts étrangers que par les visites sur le terrain au cours de nos déplacements (fig. 1, 2, 3).

I. - Biologie et écologie des *Macrocystis*.

Situation géographique.

Le genre *Macrocystis* appartient à la famille des Lessoniacés, de l'ordre des Laminariales. Son aire de répartition se situe, d'après SETCHELL (1932), dans l'hémisphère sud et plus précisément dans les eaux antarctiques et subantarctiques. Mais, on le trouve aussi dans l'hémisphère nord des côtes californiennes jusqu'en Alaska (fig. 1).

Aspect général.

Le plant-type (fig. 4) comprend un système de fixation qui cramponne l'algue au substratum rocheux et, partant de ce système, des axes dressés qui se ramifient et portent des folioles allongées munies à leur base d'un flotteur (ou pneumatocyste). La partie supérieure de la phéophycée vient

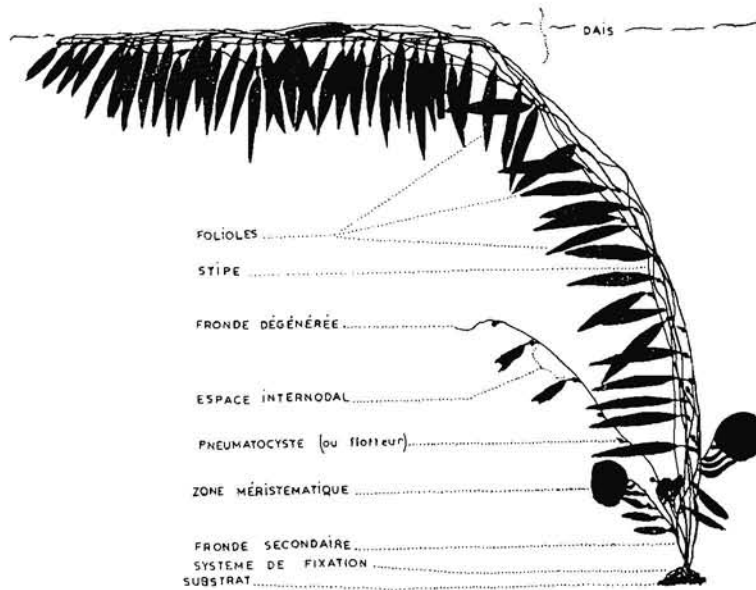


FIG. 4. — Schéma d'un pied de *Macrocystis*.

s'étaler largement à la surface dans le sens du courant. L'ensemble des parties flottantes d'un groupe de thalles constitue en se juxtaposant un dais plus ou moins continu.

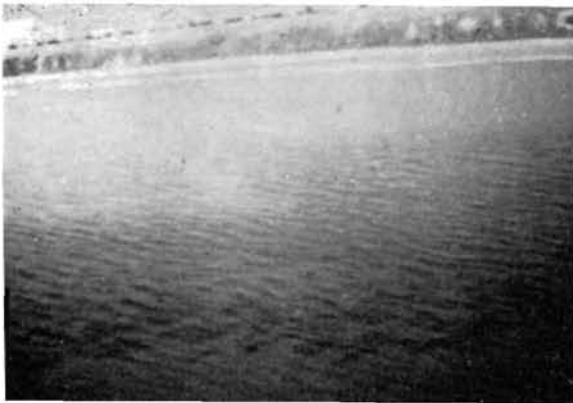


FIG. 5 et 6. — Vues aériennes d'un champ de *Macrocystis angustifolia* au large de Santa Barbara.

Les espèces.

On distingue, dans ce genre, trois espèces différant par leur écologie, leur aspect et la structure de leur appareil fixateur. *Macrocystis angustifolia*, *Macrocystis integrifolia* et *Macrocystis pyrifera*.

Macrocystis angustifolia posséderait, selon son nom, des folioles longues et étroites. En fait,

ce caractère ne nous a pas paru être très net. L'algue peuple les rives australiennes (sud-ouest), tasmaniennes, sud-africaines et californiennes (de San Diégo au sud de Monterey). NEUSHUL et NORTH nous ont précisé que dans les zones de faible courant cette espèce est parfois établie directement sur le sable ; d'après eux, la plantule se fixe d'abord sur un substrat dur, puis les sédiments



FIG. 7. — Vue aérienne d'une zone où le champ de *M. angustifolia* est plus dense et parvient à quelques mètres de la côte de Santa Barbara.

s'accumulent sur les haptères au fur et à mesure du développement : la taille du crampon et la quantité de vase le recouvrant finissent par constituer des points d'ancrage assez solides pour maintenir l'algue une fois adulte. *M. angustifolia* accepte des profondeurs de 2 à 6 m ; elle reste généralement de 30 à 50 m du rivage ; mais, dans certains cas, elle arrive presque jusqu'à la côte. Cer-

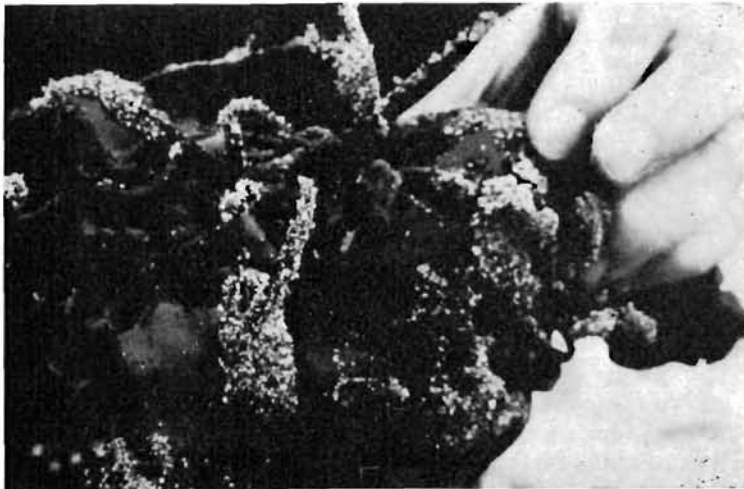


FIG. 8. — Rhizome de *M. integrifolia* récolté en épave sur la plage de Quintero.

taines photographies aériennes prises à Santa-Barbara en témoignent (fig. 5, 6, 7). Le thalle atteint en Californie jusqu'à 50 m de longueur, il a la forme d'une énorme touffe composé de 25 à 30 frondes.

Macrocystis integrifolia se caractérise par un épais rhizome (fig. 8) qui rampe sur le substratum et d'où émergent des frondes généralement assez peu nombreuses ; d'après nos recherches

bibliographiques, il ne se fixerait que sur des fonds situés entre 4 et 7 mètres au-dessous de la surface (fig. 9). En réalité, nous avons pu nous rendre compte que, sur les rives chiliennes, ses extrémités parviennent jusqu'au rivage (fig. 10). On le rencontre aussi bien en Amérique du sud jusqu'à la latitude de l'Île Lobos de Tierra (Pérou) qu'en Amérique du nord (de Monterey à Sitka).



FIG. 9. — Aspect typique des champs de *M. integrifolia* le long des côtes chiliennes ; le peuplement se développe à l'abri d'une barrière rocheuse.



FIG. 10. — Extrémité des frondes de *M. integrifolia* venant jusqu'à la laisse des basses mers (vue prise à Concón).

Macrocystis pyrifera (fig. 11) se trouve en abondance autour de la plupart des îles antarctiques, au sud de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande, à l'extrême ouest de l'Afrique du sud, du Pérou à la Terre de Feu et sur la côte californienne (Basse Californie jusqu'à San Diégo).

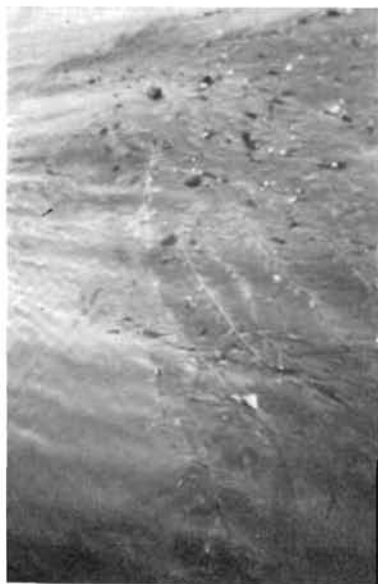


FIG. 11 (à gauche). — Thalle de *M. pyrifera* au large de San Diégo ; le champ n'est pas très dense, son exploitation était récente.

FIG. 12 (à droite). — Comparaison entre les crampons de *M. pyrifera* de Californie et ceux du Chili ; les crampons des algues californiennes sont beaucoup plus développés et fournis.

L'algue se développe toujours sur un substrat rocheux entre 6 et 40 m de fond, plus généralement entre 7 et 20 m. C'est le cas en Californie où les champs sont éloignés de la côte. La raison de cette situation résiderait, d'après NORTH, dans la fragilité des plantules qui ne résistent pas à l'agitation des eaux et qui sont dilacérés par le ressac. Il est possible, certes, de découvrir quelquefois des jeunes thalles fixés à des niveaux supérieurs, mais ceux-ci disparaissent au premier coup de mer.

Il en est tout autrement au Chili où l'algue accepte des profondeurs moindres ; ses extrémités flottantes viennent jusqu'à toucher la rive pendant les marées basses. Cette position nous a paru à tel point surprenante qu'à Tome (nord de Concepción), l'un de nous a plongé pour vérifier qu'il s'agissait bien de l'espèce « *pyrifera* » : l'aspect du crampon ne permettait pas de doute. Cette confirmation a été rendue nécessaire par le fait que la situation du champ de *Macrocystis pyrifera* en

ce lieu est identique à celle du peuplement de *M. integrifolia* que nous avons vu à Quintero (nord de Valparaiso). Nous avons remarqué cependant que le long des côtes chiliennes ces colonies de

Macrocystis ne se rencontrent que dans des criques protégées de l'action directe des vagues par une barrière de hauts-fonds sur laquelle vient se briser la houle ; elles sont absentes dans les baies ouvertes.

Il y a d'autres différences notables entre « *pyrifera* » de Californie et celui du Chili. Le premier présente un gros crampon (fig. 12), de nombreuses et courtes sporophylles (10 à 15 cm), des pneumatocystes presque sphériques, 10 à 15 frondes en moyenne. La « variété » chilienne ne possède que 3 à 5 frondes, parfois moins (fig. 13), des folioles fertiles plus longues (fig. 14) mais peu nombreuses (4 à 5) et des flotteurs très allongés presque cylindriques (fig. 15). La longueur moyenne est de 40 à 50 m en Californie, de 15 à 20 m au Chili. Les thalles que l'I.S.T.P.M. a obtenus sur les rives bretonnes, lors de l'essai d'acclimatation, ressemblaient à ceux du Chili (fig. 16 et 17), ce qui, en quelque



FIG. 13. — Thalle de *M. pyrifera*, récolté à Thumbes, étendu sur l'embarcadère. Il est peu fourni, c'est un caractère commun à tous les thalles de cette espèce au Chili.



FIG. 14. — Comparaison de l'aspect des sporophylles de *M. pyrifera* du Chili (longues et peu nombreuses) et de celles de *M. pyrifera* de Californie (courtes et nombreuses).

sorte, n'est pas surprenant puisque les spores venaient du Chili et que les conditions climatiques du lieu de provenance s'apparentent à celles de nos côtes.

Le cycle de reproduction.

Le cycle de reproduction est typiquement celui d'une laminariale (fig. 18). Nous nous permettons de l'exposer ici, en reprenant en partie la description rédigée par PÉREZ (1970), parce que nous serons quelquefois amenés à nous y reporter et qu'il est préférable de l'avoir présent à l'esprit.

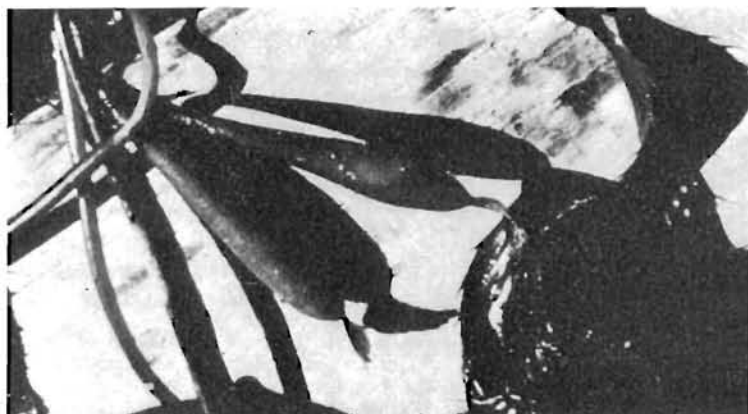


FIG. 15. — *Pneumatocystes* de *M. pyrifera* du Chili, nettement plus allongés que ceux de *M. pyrifera* de Californie.

La reproduction sexuée est assurée par certaines folioles situées près du crampon. Ces folioles appelées sporophylles se caractérisent par l'absence de pneumatocyste à leur base, leur forme plus étroite (Chili, fig. 14) ou leur taille plus réduite (Californie), leur contour épineux et la présence parfois d'un anneau bleuâtre sur leur « pédicelle ».



FIG. 16 et 17. — A gauche, aspect des thalles de *M. pyrifera* du Chili (photographie prise à Thumbes). A droite, partie d'un thalle obtenu sur nos côtes bretonnes par l'I.S.T.P.M.; la forme des flotteurs et l'aspect général sont ceux des *M. pyrifera* du Chili.

A certains moments, elles se recouvrent de taches brunes, d'abord isolées, ensuite confluentes : les sores (fig. 19). Ces zones sont constituées principalement par des milliers de très petits sacs (sporocystes) contenant de nombreux grains microscopiques qui sont les spores. Chaque sac s'ouvre à maturité et libère les spores biflagellées (32 au plus) qui nagent de 12 à 24 h, puis se fixent et

germent chacune en un filament plus ou moins ramifié (fig. 20) : le prothalle mâle ou femelle suivant la spore dont il est issu. Après environ une ou deux semaines de développement végétatif, le prothalle produit, selon son sexe, soit des gamètes mâles, petits et mobiles car biflagellés, soit des gamètes femelles ronds et immobiles. Le zygote qui résulte de la copulation de ces deux types de gamètes donnera la plantule (fig. 21 et 22).

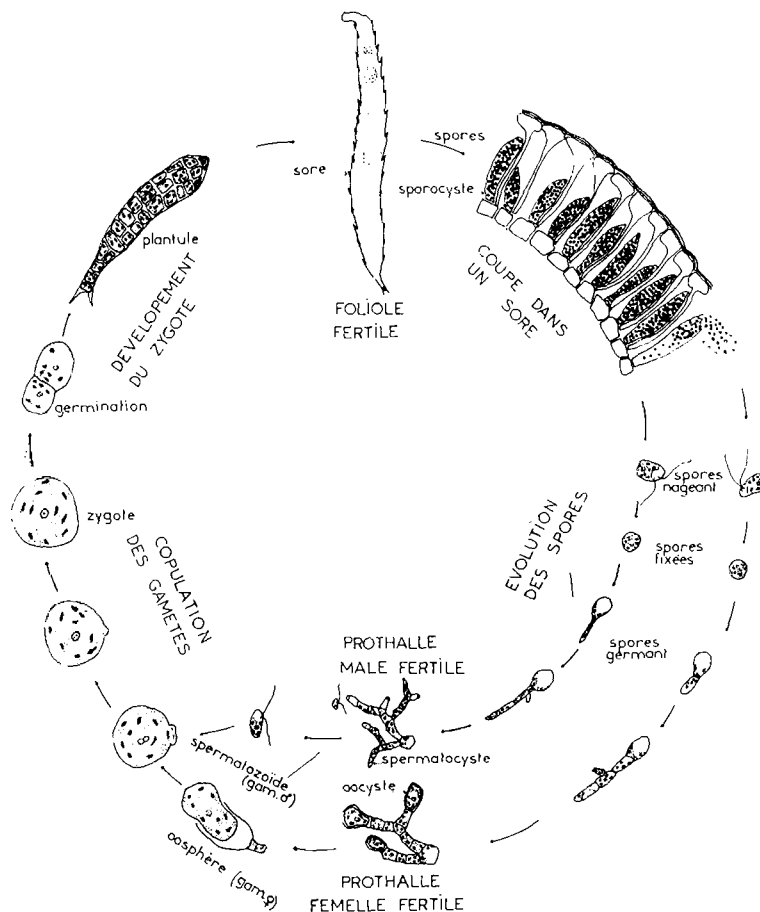


FIG. 18. — Schématisation du cycle ontogénique de *M. pyrifera* (extrait de « Science et Pêche » n° 216, 1972).

En évaluant la quantité de sporocystes au mm^2 et en le multipliant par le contenu maximal d'un sporocyste, NEUSHUL a calculé que le nombre de spores par mm^2 de sore était de $3,5 \times 10^5$ sur chaque face de la sporophylle. Selon NORTH qui a étudié l'émission des spores en enveloppant les folioles fertiles d'un sac en plastique, la libération serait de $3,8 \times 10^5$ par minute et par cm^2 dans la nature, de 1×10^5 au laboratoire. On considère généralement qu'un plant peut donner au cours de sa vie plus d'un trillion de spores (10^{18}).

Il est relativement facile d'obtenir toutes les phases de ce cycle en culture axéniques au laboratoire, et, une fois les plantules apparues (fig. 23) et fixées sur un support, de les transplanter dans le milieu naturel : c'est la technique qui a été utilisée par l'I.S.T.P.M. et qui est employée par NORTH pour la reconstitution des champs de San Diego en Californie.

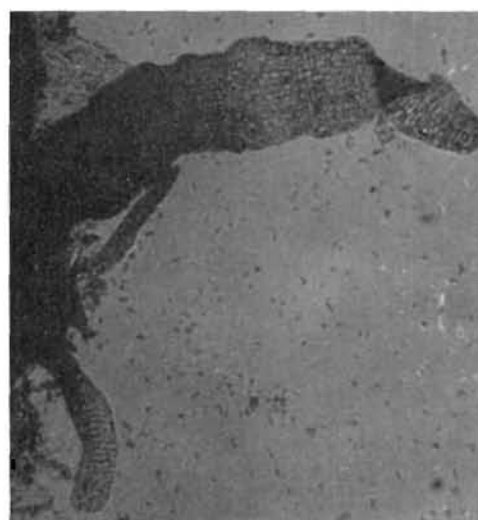
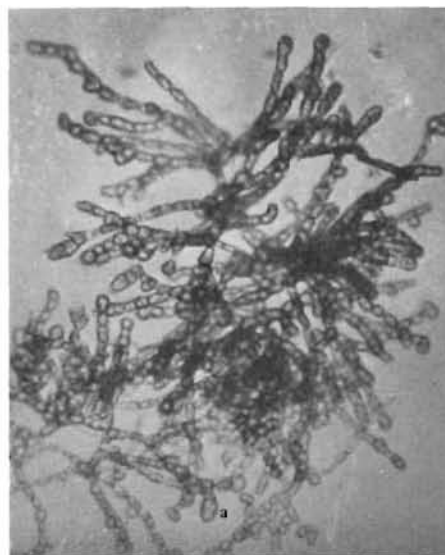


FIG. 19 à 22. — En haut, à gauche : Photographie montrant la tache sombre constituée par la présence d'un large sore sur une foliole fertile. A droite : aspect d'un prothalle femelle produisant des gamétocystes (a). En bas, à gauche : les premiers stades de développement des plantules. A droite : aspect des plantules deux semaines plus tard (400 μ).

Développement du sporophyte.

