

## ETUDE DES POSSIBILITÉS D'ADAPTATION DE L'ALGUE ROUGE *EUCHEUMA SPINOSUM* AUX COTES DU TERRITOIRE FRANÇAIS DES AFARS ET DES ISSAS

par J. P. BRAUD, R. PEREZ et G. LACHERADE

— Parmi les nombreuses substances extraites des algues, les carraghénanes occupent une place prépondérante. Leur faculté de donner des gels élastiques en fait des concurrents de l'agar ; leur pouvoir de créer des solutions visqueuses leur permet de remplacer, dans certains cas, les alginates ; leur propriété de réagir avec les protéines, et plus particulièrement avec la caséine du lait, les a fait largement adopter dans l'industrie laitière. Aussi ces composés trouvent-ils de larges applications

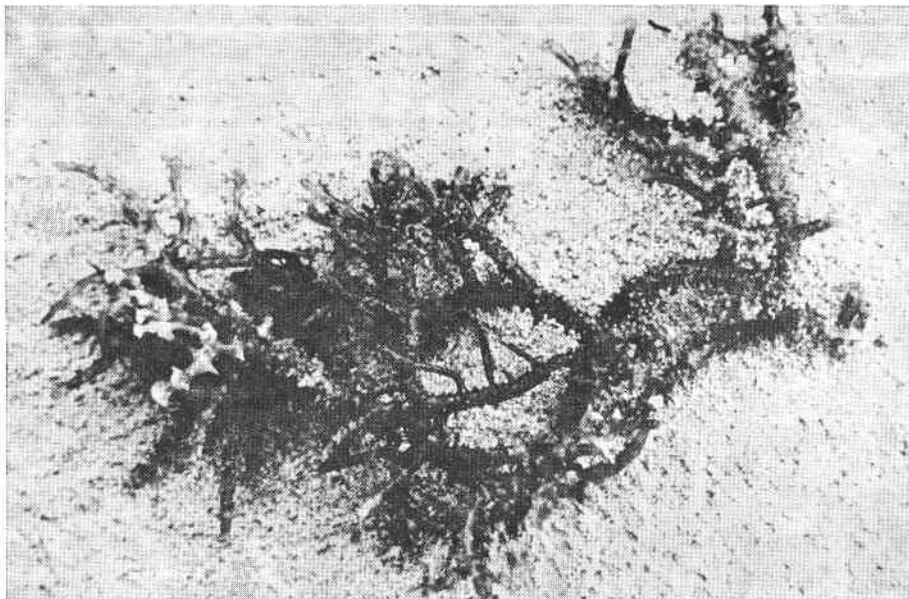


FIG. 1. — Thalle d'*Eucheuma spinosum* récolté à Pulau Pari par 1,50 m de fond.

dans des domaines aussi divers que l'alimentation, la cosmétique, la pharmacie, la tannerie, la fabrication des colles et des peintures, la synthèse d'explosifs etc... —

Du point de vue chimique, ce sont des polysaccharides sulfatés que le degré de sulfatation et la configuration moléculaire permettent de différencier en carraghénanes, mu, nu, lambda, kappa et iota, chacun de ceux-ci présentant des caractéristiques particulières.

Pour les obtenir, l'industrie française des algues rouges (Société PIERREFITTE-AUBY) utilise entièrement la récolte de *Chondrus crispus* et de *Gigartina stellata* pratiquée sur nos côtes, soit 1 600 t

par an. Cette quantité s'avère insuffisante pour satisfaire l'ensemble des besoins, d'où la nécessité d'importer plus de 5 000 t de Rhodophycées en provenance d'Extrême-Orient, d'Amérique du sud et d'Afrique. Parmi les espèces importées figure, en bonne place, *Eucheuma spinosum* que sa forte teneur en carraghénane iota fait particulièrement rechercher.

*Eucheuma spinosum* appartient au groupe des Floridées, ordre des Gigartinales, famille des Solieriacées. Son thalle, très polymorphe, mesure généralement entre 10 et 30 cm de hauteur (fig. 1) ; sa couleur va du vert tendre au brun rouge.

La haute valeur de cette algue sur le marché mondial a conduit à une récolte intensive qui s'est progressivement transformée en surexploitation. Les champs situés autour des centres d'expédition sont devenus peu productifs, ce qui a nécessité le recours à des peuplements plus éloignés et plus difficiles d'accès. Il en est résulté une élévation sensible du prix de la matière première. Cette situation, liée à l'incertitude des approvisionnements et au coût sans cesse croissant des



FIG. 2. — Aire de répartition géographique d'*Eucheuma spinosum* et zones répondant aux critères de transplantation.

transports, nous a incité à tenter la transplantation et la culture de l'*Eucheuma* dans des secteurs aussi proches que possibles des usines d'extraction. C'est le but du programme que nous avons entrepris avec l'aide de la Société PIERREFITTE-AUBY, programme qui est divisé en quatre phases.

- a) Etude du biotope originel de l'algue.
- b) Sélection et étude du biotope de transplantation.
- c) Transplantation effective de l'algue avec étude de sa croissance et de ses caractéristiques chimiques en rapport avec le nouveau milieu.
- d) Etude en laboratoire du cycle de reproduction de l'algue et des différents facteurs physico-chimiques le conditionnant.

Le présent exposé rapporte les principaux résultats acquis au cours des trois premières phases.

### 1. — Etude du biotope de l'algue en Indonésie.

*Eucheuma spinosum* vit principalement sur les rives des Philippines, de l'Indonésie et de l'Australie, c'est-à-dire entre 10° de latitude N et 15° de latitude S (fig. 2). Certains auteurs l'ont signalée sur les côtes japonaises et coréennes léchées par le courant chaud du Kuro-shivo ainsi que sur les côtes de l'île Maurice et de l'île Bourbon (20° de latitude S).

Notre premier objectif a été d'étudier l'algue dans son milieu naturel. Une mission fut effectuée par l'un d'entre nous en Indonésie, c'est-à-dire au centre même de l'aire de répartition de l'espèce (fig. 3).

