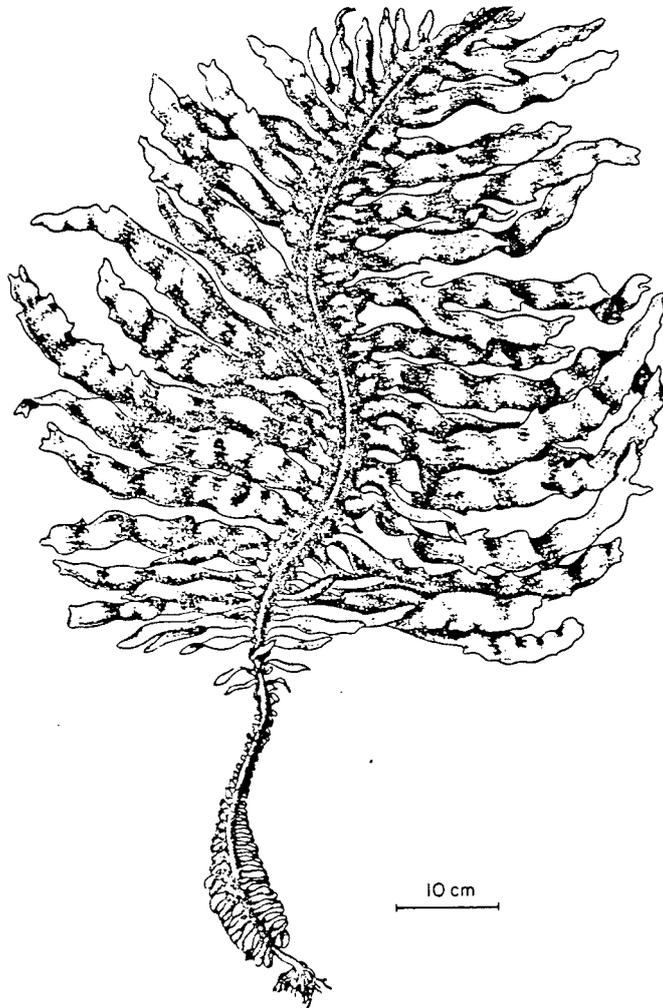


EVALUATION DU RISQUE ECOLOGIQUE PRESENTE PAR
L'INTRODUCTION DE L'ALGUE JAPONAISE
UNDARIA PINNATIFIDA
DANS LA BAIE DE LAMPAUL A OUESSANT.



CONTRAT IFREMER-UBO

RAPPORT 30 OCTOBRE 1988

J.Y. FLOCH
Dr. d'Etat
Faculté des Sciences
BREST

SOMMAIRE

Introduction	1
Missions en Asie et en Méditerranée	4
<i>Undaria</i> en Corée du Sud	5
<i>Undaria</i> au Japon	14
<i>Undaria</i> en Chine	22
<i>Undaria</i> en Méditerranée	29
Conclusions des missions en Asie et en Méditerranée	32
<i>Undaria pinnatifida</i> sauvage à l'île d'Ouessant	36
le site d'étude à Ouessant	37
le calendrier des transferts d' <i>Undaria</i> en mer à Ouessant	38
recherche de <i>Undaria</i> sur les filières à moules	39
recherche de <i>Undaria</i> sur les surfaces rocheuses	43
Discussion et conclusion des prospections à Ouessant	50
Conclusions générales	51
Annexes	54

EVALUATION DU RISQUE ECOLOGIQUE PRESENTE PAR L'INTRODUCTION DE L'ALGUE JAPONAISE *UNDARIA PINNATIFIDA* DANS LA BAIE DE LAMPAUL A OUESSANT.

J.Y. FLOC'H

BREST - 30 OCTOBRE 1988

Introduction

L'algue *Undaria pinnatifida* est utilisée au Japon, sous le nom de Wakamé, dans l'alimentation humaine. Elle sert essentiellement dans les soupes, les salades et en accompagnement de plats divers. L'espèce n'était connue jusqu'à ces dernières années que dans les mers du Sud-Est de l'Asie (Corée, Japon, Chine). En 1971 elle a été découverte dans l'étang de Thau, en Méditerranée. On pense généralement qu'elle y a été introduite accidentellement en même temps que le naissain d'huîtres importé d'Extrême Orient (Pérez *et al.*, 1981). L'espèce s'y est acclimatée et s'y reproduit naturellement chaque année. En 1981 les populations naturelles d'*Undaria pinnatifida* avaient franchi les limites du bassin de Thau et l'algue était signalée en milieu ouvert le long des digues du port de Sète.