Le zygote germe en une plantule composée d'un court segment cylindrique, le stipe et d'une zone plus large à symétrie bilatérale, la lame (fig. 25 stades 1 et 2). La lame, puis le stipe se scindent



FIG. 23. — Aspect des plantules de *M. pyrifera* 45 jours après l'émission des spores.

longitudinalement en deux (stades 3 et 4) ; mais, avant la fin de cette division, chacune des parties se découpe à nouveau (stades 5 et 6), ce qui aboutit au stade 7. De nombreuses divisions de ce type se produisent dans la vie de l'algue ; elles sont caractérisées par deux phases, la deuxième commençant avant que la première soit terminée (fig. 25, schémas 8, 9, 10, 11) et par la nette prédominance des ramifications latérales sur les centrales (phénomène d'anisotomie d'après SETCHELL).



FIG. 24. — Zone méristématique de *Macrocyctis*, zone située à l'extrémité de chaque stipe.

Chacune de ces quatre nouvelles ramifications ainsi obtenues se développe vers le haut grâce à un méristème apical (fig. 24) dont la base se fragmente successivement en folioles munies d'un court « pédicelle » portant le flotteur (stade 7 de la fig. 25). Le stipe, lui aussi, croît très rapidement, séparant les folioles par des entrenœuds de plus en plus longs. Le résultat de ces deux actions méristématiques se traduit par un allongement pouvant atteindre, chez les jeunes, plus de 30 cm par jour, ce qui représente la croissance la plus rapide enregistrée sur notre planète. La plante prend alors l'aspect schématisé par le dessin 12 (fig. 25) car les différentes ramifications du stipe et les lames se mêlent, donnant à l'ensemble, appelé « fronde », l'aspect d'une touffe solide et hélicoï-

dale dont les parties terminales viennent s'étendre à la surface.

A partir du crampon qui fixe par ses nombreux haptères l'algue au substratum, bourgeonnent d'autres frondes dites secondaires, de plus en plus nombreuses, qui franchissent très vite tous les stades précédemment décrits et viennent augmenter la densité de la touffe à la suite d'une croissance nettement plus rapide que celle de la fronde initiale.

La longévité de la partie pérennante du plant, c'est-à-dire le crampon, semble être de 8 ans alors que la longévité de la fronde n'est que de 9 mois (NORTH). Le port caractéristique du thalle est

donc conservé par un renouvellement constant des frondes. ETCHEVERRY pense qu'au Chili, la durée de vie du crampon ne dépasserait pas 2 ans, ce qui expliquerait l'aspect frêle et peu touffu des *Macrocystis* de ce pays.

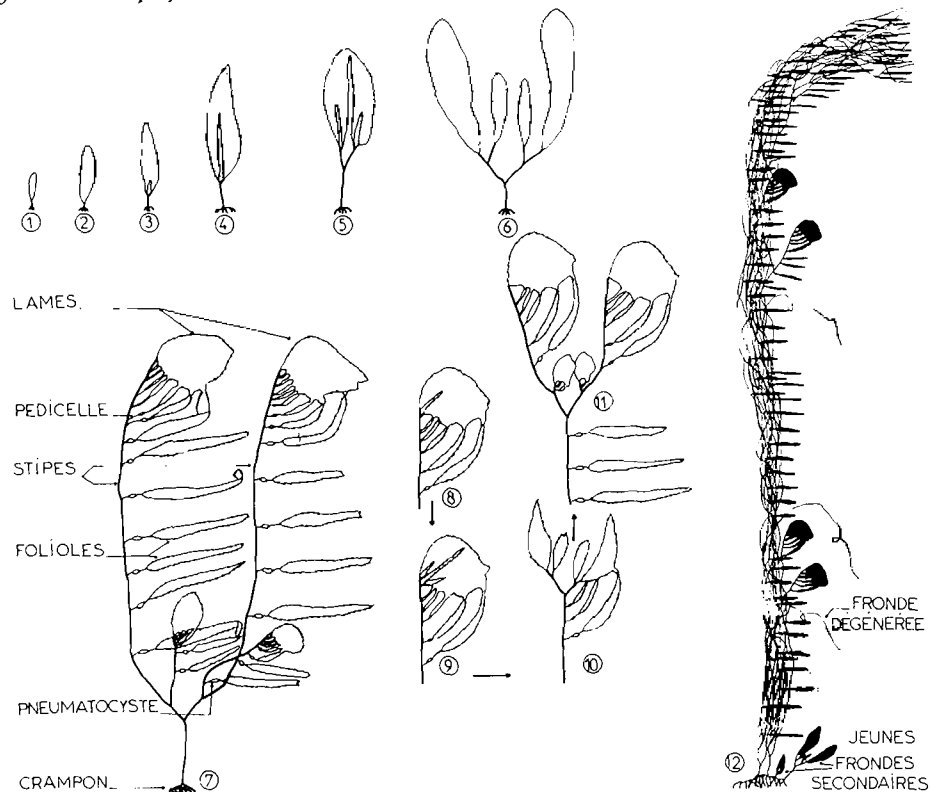


FIG. 25. — Schémas retraçant le développement de *Macrocystis pyrifera* à partir de la germination du zygote (extrait de « Science et Pêche » n° 216).

CLENDENNING et SARGENT (1958) se sont étonnés que le développement des frondes secondaires soit si important (jusqu'à 70 cm par jour dans les meilleures conditions) alors que la lumière qui parvient à travers la couche végétale flottante n'est pas suffisante pour assurer la photosynthèse correspondant à cette croissance. Les expériences ont montré qu'en réalité la plupart des substances nutritives sont synthétisées au niveau des parties supérieures recevant beaucoup de lumière puis distribuées par un système circulatoire primitif (pseudotrachéïdes) dans toute la plante et, en particulier, à travers le crampon, vers les jeunes frondes secondaires. Cette organisation, très évoluée par une algue, explique la pureté des champs de *Macrocystis*; les frondes adultes n'étouffent pas les jeunes; elles les aident au contraire à croître en les nourrissant alors qu'il y a presque impossibilité pour de nombreuses espèces végétales de vivre sur un substratum insuffisamment éclairé.

Les espèces compagnes.

La pureté de ces champs a pu être vérifiée en Californie où les zones à forte densité ne comportent pratiquement que du *Macrocystis*. En marge cependant, vivent d'importantes colonies d'*Egrecia laevigata* dans les niveaux supérieurs, de *Pelagophycus porra* (fig. 26) vers le large. Ces algues viennent se mêler même à *Macrocystis* jusqu'à former avec lui des hybrides (1), c'est le cas

(1) Cet hybride se caractérise par de puissants pneumatocystes et un crampon relativement frêle. Lorsque le plant atteint l'âge de cinq mois, la traction ascendante des pneumatocystes détache le crampon: l'algue part à la dérive et meurt. Des essais consistant à renforcer le crampon par un système d'attache sont actuellement effectués par NORTH afin de déterminer le devenir de cet hybride au-delà du cinquième mois.

de *Pelagophycus* (fig. 27). Dans les zones moins denses et dans les « clairières », des espèces telles qu'*Eisenia arborea*, *Pteridophora californica* et *Laminaria farlowii* constituent des peuplements sta-



FIG. 26. — Thalle de *Pelagophycus porra* prise au large de San Diégo.

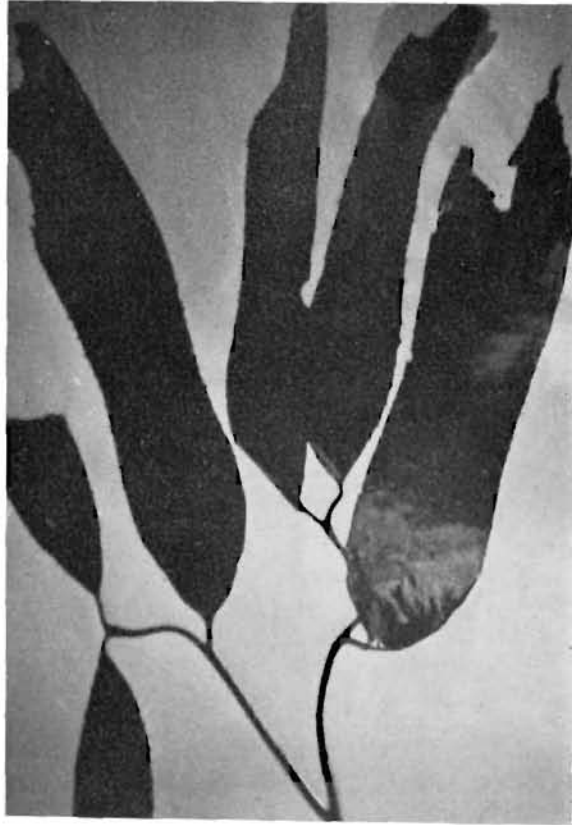


FIG. 27. — Hybride de *M. pyriferus* et *P. porra*.



FIG. 28 et 29. — Thalle d'*Iridaea* pris sur la plage de Thumbes au Chili (à gauche). A droite, vue de la côte chilienne à Thumbes; la quantité d'Ulves et d'*Iridaea* en épaves montre la richesse des fonds en petites algues malgré la présence de *M. pyriferus*.

bles où l'on peut rencontrer des représentants des genres *Cystoseira*, *Desmarestia*, *Plocamium*, *Rhodomenia*, *Cladophora*, *Ectocarpus*, *Gracilaria*, *Pterocladia*, *Gigartina*, *Dyctiopteris*, *Corallina*, *Gelidium*.

Au Chili, les touffes de *Macrocystis* sont moins fournies et la densité est plus faible ; le dais laisse, de ce fait, filtrer assez de lumière pour que se développent sur le fond d'importants peuplements de Chlorophycées (*Ulva*, fig. 27) et Rhodophycées (*Iradaea*, fig. 28-29, *Gracilaria*) tandis qu'au niveau des basses mers, *Durvillea antarctica* (fig. 30), *Lessonia nigrescens* (mode battu, fig. 31), *L. flaviscans* (mode abrité) forment une ceinture presque ininterrompue.

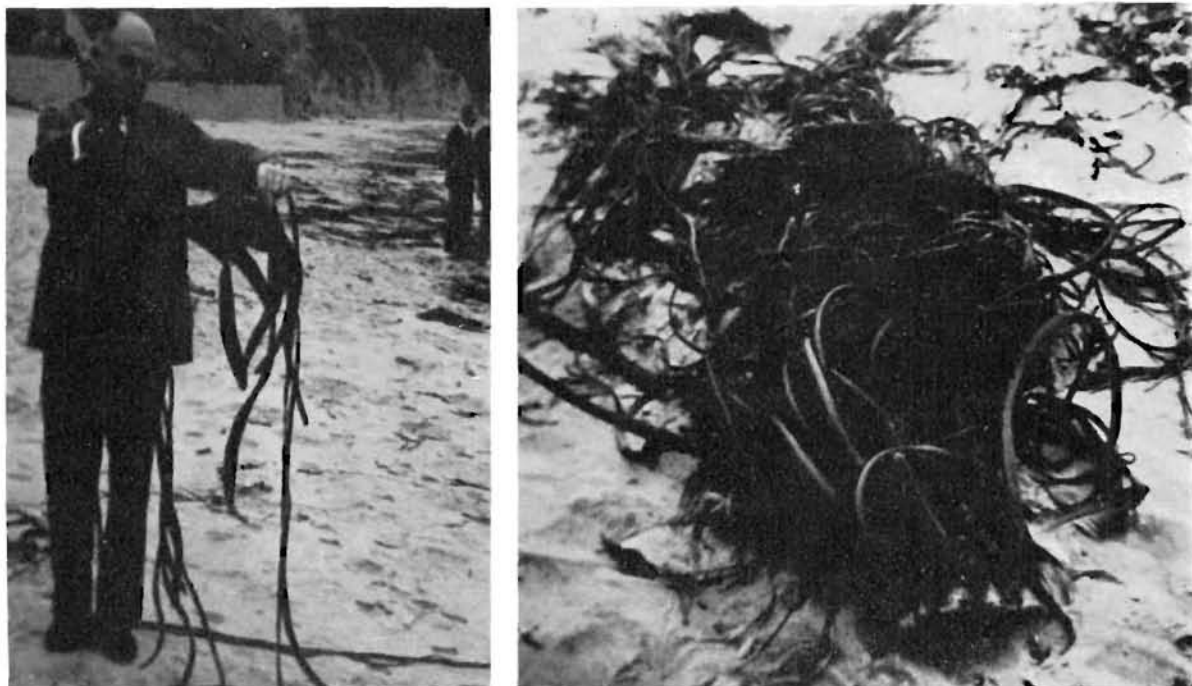


FIG. 30 et 31. — A gauche : épave de *Durvillea antarctica* obtenue sur la plage de Quintero ; cette espèce est abondante sur la bordure supérieure des champs de *M. integrifolia* et *M. pyrifera*. A droite : épave de *Lessonia nigrescens* également rencontrée à la limite des champs de *Macrocystis* chiliens.

Aspect général des champs.

Les photographies aériennes (fig. 32) prises autour de Santa Barbara grâce à l'obligeance du Dr NEUSHUL permettent d'avoir une idée de l'étendue d'un champ de *Macrocystis angustifolia* qui n'a pas été encore récolté. Les parties flottantes de l'algue atténuent le clapotement si bien que la surface, vue d'avion à contre jour, offre une teinte argentée. Nous pouvions ainsi, en suivant du regard cette teinte, constater que le champ forme une bande presque continue (venant en quelques rares points jusqu'au rivage) en zones de densité extrêmement variable. Cette continuité, qui apparaît en vue aérienne est moins évidente lorsqu'on parcourt le même lieu en bateau, les touffes étant séparées les unes des autres par des espaces de 3 à 6 m.

Le peuplement de *Macrocystis pyrifera* de San Diégo se présente, selon NORTH, de la même manière, bien qu'il reste constamment assez éloigné de la côte. En fait, nous ne l'avons vu qu'après la récolte ; aussi, ne se composait-il plus que de « bosquets » épars.

Au Chili, les colonies de *Macrocystis pyrifera* et *M. integrifolia* occupent des bases rocheuses protégées de l'action directe de la mer par une ligne de hauts-fonds et parviennent jusqu'à la limite des basses mers (fig. 9, 10) ; elles sont absentes sur les côtes ouvertes. Dans tous les lieux où nous nous sommes arrêtés, les parties constituant le dais et même les folioles sous-jacentes étaient recouvertes d'une épaisse pellicule de bryozoaires qui leur donnait une couleur claire.

Reprenons, pour terminer ce chapitre, la description de DAWSON, NEUSHUL et WILDMAN extraite et traduite du « Pacific Naturalist » : « le champ de *Macrocystis* peut être comparé à une forêt

terrestre. Comme les troncs d'arbres, les stipes enchevêtrés en bouquets soutiennent le dais modifiant la luminosité. Sous ce dais, il y a souvent une ombre profonde. Les zones qui, à la faveur d'une interruption de la couverture, reçoivent un éclaircissement suffisant, constituent des clairières où vivent de petites plantes. Dans les lieux où les grandes algues sont abondantes, il n'y a sur le fond que des espèces d'ombre ».

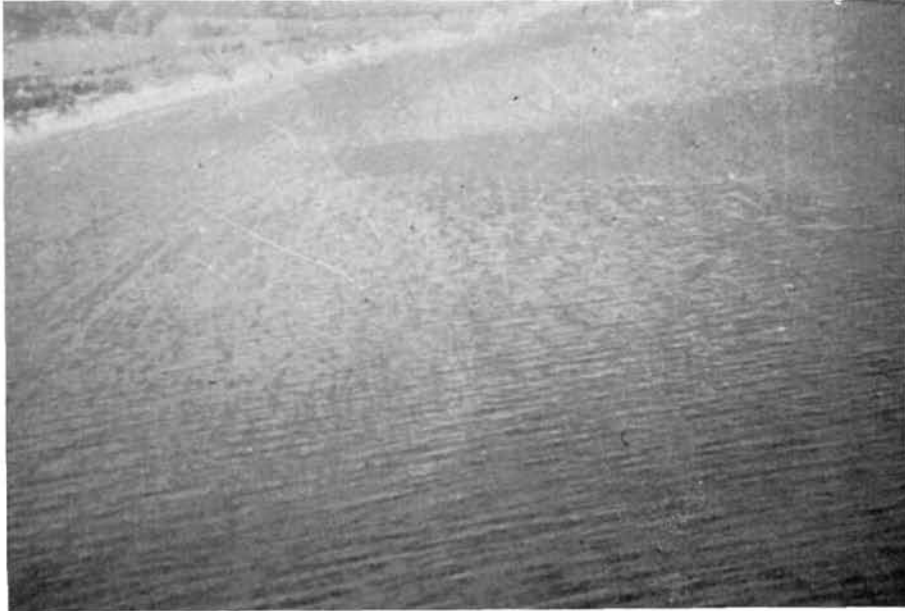


FIG. 32. — Vue aérienne montrant la tache argentée formée par le dais de *Macrocyctis* ; les dimensions de cette tache donnent une idée de l'étendue du champ de *M. angustifolia* au large de Santa Barbara.

Toute situation écologique présente pour la population qui y est intégrée un certain nombre d'avantages et d'inconvénients. On la considère comme bénéfique si les premiers l'emportent sur les seconds, comme indésirable dans le cas contraire. Son intérêt se définit en fonction à la fois de ces deux types d'éléments. La situation écologique découlant de l'existence de *Macrocyctis* ne fait pas exception à cette règle. Pour parvenir à déterminer sa valeur, il est donc indispensable d'analyser objectivement les avantages et les inconvénients qu'elle engendre. C'est ce que nous allons essayer de faire.

II. - Les incidences bénéfiques.

Au terme de notre visite à Santa Barbara, nous avons posé au Professeur NEUSHUL, qui nous a particulièrement incité à la prudence en ce qui concerne l'introduction de *Macrocyctis* sur les côtes atlantiques, la question suivante : « en fin de compte, la présence de *Macrocyctis* est-elle une chance ou une calamité pour la Californie ? ». Sa réponse fut immédiate et sans ambiguïté : « une chance ».

Le Dr NORTH est sur ce point encore plus affirmatif : « je pense que la forêt marine qui serait créée aurait un pouvoir attractif considérable pour les poissons et les invertébrés ; elle enrichirait le milieu ; de tels effets ont été notés partout où les lits de *Macrocyctis* ont été étudiés » (lettre du 23 mars 1973 au Dr Harry T. POWELL). Il ne fait donc de doute pour personne que les champs de *Macrocyctis* offrent des possibilités exceptionnelles à l'industrie des algues brunes et à la pêche côtière.

Nous exposerons d'abord l'intérêt que constitue pour l'industrie des algues dans le présent et l'avenir l'existence de champs de *Macrocystis* à proximité des usines de traitement. Nous insisterons sur le fait que cette espèce permet une récolte facile et abondante qui se traduit par un coût relativement bas de la matière première garantissant un produit fini extrêmement compétitif. L'intérêt pour la vie côtière apparaîtra de lui-même lorsque nous aurons analysé l'abondance végétale des peuplements de *Macrocystis*, la biomasse animale qu'ils abritent, leur pouvoir attractif vis-à-vis des poissons, l'intensité de la pêche qui se pratique dans et autour d'eux.

Intérêt pour l'industrie des algues.

1. Industrie des alginates.

a) *La situation actuelle.*

La production mondiale d'alginate est passée de 7 550 t en 1958 à 12 800 t en 1970. Les Etats-Unis occupent le premier rang en tant que fournisseur grâce à la « KELCO Company », qui extrait près de 4 500 t. Ils sont suivis par la Grande-Bretagne (3 000 t produit par « Alginates Industries Limited »), la Norvège (2 500 t) et la France (1 200 t).