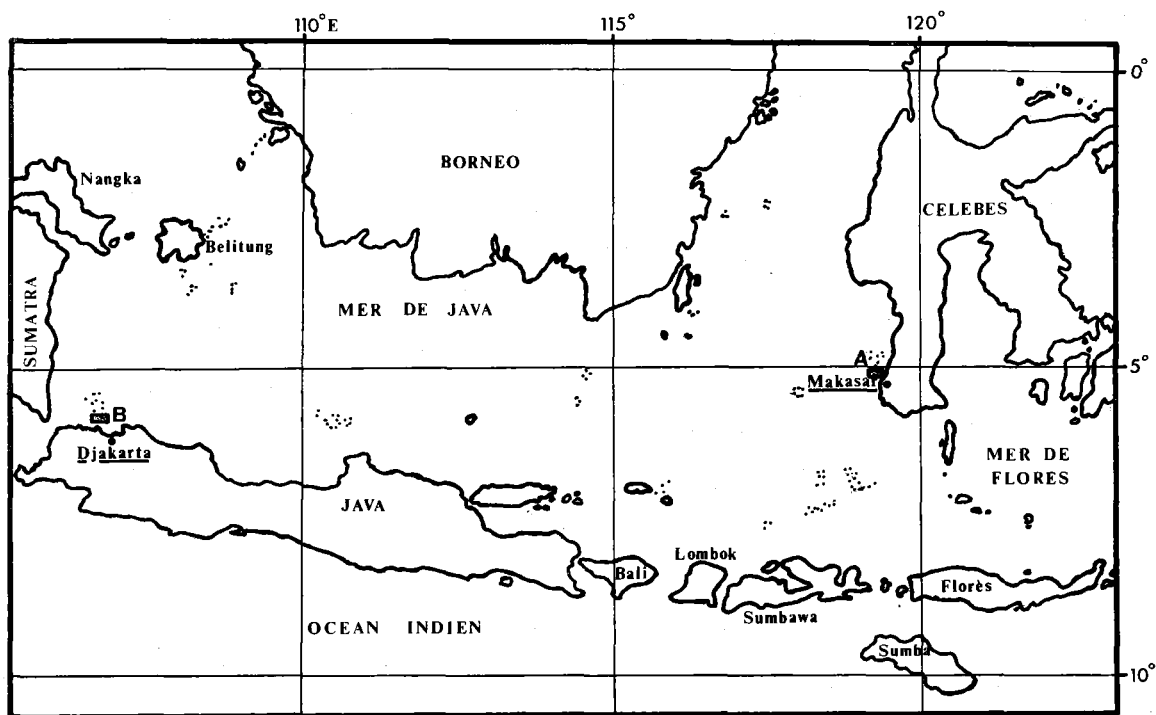


FIG. 3. — Carte d'ensemble de l'archipel indonésien.

#### a) L'archipel de Makassar.

L'archipel de Makassar nous a semblé être le premier lieu à explorer car il était considéré, il y a encore quelques années, comme le biotope type d'*Eucheuma spinosum*. L'analyse a porté sur la nature du substrat, les facteurs physiques, la faune et la flore.

##### Le substrat.

Le substrat est de type récifal. Les récifs successivement examinés (fig. 4) sont des plateformes de pleine eau, de 100 à 300 m de diamètre, à l'exception de celui qui entoure l'île de Padjenekang. La majeure partie du platier est constituée par du corail mort, entrecoupé de sable et de débris, tandis que quelques organismes constructeurs vivants subsistent à la périphérie. Aux basses mers de vive eau, la profondeur excède rarement 40 cm.

##### Les facteurs physiques.

Trois facteurs ont été déterminés avec précision : la température la salinité et la luminosité. Leurs valeurs sont exposées dans le tableau 1. Il ne nous a pas semblé utile d'évaluer les concentra-

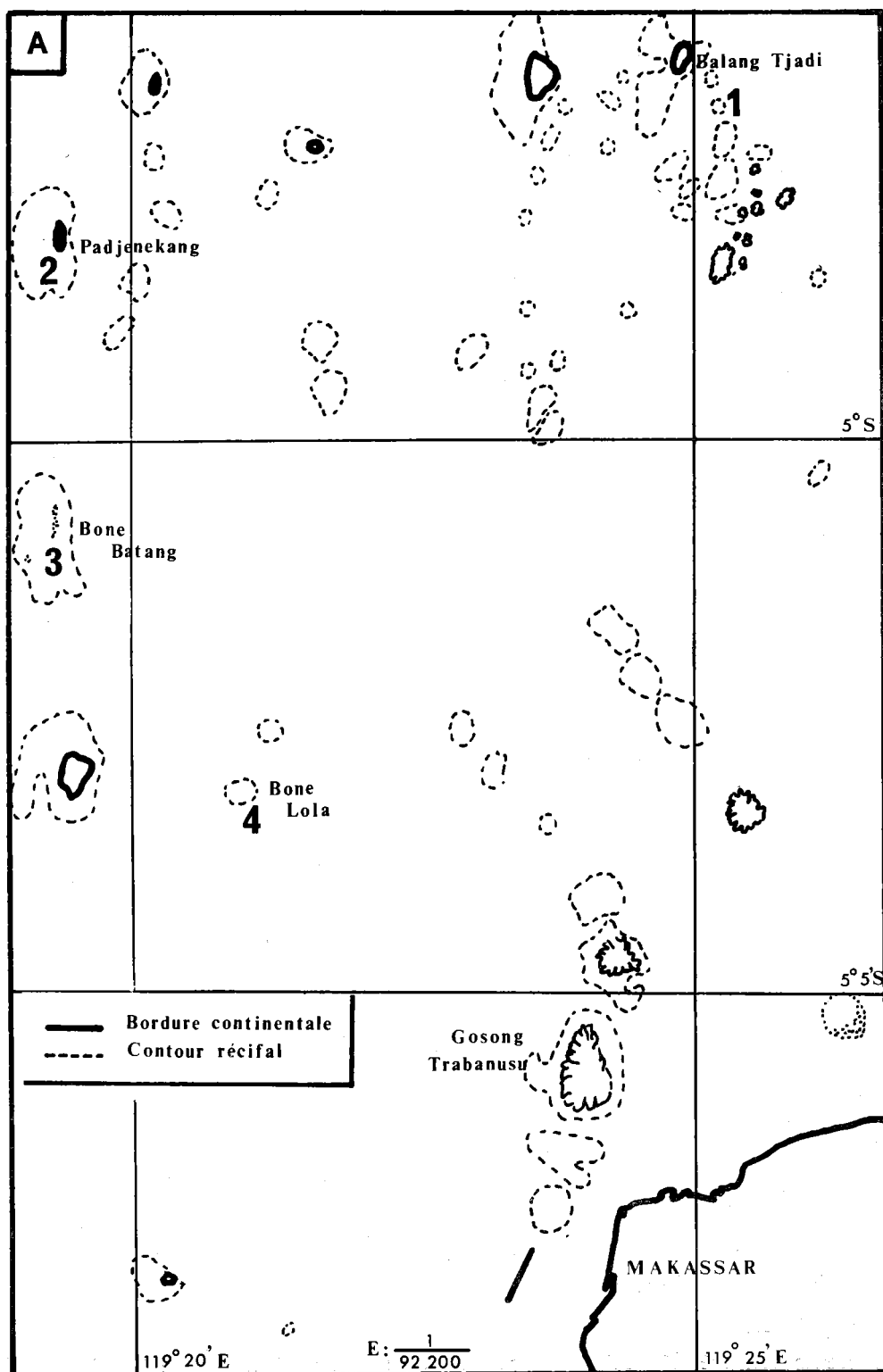


FIG. 4. — Localisation des zones prospectées dans l'archipel de Makassar.

tions en nitrates et en phosphates, les profondeurs étant trop faibles pour que ces teneurs soient significatives.