Une étude de la croissance de *Undaria pinnatifida*, à l'état sauvage, dans son nouveau site méditerranéen, a montré que son comportement y est semblable à celui de l'espèce en Corée et au Japon: les sporophytes (partie visible de l'algue) apparaissent à l'automne dans le milieu naturel, la croissance est maximale en mars, l'algue se reproduit de mai à juillet et disparaît totalement à l'oeil nu au cours du mois de juillet (Pérez *et al.*, 1984).

On sait, par des cultures en laboratoire, que l'espèce passe l'été sous un aspect microscopique (gamétophytes mâles et femelles), état pendant lequel se réalise la fécondation nécessaire à la reprise de la végétation à l'automne.

L'ensemble du cycle de l'algue est représenté de manière schématique par la Figure 1.

La technique de culture, imitée de celle des algoculteurs coréens et japonais, a été appliquée en France dans un but commercial (Pérez *et al.*, 1984). Les auteurs ontensemencé les collecteurs à partir de spores provenant de l'algue méditerranéenne, puis ils ont transporté, à partir de 1983, à titre expérimental, les cordelettes ainsi garnies de plantules, dans trois sites de l'Océan Atlantique:

- dans l'estuaire de la Rance, au Nord de la Bretagne,
- à l'île d'Ouessant, à l'Ouest,
- et à l'île de Groix, au Sud.

Cette expérimentation était fondée sur deux hypothèses des chercheurs d'IFREMER:

1- l'algue était susceptible de mieux se développer dans des eaux moins chaudes que celles de la Méditerranée, ce qui devait conduire à un meilleur rendement des cultures,

2- la reproduction de l'algue serait impossible dans les nouveaux sites naturels, du fait des températures relativement basses des eaux de l'Atlantique pendant l'été, période de la fécondation de l'algue, et de la faiblesse de la compétitivité de *Undaria* vis à vis des autres algues. Ceci, de l'avis des auteurs, rendait la dissémination de l'espèce hautement improbable sur ces côtes. Un rapport d'IFREMER (DRV/AQ N° 009, Paris, le 5 Avril 1985) concluait: "*Au vu des observations réalisées depuis 15 ans sur les effets des transplantations, tant accidentelles que voulues, d'Undaria pinnatifida sur les côtes atlantiques françaises, il apparaît que la dissémination de cette espèce sur ces côtes est hautement improbable et, de plus, aisément contrôlable. En raison de l'intérêt économique substantiel de cette algue, les expériences de culture doivent être poursuivies*".

C'est à la demande d'IFREMER et suivant les recommandations du Conseil International pour l'Exploration de la Mer que la présente étude a été entreprise. Elle avait pour but de vérifier les conclusions émises par les auteurs de la culture expérimentale d'*Undaria* en Atlantique, c'est à dire d'évaluer les risques écologiques présentés par l'introduction et le développement de la culture d'*Undaria pinnatifida* sur le site d'Ouessant.

Le programme de cette étude comportait:

- l'étude de l'impact des cultures existantes sur les écosystèmes naturels tant à Ouessant que dans les autres parties du monde où l'algue *Undaria pinnatifida* a été introduite,
- l'identification des compétitions interspécifiques susceptibles d'intervenir dans les processus de colonisation,
- le suivi d'un éventuel cycle de reproduction d'*Undaria* sur le site