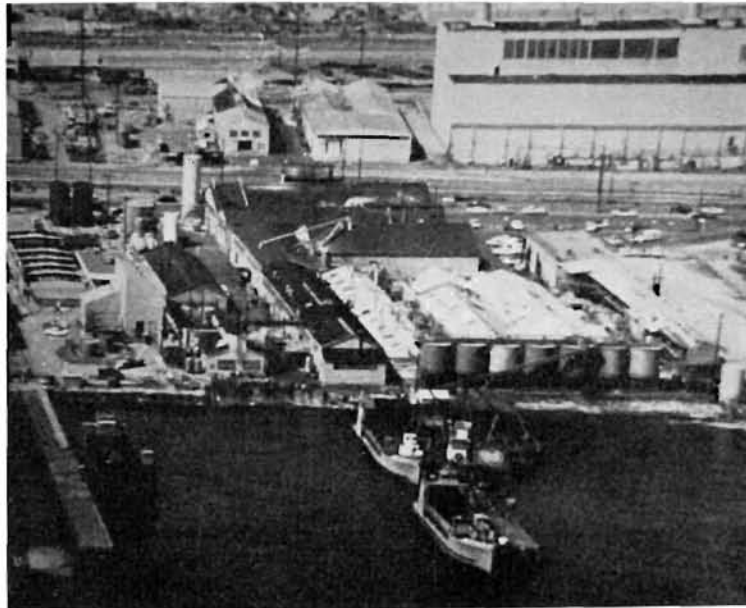


FIG. 33. — Vue d'ensemble de l'usine d'extraction de la « KELCO Company » (extrait d'un document fourni par le directeur de cette usine).

b) *Exploitation de *Macrocystis* pour l'acide alginique.*

Le plus grand producteur d'alginate est donc la « KELCO Company » dont l'usine est installée à San Diégo (fig. 33). Elle utilise presque exclusivement les *Macrocystis* (*pyrifera* et *angustifolia*). Le tonnage d'algues fraîches prélevé varie suivant les années, mais on estime que la moyenne se situe autour de 130 000 t.

La récolte s'effectue à l'aide de trois bateaux mesurant plus de 100 m de longueur et ayant une capacité de 350 t. Le plus ancien, qui à la forme d'une auge et dont le système de récolte est disposé à l'avant, s'est révélé lent et difficile à diriger. Aussi, a-t-on préféré adopter pour les deux autres une structure qui s'apparente plus à celle des navires classiques : avant en pointe (fig. 34), système de récolte à l'arrière et amovible (fig. 35) ; leur vitesse s'en trouve accrue, ce qui permet une livraison plus rapide à l'usine et limite la baisse de qualité due à la fermentation des algues accumulées dans la « cale ».

L'appareil assurant la récolte se compose d'un tapis roulant métallique qui est poussé par le navire contre les frondes (fig. 35). Celles-ci sont donc entraînées par le mouvement ascendant du tapis et sectionnées par un couple de lames travaillant en ciseaux et fixées juste à la surface de l'eau, de chaque côté du tapis roulant. L'ensemble est disposé de telle sorte qu'il n'agit que dans les premiers 120 cm d'eau (4 pieds) ; c'est la profondeur maximale au-delà de laquelle il ne doit plus y avoir de coupe : elle est imposée par la législation californienne pour préserver les champs d'une récolte excessive.

Une fois le dais prélevé, la lumière pénètre à nouveau jusqu'au substratum et déclenche deux actions simultanées : l'allongement des entre-nœuds des frondes sectionnées (ce qui amène les folioles restantes près de la surface), le développement par leur propre photosynthèse des jeunes frondes secondaires qui ne sont alors plus alimentées par la couverture superficielle sévèrement dégarnie.

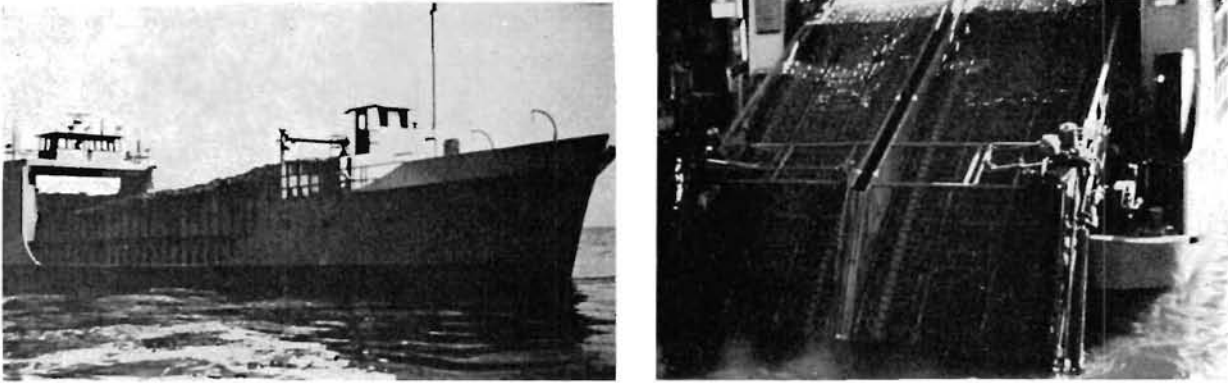


FIG. 34 et 35. — A gauche : bateau « nouveau style » de la « KELCO Company » ; avant en pointe, système de récolte disposé à l'arrière. A droite : détail du système de récolte dont le principal organe est un tapis-roulant métallique ascendant.

Bien que la croissance autonome de ces frondes secondaires soit plus lente que celle résultant de la nutrition par les frondes adultes (on estime à un mois le retard avec lequel la surface sera atteinte), la restauration du dais ne demandera que quelques semaines, d'où la possibilité d'effectuer 3 ou 4 récoltes par an. En choisissant judicieusement les périodes et les lieux de récolte, on parvient aisément à assurer un approvisionnement constant de l'usine.

Chaque thalle permet l'obtention de 60 kg de tissu frais par an (résultat statistique de NORTH). La récolte concernant uniquement les parties flottantes, les organes reproducteurs qui se situent à la base ne sont pas affectés ; il n'y a donc, contrairement à ce qui se passe chez les laminaires, aucune altération des possibilités reproductrices. Il convient d'ajouter que les prélèvements sont si homogènes qu'ils ne nécessitent aucun tri. Ils ne contiennent, en effet, que du *Macrocystis* à l'exclusion de toute autre algue, roc ou sable.

En raison de toutes ces caractéristiques (abondance des peuplements, facilité d'exploitation, mécanisation à outrance, approvisionnement constant de l'usine, pureté des apports), le coût de la tonne d'algue fraîche pour l'entreprise américaine intégrée et de caractère industriel varié, selon M. STEINER, de 3 à 10 \$ (15 à 50 F) suivant l'éloignement du lieu de récolte. Rappelons que celui des laminaires rendues à nos usines s'élève à 120,00 F. Il en résulte la possibilité pour la « KELCO » d'obtenir un acide alginique à un prix de revient très bas donc extrêmement compétitif.

Seule, l'algue *Macrocystis* permet ce type d'exploitation qui nécessite des parties flottantes, une position dans des zones assez profondes pour autoriser l'emploi de grandes barges, une reconstitution rapide des surfaces sollicitées.

Il ne fait aucun doute que la puissance et la compétitivité de la « KELCO Company » est basée sur l'utilisation de *Macrocystis*. Encore, cette entreprise s'efforce-t-elle actuellement de réduire les coûts d'exploitation en finançant la restauration et même la constitution de champs de cette espèce autour de San Diego, c'est-à-dire à la porte de son usine.

On sait que la teneur en acide alginique de *Macrocystis* (18 à 21 %) est inférieure à celle des *Laminaria digitata* et *hyperborea* (26 %), mais la quantité de tissu produit par chaque thalle compense dans une large mesure cet inconvénient. L'algine californienne n'est pas considérée comme des meilleures ; ceci provient sans doute du fait que la récolte qui est débarquée à l'usine a déjà subi un début de fermentation. Nous avons pu le vérifier sur place (fig. 36). Il en résulte une dépolymérisation partielle de l'acide alginique et une diminution de sa qualité. La « KELCO » ne fournissant jusqu'à présent que le marché américain, au sein duquel elle ne rencontre pas de concurrence, cette qualité était jugée suffisante. Un effort considérable est actuellement entrepris pour éviter la fermentation au cours du transport, afin qu'il soit possible d'obtenir ensuite des produits de haute valeur.

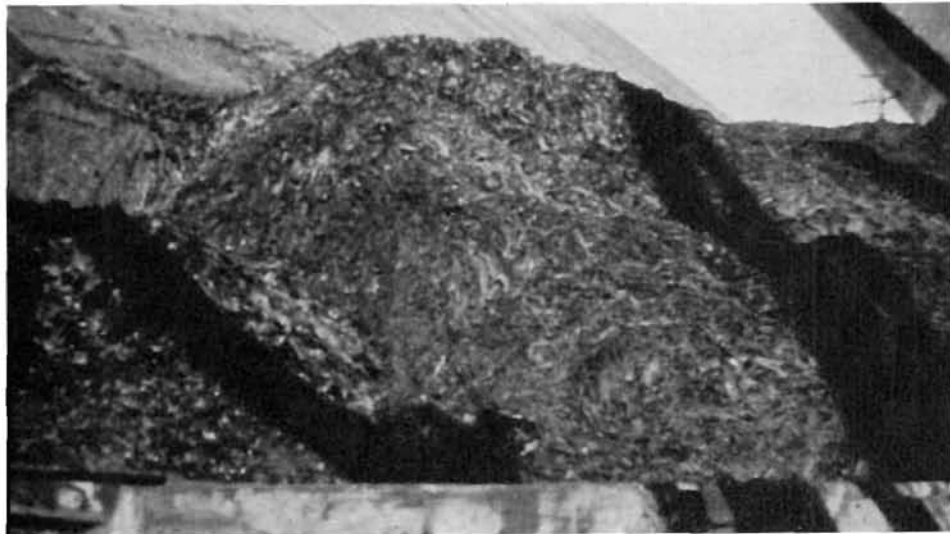


FIG. 36. — Tas de *Macrocystis* venant d'être déchargé : la fermentation des algues a commencé.

L'algine extraite par l'I.S.T.P.M., d'une part, à partir de thalles cultivés en France, d'autre part, à partir d'échantillons secs venant du Chili, permettait la synthèse d'un alginat de sodium donnant en solution aqueuse à 1 % à 20° et pH 8 une viscosité de 18 000 centipoises (cp). On atteint difficilement 10 000 cp lorsqu'on utilise la meilleure de nos laminaires. La valeur intrinsèque de *Macrocystis* est donc, sur ce point, supérieure à celle de *Laminaria digitata*.

Au Chili, il n'y a pas, à vrai dire, d'exploitation organisée. La récolte est le fait de pêcheurs qui, délaissant momentanément leur travail habituel, se rendent à l'aide de petites embarcations sur les champs de *Macrocystis pyrifera* et *integrifolia* au moment des basses mers, coupent manuellement et au hasard dans le dais flottant, puis attendent que le flux amène les frondes sectionnées à la laisse de haute mer. Celles-ci sont, la plupart du temps, abandonnées telles que la mer les a déposées jusqu'à ce que leur teneur en eau tombe au-dessous de 40 %, puis vendues à une société qui complète la déshydratation, les broie et les exporte. Il n'y a pas d'usine d'extraction chilienne.

Rappelons que, dans ce pays, les champs sont localisés dans les baies, à fond relativement faible (2 m) et accidenté, protégées de la houle par une barrière rocheuse. Ils ne permettraient donc pas l'utilisation de grands navires semblables aux barges californiennes. Mais, une récolte rationnelle et peu onéreuse pourrait être pratiquée par des embarcations du type de celles existantes sur nos côtes. De toute manière, quel que soit l'aspect que prendraient sur les côtes françaises les champs de *Macrocystis*, le mode de récolte californien, qui nécessite une concentration à outrance des moyens, une réduction du nombre de bateaux et de la main-d'œuvre, n'est pas souhaitable.

D'autres systèmes peuvent être envisagés et il ne dépendrait que des goémoniers et du Comité interprofessionnel des Algues marines, dont nous connaissons la compétence, d'organiser le type de récolte qui conviendrait le mieux à la Bretagne, selon l'importance du recrutement et les possibilités de groupements en coopératives.

c) *Exploitation des laminaires.*

L'industrie française des alginates est basée sur l'exploitation de *Laminaria digitata*. La récolte stagne depuis sept ans à 25 000 tonnes de thalles frais. La mise au point de nouvelles méthodes d'arrachage permet d'espérer une augmentation sensible de ce tonnage, mais il est à prévoir aussi qu'un prélèvement annuel de 45 000 t serait la limite au-delà de laquelle le repeuplement deviendrait aléatoire. Il faut, en effet, un délai de 20 mois pour qu'une surface exploitée puisse être sollicitée à nouveau. Il resterait certes d'immenses populations de *Laminaria hyperborea* (300 000 t environ) qui seraient encore inutilisées et vers lesquelles l'industrie pourrait se tourner.

Le coût d'une tonne de *Laminaria digitata* est déjà de 120 F, ce qui grève lourdement le prix de revient de l'acide alginique. L'utilisation de *Laminaria hyperborea* ne manquerait pas de l'accroître encore ; cette algue est, en effet, très coriace et nécessite de puissants broyeurs ; elle libère un acide alginique coloré : un traitement supplémentaire serait donc nécessaire pour empêcher l'apparition de cette coloration (formolisation préalable) ou la faire disparaître à l'aide d'un oxydant aux dépens de la qualité. En outre, dans l'étagement des populations, elle se situe au-dessous de *Laminaria digitata*, donc à des niveaux moins accessibles.

Or, notre industrie des alginates n'est viable à moyen terme que dans la mesure où les usines qui reçoivent les algues peuvent entrer en compétition avec les industries étrangères auxquelles elles sont confrontées. Jusqu'à présent, la « KELCO Company » avait limité son influence au marché nord-américain ; sa récente association avec « Alginate Industries Limited » permet de penser qu'elle vise des objectifs plus ambitieux tels que la Grande-Bretagne et, à travers cette dernière, le Marché Commun.

Face à cette situation, l'utilisation des laminaires comme matière première constitue pour les usines françaises un handicap certain. Rappelons, à titre d'exemple, qu'en 1940 une usine d'extraction d'alginates à partir des laminaires (Algin Corporation) s'était installée aux Etats-Unis, plus précisément dans l'Etat du Maine ; elle dut rapidement renoncer à cette activité en raison des prix insoutenables pratiqués par la « KELCO » et se diriger vers une autre branche : la production de carrageenanes à partir d'algues rouges ; ainsi naquit, d'un échec, « Marine Colloids » (1).

L'industrie française ne pourra résister que si elle dispose d'une algue à « parité internationale » permettant de prendre part au marché mondial. La création de champs de *Macrocystis* sur nos côtes constituerait pour elle une chance, peut-être la seule, de survivre. L'espèce assurerait, en effet :

- a) une récolte abondante, aisée, peu coûteuse et homogène,
- b) un approvisionnement permanent des usines,
- c) un repeuplement rapide en raison de sa puissance méristématique et du fait que la récolte ne lèse pas les parties reproductrices.

En fait, elle donnerait la possibilité d'obtenir un acide alginique compétitif. Le développement d'une telle culture serait d'autant plus intéressant que les perspectives d'avenir de l'industrie des alginates sont excellentes et que de nouvelles industries d'algues se développent.

d) *Perspectives d'avenir.*

La production d'alginates a presque doublé au cours de ces dix dernières années. On estime que durant la prochaine décennie (et tous les industriels sont sur ce point parfaitement d'accord) la demande sera telle que la valeur de la matière première va croître considérablement si la culture n'est pas appliquée sur une grande échelle. Cette demande s'explique par le fait que l'acide alginique possède de nombreuses propriétés. C'est en premier lieu un épaississant : il peut, en effet, donner à la concentration de 1 % en solution sodée des viscosités de 2 000 à 5 000 cp après extraction industrielle, jusqu'à 20 000 cp au laboratoire. Translucide, inodore, sans saveur, il n'altère pratiquement pas les caractéristiques de la solution à laquelle il est intégré, il conserve même ces caractéristiques ainsi que la viscosité qu'il induit, à condition d'être en milieu aseptique et à l'abri des hautes températures. C'est de loin le meilleur épaississant connu. Mais, c'est aussi un émulsifiant recherché pour l'industrie alimentaire et la synthèse des cosmétiques, un réducteur de cristaux utilisé en pâtisserie et dans la pro-

(1) Usine américaine, première productrice mondiale de colloïde à partir d'algues rouges.

duction d'électrodes, un agglomérant (fabrication de moules), un agent filmogène dans les vernis et les peintures, un agent améliorant l'apprêt des tissus et du papier, un producteur de gels durs en présence d'ions métalliques, une matière première indispensable pour la synthèse des fibres textiles d'alginate-propylène-glycol, un capteur d'ions (strontium, fer) à fort pouvoir de rétention.

On compte actuellement plus de 300 utilisations de l'algine et les laboratoires de la « KELCO Company » recherchent sans cesse de nouvelles applications dont certaines sont déjà prévisibles telles que l'élaboration de milieu de culture microbien et la production de « gommes » à partir de fermentations bactériennes (1).

Il existe certes sur le marché mondial des substances concurrentes comme la carboxyméthylcellulose (CMC) et plus récemment la carboxyéthylcellulose (CEC) qui parviennent à remplacer l'acide alginique dans certaines applications. Mais, elles ne peuvent prétendre rivaliser avec celui-ci dans l'ensemble des branches industrielles où il intervient. En outre, la synthèse chimique de l'algine ou d'une substance ayant les mêmes propriétés paraît peu probable étant donné la structure complexe et la configuration spatiale de l'acide alginique.

2. Exploitation des algues pour l'agriculture.

Bien que la production d'alginate représente la principale utilisation des phéophycées, il ne faut pas oublier qu'est née, depuis peu, une nouvelle branche industrielle : la création de fertilisants à partir d'algues. Les algues brunes ont, en effet, une composition chimique identique à celle du fumier de ferme :

	algues	fumier
matières organiques	400	380
azote	11	11
phosphate	2	6
potasse	27	25

Par les colloïdes qu'elles contiennent, elles conditionnent favorablement le sol en modifiant la structure de celui-ci (granulation), en retenant l'humidité et en maintenant par chélation (pouvoir de rétention de l'algine) les substances minérales à la portée des racines. Par leurs microéléments, vitamines, auxines, gibberellines, elles empêchent les carences et stimulent la croissance des végétaux ; par leur laminarine, elles inhibent le développement des champignons pathogènes.

On les a d'abord employées sous forme de farine obtenue après séchage et broyage des thalles. En Grande-Bretagne, on s'est orienté depuis 1962 (Société STEPHENSON) vers l'extraction en solution basique des parties actives qui sont concentrées en un jus vendu sous le nom de « Maxicrop » ou « Babycrop » destiné à être pulvérisé sur les cultures. En France, deux procédés sont utilisés : le premier consiste en la fabrication d'une bouillie provenant du broyage des laminaires *Fucus* et *Asco-phylum* frais en particules ultra-fines qui seront répandues en pluie sur les feuilles ; la seconde, plus récente, a pour but l'obtention de granulés lyophilisés conservant toutes les propriétés intrinsèques de l'algue.

Ces produits ne remplacent pas les engrais chimiques ; ils doivent être utilisés en même temps que ces derniers dont ils augmentent l'effet (fig. 37, 38, 39). Certains industriels ont envisagé la synthèse d'un « engrais complet » composé d'engrais chimiques, de maërl et de granulés d'algues lyophilisées. Mais, la réussite de cette entreprise nécessite la possibilité de disposer tout au long de l'année d'un approvisionnement important en algues fraîches. Or, ceci est difficilement concevable si on se limite à l'utilisation des laminaires.