*La faune.*

Elle se caractérise par une faible diversité spécifique, du moins en ce qui concerne le platier de corail mort. On y remarque la présence de spongiaires, de mollusques des genres *Arca*, *Chama* et *Conus*, des échinodermes (*Lickia laevigata* et *Diadema setosa*) des tuniciers et des poissons appartenant aux familles des Scaridés, Labridés et Chaetodontidés.

Stations	1	2	3	4	5	6	7	8
Heures des mesures (heure locale)	10.45	10.30	12.15	13.15	15.40	10.35	12.15	11.15
Nébulosité (octas)	0	2	2	2	8	8	2	3
Vent (direction, force)	0	N.E. 2	N.E. 2	N.E. 2	0	0	N.E. 1	N.E. 3
Température (°C)	30,2	29,0	29,5	29,9	31,4	30,7	31,2	31,4
Salinité (‰)	34,30	34,29	34,29	34,29	32,42	32,39	36,92	37,03
Luminosité (10 <sup>9</sup> lux)	27	19	21	23,5	9,2	4,5	10	7,8

TABLE. 1. — Relevé des mesures effectuées sur les différents points d'observation (stations 1 à 4 : archipel de Makassar, 5 et 6 : archipel des Mille îles, 7 et 8 : golfe de Tadjoura).

*La flore.*

On note une grande abondance d'algues calcaires, particulièrement sur le pourtour du récif où dominent les genres *Lithotamnium* et *Goniolithon*. Outre ces Corallinacées, les espèces les plus fréquentes sont : *Caulerpa racemosa*, *C. okamurai*, *C. cupressoides*, *Turbinaria dentata*, *Sargassum crispifolium*, *Padina sp.* et *Laurencia papillosa*. Parmi les espèces accompagnatrices, on peut noter la présence de *Sargassum giganteifolium*, *Turbinaria murrayana*, *Halimeda opuntia*, *Amphiroa valonoides*, *Mastophora macrocarpa* et *Ceratodictyon spongiosum*.

Dans ce secteur, nous avons rencontré deux types d'*Eucheuma* : *E. cottonii* et *E. spinosum*. Le premier n'a été observé que sur deux des récifs visités, le second sur le seul récif de Balang Tjadi où il n'a pu être trouvé qu'une trentaine de pieds dont le plus gros ne dépassait pas 100 g. C'est là le résultat de la surexploitation de ces dix dernières années : l'archipel de Makassar qui fut une des régions les plus riches en *Eucheuma spinosum*, n'en produit pratiquement plus.

Nous avons donc décidé de poursuivre les observations dans une région de l'Indonésie où la récolte est interdite : l'archipel des Mille îles.

**b) L'archipel des Mille îles.**

Malgré son nom, l'archipel n'est constitué que par 367 îlots d'inégale importance. Les observations ont porté sur les récifs de Pulau Pari et Pulau Kongsî (1), (fig. 5).

(1) Nous présentons nos vifs remerciements au directeur du Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia qui nous a permis de travailler dans cette zone placée sous contrôle scientifique.

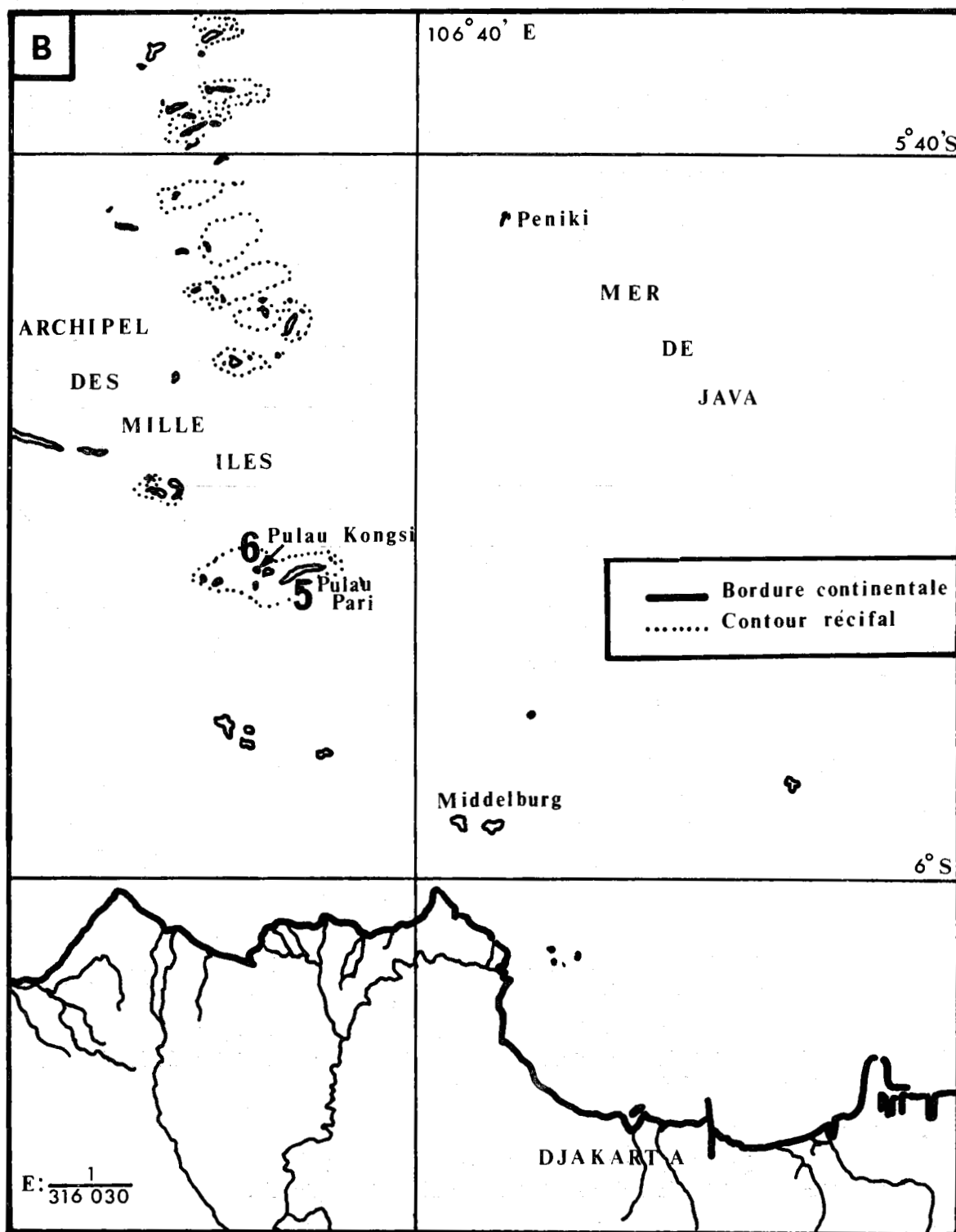


FIG. 5. — Localisation des zones prospectées dans l'archipel des Mille îles.