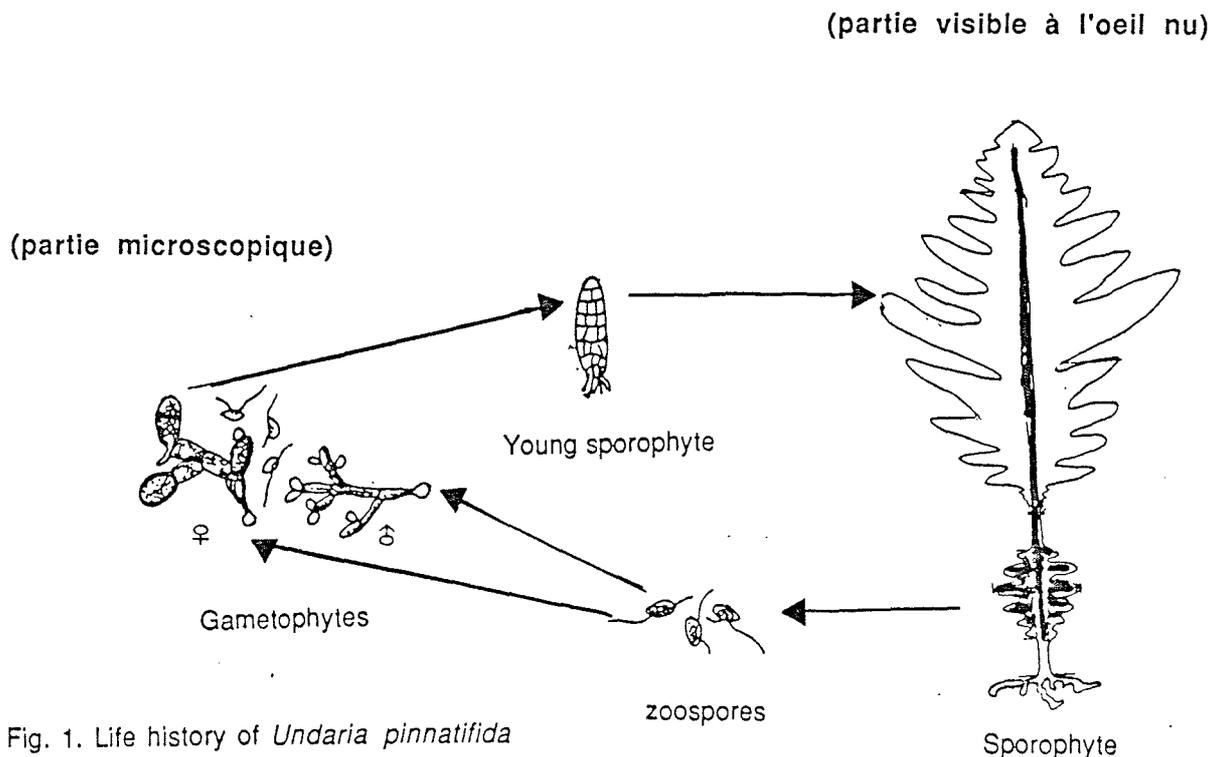
d'Ouessant,

- l'évaluation des capacités de propagation de l'algue selon les formes et les modes.

Ce programme a été réalisé de deux manières complémentaires par:

1- une étude des peuplements, naturels et cultivés, d'*Undaria pinnatifida* dans les divers pays du monde où l'algue est connue (Japon, Corée, Chine, Méditerranée). Cette partie comportait une analyse systématique de la bibliographie de l'algue, un examen sur le terrain et la rencontre des experts étrangers.

2- un suivi sur le site d'Ouessant, seul site français autorisé pour la poursuite des essais de culture d'*Undaria pinnatifida*. Ce suivi comportait une prospection approfondie de la baie de Lampaul afin de vérifier qu'aucun pied d'*Undaria* ne s'était échappé du périmètre qui lui était assigné pour la culture expérimentale.



RAPPORT SUR LES MISSIONS EN ASIE ET EN MEDITERRANEE

MISSION EN ASIE

Une mission a été effectuée en Asie du Sud-Est (Fig. 2) du 29 mars au 25 avril 1987 par J.Y. Floc'h, responsable scientifique de ce contrat.