En outre, là encore, en raison du coût de la récolte le produit fini serait d'un prix de revient élevé, ce qui limiterait sa compétitivité et sa diffusion sur une grande échelle.

Nous avons appris qu'en Californie, la société « Ocean Lab » s'est spécialisée dans la production de poudres et d'extraits d'algues pour l'élevage, la culture et la thalassothérapie à partir de *Macrocystis*. Elle traite dans ce but près de 25 000 t de *Macrocystis*, c'est-à-dire l'équivalent de la

(1) Ce sont ces dernières découvertes qui ont motivé l'achat d'un grand nombre d'actions « KELCO » par le trust des produits chimiques Merck réputé pour ne placer ces capitaux que dans des entreprises qui sont garanties parfaitement saines et d'avenir.

récolte française en laminaires fraîches ; le ramassage est effectué par un bateau semblable à ceux de la « KELCO Company ».

La culture de *Macrocystis* sur nos côtes résoudrait ces problèmes d'approvisionnement et le prix de revient. Elle développerait l'utilisation des algues en agriculture. Mais, l'industrie des algues n'est pas la seule à tirer profit des champs de *Macrocystis* ; la pêche côtière y trouve aussi de grands



FIG. 37 à 39. — Utilisation possible des algues brunes et résultats de cette utilisation. En haut, à gauche : broyées en fines particules, elles donnent des bouillies employées en agriculture par pulvérisations foliaires ; à droite : deux groupes de poireaux cultivés sans addition d'algues (*plus petits*) et avec addition d'algues ; en bas : deux branches d'oranger, l'une traitée (*grandes fleurs*), l'autre non traitée.

bénéfices et des clubs de pêche, en accordant des subventions au « KERKHOFF Laboratory » du Dr NORTH pour la restauration de l'extension de ces champs, le reconnaissent volontiers. Les preuves ne manquent d'ailleurs pas.

Intérêt pour la pêche.

Les champs de *Macrocystis* diffèrent des populations algales ordinaires par le fait qu'ils constituent de véritables forêts sous-marines. Leur influence ne se limite pas au substratum, mais s'étend du fond à la surface. Ils conditionnent tout le biotope tant en ce qui concerne la production végétale que la production animale.

1. Enrichissement végétal.

Comme nous l'avons précédemment signalé, le peuplement de *Macrocystis* se caractérise par son homogénéité bien qu'à sa lisière et dans les clairières, certaines espèces peuvent constituer d'importantes colonies : c'est le cas de *Pelagophycus porra* (fig. 25), *Eisenia arborea* et *Egregia laevigata* en Californie, de *Durvillea antarctica* (fig. 30) et *Lessonia nigrescens* (fig. 31) au Chili, d'*Ecklonia* en Afrique du Sud, de *Phyllospora* en Tasmanie.

Certains auteurs pensent qu'en dépit de ses possibilités méristématiques élevées, *Macrocystis* produit moins de matière première que les autres laminariales. Ils fondent leur opinion sur le fait que les dimensions imposantes de l'algue sont compensées par une densité relativement faible de thalles. Pour d'autres, cette espèce ne peut fournir plus de tissu que *Laminaria*. Ils font appel, pour le démontrer, à une sorte de théorie de l'équivalence selon laquelle la production maximale permise par un milieu est fonction des facteurs qui le créent et non des espèces qui seraient capables de s'y développer. Il est vrai qu'aucun être vivant ne peut puiser dans un biotope plus que ce dernier ne contient : la production maximale est donc bien limitée par les conditions de l'environnement. Mais, ce raisonnement ne nous paraît pas suffisant pour conclure qu'une espèce ne parviendra pas à synthétiser plus de matière première qu'une autre. Il ne serait valable que si toutes les espèces avaient les mêmes potentialités, réagissaient de la même manière et utilisaient toutes les possibilités du milieu. L'expérience tend à prouver le contraire. Deux exemples très simples permettront de le démontrer. Le premier nous est livré par les végétaux sciaphiles qui, en milieu obscur, parviennent à croître beaucoup plus qu'un végétal photophile placé dans la même situation. Le deuxième concernera le maïs dont il existe des variétés donnant, dans un même terrain, des rendements en matière sèche extrêmement différents.

Pour être en mesure d'affirmer, en fonction de cette théorie, qu'un champ de *Macrocystis* ne sera pas plus productif qu'une population de laminaires, il faudrait prouver que cette dernière atteint déjà la production maximale permise par le milieu, ce qui n'est pas démontré.

Il est à noter, enfin, que cette théorie ne tient pas compte d'un critère fondamental qui est la qualité de la production ; il est évident que, pour un agriculteur, un champ de blé n'a pas la même valeur qu'un champ de ronces de superficie identique, même si le poids de matière sèche synthétisée est strictement égal dans les deux cas.

Quittons donc ce domaine de l'abstrait, propice à des débats sans fin, pour revenir à des considérations plus concrètes.

WALKER signale qu'en Ecosse les populations de laminaires représentent en tissu frais un poids moyen de 4 kg/m² avec une nette variation en fonction de la profondeur (6 kg/m² à 1 m, 3 kg/m² à 5 m, 1,2 kg/m² à 10 m). Les chiffres donnés par BLINK sont plus faibles (0,75 à 4,4 kg/m²) mais ne concernent que la lame. Dans l'ensemble, les valeurs rapportées pour *Macrocystis* dépassent celles citées ci-dessus : SCARGEL avance 4,88 kg/m², ALEEM de 5,64 à 9 kg/m², FARLAND et PRESCOTT de 5,64 à 4 kg/m². En Californie, d'après NORTH, la biomasse varie considérablement selon le lieu et la saison ; il l'estime comprise entre 4 à 5,34 kg/m² à Paradise Cove, alors que ALEEM parle de 60 à 100 tonnes à l'hectare (6 à 10 kg/m²) pouvant fournir annuellement 100 tonnes par hectare. Il semble que la productivité soit beaucoup plus élevée aux Kerguelen puisque GRUA cite des extrêmes de 100 à 600 kg/m² avec une moyenne de l'ordre de 150 kg/m².

Contrairement aux laminaires dont la production diminue rapidement avec la profondeur et qui ne reçoivent que la fraction de l'énergie lumineuse filtrant à travers la pellicule d'eau qui les recouvre, *Macrocystis* maintient sur une large surface un taux de matière vivante relativement constant et élevé du fait qu'il bénéficie, par ses frondes flottantes, de la quantité maximale de lumière. Non seulement, il produit plus que les laminaires mais encore il étend son aire d'activité jusqu'à des profondeurs que la plupart des *Laminaria* n'atteignent pas.

2. La biomasse animale.

Les seules études importantes sur la faune vivant dans les champs de *Macrocystis* ou dépendant d'eux ont été faites par les chercheurs de l'Université de Californie et du « Department of Fish and Game ». Ces travaux s'accordent tous pour affirmer que la forêt de *Macrocystis* favorise le déve-

loppement des herbivores qu'ils soient poissons (*Girella nigricans* ou Opaleye perch, *Medialuna californiensis* ou Halmoon perch, *Oxyjulis californica* ou Senorita), isopodes (*Idothea resecato*), Gammarides (*Amithoe humeralis*) ou échinodermes (oursins des espèces *Stroglyocentrotus purpuratus* et *S. franciscanus*).

La quantité de *Macrocystis* consommée par ces animaux est considérable. C'est d'ailleurs un problème auquel sont confrontés les scientifiques s'occupant de la restauration et de l'installation des champs de Palos Verdes ; la production des nombreux transplants (amenés par bateau de l'île Santa Catalina) et des plantules auxquels ils ont donné naissance par dissémination des spores ne suffirait pas à compenser le « broutage » et la population algale diminuerait jusqu'à disparaître si des mesures adéquates n'avaient été prises. Ces mesures consistent à détruire les oursins par la chaux vive ou à coups de marteau (neuf plongeurs sous-marins de la « KELCO Company » sont spécialisés dans ce genre de travail), à réduire les peuplements de poissons par chasse sous-marine, pêche au



FIG. 40. — Pellicule de bryozoaires recouvrant les folioles de *M. angustifolia* ; ce phénomène affecte la plupart des thalles du genre *Macrocystis*.

filet, emploi de narcotiques, à protéger les thalles par des filets. NORTH cite d'ailleurs des exemples significatifs ; à Abalone Cove, 850 plants âgés d'une année, pesant chacun environ 10 kg, perdirent par broutage la moitié de leur tissu en 100 jours ; un lot de 50 thalles fut détruit en 2 semaines. Il en arrive à la conclusion que, pour subsister, un peuplement doit :

- a) compenser ses pertes par vieillissement,
- b) compenser le « broutage » des animaux qu'ils renferment,
- c) compenser le « broutage » des nouveaux arrivants attirés par l'odeur ou le goût de l'algue ; c'est-à-dire augmenter sans cesse sa productivité, ce qui n'est possible que s'il se compose d'un nombre de thalles supérieur à 2 000. Un champ n'est pas établi tant qu'il n'atteint pas ce nombre de pieds. Nous reviendrons sur ce point un peu plus loin. Notons que certains des échantillons acclimatés en France présentaient des extrémités en mauvais état ; une certaine faune avait donc trouvé l'algue à son goût.

Les recherches de FARLAND et PRESCOTT ont démontré que le nombre de folioles par m² varie en moyenne de 270 à 315, ce qui représente une surface totale de 8 à 9 m² de folioles par m² (WATSON, 1956). L'existence d'un thalle se traduit donc par un accroissement considérable des surfaces disponibles à la fixation d'une multitude d'épibiontes. Les bryozoaires, en particulier (*Membranipora serrilamella* et *M. membranacea*), développent sur les deux faces des folioles une couche grisâtre

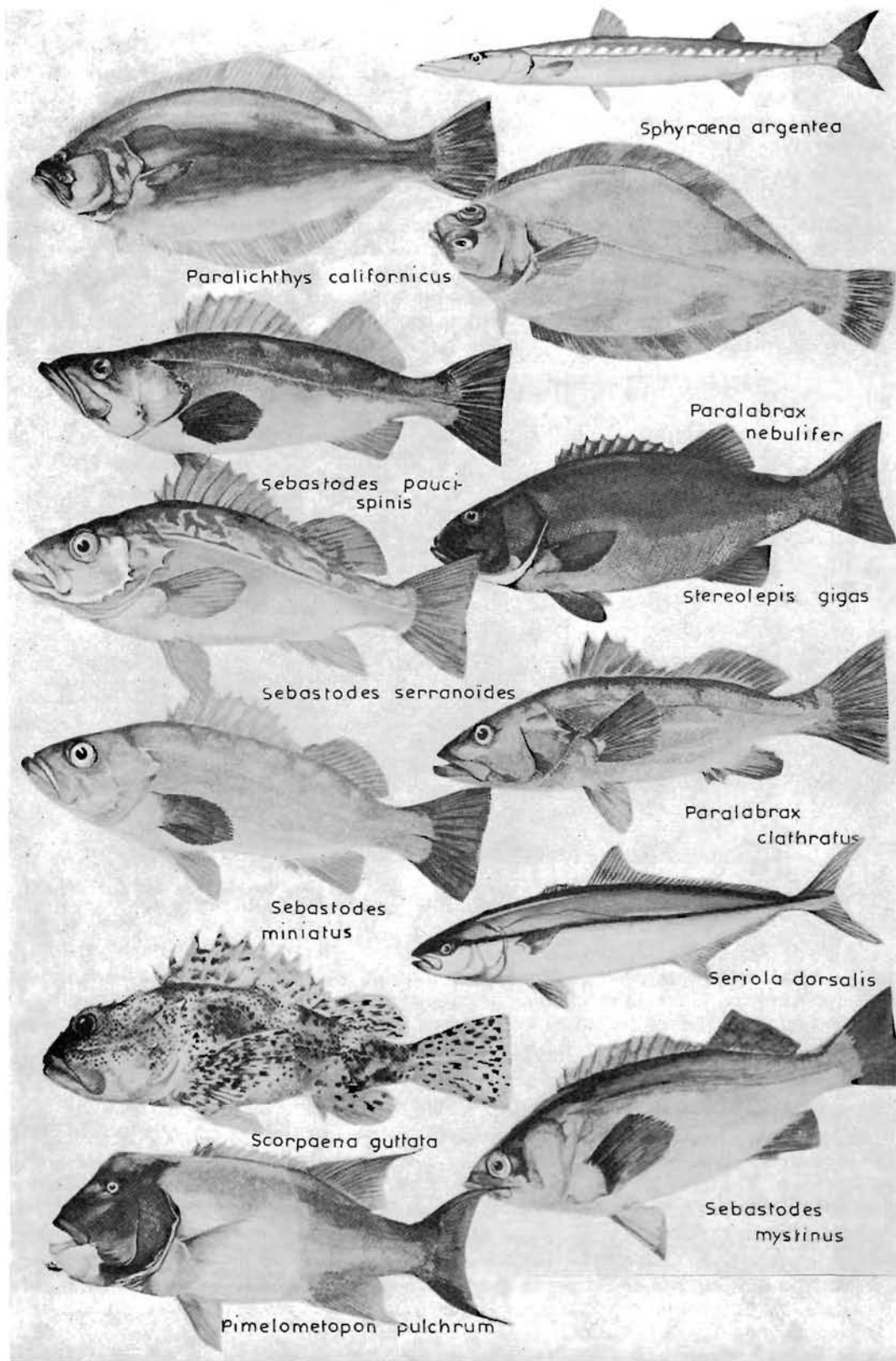


FIG. 41. — Quelques poissons des côtes californiennes vivant dans ou autour des champs de *Macrocystis*.

(fig. 40) pouvant atteindre 10 cm aux Kerguelen, mais limitée à 2 ou 3 millimètres en Californie et au Chili. Ces bryozoaires se nourrissent de plancton et sont la nourriture de base d'un certain nombre de microcarnivores tels *Chromis punctipinnis*, *Brachyistius frenatus*, *Medialuna californiensis*, *Atherinops affinis*, *Gibbonsia elegans*, *Paralichthys integrifinnis*, qui, eux-mêmes, attirent et sont la proie de mésocarnivores (*Paralabrax clathratus*, *Sebastes serranoïdes*, *S. mystinus*, *S. miniatus*, *Oxyjulis californica*, *Scorpaena guttata*) (fig. 41). Ces derniers sont, à leur tour, recherchés ou attendus à la lisière des champs par des mégacarnivores tels *Stereolepis gigas*, dont le poids peut dépasser 35 kg.

D'après CARLISLE, TURNER et EBERT, les plants de *Macrocystis* attireraient aussi les poissons par thigmotropisme. BREEDER et NIGRELLI décrivent ce phénomène comme le désir d'être à proximité d'objets solides leur servant de points de repère. Les chercheurs s'occupant à la Scripps Institution of Oceanography du « Kelp Investigation Program » ont d'ailleurs observé des groupes de poissons qui suivaient fidèlement des jeunes thalles en épave même lorsque ces derniers atteignaient des zones sableuses totalement dénudées.

Outre les poissons, les champs de *Macrocystis* californiens hébergent de nombreux mollusques; les plus connus appartiennent au genre *Haliotis* (appelé aussi Abalone ou Ormeau) : *Haliotis refescens*, *H. corrugata*, *H. sorenseni*, *H. fulgens*, *H. walallensis*, *H. assimilis*, *H. kamtschatka*, *H. crocherodii*. Ces ormeaux se nourrissent d'algues calcaires (*Corallina*) et de diatomés durant les premiers mois de leur vie, de grandes algues brunes (*Nereocystis luetkeana* et *Macrocystis*) à partir de leur première année. *H. refescens* (ormeau rouge) peut atteindre 40 cm de diamètre (fig. 42).



FIG. 42. — Abalone ou ormeau pêchée dans ou en bordure des champs de *Macrocystis*; il s'agit de l'espèce *Haliotis refescens*.



FIG. 43. — Résultats d'une matinée de pêche aux « locos », gros mollusques comestibles rappelant l'ormeau de nos côtes, pêche effectuée en bordure des champs de *M. integrifolia* de Concón.

Nous avons pu apprécier la chair de cette espèce dans un restaurant à Long Beach. Ces mollusques attirent dans les champs d'algues de nombreux prédateurs parmi lesquels les poissons des espèces *Pimelometopon pulchrum* (Sheephead), *Cymnochorax mordax* (Moray fel), *Scopaenichthys marmoratus* (Cabezón), le crabe *Cancer antennarius*, l'étoile de mer *Pycnopodia helianthoides* et des représentants du genre *Octopus*. On trouve aussi des mollusques de grande taille dans les champs de *Macrocystis* (*pyrifera* et *integrifolia*) chiliens. Les plus communs sont désignés par les autochtones sous le nom de « Locos »; ils appartiennent à l'espèce *Concholepas concholepas* (fig. 43). Ils ont aussi, sans doute, un pouvoir attractif vis-à-vis de prédateurs mais nous ne connaissons pas d'étude permettant de le confirmer.

Les peuplements à *Macrocystis* constituent également des aires généralement riches en crustacés. Les pêches planctoniques effectuées en Tasmanie indiquent clairement que la quantité de phyllosomes de l'espèce *Jasus lalandei* est maximale à l'intérieur des champs et diminue à mesure qu'on s'en éloigne. D'après ТЕРЛИТЗКУ, l'explication de ce phénomène serait la suivante : la larve possède un phototropisme négatif qui, en zone sans végétation (donc très éclairée) l'oblige à se maintenir en profondeur, mais lui permet de se rapprocher de la surface dans les aires à faible luminosité, c'est-à-dire près et sous le dais; le filet capture beaucoup de larves dans et à proximité des peuplements végétaux lorsque celles-ci sont à sa portée; il obtient de moins bons résultats au large lorsque

les phyllosomes se trouvent en profondeur et hors d'atteinte. On ne peut accepter totalement ce raisonnement car il est indéniable qu'il y ait une richesse en larves des champs de *Macrocystis* due au fait qu'un grand nombre d'entre elles échappent à la vue et à l'action des microcarnivores à la faveur de l'obscurité et de l'abondante végétation. Les adultes trouvent, en outre, dans ce milieu une nourriture abondante et de nombreuses caches. Les crabes *Cancer magister*, *C. productus*, *C. antennarius*, et la langouste *Panulirus interruptus* représentent les espèces les plus fréquentes et les plus appréciées en Californie. Au Chili, les champs sont dépourvus de langoustes, mais on y pêche plusieurs types de gros crabes dont on ne mange le plus souvent que les pinces.

3. La pêche.

La visite des ports californiens ne nous a pas appris grand chose sur la pêche professionnelle excepté le fait qu'elle utilise dans l'ensemble des embarcations et des techniques semblables aux nôtres (fig. 44). Nous avons, par contre, pu apprécier la place qu'occupent dans ce pays la pêche dite sportive et la navigation de plaisance. Tous les ports de Santa Barbara à San Diégo (fig. 45) abritent une immense flottille légère pourvue de puissants moteurs.



FIG. 44. — Port de San Pedro réservé aux bateaux des professionnels de la pêche : embarcations identiques à celles de notre pays.

L'autorisation de pêcher est liée à l'achat d'une licence délivrée par le « Department of Fish and Game ». D'après ce dernier, il y avait 435 000 inscrits en 1947, 857 000 en 1970, 1 400 000 en 1972, sur lesquels 1 100 000 tentent leur chance dans les baies et au large.



FIG. 45. — Vues du port de San Diégo, port « de plaisance et de pêche sportive » ; aucune place est inoccupée.