### Le substrat.

Le récif est du type plateforme. Le platier interne possède une largeur de 60 à 200 m ; il se compose de dômes coralliens, rarement vivants, séparés par des bandes sableuses ou des débris et se termine par une crête algale où se développent *Melobesia*, *Lithotamnium* et *Goniolithon*. Aux marées basses de vive eau, la couche d'eau qui le couvre est d'environ 80 cm.

### Les facteurs physiques.

Les résultats des mesures effectuées sont reportées dans le tableau 1. On remarquera que les valeurs de la salinité sont inférieures à celles notées à Makassar. Ceci a sans doute pour cause l'arrivée d'eau de ruissellement dont l'influence est très marquée lorsque sévit, comme c'était le cas, la mousson humide. La luminosité paraît anormalement faible (4 500 à 9 200 lux) lorsqu'on la compare à celle de Makassar (19 000 à 27 000 lux). Ceci est uniquement dû au fait que les conditions météorologiques, au moment de la mesure, étaient différentes : à Makassar, le ciel était limpide alors qu'aux Mille îles il était obscurci par une épaisse couche de nuages.

### La faune.

Le peuplement faunistique correspond point par point à celui observé à Makassar avec cependant une diversité spécifique plus grande, notamment au niveau des échinodermes et des pélicypodes.

### La flore.

Dans l'ensemble, la flore s'apparente à celle de Makassar. On y retrouve en effet les mêmes genres avec une diversité spécifique plus grande et un genre nouveau : *Turbinaria dentata* et *T. ornata*, *Caulerpa racemosa* (var. *Laete virens*, *clavifera* et *Chemnitzia*), *Caulerpa scalpelliformis*, *Sargassum crispifolium* et *S. giganteifolium*, *Padina sp.* et *Cystophyllum sp.*

Les espèces accompagnatrices sont plus variées qu'à Makassar : *Halimeda opuntia* et *H. discoides*, *Turbinaria murrayana*, *Caulerpa serrulata* et *C. cupressoides*, *Amphiroa valonioides*, *Gracilaria gigas*, *Corallopsis sp.*, *Ceratodictyon spongiosum*, *Galaxaura fasciculata*, *Mastophora macrocarpa*, *Valonia aegagropila*, *Plocamium sp.*, *Dictyota beccariana* et *D. bartayresiana*.

La densité d'*Eucheuma* au mètre carré est d'une dizaine de pieds environ, ce qui constitue une valeur élevée pour ce genre. On note la présence de trois variétés d'*Eucheuma spinosum*, de très nombreux pieds d'*Eucheuma edule* et de quelques thalles d'*E. cottonii*. Les turbinaires, les sargasses et les *Corallopsis* abondent sur la crête algale fortement battue ; les *Eucheuma* et les algues plus fragiles se groupent dans des zones mieux abritées.

A la suite de cette étude en Indonésie, il a été possible de déterminer un certain nombre de critères qui semblent conditionner la présence d'*Eucheuma spinosum* :

le biotope corallien sous une couche d'eau n'excédant pas 150 cm aux basses mers de vive eau (180 cm de marnage en Indonésie),

une température comprise entre 29,5 °C et 31,4 °C en octobre,

la salinité voisine de 33 ‰,

la luminosité située entre 4 500 et 27 000 lux.

La transplantation de l'*Eucheuma spinosum* hors de son aire de répartition a d'autant plus de chance de réussir que les conditions régnant dans le nouveau milieu se rapprochent de celles caractérisant le milieu d'origine, c'est-à-dire de celles définies ci-dessus.

II. — *Sélection et étude du biotope de transplantation.*

À la lumière de ces résultats on peut retenir, à priori, comme aires de transplantation possibles, celles indiquées sur la figure 2.

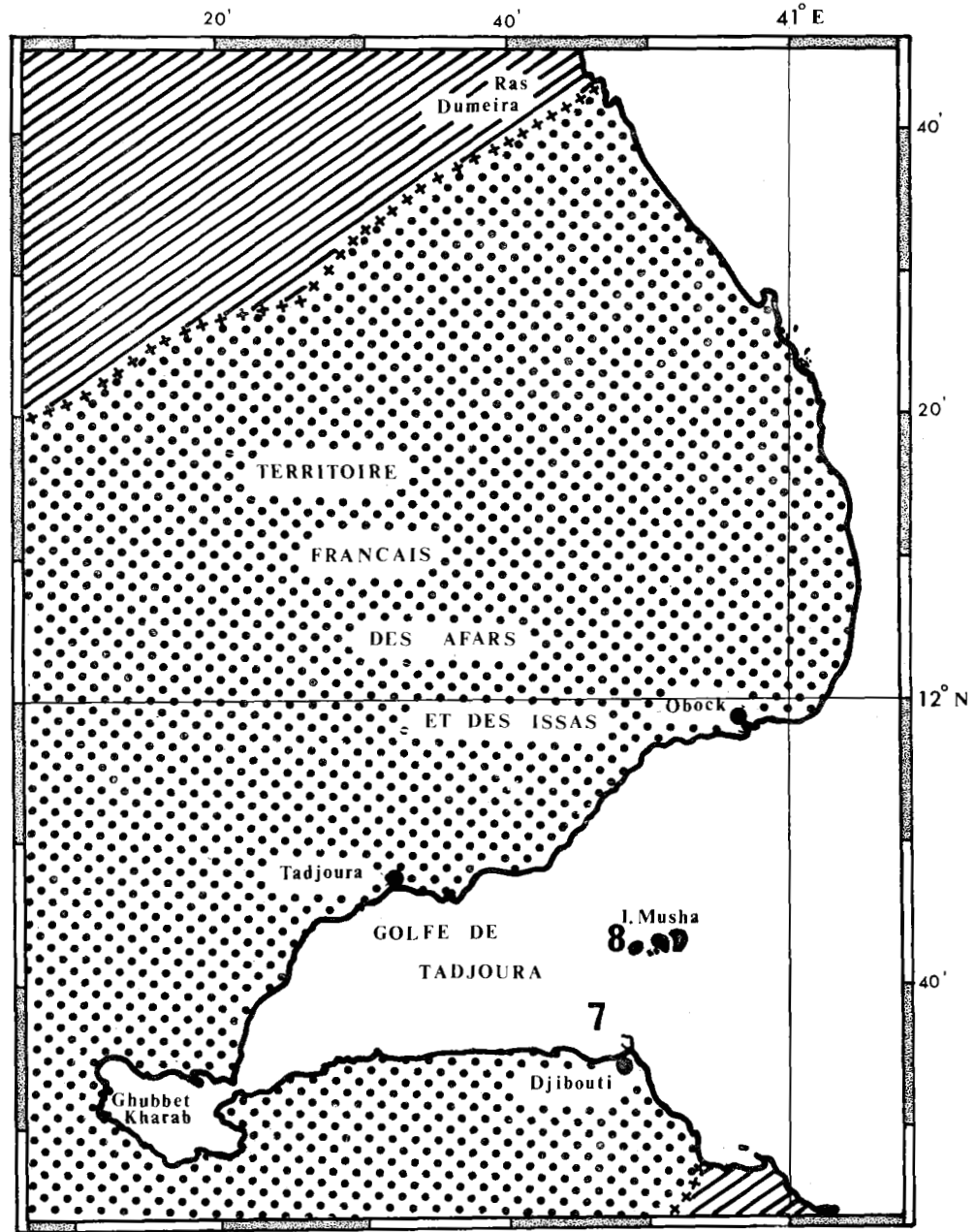


FIG. 6. — Côtes du Territoire Français des Afars et des Issas et secteur d'implantation retenu.