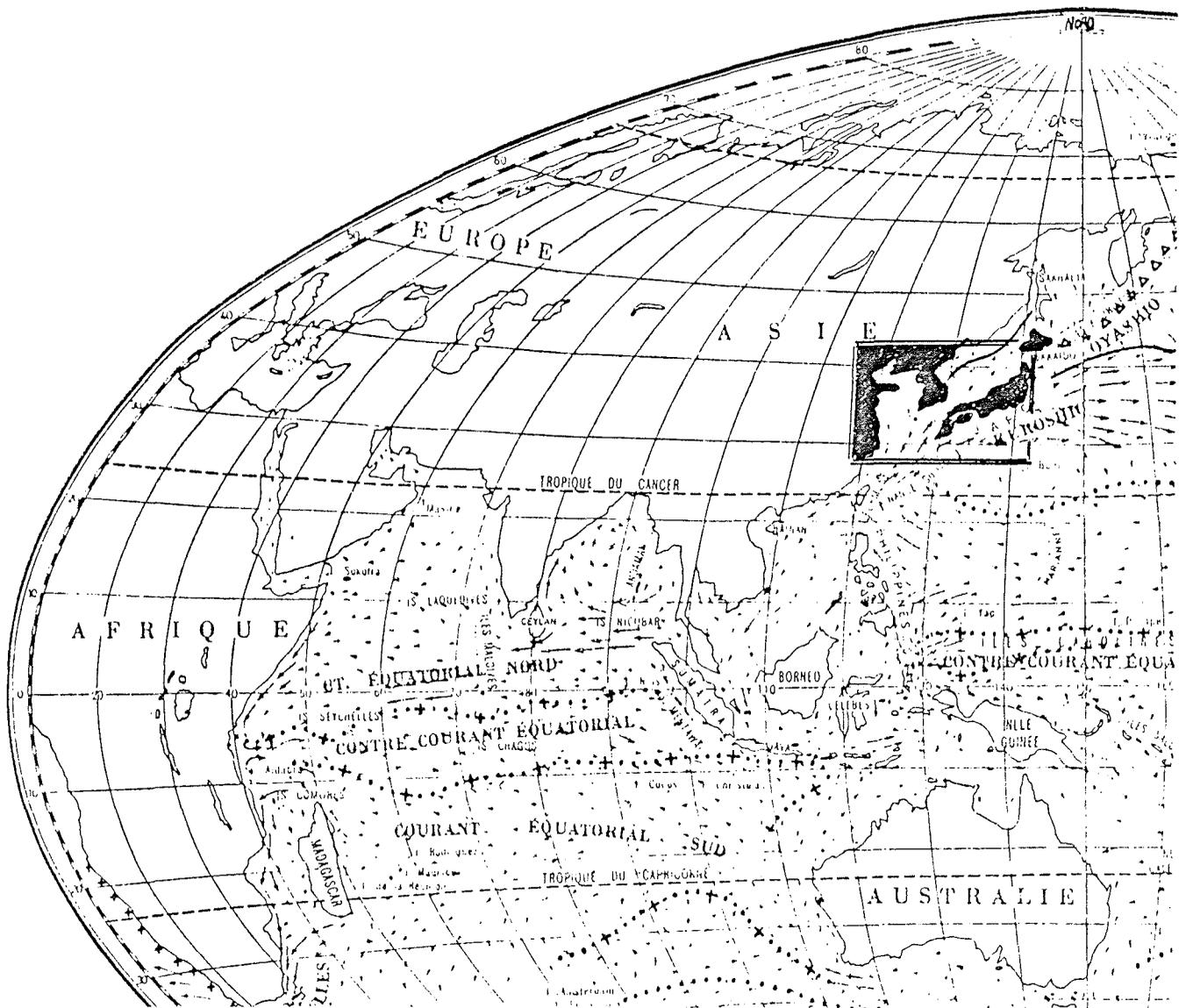


Fig. 2. Localisation des pays visités au cours de la mission 1987 en Asie (Corée du Sud, Japon, Chine) où l'algue *Undaria pinnatifida* est endémique et abondamment cultivée.

I. UNDARIA EN COREE DU SUD

(Mission du 29 mars au 9 avril 1987).

Organisation de la Mission

L'organisation de cette mission a été grandement facilitée par les recommandations d'IFREMER et notamment par l'aide efficace et attentionnée de Monsieur J.Y. LEE, Directeur de Recherche au Département de la Coopération Internationale, à qui l'auteur doit d'avoir été guidé efficacement et introduit auprès des diverses personnalités scientifiques rencontrées (Annexe 1). La qualité de l'accueil a été sans faille, et les échanges fructueux. J.Y. Floc'h a animé deux séminaires sur sa propre spécialité de recherche: "Transport à longue distance des éléments minéraux et des assimilats dans le thalle des grandes algues brunes", l'un au FRDA de Pusan, l'autre à l'Université de Pusan. Ces séminaires ont été suivis chacun par une cinquantaine de personnes.

Experts coréens rencontrés et visites sur le terrain.

Les principaux experts coréens rencontrés sont: Les Drs HUE et Na, tous deux venus auparavant à Ouessant lors des essais de culture d'*Undaria pinnatifida* effectués par IFREMER, les Drs CHANG et CHO, qui suivent actuellement sur place en Corée, les problèmes posés par l'aquaculture de *Undaria* et de *Porphyra*, ainsi que les Prof. KANG et SOHN, de l'Université de Pusan, qui ont publié des ouvrages généraux sur les algues des côtes coréennes.