L'industrie de la pêche a connu, ces dernières années, un développement considérable. Depuis 1969, elle offre dans chaque port, d'Orégon à Mexico, une très grande variété de services et organise des parties de pêche allant de quelques heures à plusieurs semaines. Les espèces les plus appréciées, en raison de leur saveur ou de leur combativité, sont le Barracuda (*Sphyraena argentea*), le Kelp Bass (*Paralabrax clathratus*), le Sand Bass (*Paralabrax nebulifer*), le Yellowtail (*Seriola dorsalis*), le Pacific Bonito (*Isurus oxyrinchus*), le California Halibut (*Paralichthys californicus*). On a capturé en 1967 près de 5 400 000 poissons.

Le tonnage débarqué dans les ports californiens s'élevait en 1970 à 798 415 000 livres soit environ 400 000 t. Il se décompose comme l'indique le tableau 1 (extrait du bulletin n° 154 publié

Espèces	Rang	Poids (en livre)	Valeur (en dollars)
Yellowfin tuna	1	261 817	50 399
Anchovy	2	192 485	2 157
Skipjack tuna	3	96 918	15 868
Albacore tuna	4	73 112	22 274
Jack mackerel	5	47 746	1 881
Squid	6	24 591	667
Market crab	7	15 414	3 946
Dover sole	8	15 161	1 233
Rockfish	9	10 687	824
Bluefin tuna	10	9 531	1 803
Pacific bonito	11	9 192	651
Salmon	12	6 612	5 101
Sablefish	13	4 428	319
Ocean shrimp	14	4 048	567
Petrale sole	15	3 416	531
English sole	16	3 282	324
Abalone	17	2 901	948
Rex sole	18	1 741	190
Lingcod	19	1 531	139
Swordfish	20	945	534
All others		12 857	3 023
TOTAL		798 415	113 379

TABLEAU 1. — Tonnage des débarquements en espèces marines sur les côtes californiennes en 1970 et valeur en dollars correspondante (1 livre = 453, 59 g, 1 dollar en 1970 = 5,20 F). Extrait des travaux de R. BELL (1971).

sous la signature de R.R. BELL par le « Department of Fish and Game »). La valeur totale est de l'ordre de 556 895 000 F. Le tonnage comprend l'ensemble des espèces importées, pêchées au large et près de la côte. 50 % provient de la pêche sportive dont la valeur est estimée à plus de 250 000 000 F.



FIG. 46. — Cliché montrant un des flotteurs colorés utilisés par les pêcheurs de crustacés, un flotteur par casier est posé.

La pêche des crustacés est le fait de professionnels qui paient une redevance pour avoir le droit de vendre leur capture. Nous avons rencontré un de ces pêcheurs sur les champs de *Macro-*

cystis de Santa Barbara ; il ne possédait que 80 casiers qu'il relevait tous les 2 ou 3 jours ; ses collègues, en particulier ceux qui travaillent autour des îles Santa Catalina, San Clemente, Santa Cruz en calent jusqu'à 1 000 chacun. Ce sont des casiers semblables à ceux employés sur les côtes françaises. Ils sont toujours immergés séparément autour ou dans des champs de *Macrocystis* et signalés par un simple flotteur coloré (fig. 46). La disposition en filière n'est pas recommandée



FIG. 47. — Bateau des pêcheurs d'abalones (ormeaux) ; cette pêche est effectuée en plongée sous-marine.

car les cordages risqueraient de se charger d'algues en épave ou de se prendre dans les thalles en place, ce qui rendrait le relevage difficile. La technique utilisée en Californie s'apparente donc



FIG. 48 (à gauche). — Retour des pêcheurs à Concepción ; les bateaux sont de taille inférieure aux nôtres et d'autonomie limitée.

FIG. 49 (à droite). — Débarquement du poisson dans le port de Penco ; la vente se fait sur le quai.

en quelque sorte à celle des pêcheurs d'Afrique du Sud qui opèrent aussi dans des peuplements de grandes phéophycées (*Macrocystis integrifolia*). Il n'est pas rare de capturer deux ou trois langoustes par casier.

La pêche des abalones (ormeaux) est assurée par des plongeurs sous-marins dont nous avons pu voir les bateaux courts et rapides ancrés à Santa Barbara et San Diégo (fig. 47).

Ces deux types d'activités spécifiquement côtières (pêche des crustacés et des mollusques) rapportent plus de 5 000 000 \$ (soit 25 000 000 F) à l'économie californienne.

Il est très difficile d'évaluer l'importance de la pêche autour des champs de *Macrocystis* chiliens ; les statistiques précises manquent. L'organisation nous a paru empirique et artisanale, les embarcations sont relativement petites et à autonomie limitée (fig. 48, 49). Pourtant les marchés étaient bien achalandés en poissons (fig. 50), crustacés (fig. 51, 52), mollusques (échinodermes et tuniciers) (fig. 53) qui avaient manifestement été capturés à proximité des rivages dont ils reflétaient la richesse.

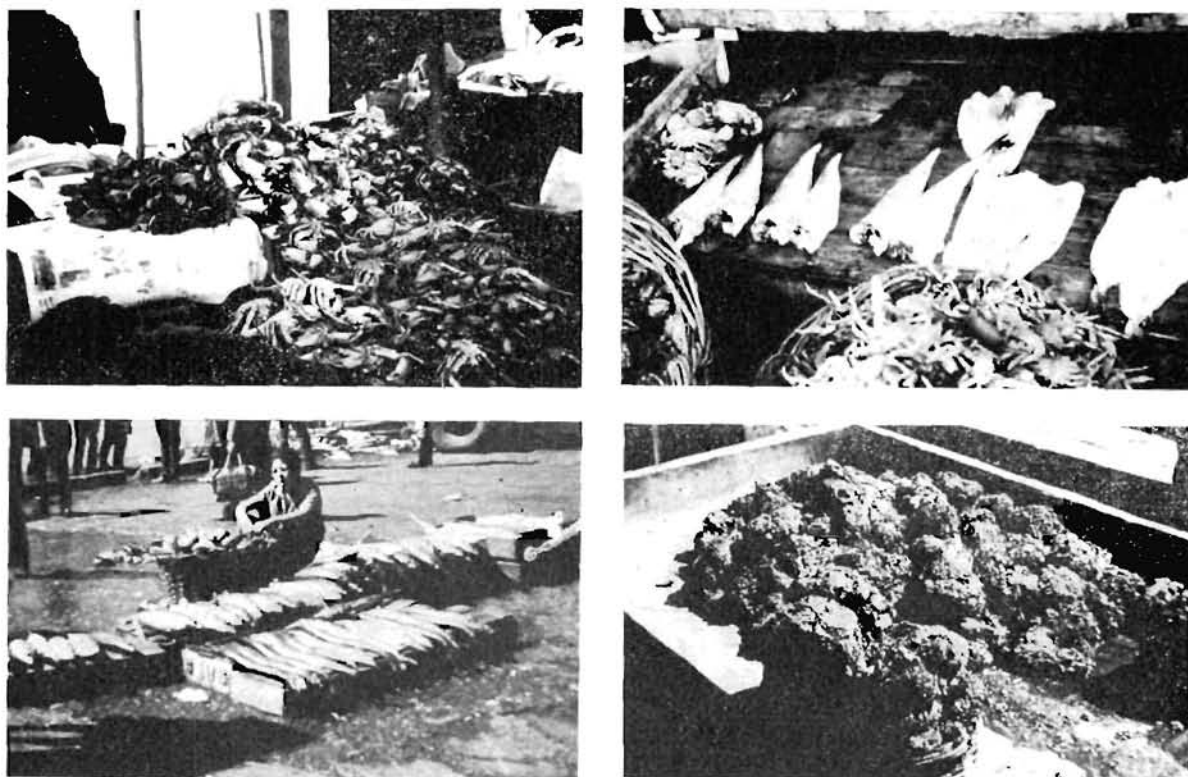


FIG. 50 à 53. — En haut : étalage du marché aux poissons de Talcahuano : à gauche : crabes capturés à l'intérieur et autour des peuplements de *Macrocystis*, à droite : crabes et merlus y sont en abondance. En bas, à gauche : poissons étalés sur le sol et vendus à l'arrivée des bateaux ; à droite : lot de tuniciers (« violets »), espèce fréquente dans les populations de *M. pyrifera* et *integrifolia* du Chili.

4. Influence bénéfique des champs de *Macrocystis*.

Le rôle enrichissant des peuplements de *Macrocystis* est quelquefois contesté. Ayant étudié en plongée sous-marine ceux des îles Kerguelen, GRUA écrit : « Alors que les fonds constitués de sédiments nourrissent une masse peu importante de poissons, l'herbier de *Macrocystis* peut sembler, à priori, le milieu propice à une concentration d'individus nombreux. Or, ce n'est pas du tout le cas. Durant une trentaine d'heures passées dans des zones à *Macrocystis*, une dizaine seulement de poissons ont été vus appartenant aux genres *Chaenichthys* et *Notothenia* », (extrait de « Terre et vie »). Ce même auteur parlant de ce même herbier avance néanmoins dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris une biomasse animale de 1,5 kg/dm² soit 150 kg/m².

Les chercheurs californiens reconnaissent que la présence de *Macrocystis* n'est pas indispensable à l'existence même des espèces vivant sur leur côte. Le cas de l'*Oxypulius californica* mis à

part, elles n'ont pas besoin de *Macrocystis* pour subsister puisqu'on ne les a pas vu disparaître dans les zones où *Macrocystis* a disparu et qu'on les signale dans des lieux où il n'y a jamais eu de *Macrocystis*. Il est pourtant certain que le peuplement de *Macrocystis* a une influence bénéfique sur l'ensemble des stocks y compris le stock pélagique. On a constaté, par exemple, que la régression des champs de 1957 à 1959 s'est accompagnée d'une diminution sensible des populations de poissons comme le Barracuda (*Sphyraena argentea*) et d'un redressement spectaculaire après 1963, c'est-à-dire après la restauration de ces champs.

Ce n'est pas une simple coïncidence si la courbe des captures de la pêche sportive varie en fonction de l'intensité de récolte des algues. Les plongeurs de la « KELCO Company » nous ont apporté une preuve qui nous paraît intéressante à citer : en 1959, c'est-à-dire après la disparition des herbiers de *Macrocystis*, il n'y avait que très peu de poissons au large d'Imperial Beach. Dès le début des opérations de réimplantation, ils devinrent plus nombreux. Lorsque les plants atteignirent 3 à 4 m, *Scorpaena guttura* (Sculpin), *Paralabrax nebulifer* (Sand Bass), *Brachyistius frenatus* (Kelp perch) furent communs.

Nous avons pu nous rendre compte par nous-mêmes de la richesse des champs de *Macrocystis* en longeant les peuplements de Santa Barbara ; nous avons, en effet, traverser sur plusieurs kilomètres des bancs de poissons qui se dispersaient à l'approche du bateau. Des bancs quelque peu semblables ont été observés aussi au Chili (à Thumbes) ; il s'agissait de petites « sardines ».

NORTH a parfaitement démontré que la seule présence d'un thalle adulte suffit à enrichir une zone faunistiquement pauvre. Si l'on transplante, en effet, un pied loin de la côte au milieu d'une aire sableuse, on ne tarde pas à voir apparaître dans les environs immédiats une quantité appréciable de crustacés (*Loxorhynchus*, *Palunirus*) et de poissons (*Paralabrax*, *Sebastodes*). Si, par la suite, le thalle est remplacé par un récif artificiel ou un enchevêtrement de cordes, bouées et roseaux, la plupart des espèces qui s'étaient rassemblées se dispersent à nouveau.

Macrocystis n'est certes pas indispensable à la survie des espèces qu'il abrite, mais permet un accroissement considérable en quantité. Il apparaît donc comme un moyen moins onéreux et plus efficace (parce que naturel) que les récifs artificiels pour la valorisation des côtes. Là où trois animaux auraient à peine pu trouver leur nourriture, quinze le pourront si *Macrocystis* y est implanté : on admet, en effet, généralement que l'introduction de cet algue contribue à multiplier par cinq le taux de protéines du milieu.

D.H. DAVIES nous semble parfaitement résumer ces éléments lorsqu'il écrit : « les immenses champs de *Macrocystis* au large des côtes méridionales de la Californie fournissent abri, environne-ment à haute production et habitat merveilleusement divers pour une multitude d'organismes depuis les bactéries et les invertébrés jusqu'aux poissons de grande taille. La présence de ces champs donne naissance à un milieu qui est idéal même pour les gros poissons, qui, bien qu'ils puissent vivre ailleurs, sont attirés par les herbiers où ils trouvent nourriture et abri. En outre, la richesse en refuges est un élément fondamental pour les éventuelles proies lorsqu'arrivent les prédateur » (1).

Les pêcheurs savent par expérience que les populations de poissons sont groupées au voisinage des taches de *Macrocystis*. C'est la raison pour laquelle ils calent leurs filets ou leurs casiers à proximité ou à l'intérieur de celles-ci. C'est aussi la raison qui les a conduit à s'unir en associations pour s'opposer à la récolte exagérée des algues. Ces groupements n'ont eu de cesse que la récolte fut limitée à 120 cm de profondeur et qu'il fut prouvé qu'elle ne dégradait pas les champs. Ils acceptent même d'aider financièrement, par l'intermédiaire de leurs clubs, la restauration, l'extension et la création le plus près possible de leur port d'attache, de peuplements de *Macrocystis* en dépit de la gêne que représente cette espèce pour leur propre navigation.

(1) Extrait du bulletin n° 139 publié par le Department of fish and Game.

III. - Les gênes.

Gêne pour la petite embarcation côtière.

Il nous est arrivé à tous de parcourir la côte bretonne à la barre d'une petite embarcation pendant une marée basse de vive eau et de passer incidemment au-dessus d'un champ de laminaires qui effleuraient la surface ou d'un groupement d'*Hilmenthalia elongata* dont les longues lanières s'étalent sur l'eau en une touffe inextricable. À ce moment, le moteur a brouté en raison de la résistance rencontrée dans les algues par l'hélice. Il a fallu accélérer pour sortir de ce mauvais pas et, une fois hors des algues, battre en arrière pour faire lâcher prise aux lanières végétales qui, accrochées à l'hélice, réduisaient la propulsion.

Toutes les algues possédant des parties flottantes sont susceptibles de gêner la navigation. *Macrocystis* ne fait pas exception. Son action est cependant plus marquée parce que, d'une part, ses champs sont denses, continus et étendus jusqu'à une distance relativement importante de la côte, d'autre part, ses frondes sont très longues et nombreuses.

CRIBBS signale qu'en Tasmanie le dais est si solide que les grues bleues s'y posent dessus et que les petits bateaux parviennent difficilement à y pénétrer. Ce n'était le cas ni à San Diégo ni à Santa Barbara où des espaces de 3 à 4 m séparaient généralement les touffes les unes des autres et permettaient une navigation en zig-zag.

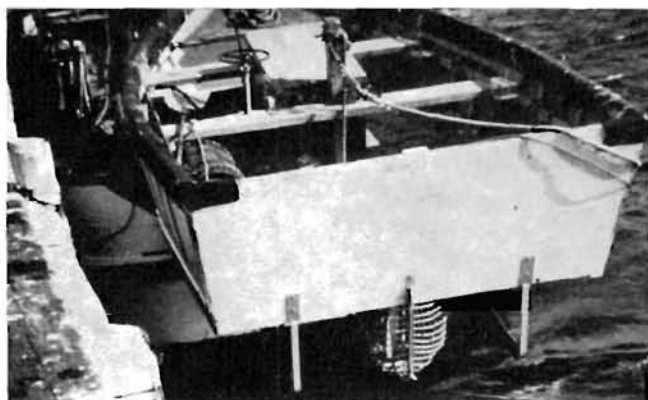


FIG. 54. — Barque dont l'hélice est protégée par une grille qui a pour rôle d'empêcher les filets de venir se déchirer au contact de l'hélice.

Nous pensions que ce type de progression constituait la seule méthode pour traverser le dais. Les assistants du Professeur NEUSHUL nous précisèrent qu'il n'en était rien ; ils ne craignaient pas d'être stoppés par les frondes flottantes, ils les évitaient pour ne pas les détériorer. Devant le scepticisme dont faisaient preuve certains d'entre nous, ils dirigèrent le bateau vers une touffe relativement dense qui fut traversée sans difficulté. Ils s'arrêtèrent cependant quelques centaines de mètres plus loin pour effectuer une marche arrière destinée à débarrasser l'hélice des fragments d'algues dont elle aurait pu être éventuellement chargée et pour vérifier si aucune foliole n'était venue obstruer la prise d'eau du circuit de refroidissement. C'est là le principal danger puisque l'interruption de la circulation d'eau provoquerait un réchauffement du moteur suivi d'avaries graves. En réalité, dès que la température du moteur augmente, le rendement diminue de manière sensible, ce qui permet de diagnostiquer la cause avant que l'avarie n'advienne. Nous avons demandé au Professeur NEUSHUL si une technique (protection de l'hélice et de la crépine) permettant de pallier ces inconvénients avait été mise au point. Sa réponse fut négative ; il précisa qu'aucun marin n'ayant posé le problème, celui-ci n'avait pas été abordé.

Nous avons pu voir au port de San Pedro que l'hélice de certaines barques était entourée d'une grille (fig. 54) ; renseignements pris auprès des pêcheurs, il ne s'agissait pas d'une protection contre *Macrocystis* mais un système pour éviter que les filets ne viennent se déchirer au contact de l'hélice.



FIG. 55 et 56. --- Le port de San Diégo (à gauche) ; on y voit le bateau avec lequel le Dr NORTH nous a fait visiter les champs qu'il a restaurés au large de ce port. A droite : un des bateaux du laboratoire du Dr NEUSHUL lors de sa mise à l'eau au port de Santa Barbara.



FIG. 57. — Une partie de la rade de San Diégo, première base navale des Etats-Unis.

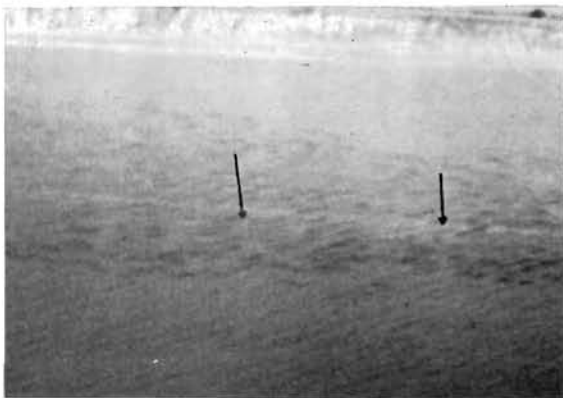


FIG. 58 et 59. — Vues aériennes du champ de *Macrocystis angustifolia* au large de Santa Barbara. A gauche, on distingue le sillage d'un bateau qui chemine au milieu du champ en droite ligne. A droite, un chenal balisé à la disposition des embarcations légères (moins de 5 CV) coupe le champ.

Les bateaux qui nous ont conduits à travers les champs de San Diégo et de Santa Barbara (fig. 55, 56) étaient munis de puissants moteurs (80 cv). Pour eux, *Macrocystis* ne constitue qu'une gêne très faible. Cette dernière est inexistante pour les navires ayant des puissances motrices supérieures et en particulier pour ceux de la marine de guerre. Le fait que les U.S.A. permettent la culture de *Macrocystis* devant la plus importante de leurs bases maritimes (San Diégo, fig. 57) en est une preuve incontestable. Par contre, les petites embarcations dont la force motrice n'atteint pas 10 cv peuvent éprouver certaines difficultés à franchir les champs si elle veulent le faire en dehors des chenaux ouverts par des bateaux plus importants (fig. 58, 59).

Il n'y a pas de colonie de *Macrocystis* dans et à la sortie des ports californiens que nous avons visités. Il faut parcourir quelques centaines de mètres vers le large avant de rencontrer le premier thalle. *Macrocystis* (et en particulier l'espèce *Macrocystis pyrifera*) ne s'implante en effet jamais dans les couches sableuses ou vaso-sableuses qui constituent le revêtement de la plupart des ports de ce pays.