En fin d'analyse, nous avons arrêté notre choix sur le territoire français des Afars et des Issas (T.F.A.I.) qui offre, dans le golfe de Tadjoura, les conditions permettant d'espérer la réussite de la transplantation. Il constitue une zone sous législation française, ce qui a grandement facilité les



démarches administratives, et dispose en outre d'un centre de recherche très actif (Centre d'Etudes géologiques et de Développement) qui accepta spontanément de nous apporter une aide concrète.

Situées au milieu du golfe de Tadjoura, par 6 milles au nord de Djibouti, les îles Musha (fig. 6) ont paru être un point idéal pour les essais d'acclimatation d'*Eucheuma spinosum*, tant le biotope s'apparentait à celui observé aux Mille îles.

#### *Le substrat.*

Les îles Musha sont ceinturées par un massif corallien vivant, recouvert aux plus fortes basses mers par 40 à 50 cm d'eau.

#### *Les facteurs physiques.*

Pour faciliter la comparaison, les valeurs de la salinité, de la température et de l'éclairement sont regroupées dans le tableau 1. Un simple coup d'œil permet de constater que les températures sont identiques à celles enregistrées en Indonésie mais qu'il existe un écart assez important entre les valeurs des salinités. La luminosité peut paraître faible comparée à celle existant à Makassar mais elle est du même ordre que celle mesurée aux Mille îles. Elle aurait été plus élevée si le vent du NO qui soufflait depuis quelques jours n'avait provoqué une forte turbidité de l'eau.

#### *La faune.*

Elle diffère de la faune indonésienne par l'absence, du moins dans ce secteur, des échinodermes. La diversité spécifique des poissons est par contre élevée avec de nombreux Balistidés et Scaridés.

#### *La flore.*

Nous avons retrouvé trois des algues dominantes du biotope naturel d'*Eucheuma spinosum* à savoir : *Sargassum crispifolium*, *Tubinaria dentata* et *Padina* sp.

La *Padina* récoltée à Djibouti semble appartenir à la même espèce que celle de l'archipel indonésien mais la confirmation ne pourra en être apportée que lorsque nous aurons à notre disposition des spécimens portant les organes fructifères. Les turbinaires constituent des populations denses sur les pâtés coralliens. Au point de vue géographique, elles l'emportent nettement sur les sargasses alors qu'à la même période, en Indonésie, la proportion était équilibrée. En dehors des algues calcaires fort nombreuses, nous n'avons pas observé d'autres espèces remarquables.

La salinité mise à part, l'ensemble des facteurs caractérisant le biotope des îles Musha laissait supposer une possible adaptation d'*Eucheuma spinosum*. Seule l'acclimatation de quelques pieds pouvait en apporter la confirmation.

### III. — *Transplantation de l'algue.*

La transplantation de l'algue posa, on s'en doute, de nombreux problèmes. Les deux principaux furent le transport des thalles et la fixation de ces derniers dans le nouveau milieu. Il était indispensable de mettre parfaitement au point le système de fixation avant l'arrivée des algues. C'est donc ce problème que nous nous sommes d'abord efforcés de résoudre.

#### **a) Le substrat artificiel.**

Nous voulions pouvoir suivre la croissance pondérale des échantillons transplantés sans les détériorer. Il fallait donc un système de fixation qui permette de détacher les algues au moment de la pesée.

Après bien des essais, nous nous sommes arrêtés à la technique suivante qui, sans être parfaite, a cependant donné de bons résultats. Le substrat artificiel adopté est constitué de dalles en béton de 40 × 40 cm de côté et de 5 cm d'épaisseur. Sur ces dalles sont disposées un certain nombre de chevilles au moyen desquelles il est possible de fixer un carré de grillage plastique

par une vis en laiton (fig. 7). Chaque thalle est attaché sur un carré de ce type à l'aide d'un lien en polypropylène de longueur réglable.

Lorsque l'algue individualise ses crampons, ceux-ci s'agrippent au carré en plastique et non sur le ciment. Au moment de la pesée, il suffit d'ôter la vis et de porter sur la balance le carré, dont le poids est connu, et l'algue qu'il supporte. La mesure effectuée, l'opération inverse permet de replacer l'algue sur la dalle sans qu'il ait été nécessaire de briser les crampons de néoformation.

Chaque dalle est pourvue de quatre perforations pour le passage d'un filin de 8 mm de diamètre servant à la descendre sur le fond où à la remonter dans le bateau. Elle est en outre

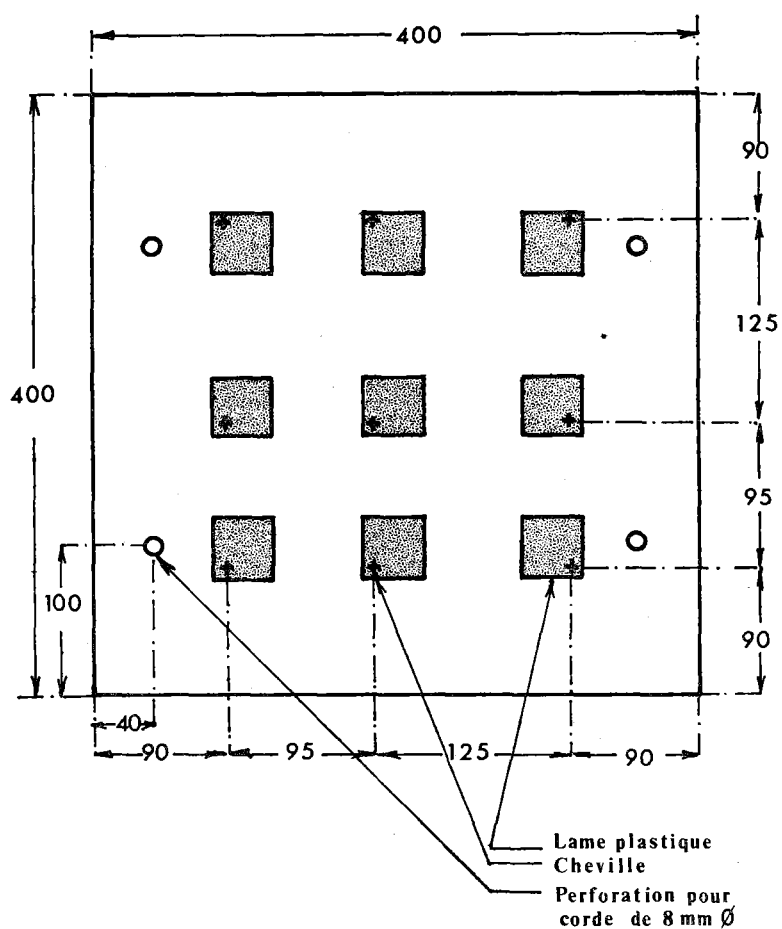


FIG. 7. — Schéma des dalles d'implantation utilisées à Djibouti.