Les visites sur le terrain ont été conduites par les Drs CHO et CHANG. Elles ont consisté en visites :

- de sites à *Undaria* dont un à Yang San (Fig. 3) où l'on a visité successivement un champ de culture à *Undaria*, le débarquement des algues récoltées et les différentes phases du traitement dans deux usines à Wakamé,
- d'une usine à Nori, à Kimhae, où l'on a pu assister à la mise en culture des *Conchocelis* sur coquilles d'huîtres, à partir du stade "free-living" et au traitement des *Porphyra* pour la préparation du Nori.

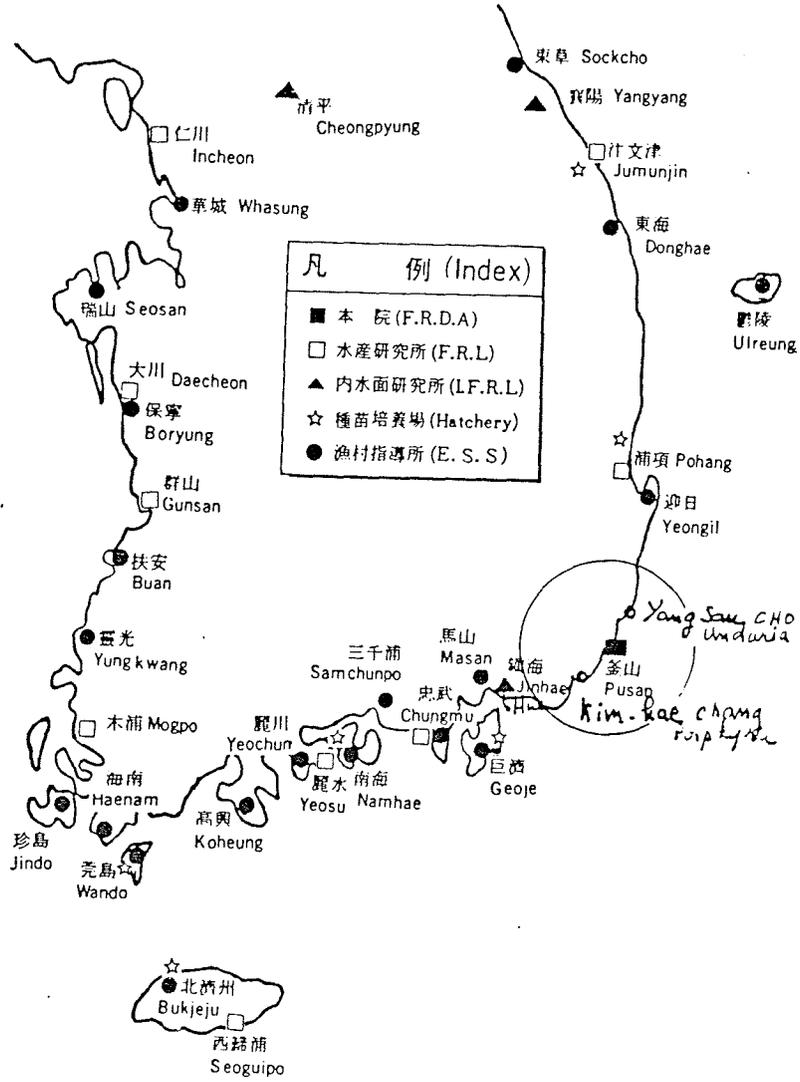


Fig. 3. Carte de la Corée du Sud montrant la localisation des Etablissements Scientifiques (FRDA et Université de Pusan) et des sites de cultures d'algues visités au cours de la mission en 1987.

Les cultures d'*Undaria* en Corée.

Quelques études ont été publiées sur les cultures d'*Undaria* en Corée. Nous ne retiendrons ici que celles qui sont susceptibles d'apporter des renseignements sur le comportement éventuel des algues à l'état sauvage.

La technique de culture d'*Undaria* est en tous points semblable à celle des Japonais (Chang et Chung, 1970; Chung et Chung, 1967). Le passage en mer se fait sur des cordages horizontaux, souvent faits d'assemblages de lanières de caoutchouc découpées dans de vieux pneus, maintenus par des flotteurs (Annexe 4).

L'un des problèmes rencontrés par les algoculteurs coréens est le "fouling" dû à l'envahissement des cordages par les Ulves qui deviennent des compétiteurs pour *Undaria*. Un autre problème gênant est la présence de copépodes qui ont tendance à percer des trous dans les frondes des algues cultivées.