FIG. 60. — Vue du laboratoire du Dr NORTH, le « Kerkhof laboratory » spécialisé dans la culture intensive de *M. pyrifera*.



FIG. 61. — Thalle de *M. pyrifera* dans le port de Corona-del-Mar ; il s'agit d'un transplant disposé ici pour les besoins en spores du laboratoire (cette espèce ne se rencontre jamais dans les ports).

Nous avons cependant observé à notre grande surprise un thalle vivant dans le port de Coronadel-Mar face au Kerkhoff Laboratory (fig. 60) ; il avait été transplanté là par le Dr NORTH qui en assurait la protection et auquel il fournissait les spores indispensables aux cultures en laboratoire (fig. 61).

Le Dr NORTH nous a précisé que la Californie possède aussi, comme la Bretagne, des ports à fond rocheux ; dans ce cas, le trafic empêche généralement le développement de l'algue dans le port même ; mais, il y a formation de champs à la sortie de celui-ci. On ouvre une ou deux fois par an, à l'aide de grands bateaux, une série de chenaux que les petites embarcations peuvent emprunter et qu'elles entretiennent automatiquement en tranchant avec leur hélice la zone méristématique extrêmement fragile des frondes naissantes, ce qui stoppe le développement de ces dernières.

La légende selon laquelle les champs de *Macrocystis* pourraient bloquer le passage des navires ou empêcher la remontée de l'ancre est sans fondement. Rappelons pour le prouver que, pendant une période, la récolte en Californie se faisait à l'aide de deux bateaux tirant en « bœuf » un câble tendu entre eux : l'expérience a montré que la progression des deux navires n'était pas arrêtée bien qu'en raison de leur nombre, les thalles tractés par le filin devaient constituer une forte résistance. Il fallut d'ailleurs interdire ce système de récolte qui dévastait littéralement les peuplements.

Au Chili, les champs sont disposés très près de la rive jusque dans les criques peu profondes. Mais, comme ils constituent plus des bosquets que de véritables forêts, les autochtones se contentent de les contourner. Selon leurs propres affirmations, la présence de ces grandes algues ne leur pose pas de problème.

A Thumbes, le bateau de l'Université de Concepción était ancré au milieu même d'un peuplement de *Macrocystis* à travers lequel on l'avait conduit sans difficulté (fig. 62).

Si, à nos yeux, *Macrocystis* est susceptible de constituer une gêne vis-à-vis de la navigation côtière, pour les marins des côtes de Californie et du Chili, c'est une algue avec laquelle ils sont habitués à vivre et dont ils savent d'instinct, limiter ou éviter les inconvénients. Par temps de brouillard, par exemple, la rencontre de thalles fixés les renseigne utilement sur la profondeur de l'endroit où ils se trouvent et leur signale, avant qu'il ne soit trop tard pour changer de cap, l'approche du rivage ou la proximité d'écueils.



FIG. 62. — Le bateau de recherches marines de l'Université de Concepción ancré au milieu d'un champ de *M. pyrifera* à Thumbes.

Le Commandant M. BILHAUT du « Marion Dufresne » qui a souvent navigué et navigue encore autour des Kerguelen est tout à fait de cet avis. Nous nous permettons de reproduire ici un long extrait de la lettre qu'il a bien voulu adresser à l'un de nous.

« ... Je m'empresse de répondre aux quelques points que vous soulevez et qui ont déjà fait l'objet de remarques dans d'autres circonstances.

a) Les algues géantes *Macrocystis pyrifera* ne gêne pas la navigation des gros navires, mais seulement celles des petites vedettes dont les hélices ne sont pas protégées. Ces algues se coupent très facilement au couteau et il n'est pas question qu'une hélice de navire ressente même une variation de vitesse. Je suis allé une fois changer un piston de cylindre à l'embouchure du lac de Marville, près du Cap Digby, dans un champ d'algues très dense et par 15 à 18 m seulement. La seule gêne qui existe est celle que les mécaniciens ressentent lorsque les feuilles se plaquent sur les aspirations des circulations de refroidissement des moteurs principaux. Une traverse à double entrée avec filtres supprime cet inconvénient mineur.

Ces algues géantes ont l'avantage à Kerguelen d'attirer l'attention des marins sur des fonds inférieurs à 15 ou 20 m, ce que je considère comme un avantage.

b) Les tiges n'ont aucune résistance et se coupent très aisément.

c) Les implantations de *Macrocystis* sont localisées dans des endroits bien précis, mais toujours de façon dense. Il en existe ainsi dans les autres baies où j'ai pu aller depuis (baie de la Table, baie de l'Oiseau...) ».

La présence brusque de *Macrocystis* sur toutes les côtes bretonnes occasionnerait une gêne possible pour les populations côtières qui ne connaissent pas ce type d'algues. Mais, l'introduction,

en tout état de cause, ne peut être brusque et totale. Même sans contrôle (et à plus forte raison s'il y a contrôle), elle ne peut se faire que très progressivement (si elle se fait) en même temps que naîtraient l'habitude et l'accoutumance.

Pour les pêcheurs, les marins et les scientifiques que nous avons rencontrés au cours de notre voyage, les avantages apportés par *Macrocystis* sont tels que l'incidence sur la navigation côtière est considérée comme négligeable.

Gêne pour la baignade et la propreté des plages.

De nombreux auteurs signalent l'action dévastatrice des tempêtes sur les peuplements de *Macrocystis*. Cette action est particulièrement intense lorsque les vents ne donnent pas naissance à des courants qui coucheraient les algues près du fond. Le processus de destruction est le suivant : la première algue arrachée vient peser sur la deuxième, qui sous l'influence du poids supplémentaire ne tarde pas à céder ; les deux vont contre la troisième qui cède à son tour et ainsi de suite. 20 à 30 thalles peuvent être entraînés de cette façon. En 1914, 40 % des champs de Point-Loma furent détruits.

Sur nos côtes, les tempêtes ont un effet aussi important sur la flore marine. En 1967, elles balayèrent littéralement les populations de laminaires du plateau du Calvados ; à l'île de Batz en 1971, la densité passait de 57 à 14 au m² en quelques semaines ; les exemples sont sur ce point multiples.

Les algues flottant entre deux eaux ou à la surface au gré des courants viennent se déposer sur les plages où elles fermentent libérant des gaz malodorants (SH₂) et attirant des nuées de mouches. C'est une véritable nuisance contre laquelle les populations côtières luttent à grand frais.

Le Dr NEUSHUL attirait notre attention sur le fait qu'en 1972, la ville de Santa Barbara a dépensé près de 50 000 F pour maintenir la propreté de ses plages. Nous avons précisément parcouru les plages en question (fig. 63, 64) ainsi que quelques plages chiliennes (fig. 65, 66). Il n'y avait pas plus de débris et d'épaves que sur les nôtres. Cette visite a été pourtant faite après la tempête qui avait sévi le jour précédent. On peut certes objecter que le coup de vent fut de courte durée (une soirée) et que les thalles arrachés n'étaient peut-être pas encore parvenus au rivage. Aussi, pour avoir une idée plus précise du tonnage d'épaves se répandant sur les côtes californiennes, nous sommes-nous reportés à l'article de Cl. E. ZOBELL (1971) qu'illustrent d'excellentes photographies de rivages disparaissant sous les algues.

Ce ne sont pas, à vrai dire, pour nous des vues exceptionnelles. Des spectacles identiques peuvent être observer le long de nos côtes lorsque, après de fortes tempêtes, le flux rassemble les thalles à la dérive au plus haut niveau de la marée. A Courseulles en 1968, les épaves furent si nombreuses qu'elles obstruèrent le port et interrompirent le trafic. Cette même année, de Port-en-Bessin à Luc-sur-Mer, elles constituèrent un véritable mur continu d'un mètre de hauteur, cinq mètres de large et plus de trente kilomètres de long. Il en était de même à l'île de Noirmoutier en 1971 sur la plage de l'Herbaudière. Il en est ainsi périodiquement sur toutes les côtes bretonnes.

Ajoutons à cela que la formation d'épave peut avoir lieu, chez nous, même sans tempête. *Laminaria hyperborea*, par exemple, perd annuellement (avril-mai) son ancienne lame, le mantelet ; l'ensemble de ces mantelets se dépose sur les rives constituant ce que les pêcheurs appellent le « goémon de mai » (fig. 66). *Ulva lactuca*, après une rapide période de développement (mai-juin) qui fait que le crampon n'est plus assez solide pour maintenir l'algue fixée au substratum, est détaché par la moindre houle et des milliers de thalles de cette espèce viennent en été revêtir les plages des Côtes-du-Nord d'un épais tapis verdâtre, gluant et malodorant. Pour que cela n'affecte pas le tourisme, les Municipalités les font retirer. Le flux en ramène autant : il fut en 1972, dépensé 670 000 F pour ces opérations de nettoyage.

Des épaves de zostères, Ulves, Cystoseires s'entassent aussi en certains points des côtes méditerranéennes ou restent entre deux eaux à la limite de la côte, ce qui n'est pas du goût des baigneurs : les zostères, en particulier, sont souvent urticantes.

Au Chili, il y avait parmi les épaves autant de *Lessonia* et de *Durvillea* que de *Macrocystis*. La faculté de produire des épaves n'est pas l'apanage de *Macrocystis*. Elle est, à notre avis, plus

prononcée pour les algues de petite taille vivant en très grand nombre par unité de surface que pour les espèces de grandes dimensions dont la circulation est souvent difficile.

On peut donc penser que le remplacement dans certains lieux de nos côtes des laminaires par *Macrocystis* n'apporterait sur ce point aucune gêne supplémentaire. Dans un certain sens, les champs de *Macrocystis* protègent la plage contre leurs propres épaves : les algues arrachées par la houle sont, en effet, le plus souvent celles tournées vers le large ; elles ne parviennent à la côte que si elles traversent tout le dais ; or, elles s'enchevêtrent généralement dans ce dernier.



FIG. 63 et 64. — Vues de la plage de Santa Barbara ; à gauche : avec les épaves de *M. angustifolia* ; à droite : la plage est propre bien que le champ de *Macrocystis* s'étend au large (tache argentée à l'arrière-plan).



FIG. 65 et 66. — Plage chilienne près de Quintero ; il n'y a pas plus d'épaves que sur le littoral breton malgré le développement de thalles de *M. integrifolia* dans cette baie. A droite : gros plan des épaves.

De la même manière, les peuplements protègent la côte contre tous les débris flottants amenés par courants. Le Dr NORTH nous a indiqué qu'en 1972, au large de Santa Barbara, une rupture d'oléoduc sous-marin avait eu pour conséquence la libération d'une importante nappe de mazout. Les hydrocarbures se seraient répandues sur toutes les plages si le champ de *Macrocystis angustifolia*, très dense à ce moment, n'avait fait écran, jouant ainsi le rôle de barrage flottant. Lors de notre visite, une pellicule huileuse aux reflets multicolores et changeants recouvrait encore la surface de l'eau au large du champ : elle était stoppée par le dais contre lequel elle s'accumulait en une couche plus épaisse.

L'implantation sur nos côtes de *Macrocystis* serait un moyen pour faire disparaître ou, du moins, pour réduire les populations d'algues très gênantes comme les Ulves, contre lesquelles il n'y a

jusqu'à présent pas de remède. Dans l'obscurité du dais, *Ulva* n'aurait pas un fort développement et serait en densité limitée. Les Japonais emploient d'ailleurs déjà, avec succès, de grands thalles flottants construits en matière plastique pour empêcher le développement d'espèces indésirables sur le fond.

Gêne pour le tourisme.

L'existence de champs de *Macrocystis* sur nos rivages pourrait, à priori, se traduire par des inconvénients pour le tourisme dans deux domaines : la propreté des plages et les déplacements en mer. Nous avons examiné ci-dessus ce qu'il en était exactement.



FIG. 67. — Le « Kelp Bass », bateau du « Department of Fish and Game » de Californie, spécialisé dans l'entretien, la restauration et l'extension des peuplements de *Macrocystis*.

En ce qui concerne la propreté des plages, *Macrocystis* n'apporterait pas plus de nuisances que les algues autochtones. Il en occasionnerait sans doute même moins pendant la période estivale. Enfin, il offrirait un milieu à la fois merveilleux et mystérieux pour la promenade et la pêche aux plongeurs sous-marins expérimentés.

Certes, la présence de *Macrocystis* est susceptible de constituer une gêne pour les petites embarcations. Mais, en réalité, le développement des activités maritimes liées aux loisirs n'est pas fonction des difficultés rencontrées en mer mais du niveau de vie. L'abondance en bateaux hors-bord et en voiliers qui caractérise les ports californiens en est la preuve ; on compte autour de Los Angeles plus de 200 000 bateaux de plaisance de dimensions souvent légères (dériveurs).

Il est particulièrement symptomatique qu'en dépit des gênes que nous venons d'analyser, le « Department of Fish and Game », qui travaille pour l'enrichissement de l'environnement, la beauté des côtes et le développement du tourisme, met tout en œuvre pour protéger par une réglementation stricte les champs de *Macrocystis* en place, pour restaurer ceux en régression, pour en créer où il y en a pas ou plus. Un bateau, le « Kelp Bass », a été même construit à cet effet et l'équipage s'est spécialisé dans ce sens (fig. 67).

S'il se développait sur les côtes françaises de la même manière qu'il se développe sur les rivages californiens et chiliens, *Macrocystis* serait à l'origine d'avantages et d'inconvénients connus. La question se pose donc de savoir s'il pourrait avoir une biologie différente et si, de ce fait, l'introduction en Bretagne ne présenterait pas un certain nombre de risques que nous allons tenter d'évaluer à la lumière des documents que le Dr NORTH a bien voulu nous transmettre.

IV. - Risques d'implantation en France.

L'I.S.T.P.M. a pu démontrer que les plantules de *Macrocystis pyrifera* sont capables de se développer sur les côtes bretonnes dans les conditions où elles ont été implantées, c'est-à-dire après obtention de la phase gamétophytique au laboratoire et la disposition des jeunes algues sur des plaques en ciment exemptes de toute végétation concurrente, dans une zone relativement abritée.

On peut penser que la production des spores aurait eu lieu si les thalles n'avaient pas été arrachés puisque les sporophylles étaient déjà différenciées. Mais, rien ne permet de supposer que ces spores auraient conduit à l'apparition d'une nouvelle génération, autrement dit, que le cycle sexuel se serait accompli normalement dans le milieu naturel. Il paraît, de ce fait, difficile d'affirmer, à priori, comme l'ont fait certains, que l'introduction de l'algue sur nos côtes serait suivie d'une dispersion brusque et incontrôlable, alors qu'il n'y aurait peut-être aucune suite aux émissions de spores.

Mais, en admettant que la libération des éléments reproducteurs ait effectivement pour conséquence la naissance de nouvelles générations, peut-on alors penser que la dissémination naturelle serait telle que toutes les contrées, de la Mauritanie à la Scandinavie verraient brusquement leurs rivages envahis par *Macrocystis*? Le fait qu'entre ces deux extrêmes, la température de l'eau corresponde en principe à celle acceptée par l'algue dans son aire de répartition habituelle ne paraît pas être un argument suffisant pour une réponse affirmative. Seule, une analyse du problème de la dissémination peut permettre un jugement objectif.

Risques d'une extension sans contrôle.

1. La dissémination des spores.

Le cycle sexuel (fig. 18) de *Macrocystis* comporte une phase dite gamétophytique qui débute par l'émission de spores. La spore est une cellule mesurant 2 à 6 μ de largeur et 4 à 6 μ de longueur, libre pendant 24 à 48 h, mue par ses deux flagelles et emportée au gré des courants. La dissémination de ces éléments est donc totalement incontrôlable. Cela ne doit nullement nous étonner car la même impossibilité concerne tous les végétaux dont la reproduction fait appel à l'émission de telles cellules. Nous ne sommes, en effet, pas plus maître de la dispersion des spores de fougères que de celle des spores de *Macrocystis*, de laminaires, de *Codium* ou autres algues. A vrai dire, nous sommes même incapables de maîtriser la dispersion des graines des plantes supérieures : qui peut dire, en effet, jusqu'où ira une graine de pissenlit emportée par le vent ?

Ce problème est cependant amplifié en ce qui concerne *Macrocystis*. Le nombre de spores produits au cours de la vie d'un thalle est en effet considérable ; il se situe entre 10^{12} et 10^{18} . Mais, il ne faut pas confondre dissémination des spores et extension de l'espèce car l'effet de la première est si fortement atténué par l'intervention de nombreux facteurs que la seconde n'a avec elle qu'un lointain rapport.

2. Les limites naturelles de l'extension.

a) La mortalité.

La production de 10^{12} à 10^{18} spores citée ci-dessus concerne toute la vie d'un thalle. La production par période est donc beaucoup moins élevée ; or, comme nous le verrons plus loin, l'efficacité dépend de la concentration. En outre, sur cette quantité, une grande partie est perdue soit parce que des spores n'ont pas réussi à se fixer au terme du délai de 48 h au-delà duquel leur vie libre s'achève, soit parce qu'elles se sont fixées en des points où les conditions défavorables empêchent leur germination. Celles qui parviennent à germer donnent des gamétophytes mâles ou femelles. Eux aussi sont soumis à des conditions plus ou moins propices qui abaissent fortement le nombre de ceux atteignant la maturité.

b) Les possibilités de fécondation.

Pour que, une fois le prothalle fertile, le cycle puisse se poursuivre il faut que le gamète mâle rencontre le gamète femelle. Or, cela n'est possible que si le gamétophyte mâle est proche du gamé-

De jeunes plantules ne tardèrent pas à y apparaître. Il fut alors tracé perpendiculairement au bord du champ (fig. 70) une ligne de 100 m le long de laquelle on détermina une station tous les dix mètres. Des comptages d'échantillons furent faits dans des surfaces de 1 m² prises au hasard autour de chaque station. Les résultats ont été résumés dans un schéma que nous avons repris ici

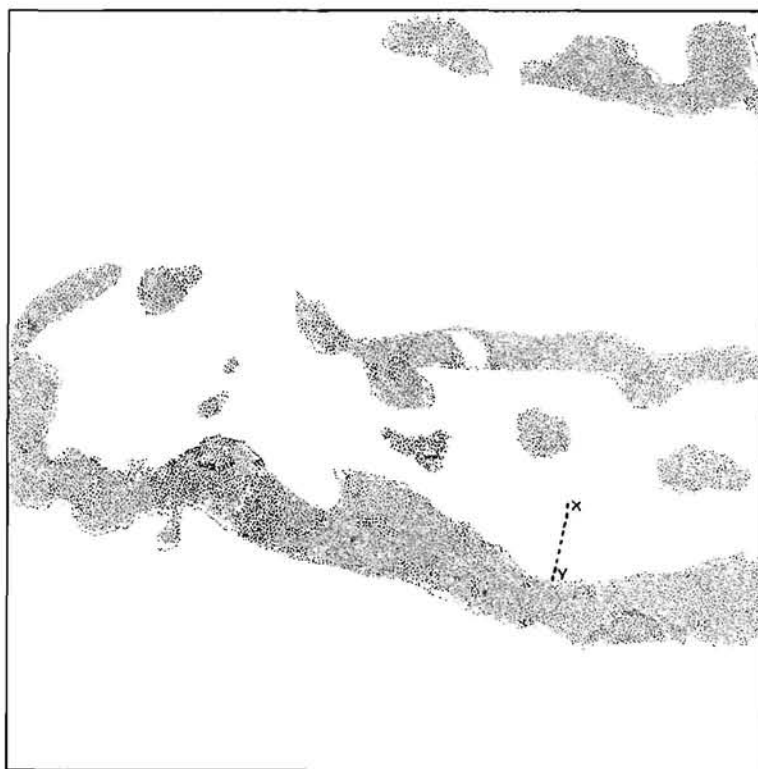


Fig. 70. — Station de Point-Loma où a été étudiée la distribution des jeunes sporophytes de *Macrocyctis*; en gris : le peuplement, en blanc : la mer (d'après document pris par NORTH).