recouverte d'une enceinte en treillage plastique, de 2 cm de maille, afin d'empêcher les prédateurs de venir brouter les plants. Les dalles ont été immergées pendant plus d'un mois, dans le milieu marin, pour permettre la diffusion des éléments toxiques contenus dans le ciment. Elles étaient ainsi prêtes, en octobre 1973, à recevoir les implants que nous ramenions d'Indonésie.

#### b) Le transport des implants.

Des expériences préliminaires ayant montré qu'*Eucheuma spinosum* supporte fort mal l'émersion, nous avons eu recours à un conditionnement humide.

Aussitôt récoltées, les algues furent placées dans des sacs plastiques contenant de l'eau de mer à raison de 300 g d'échantillon par litre de liquide. L'eau fut saturée en oxygène par barbotage et les sacs gonflés également à l'oxygène avant d'être fermés hermétiquement et disposés dans un container isothermique rigide. Lors de l'ensachage, quelques thalles soulevés par les bulles d'oxygène vinrent flotter à la surface de l'eau. Les ramifications qui émergèrent du liquide pendant le transport, se nécrosèrent rapidement, ce qui nous fit perdre près de 30 % des transplants. Il aurait suffi d'enfermer les algues dans des filets à mailles fines, légèrement plombés, pour pallier cet inconvénient mais les faibles moyens dont nous disposions sur place ne nous ont pas permis d'y remédier immédiatement. Ce perfectionnement sera, bien entendu, utilisé lors des prochains transports d'algues.

#### c) Mise en place des implants.

Après avoir éliminé les échantillons qui présentaient lors de l'arrivée à l'île Maskali (archipel de Musha) des nécroses trop marquées, nous avons pu implanter 84 thalles.

La première évaluation de la mortalité, qui se manifeste généralement par la dépigmentation et la flacidité du thalle, eut lieu 48 heures plus tard. De nombreuses algues présentaient deux parties nettement délimitées, l'une nécrosée, l'autre parfaitement saine. Il ne faisait donc pas de doute que la cause de la forte mortalité enregistrée avait pour cause l'imperfection du conditionnement signalée précédemment. Les fragments blanchâtres et flasques furent sectionnés afin de permettre une éventuelle régénération par les parties saines. Après cette opération, nous ne disposions plus que de 32 plants dont certains paraissaient avoir peu de chance de survivre ; la quantité de tissus restante semblait, en effet, trop faible pour assurer le métabolisme nécessaire à la régénération.

Compte tenu de l'état des algues, il nous a paru souhaitable de ne pas les soumettre à une manipulation supplémentaire. C'est la raison pour laquelle les premières mesures pondérables ont été reportées au mois suivant.

#### IV. — Croissance des implants.

Chaque mois, les algues ont été séparées des dalles en béton, immédiatement immergées dans des bacs remplis d'eau de mer et ramenées sur la plage. Après un égouttage rapide, chaque plant a été pesé avec son support plastique, au moyen d'une balance à lecture directe.

*Eucheuma spinosum* est une algue relativement fragile qui supporte mal l'agitation de l'eau. En effet, elle a tendance, dans un milieu même moyennement battu, à se briser dès que sa taille devient trop importante. Pour éviter un tel inconvénient, nous avons systématiquement bouturé les thalles chaque fois que leur poids dépassait 200 g, de façon à obtenir des pieds de 100 g environ.

Le poids total des *Eucheuma* était de 730 g le 21 décembre 1973, soit un mois après l'implantation proprement dite. Cinq mois et demi plus tard, il atteignait 11 510 g et avait donc été multiplié par 16 (fig. 8). Le taux de croissance, très élevé les premiers mois, a décliné ensuite jusqu'en avril-mars ; une légère reprise a été notée en mai et juin. On peut, à priori, énumérer plusieurs facteurs susceptibles d'influer sur l'activité métabolique : fluctuations des caractéristiques du milieu ambiant, vieillissement des plants, modification métabolique précédant la reproduction. Seule la poursuite de l'expérience sur un cycle annuel pourra apporter quelques éléments de réponse.

Notons cependant que la faible valeur enregistrée en avril s'explique par le fait que, durant le mois de mars, les conditions météorologiques ont été très mauvaises (ciel couvert, vent induisant une forte agitation de l'eau). Nous ne fûmes donc pas surpris de constater, lors des mesures du 10 mars, que de nombreux thalles avaient été endommagés. Les fragments brisés, dont le poids oscillait entre 10 et 30 g, ont été refixés sur les dalles. Or, nous avions précédemment

observé que les thalles d'un poids inférieur à 30 g ne se développaient que lentement et que la croissance ne devenait forte que lorsque le pied atteignait 50 g environ. Cette activité méristématique réduite explique le faible pourcentage total calculé pour avril. En fait, les plants non endommagés ont eu un taux de croissance de 58 %. Il en est de même pour le mois de mai où le calcul de croissance ne tient pas compte des pertes importantes occasionnées par les prédateurs, pertes qu'il est difficile d'évaluer avec exactitude.

Dans l'ensemble, ces premiers résultats concernant la croissance de l'algue sont encourageants et dénotent une bonne adaptation d'*Eucheuma spinosum* à son nouveau milieu.

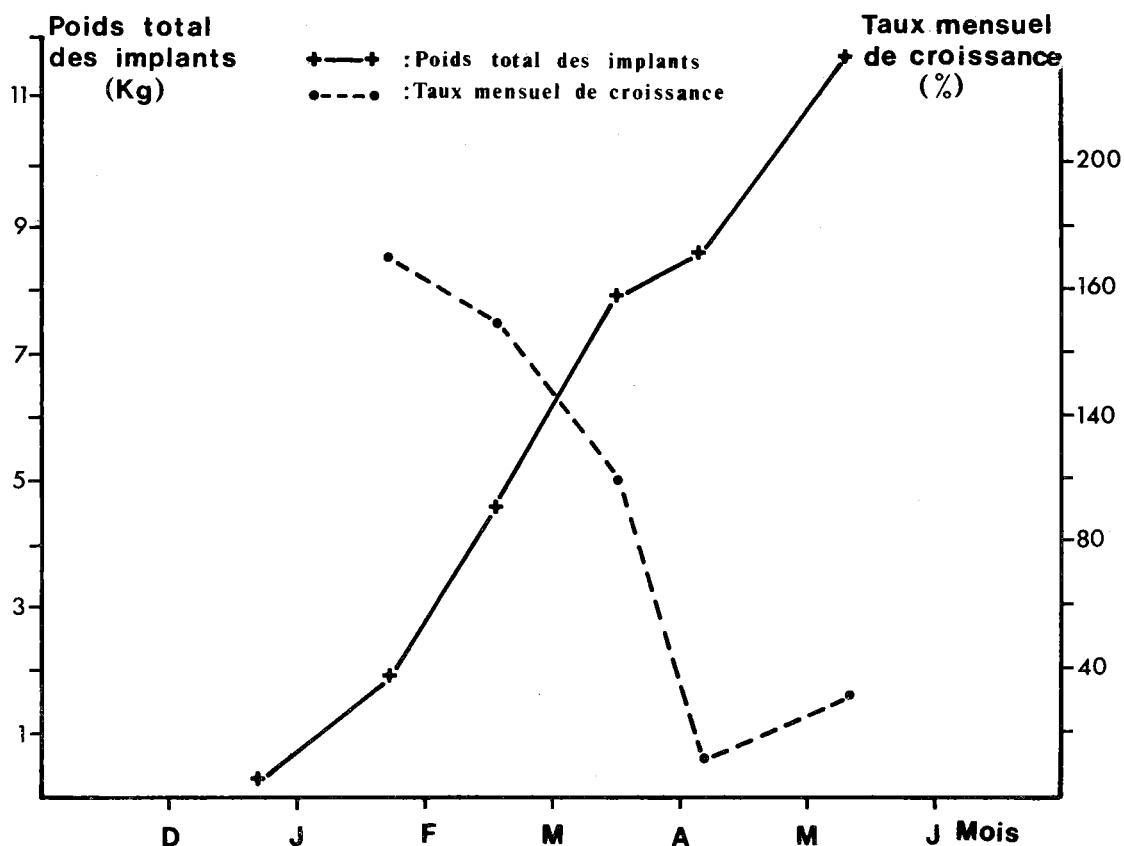


FIG. 8. — Croissance mensuelle des thalles d'*Eucheuma spinosum* implantés à Djibouti.

Sur le plan économique, l'acclimatation d'*Eucheuma spinosum* n'est intéressante que si, en plus d'une croissance égale ou supérieure à celle notée dans son milieu d'origine, l'espèce reste utilisable pour l'industrie, c'est-à-dire continue à produire le carraghénane pour lequel elle est précisément recherchée. Afin de vérifier si la transplantation n'avait pas altéré les qualités du produit extractible, nous avons analysé deux échantillons d'algues prélevés en mars et avril.

#### V. — Caractéristiques physico-chimiques du produit extrait.

Les principaux critères permettant de définir si le produit extrait des échantillons transplantés est commercialement intéressant, sont au nombre de cinq : quantité de substance extractible, nature chimique du composé, taux de sulfates contenus dans la molécule, faculté de l'extrait à donner des gels et viscosité du produit en solution aqueuse.

**a) Techniques de mesure.**

*Estimation de la teneur en carraghénane.*

La méthode utilisée est celle généralement employée par les usines traitant les algues rouges.

Un échantillon de 2,5 g d'algue sèche, à taux d'humidité résiduelle connu, est mis en digestion dans 300 ml de soude 0,1 N. Le mélange est chauffé au bain-marie à 95 °C pendant 75 mn. On obtient ainsi une solution de carraghénane de sodium qui est ensuite précipité par l'addition de 1 200 ml d'éthanol 95°. Le précipité est centrifugé, recueilli sur filtre, abondamment lavé à l'éthanol absolu puis desséché à l'étuve jusqu'à poids constant.

*Nature du carraghénane.*

Elle se définit par l'étude en spectrophotométrie infra-rouge d'un film de carraghénane de sodium préparé comme suit.

20 ml d'une solution à 0,40 % de carraghénane de sodium sont placés dans une boîte de Pétri à fond rigoureusement plan. La boîte est placée dans une étuve à 60 °C jusqu'à l'évaporation totale de l'eau. On obtient alors un film de carraghénane de sodium que l'on peut aisément détacher de son support. L'analyse est effectuée sur spectrophotomètre infra-rouge Beckman type 457.

*Détermination de la teneur en sulfates.*

A 0,5 g de carraghénane de sodium, placés dans un matras, on ajoute 40 ml d'acide nitrique et 10 ml d'acide perchlorique à 70 %. Le tout est chauffé sur une rampe à gaz, pendant 30 minutes, puis on laisse refroidir. La minéralisation est poursuivie par le rajout de 10 ml d'acide perchlorique. On chauffe à nouveau jusqu'à l'obtention d'un volume final d'environ 10 ml. La solution est ajustée à 100 ml, avec de l'eau distillée, et filtrée s'il y a lieu. Les sulfates sont précipités par l'adjonction d'un excès de chlorure de baryum. Le précipité est recueilli sur filtre, lavé à l'eau distillée et séché à l'étuve jusqu'à poids constant. Du poids de sulfate de baryum obtenu, on déduit aisément la teneur en sulfates du corps analysé.

*Estimation de la viscosité.*

Un gramme de carraghénane, en poids sec, est mis en solution dans 100 ml d'eau distillée et le mélange agité jusqu'à homogénéité. La mesure est effectuée au moyen d'un viscosimètre Hoppler type CH, à 20 °C.

*Estimation du pouvoir de gélification.*

On évalue la force du gel créé par l'addition de carraghénane dans de l'eau distillée ou du lait.

*Gel à l'eau.*

La force du gel à l'eau est conventionnellement mesurée en présence de chlorure de sodium. A cet effet, une solution à 1,5 % de carraghénane et 0,75 % de chlorure de sodium est homogénéisée puis portée à ébullition. Après refroidissement, la force de gel est mesurée au moyen d'un gélo-mètre Bloom muni d'un piston de 25 mm. Afin de disposer de points de comparaison, les forces de gel des produits Pierrefitte-Auby X 52, et HV 6 sont également été évaluées.

*Gel au lait.*

A 500 ml de lait reconstitué sont ajoutés 1,5 g de carraghénane. Le tout est porté à ébullition puis refroidi. La détermination de la force de gel est pratiquée à l'aide d'un viscosimètre Brookfield type RVT, muni d'un pied Helipath avec aiguille de 27 mm.

**b) Résultats.**

Les résultats relatifs aux caractères physico-chimiques du produit extrait sont regroupés dans le tableau 2.

L'analyse infra-rouge de la substance extraite des algues acclimatées donne un spectre caractéristique des carraghénanes (fig. 9) avec notamment les bandes d'absorption à  $1\,230\text{ cm}^{-1}$  (groupement  $S = 0$ ),  $930\text{ cm}^{-1}$  (3,6 anhydrogalactose) et  $845\text{ cm}^{-1}$  (groupement axial C-O-S sur le quatrième carbone du 1,3 galactose). La bande d'absorption à  $805\text{ cm}^{-1}$  traduit la vibration du groupement C-O-S du 3,6 anhydrogalactose et indique que nous sommes bien en présence de carraghénane iota.