(fig. 71, courbe A). Il n'y avait pas de jeunes à proximité du dais, sans doute parce que l'obscurité créée par ce dernier avait perturbé le cycle reproducteur. La densité augmentait jusqu'à la première station, diminuait ensuite régulièrement jusqu'à une distance de 35 à 40 m, puis chutait brusquement pour devenir très faible à partir de 80 m (1). Si la distribution des plantules n'était fonction que de la concentration des spores, la diminution du nombre de sporophytes, à mesure que la distance par rapport au point d'émission augmente, serait une simple fonction logarithmique de cette distance (fig. 71, courbe B). C'est ce qui se passe jusqu'à 35-40 m. Mais, il y a, au-delà de 35-40 m, une chute qui prouve l'intervention d'un autre facteur. Ce facteur est l'espace entre les spores. Il devient en effet tel qu'il réduit puis annule les possibilités de fécondation.

NORTH va même plus loin dans l'interprétation de ces résultats. Si les œufs ou les microscopiques germinations auxquelles ils donnent naissance étaient fortement dispersées par les courants ou la houle, la chute observée à 35-40 m serait progressive (fig. 71, courbe C) car atténuée par ce phénomène secondaire. Or, cette chute est brutale, c'est donc que ce phénomène secondaire (dispersion des œufs et des germinations) est de faible ampleur. Les observations faites au laboratoire concernant l'adhésivité de ces organismes le laissaient d'ailleurs prévoir.

(1) Dans la courbe A extraite des travaux de NORTH, la densité en sporophytes s'élève de nouveau à partir de 80 m. Cela est dû à la présence de population de *Macrocyctis* située à quelques dizaines de mètres de ce point (voir fig. 70).

Point-Loma représente, d'après NORTH, une zone presque optimale pour la reproduction. Pourtant, même dans ces excellentes conditions, la distribution des jeunes autour des parents se trouve limitée par des facteurs spécifiques, le plus important étant la réduction des possibilités de fécondation à partir de 35-40 m. La dispersion peut être augmentée par le déplacement des œufs et des germinations. Elle ne dépasse pas dans les meilleures conditions 80 à 90 m. Elle se situe généralement en-deçà lorsqu'interviennent les herbivores.

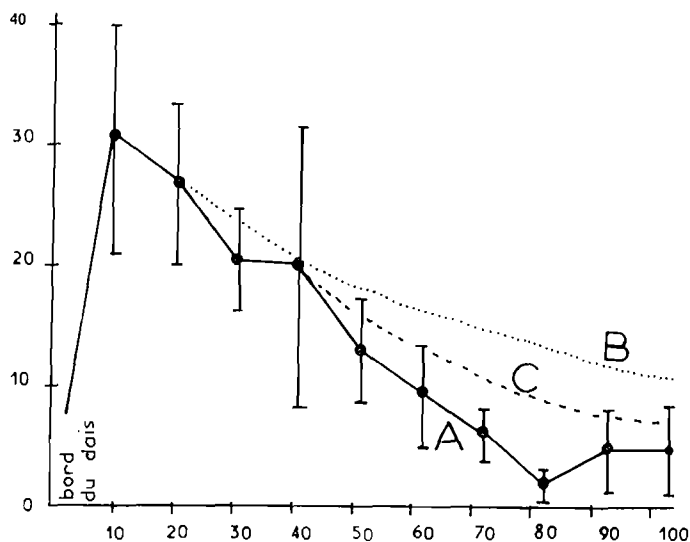


FIG. 71. — Distribution des jeunes sporophytes en fonction de la distance les séparant de la limite du peuplement; les traits verticaux symbolisent l'écart à la moyenne (abscisse: distance, en mètres, à partir du champ; ordonnée: nombre de jeunes au m²) (d'après les travaux de NORTH).

Notons que SUNDENE obtient des conclusions identiques sur *Alasia esculenta* dont le cycle de reproduction s'apparente à celui de *Macrocystis*.

c) Les herbivores.

Ils ont un rôle extrêmement important dans la réduction de la dispersion: de nombreuses espèces animales apprécient particulièrement, en effet, les tissus tendres des jeunes sporophytes. Un exemple nous est donné par les précautions qu'a prises NORTH dans l'expérience précédente. Il n'a obtenu des plantules dans la zone dénudée qu'après avoir passé celle-ci à la chaux vive, ce qui a détruit les « brouteurs » et après avoir empêché le retour de ces derniers. Il signale d'ailleurs que, dans une expérience du même ordre, il y eut, à quelques semaines d'intervalles, apparition de nombreuses plantules après traitement à la chaux vive et destruction de celles-ci par les herbivores réintégrant les lieux. Le fait suivant cité par NORTH et NEUSHUL nous paraît aussi très significatif. A la suite du naufrage du pétrolier le "Tampico", le mazout libéré détruisit pratiquement tous les animaux brouteurs sur plusieurs centaines de mètres du littoral de la Basse Californie; trois mois après, 100 000 *Macrocystis* se développèrent là où existaient seulement quatre individus. On estime dans l'ensemble qu'une plantule sur 100 000 parvient à la taille adulte.

d) Le substratum.

Des trois espèces connues, une seule, *Macrocystis angustifolia* peut se développer sur un substrat meuble. Nous avons fait allusion à ce cas particulier dans le chapitre concernant la biologie et l'écologie du genre. Une telle fixation ne peut avoir lieu qu'à l'abri de toute houle et de tout courant, c'est dire son caractère exceptionnel. Pour les autres espèces, la présence d'un substrat solide est absolument indispensable. *Macrocystis pyrifera* et *M. integrifolia* ne sont

jamais trouvés sur un fond meuble. L'état du substratum conditionne donc la répartition et l'extension de ces espèces. CRIBBS, entre autres, précise bien qu'en Tasmanie, les limites des champs sont déterminées plus par la position et le déplacement des bancs de sable que par la profondeur.

On peut tirer de cela cette intéressante conclusion qu'un peuplement de *Macrocystis pyrifera* entouré par une aire sédimentaire de 200 m de largeur n'aurait pas la possibilité de s'étendre puisque les plantules ne pourront croître dans cette zone meuble, ni être disséminées au-delà (dispersion maximale 80 à 90 m), à moins qu'un thalle fertile parte à la dérive.

e) *Concurrence des autres espèces.*

C'est un facteur souvent ignoré, pourtant fondamental. Lors de la restauration de peuplements de *Macrocystis* au large de San Diégo, les plongeurs de la "Kelco Company" ne parvenaient pas, en dépit des efforts déployés, à implanter cette espèce dans les clairières occupées par des colonies de *Laminaria (farlowii)* ou de *Pterigophora*. Ils durent absolument détruire ces algues pour que *Macrocystis* puisse s'installer. La germination des spores, le développement des gamétophytes, la production des gamètes, l'éclosion du zygote et la croissance des plantules exigent une certaine quantité de lumière. Or, sous la couverture constituée par les algues de fond, cette quantité n'est, le plus souvent, pas suffisante et le cycle reproducteur ne peut atteindre son terme. Lorsque, par hasard, l'énergie lumineuse se situe à une valeur acceptable, les plantules commencent à se développer mais ne survivent généralement pas : elles sont, en raison de leur fragilité, écrasées et dilacérées par les autres espèces qui fouettent le substratum autour d'elles.

Rappelons que, lors des essais d'acclimatation effectués par l'I.S.T.P.M., les plantules de *Macrocystis pyrifera* avaient été placées sur des dalles exemptes de toute végétation. Elles mesuraient, à ce moment-là, 4 à 5 cm de hauteur. Malgré cette avance sur le reste de la flore marine, en mai les dalles étaient recouvertes de jeunes *Laminaria (saccharina?)* et *Sacchoriza bulbosa* qu'il fallut arracher pied par pied pour éviter qu'elles n'étouffent les sporophytes de *Macrocystis*. Il n'y eut pas de développement sur les dalles qui ne furent pas soumises à ce nettoyage sélectif ni d'ailleurs sur celles disposées trop près des peuplements de *Laminaria ochroleuca*.

Il est fort possible que, sur nos côtes, la concurrence d'autres algues à croissance très rapide (*Sacchoriza bulbosa*) et l'obscurité des fonds provoquée par la présence de champs de laminaires denses limitent et même empêchent l'installation de *Macrocystis*. Il faudrait alors, pour l'imposer dans une zone déterminée, supprimer préalablement et volontairement les autres espèces. Dans ce cas, nous aurions la possibilité de créer des champs de *Macrocystis* dans des aires que nous aurions choisies et dans lesquelles ils seraient limités. Mais ceci reste encore à prouver.

f) *Les épaves.*

Elles constituent pour l'espèce, lorsqu'elles sont fertiles, un moyen de dissémination sur une grande distance puisqu'elles peuvent être entraînées au fil des courants et des vents.

Ceci laisse supposer que des peuplements pourraient apparaître loin de la population mère, sur les côtes de pays voisins de la France, par exemple. Il est difficile d'évaluer la probabilité d'un tel accident car les épaves ne sont capables d'un ensemencement productif que si les spores sont émises en un point précis situé près du fond. Rappelons, en effet, que la concentration en éléments reproducteurs conditionne les possibilités de fécondation. NORTH fait remarquer que, bien que des milliers de thalles dérivent le long des côtes californiennes chaque année, il n'a jamais vu apparaître de peuplements leur étant dus.

g) *Stabilité des champs.*

Ce n'est pas parce qu'un peuplement de *Macrocystis* existe qu'il va nécessairement s'étendre. Les difficultés que rencontrent les biologistes californiens pour maintenir et accroître les populations actuelles en apportent la preuve.

NORTH démontre qu'en fait un champ n'est définitivement établi que lorsqu'il se compose de 2 000 pieds au moins. Il fonde cette conclusion sur les constatations et le raisonnement suivants. Lors des essais de réimplantation, il a observé que 850 plants âgés d'un an et portant 10 kg de folioles chacun (8 500 kg en tout) perdirent 50 % de leur poids en tissu en 100 jours à la

suite de « broutage ». Il y avait trois poissons herbivores lors de la transplantation du premier pied. En supposant que l'ichthyofaune végétarienne augmente de 3 ou 4 individus par jour, elle devait en compter au terme des 100 jours, 350 à 400 qui avaient donc dévoré pendant cette période 4 000 kg de folioles soit 100 g par poisson par jour.

Pour ne pas régresser, le champ doit pouvoir combler à la fois les pertes causées par les brouteurs en place et celles occasionnées par les nouveaux arrivants. Il faut donc qu'il accroisse régulièrement sa production ($3 \times 100 = 300$ g par jour) même pendant la saison où l'activité méristématique est la plus faible : l'hiver.

Les mesures faites à Paradise Cove établissent qu'en hiver, 60 000 kg de *Macrocystis* sont nécessaires à une élévation journalière de 300 g. Chaque plant donnant 150 mg, il faudra plus de 2 000 pieds pour que la production corresponde à la demande, autrement dit, pour qu'il y ait stabilité. Tant que ce seuil n'est pas atteint, le peuplement ne se maintient et ne se développe que si l'homme intervient pour limiter l'action des brouteurs.

h) *La pluviosité.*

Le Dr NORTH a attiré notre attention sur ce facteur qui, d'après lui, jouerait sur nos côtes un rôle important. *Macrocystis* est une algue spécifiquement marine qui supporte assez mal les grandes variations de salinité. Au cours des précipitations, les parties flottantes baignent dans une couche superficielle constituée d'un mélange d'eau de pluie et d'eau de mer. Si cet état se prolonge, elles ne tardent pas à présenter des signes de dégénérescences surtout lorsque le dessalement est prononcé. Or, sur les côtes bretonnes, la pluviosité apparaît relativement élevée par rapport à celle des côtes chiliennes et californiennes ; elle agirait donc sans doute comme un facteur défavorable au développement des grandes phéophycées ayant des parties flottantes.

i) *Agitation des eaux.*

Sur les rives chiliennes, *Macrocystis pyrifera* et *integrifolia* ne sont présents que dans des baies protégées de la houle par un haut fond rocheux sur lequel la mer vient se briser. En Californie, les peuplements ne se rapprochent de la côte que dans des zones excessivement calmes ; les thalles se fixent généralement à des profondeurs inférieures à 7 m, c'est-à-dire sous une couche d'eau assez importante pour atténuer les mouvements de l'océan. L'algue est, en effet, extrêmement sensible à l'agitation en raison de la fragilité de ses folioles et de la délicatesse de ses zones méristématiques qui se déchirent aux moindres torsions. Quelques plantules apparaissent parfois à proximité du rivage : elles disparaissent inévitablement dès que leurs zones de croissance se différencient et sont dilacérées par les mouvements des flots.

Le Dr NORTH nous a signalé les difficultés qu'il a eu (et qu'il a encore) pour obtenir le développement de plantules de *Macrocystis pyrifera* près de Corona-del-Mar dans une aire qu'il considérait comme très turbulente. Or, l'agitation de cette dernière était loin d'atteindre celle qui caractérise la plus grande partie des rives de la Manche et de l'Atlantique, ce qui a atténué notre optimisme en ce qui concerne les facilités d'une implantation en France.

Après cette analyse des différents facteurs intervenant pour limiter la propagation du genre *Macrocystis*, les risques d'une extension brusque et incontrôlable des côtes de Mauritanie à celles de la Norvège nous paraissent bien dérisoires. Le point important qui est apparu au cours de cette analyse est précisément la possibilité d'un contrôle ; nous le développerons en détail dans la suite du rapport.

2. Risques pour l'équilibre biologique.

C'est là un risque mis en exergue par certains scientifiques qui font de la conservation du milieu une question de principe. Ils semblent ignorer que, depuis son apparition sur terre, ce petit être sans défense qu'est l'homme n'a survécu que parce qu'il a réussi, par son intelligence, à modifier la nature à son avantage. Sa démographie actuelle est, d'ailleurs, une atteinte constante à l'intégrité de cette nature ; la lutte entre elle, lui et ses créations, bien que peu apparente, est toujours aussi présente : une route peu fréquentée se recouvre de ronces, une maison abandonnée de lierre, un champ en friche de mauvaises herbes, etc. La culture, l'élevage et l'aquaculture ne

constituent pas des phénomènes naturels : ils résultent d'une sélection contre-nature faite par l'homme parmi les plantes et les animaux ; personne ne s'en plaint. Le principe de la conservation du milieu n'a jamais été respecté : il ne doit pas l'être, tant qu'il y va de l'intérêt de l'homme.

Quant au prétendu équilibre biologique, depuis longtemps compromis sur terre, il paraît de plus en plus illusoire dans l'océan en raison des millions de litres de pétrole déversés en mer et des milliers de tonnes de rejets acides ou basiques, tous toxiques qui, d'année en année, tendent à réduire, voire à supprimer, certains peuplements.

En outre, les faits que des algues apparaissent brusquement en quantité considérable (Ulves) là où elles étaient en nombre limité et que d'autres venant du sud (*Laminaria ochroleuca*) remontent sans intervention humaine vers le nord en s'installant progressivement à la place d'espèces qu'elles repoussent, ne plaident pas en faveur de l'existence de cet équilibre. L'introduction de *Macrocystis* sur nos côtes ne risquerait donc pas de détruire un équilibre qui n'existe pas, mais pourrait peut-être, au contraire, contribuer à le créer.

Il n'en est pas moins vrai que la présence de cette phéophycée modifierait l'écologie des zones dans lesquelles elle constituerait des champs. Certaines algues de fond ne recevant pas assez de lumière disparaîtraient, les bryozoaires se multiplieraient, des poissons et des crustacés seraient attirés. Un nouveau biotope, plus riche que le précédent, serait créé. L'acclimatation viendrait à renforcer la vie dans un milieu où elle est chaque jour un peu plus menacée.

3. Risques en cas de guerre.

Nous devons avouer que ce type de risque ne nous serait pas venu à l'esprit après notre visite en Californie où nous nous étions tenus le raisonnement suivant : « si la présence de *Macrocystis* sur les rives américaines présentait le moindre danger pour la défense des U.S.A., il y a longtemps que l'espèce aurait été éliminée. Or, au contraire, on s'efforce d'aider son extension jusqu'à la porte de la principale base navale : San Diégo. C'est donc qu'il n'y a sur ce point aucun risque ».

Plusieurs objections ont été heureusement soulevées par certains de nos collègues, ce qui nous a amené à nous pencher sur cette question.

Première objection.

« En cas d'attaque nucléaire ou de contamination radioactive, les champs de *Macrocystis* accumuleraient la radioactivité ». Notons, en premier lieu que si attaque il y avait, ce serait vraisemblablement avec des bombes H qui, dans un proche avenir, avec l'utilisation du laser comme amorce, seront des bombes « propres ».

Mais, au cas où il y aurait radioactivité sur la mer, il est vrai que les algues en accumuleraient, particulièrement celles contenant des colloïdes capteurs d'ions (acide alginique). Or, de telles algues existent déjà sur nos côtes : *Laminaria digitata*, *L. hyperborea*, *L. saccharina*, *L. ochroleuca*, *Fucus spiralis*, *F. vesiculosus*, *F. serratus*, *Pelvetia canaliculata*, *Ascophyllum nodosum*, *Halydris siliquosa*, *Bifurcaria rotunda*, etc. L'accumulation de la radioactivité aurait lieu autant avec ces algues qu'avec *Macrocystis* s'il venait à les remplacer. La présence de ce dernier n'apporterait donc pas de danger supplémentaire. Il n'est d'ailleurs pas du tout prouvé que ce phénomène d'accumulation soit un inconvénient. En effet, si la radioactivité reste diffuse, elle est impossible à supprimer. Mais, si elle se concentre dans les algues on peut la réduire en faisant disparaître ces algues et ceci d'autant plus facilement qu'on aura affaire à une espèce facile à récolter. Les générations suivantes seront sujettes à ce même processus de concentration et pourront successivement être prélevées. Les phéophycées joueraient donc le rôle d'une véritable éponge permettant de purifier le milieu marin. L'action serait d'autant plus efficace qu'on disposerait d'une espèce à croissance rapide, aux larges possibilités de reproduction et facile à récolter. *Macrocystis* remplit exactement ces critères.

A la limite, nous pourrions dire qu'en cas de pollution radioactive, il serait souhaitable d'introduire *Macrocystis* pour avoir la possibilité de réduire rapidement cette pollution avant que les organismes marins planctoniques ou pélagiques difficiles à prélever en raison de leur déplacement ou de leur taille aient concentré cette radioactivité.

Deuxième objection.

« L'implantation de *Macrocystis* favoriserait le camouflage de plongeurs sous-marins ou de submersibles ». Il résulte des conversations que nous avons eues avec l'État-Major de la Marine que les Autorités supérieures responsables de la stratégie ne veulent pas endosser la paternité de cette éventualité qui relève, par ailleurs, d'un domaine hors de notre compétence.

Nous ne voudrions pas terminer ce chapitre sans signaler qu'en cas de blocus ou d'échanges internationaux difficiles, *Macrocystis* constituerait une matière première intéressante pour l'alimentation animale et les amendements puisqu'il contient des vitamines en quantité importante, (riboflavine, en particulier) et de nombreux oligoéléments. Il peut aussi être utilisé pour la production d'acétone, de composés éthyliques (éthylacétates), de chlorure de potassium et d'iodures.