Echantillon Test	Mars	Avril	X 52	HV 6
Teneur (% du poids sec)	35,2	36,4	—	—
Viscosité (cp.)	160	870	—	—
Sulfates (rapp. molaire) SO <sub>4</sub>				
Hexose total	0,87	0,85	—	—
Force de gel dans l'eau (g.)	—	84	45	41
Force de gel dans le lait (cp.)	—	250 000	150 000	200 000

TABLE. 2. — Tableau résumant quelques caractéristiques chimiques du carraghénane extrait à partir des algues implantées à Djibouti.

Les valeurs du rapport molaire des sulfates sur l'hexose total sont comparables à celles calculées par STANCIOFF et STANLEY (1) (1969) sur le carraghénane iota obtenu à partir d'*Eucheuma spinosum* indonésien.

Le teneur en carraghénane iota des *Eucheuma* transplantées, ainsi que la viscosité de celui-ci, sont du même ordre que celles habituellement notées pour cette espèce.

Les forces de gel obtenues dans l'eau et dans le lait peuvent être considérées comme excellentes puisqu'elles sont supérieures à celles de produits commerciaux de haute qualité tels le X 52 et le HV 6.

Ces résultats s'accordent parfaitement pour attester que les échantillons provenant du T.F.A.I. contiennent un carraghénane identique à celui présent chez *Eucheuma spinosum* de l'archipel indonésien. Le changement de biotope n'a donc pas eu de répercussion notable sur l'anabolisme de cette substance.

**Conclusion.**

L'état actuel des travaux nous permet de tirer les premières conclusions sur la possibilité d'acclimater l'algue *Eucheuma spinosum* aux côtes du Territoire français des Afars et des Issas.

(1) STANCIOFF (D.J.) et STANLEY (N.F.), 1969. — Infrared and chemical studies on algal polysaccharides. — *Proc. Intl. Seaweed Symp.*, 6 th, p. 595-609.

Du point de vue biologique, nous pouvons considérer les résultats comme particulièrement encourageants. Les implants ont non seulement survécu mais ils ont en plus montré une croissance très élevée, ce qui a permis d'augmenter rapidement le nombre d'individus par bouturage et de multiplier par 16, en l'espace de cinq mois, le poids initial des thalles transplantés.

Les analyses ont montré, en outre, que le transport et le changement de biotope n'ont pas modifié les qualités fondamentales du produit commercialement intéressant, celui-ci rentrant dans les normes industrielles requises pour le carraghénane iota.

L'objectif à long terme de cette étude est de développer la culture d'*Euclima spinosum* sur les côtes du T.F.A.I. Comme toutes les cultures d'algues, celle-ci ne sera réalisée que si elle

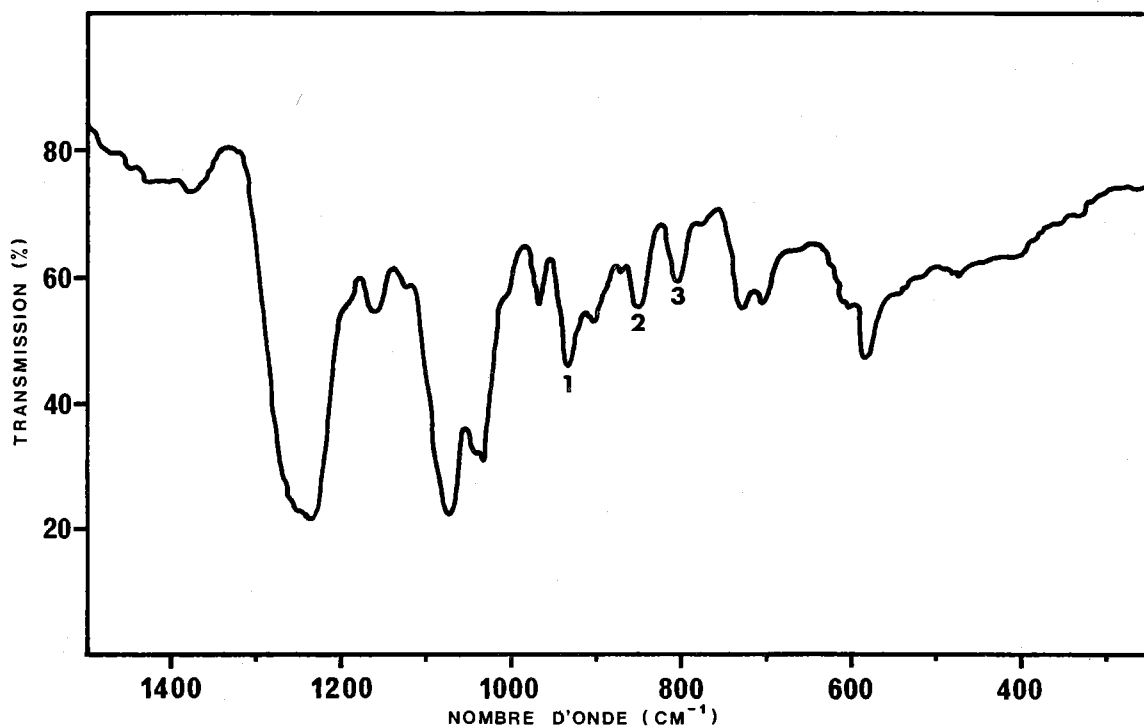


FIG. 9. — Spectre infra-rouge du carraghénane extrait des algues implantées. Bandes de vibration : 1 = 3,6 anhydrogalactose ; 2 = C-O-S sur le C4 du 1,3 galactose ; 3 = C-O-S du 3,6 anhydrogalactose.

s'avère rentable. Or, on ne peut raisonnablement espérer cette rentabilité tant que le bouturage constituera le seul moyen de multiplication. Il faut donc parvenir à une prolifération par reproduction sexuée qui permettrait d'ensemencer à volonté rocs, filets et cordes. Ainsi apparaît la nécessité de la connaissance et de la maîtrise totale des différentes phases du cycle ontogénique d'*Euclima spinosum*. Cette étude correspond à la quatrième phase de notre programme.

Si cette dernière phase conduit à des résultats positifs, on pourra espérer le développement d'une activité rémunératrice pour la population côtière et la naissance d'une source de matière première de haute qualité relativement proche de nos usines de traitement.

*Nous tenons à exprimer notre gratitude au Directeur du Centre d'Etudes géologiques et de Développement du T.F.A.I., ainsi qu'à ces collaborateurs, pour l'aide efficace qu'ils nous apportent. Nous remercions également la Société PIERREFITTE-AUBY dont le soutien nous est extrêmement précieux.*