4. Risques d'introduire d'autres espèces ou des nuisances avec *Macrocystis*.

Ce point, par contre, fut un des premiers à attirer notre attention. L'expérience prouve que la transplantation d'espèces intéressantes s'accompagne souvent d'effets secondaires néfastes, ces espèces servant de vecteurs à des plantes ou animaux indésirables.

DRUEHL rappelle à juste titre que l'introduction de truites japonaises dans le nord-est du Pacifique permit l'arrivée d'autres mollusques tels *Ocenebra japonica* et *Purpura clavigera* et d'algues dont la plus connue, *Sargassum muticum*, a envahi les rives américaines sur près de 4 000 km en moins de quinze ans.

L'implantation de *Macrocystis* sur nos côtes à partir de plantules provenant des côtes du Pacifique nous exposerait à ce type de risque. C'est la raison pour laquelle cette méthode est à déconseiller. L'acclimatation doit strictement se faire au moyen de spores très soigneusement isolées et placées en milieu permettant une culture axénique, ce qui est parfaitement possible. Certes, cette technique demande beaucoup de minutie, mais elle ne serait indispensable que pour l'obtention des thalles initiaux. Par la suite, le risque d'introduire des espèces indésirables serait écarté dès qu'on travaillerait à partir de spores produites dans nos propres eaux par les premiers plants.

5. Risques pour l'aspect du littoral.

CHASSE se demande si l'implantation de *Macrocystis* n'entraînerait pas, à la longue, des modifications du littoral. Il a parfois vu, en effet, des blocs couverts de laminaires transportés sur plusieurs dizaines de mètres par les courants et les vents jouant sur les algues comme sur une voile. Il en déduit que ce phénomène serait encore plus marqué avec *Macrocystis* puisque l'algue offre, par sa grande taille et ses parties flottantes, une large prise aux éléments. Il craint que cela se traduise par l'amoncellement de galets sur les plages sableuses. Il y a, effectivement, comme nous l'a confirmé NORTH, déplacements de rocs entraînés par les pieds de *Macrocystis* auxquels ils servent de point de fixation. Mais, ces déplacements ont lieu dans diverses directions si bien qu'en fin de compte, les va-et-vient s'équilibrent. En outre, pour parvenir jusqu'à la plage, l'algue à la dérive doit franchir tout l'écran constitué par le champ, ce qui est aléatoire.

D'autres auteurs ont émis l'hypothèse que les peuplements de *Macrocystis*, atténuant la houle, favoriseraient les dépôts terrigènes en bordure des côtes et empêcheraient la dispersion au large. Ce ne serait pas, à notre avis, un élément défavorable puisque l'algue contribuerait ainsi à une meilleure protection de nos rivages contre l'agression des vagues. Mais, en réalité, il y a toujours, entre le dais et le fond, sous l'influence des courants, de la houle et des marées, de puissants mouvements qui assurent la diffusion des alluvions à peu près comme s'il n'y avait pas de champ d'algues.

Nos observations sur les côtes chiliennes et californiennes nous permettent de penser que ces deux risques ne peuvent être retenus.

Les deux principaux dangers semblaient être l'extension incontrôlée de *Macrocystis* dès son implantation en France et l'introduction simultanée d'espèces indésirables. Nous avons pu constater qu'aucun des deux n'étaient à craindre. En utilisant la technique des cultures axéniques, il est facile d'éviter le deuxième. Quant à l'extension, il est clair qu'elle ne peut être brusque puisque

des nombreux facteurs, tant spécifiques que physiques, en assurent une stricte limitation. Leur action nous a paru si importante qu'on peut se demander si, en fin de compte, un risque n'a pas été oublié : celui de ne pouvoir, même si nous le désirions, créer chez nous des peuplements de *Macrocystis* stables.

La conclusion, en résumant tout ce qui a été avancé dans ce rapport, nous montrera peut-être comment répondre et évaluer ce dernier risque.

CONCLUSION

Tout au long de ce rapport, nous avons essayé de traiter synoptiquement le problème concernant l'opportunité d'introduire *Macrocystis* sur les côtes de France en nous appuyant sur ce que nous avons vu et entendu au cours de notre mission en Californie et au Chili, sur les chiffres reconus de tous, sur des résultats d'expériences. Nous avons consulté les plus éminents spécialistes, écouté et analysé leurs avis, traduit et étudié les documents qu'ils ont bien voulu nous confier.

Nous sommes arrivés à la conclusion que, sur les côtes visitées, particulièrement sur celles de la Californie, les avantages apportés par la présence de *Macrocystis* tant pour l'industrie des algues que pour la pêche sont tels qu'ils compensent largement les inconvénients. L'influence bénéfique de cette espèce est confirmée par l'acharnement avec lequel les scientifiques Californiens de l'Université, des usines d'algues et du « Department » chargé de protéger l'environnement s'efforcent de restaurer et d'étendre les champs de leur région.

Nous avons, en outre, analysé les risques (possibilité d'extension explosive de l'espèce, incidences possibles sur l'écologie, sur la structure des côtes, sur la circulation maritime) que représenterait l'introduction de cette espèce sur nos rives. Ayant pu démontrer que ces risques sont réduits et que *Macrocystis* est une source d'enrichissement pour les côtes du Pacifique, nous serions pleinement favorables à une implantation immédiate en France, si nous étions sûrs que l'algue ait chez nous la même biologie, la même distribution et les mêmes influences qu'en Californie. Mais, ce dernier point n'est pas encore démontré.

Il y eu, certes, l'essai d'acclimatation tenté et réussi par l'I.S.T.P.M. Mais, celui-ci permet de conclure seulement que l'espèce peut vivre chez nous. Toute extrapolation à partir de ce résultat serait hasardeuse.

Le seul moyen pour déterminer les incidences réelles que créerait le long de nos rivages la présence de *Macrocystis* consisterait à effectuer une expérience adaptée. Une telle expérience ne serait pas envisageable si l'introduction de l'algue, une fois réalisée, constituait un phénomène incontrôlable et, de ce fait, irréversible.

Mais, l'analyse de tous les facteurs limitant la dispersion de cette phéophycée permet de confirmer que le contrôle de la distribution est parfaitement possible surtout à un stade expérimental. Trois points fondamentaux doivent être rappelés.

a) Si, comme toutes les laminariales et la plupart des cryptogames, *Macrocystis* présente dans son cycle ontogénique une phase microscopique libre, il se caractérise aussi par l'existence d'un sporophyte géant dont les parties supérieures flottent largement à la surface et sont, de ce fait, faciles à localiser. Ce repérage est rendu particulièrement aisé par l'utilisation de photographies aériennes avec des films sensibles aux radiations infra-rouges. La végétation de surface réfléchit, en effet, les rayons I.R. qui viennent impressionner les films, ce qui se traduit sur le cliché par une trace rouge trahissant la présence de la dite végétation. Le Dr. NORTH nous a montré de telles photographies sur lesquelles on pouvait distinguer, sans difficulté, chaque plan isolé autour d'un peuplement.

b) Une plante demande de 8 à 9 mois pour atteindre la surface. Elle commence à produire des spores à partir du douzième mois.

c) Le pouvoir de dissémination spécifique, sans intervention des facteurs physiques (substrat, brouteurs, espèces concurrentes etc...), se réduit dans les meilleures conditions (champs très fournis) à une distance comprise entre 80 et 90 m.

Compte tenu de ces faits, il ne nous paraît pas déraisonnable de proposer la création d'un peuplement expérimental à extension contrôlée en un point de nos côtes. Cette expérience permettrait :

de déterminer si cette création est possible ;

de faire connaître l'algue dite « géante » aux goémoniers et aux marins pour qu'il ne soit plus dit, comme l'un de nous l'a entendu, qu'il s'agissait d'un végétal de 400 m de long et de 3 m de large ;

d'observer son comportement biologique vis-à-vis du milieu naturel et des populations marines autochtones ;

d'évacuer exactement les avantages qu'elle apporte et les gênes qu'elle induit.

Le contrôle serait parfaitement possible puisque les individus naissant en dehors du peuplement expérimental se situeraient dans un cercle de 80 à 90 m de rayon ayant pour centre la population mère.

Leur localisation par photographies aériennes sensibles aux rayons infra-rouges et par prospection en bateau ne poserait aucun problème, dès le moment où ils atteindraient la surface (8^e mois), c'est-à-dire bien avant qu'ils ne deviennent fertiles. On aurait alors le choix entre deux solutions : les détruire ou les transplanter dans la zone de culture.

Pour éviter que certains thalles ne partent à la dérive, il suffirait d'attacher solidement chaque crampon au substratum et (ou) de fermer la zone expérimentale par des filets.

Si le peuplement ainsi réalisé se révèle sans intérêt pour nos côtes, il sera aisé de l'éliminer en arrachant les thalles un à un ou en labourant trimestriellement l'emplacement de celui-ci avec un câble tracté par deux bateaux. Notre flotte possède largement les moyens de mener une telle opération.

Si, par contre, il s'affirme être une source de bénéfices, on pourra alors l'étendre ou le laisser s'étendre à d'autres zones. Dans ce cas, on peut prévoir que les pays voisins, ayant abouti aux mêmes conclusions, encourageront, eux aussi, l'implantation de l'algue sur leurs rivages.

Nous conseillons, pour cette expérience, l'emploi de *Macrocystis pyrifera* des côtes californiennes pour trois raisons :

a) Cette espèce exige toujours un substrat rocheux ce qui, en cas d'extension volontairement généralisée, la tiendrait éloignée des ports et des plages.

b) Elle se développe toujours, en Amérique du Nord (ce n'est pas le cas au Chili), relativement loin du rivage, ce qui diminue la gêne vis-à-vis de la navigation côtière.

c) Elle constitue, enfin, des peuplements plus denses et plus facilement exploitables que les peuplements chiliens.

Cette implantation expérimentale nous paraît être la seule méthode permettant de donner à la question posée par le Comité interprofessionnel des Algues marines « Ne pourrait-on pas introduire l'algue *Macrocystis* sur les côtes bretonnes ? » une réponse définitive basée sur des éléments concrets et irréfutables que les scientifiques français et étrangers pourront constater et vérifier et non sur des hypothèses et des principes. Elle sera d'autant plus concluante que la collaboration entre les différents organismes de recherches marines sera étroite.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON (E.K.) et NORTH (W.J.), 1965. — In situ studies of spore production and dispersal in giant kelp, *Macrocystis*. Proc. V. intern. Seaweed Symp., Halifax, août, 1965 — publié par PERGAMON Press, Oxford et New York en 1966.
- 1967. — Zoospore release rates in giant kelp *Macrocystis*. — Bull. Southern. Calif. acad. Sci., **66** (4), p. 223-232.
- 1969. — Light requirements of juvenile and microscopic stages of giant kelp, *Macrocystis*. — Proc. VI intern. Seaweed Symp., p. 3-15.
- ANDREWS (H.-L.), 1945. — The kelp beds of Monterey regions. — Ecol., **26** (1), p. 24-37.
- BOLTOVSKOY (E.) et LENA (H.), 1969. — Los epibiontes de *Macrocystis* flottante como indicadores hidrologicos. — Neotropica, **15** (48), p. 1-12.

- BRANDT (R.-D.), 1923. — Potash from kelp: early development and growth of the giant kelp *Macrocystis pyrifera*. — *U.S. Dept. Agric.*, **1191**, décembre, p. 1-40.
- CARLISLE (J.-C.), TURNER (C.-H.) et (E.-E.) EBERT, 1964. — Artificial habitat in marine environment. — *Départ fish game, fish bull.*, 124.
- CHAPMAN (W.J.), 1950. — Seaweeds and their uses. — Methuen and Co. LTD. London.
- CHIRIFE (J.) et GARDNER (R.), 1969. — Caractéristiques de secado de algas de la especie *Macrocystis pyrifera*. — *Proc. VI Intern. Seaweed Symp.*, p. 671-684.
- CLENDENNING (K.A.), 1958. — Pollution versus kelp. — *Quart. Prog. Rep. Univ. Mar. Res.*, IPM ref., **59** (4), p. 1-13.
— 1962. — Determination of fresh weight, solids, ash and equilibrium moisture in *Macrocystis pyrifera*. — *Bot. mar.*, **4** (3-4), p. 204-218.
— 1963. — Photosynthesis and growth in *Macrocystis pyrifera*. — *VI Congr. intern. Algues marines*, p. 55-65.
- CLENDENNING (K.A.) et SARGENT (M.C.), 1957 a. — Physiology and biochemistry of giant kelp. — Kelp Investigation Program., *Ann. Rept., Univ. Calif. Inst. Mar. Res.*, IMR ref. **57** (4), p. 25-36.
— 1957 b. — Physiology and Biochemistry of giant kelp. — Kelp Investigation Program., *Quart. Rept., Univ. Calif. Inst. Mar. Res.*, IMR ref., **58** (3), p. 29-35.
— 1958 a. — *Ibid.*, IMR ref **58** (3), p. 6-7.
— 1958 b. — *Ibid.*, IMR ref **58** (5), p. 4-8.
- COLE (K.), 1968. — Gametophytic development and fertilization in *Macrocystis integrifolia*. — *Can. j. Bot.*, **46**, p. 777-782.
- CRIBB (A.B.), 1954. — *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag. in Tasmanian Waters. — *Australian J. Mar. fishw. Res.*, **5**, p. 1-34.
- DAWSON (E.Y.), NEUSHUL (M.), WILDMAN (R.D.), 1960. — Seaweed associated with kelp beds along southern California and northwestern Mexico. — *Pacific Naturalist.*, **1** (14) march 11, 80 p.
- DELEPINE (R.) et GRUA (P.), 1964. — La végétation infra-littorale de la baie de Morbihan (Kerguelen). — *Soc. Phycol. de France*, **10**, p. 14.
- DELFF (E.M.) et LEVYNS (M.), 1926. — Reproduction in *Macrocystis pyrifera*. — *And. Bot.*, **40** (158), avril, p. 503-506.
- DRUEHL (L.D.), 1972. — Marine transplantations. — *Science*, **179**, 1972.
- FRISTCH (J.E.), 1969. — Offshore fishes of California. — Publié par le « Department of fish and game » de Sacramento en Californie.
- GRUA (P.), 1964 a. — Sur la structure des peuplements de *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Ag. observés en plongée à Kerguelen et Crozet. — *C.R. Acad. Sci., Paris*, **259**, p. 1541-1543.
— 1964 b. — Premières données sur les biomasses de l'herbier à *Macrocystis pyrifera* de la baie de Morbihan (Archipel Kerguelen). — *Terre et la Vie*, **2**, p. 215-220.
— 1966. — Aspect du Benthos infralittoral a Kerguelen. — *Symp. Oceanogr. Antarct.*, Santiago, Chili, Sept. 1966.
- KUHNEMANN (O.), 1963. — Penetracion de *Macrocystis pyrifera* en la ria de Puerto Descado. — *Bol. Soc. Argentina Bot.*, **10** (2-3), p. 105-112.
- LEVRING (T.), HOPPE (H.) et SCHMID (J.), 1963. — A survey of research and utilization for marine algae. — Cram, De Gruytec et C°, Hambourg, 13.
- LEVYNS (M.), 1933. — Sexual reproduction in *Macrocystis pyrifera*. — *Ann. Bot.*; **47** (196), avril, p. 349-353.
- MOORE (L.B.), 1943. — Observations of the growth of *Macrocystis* in New Zealand. — *Trans. Roy. Soc. New Zealand*, **72** (4), p. 330-340.
- NEUSHUL (M.), 1962. — Studies on giant kelp *Macrocystis pyrifera*. Reproduction. — *Am. J. Bot.*, **50**, p. 354-359.
— 1972. — Functional interpretation of benthic marine algal morphology. — *Jap. Soc. Phycol.*, Japan, juillet, p. 47-74.
— 1972. — Underwater microscopy with an encased incident-light-dipping-cone microscope. — *J. Microscopy*, **95**, juin 1971, p. 421-424.
- NEUSHUL (M.) et HAWO (T.), 1962. — Studies on the giant kelp *Macrocystis*. Growth of young plants. — *Am. J. Bot.*, **50**, p. 349-353.
- NORTH (W.J.), 1961. — Life span of the fronds of the giant kelp *Macrocystis pyrifera*. — *Nature*, **190** (24), juin, p. 1211-1215.
— 1963. — Experimental transplantation of the giant kelp *Macrocystis pyrifera*. — *IV Congr. Intern. Algues marines*, Biarritz, p. 248-255.
— 1971. — Kelp habitat improvement project. — Annual report 1968-1969, publié par le *California Inst. Techn.*
— 1973. — Kelp habitat improvement project. — Annual report 1971-1972 publié par le *California Inst. Techn.*
- NORTH (W.J.), HUBBS (C.L.), QUAST (J.C.), NEUSHUL (M.), DAVIES (D.H.), CLENDENNING (K.A.), 1968. — Utilization of kelp bed resources in southern California. — *Départ fish game, fish bull.*, **139**, édité par NORTH (W.J.) et HUBBS (C.L.).
- PAPENFUSS (C.), 1942. — Studies of South African Phaeophyceae. I *Ecklonia maxima*, *Laminaria pallida*, *Macrocystis pyrifera*. — *Am. J. Bot.*, **29**, p. 15-24.
- PEREZ (R.), 1967. — Teneur en acide alginique d'une population de *Laminaria digitata* du plateau du Calvados. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **31** (2), p. 117-122.

- PÉREZ (R.), 1970. — Teneur en acide alginique et degré de polymérisation de ce produit au cours de la vie de *Laminaria digitata* (L.). LAMOUREUX. — *Ibid.*, **34** (3), p. 351-361.
- 1972. — Opportunité de l'implantation de l'algue *Macrocystis pyrifera* sur les côtes bretonnes. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, 216, juillet-août.
- PÉREZ (R.), BRAUD (J.P.) et H. ETCHEVERRY (D.) 1973. — Développement de l'algue *Macrocystis pyrifera* sur les côtes bretonnes. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, (à paraître).
- SARGENT (M.C.) et LANTRIP (L.W.), 1952. — Photosynthesis, growth and trans-location in the giant kelp. — *Am. J. Bot.*, **39** (2), p. 99-107.
- SETCHELL (W.A.), 1934. — Geographic elements of the marine flora of North Pacific Ocean. — *The American Naturalist*, 69, p. 560-577.
- SILVERTHORNE (W.) et SORENSEN (P.E.), 1971. — Marine algal as an economic resource. — *Marine Technol. Soc.*, 7^e conf. annuelle, 16 au 18 août, Washington.
- TEPLITZKY (D.), 1969. — The relationship between harvesting of *Macrocystis pyrifera* and spawning of crayfish on Tasmanian coast. — *Proc. VI Intern. Seaweed Symp.*, p. 671-684.
- TURNER (C.H.), EBERT (E.E.) et GIVEN (R.R.), 1969. — Man made reef ecology. — *Depart fish game, fish bull.*, 146.
- WALKER (F.T.), 1952. — Chromosome Number of *Macrocystis integrifolia* BORY. — *Ann. of Botany*, N.S. Vol XVI, (1), p. 23-27.
- WOMERSLEY (H.B.S.), 1954. — The species of *Macrocystis* with special reference to those on southern Australian coasts. — *Univ. Calif. Publ. Bot.* **27** (2), p. 109-132.
- YOUNG (P.H.), 1969. — The California partyboat fishery 1947-1967. — *Depart fish game, fish bull.*, 145.
- ZOBELL (C.E.), 1971. — Drift seaweeds on San Diego country Beaches. — In « *Biology of Giant kelp beds (Macrocystis) in California*. — Wheeler J. NORTH, edit., *Nova Hedwigia*, 600 p, 166 fig., 116 tabl.