La variation morphologique des *Undaria pinnatifida* cultivés a retenu l'attention des chercheurs coréens dans la mesure où elle pouvait refléter l'existence de deux variétés de l'algue. En réalité la variation de la forme de l'algue est attribuée à l'effet des facteurs de l'environnement et non pas à des différences d'ordre génétique.

Ainsi les observations de Sohn (1984) dans le site de culture de Onsan (Sud-Est de la Corée) militent en faveur de l'hypothèse selon laquelle les variations morphologiques d'*Undaria* dans cette baie, seraient dûes à l'influence de la position de l'algue dans le champ de culture lui-même, plutôt qu'à une différence d'ordre génétique entre les deux types. L'auteur fait intervenir, dans son étude, le rapport de la taille des incisions de la fronde, la largeur des sporophylles, la longueur du stipe, etc..., à la longueur totale de l'algue (Fig. 4). D'après les travaux de cet auteur on notera d'ailleurs que la taille des *Undaria* cultivés dans cette région, atteint 1 m de long en plein développement.

D'autres experts considèrent que les deux formes d'*Undaria pinnatifida* sont attribuables à l'influence de la température de l'eau (Hue, communication personnelle). Ce sont:

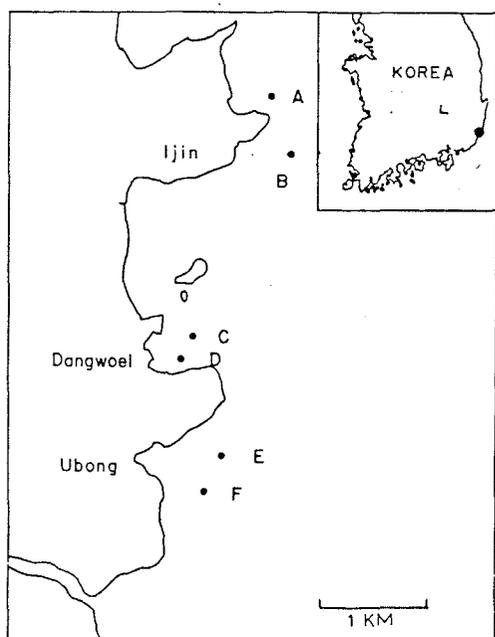
= une forme de mer froide :

- stipe long et étroit, de section ronde,
- sporophylles petites (10 cm de long, 5cm de diamètre)
- incisions profondes de la lame
- distance courte entre le fond des incisions et la nervure
- lanières longues (30-40 cm)
- petit nombre de lanières par fronde
- longueur moyenne du thalle: 1,30m- 1,50m(atteignant 2m)

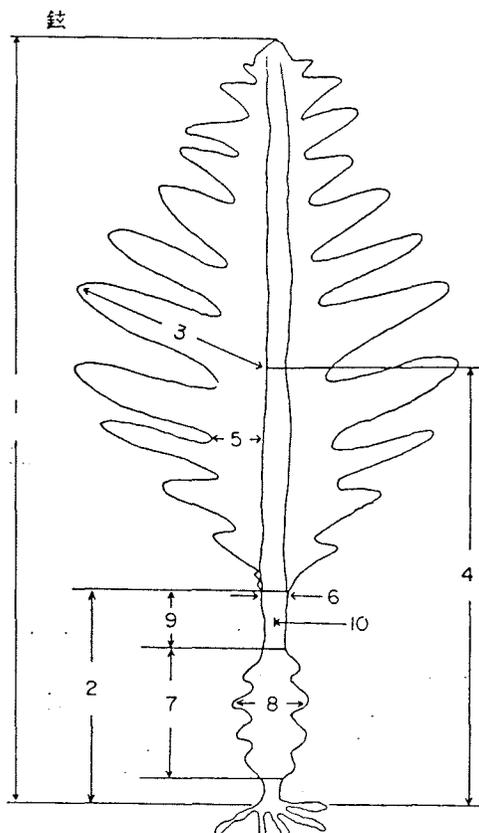
Selon le même expert, cette forme d'*Undaria*, apparaîtrait également dans les peuplements à forte densité, indépendamment de la température de l'eau.

= une forme de mer chaude:

- stipe court et large, de section ovale,
- incisions moins profondes de la lame
- distance grande entre le fond des incisions et la nervure
- lanières courtes (20cm) et peu nombreuses
- longueur moyenne du thalle: 1m.



A map showing the location of the six survey stations in Onsan bay.



Dimensions of the thallus of *Undaria pinnatifida*

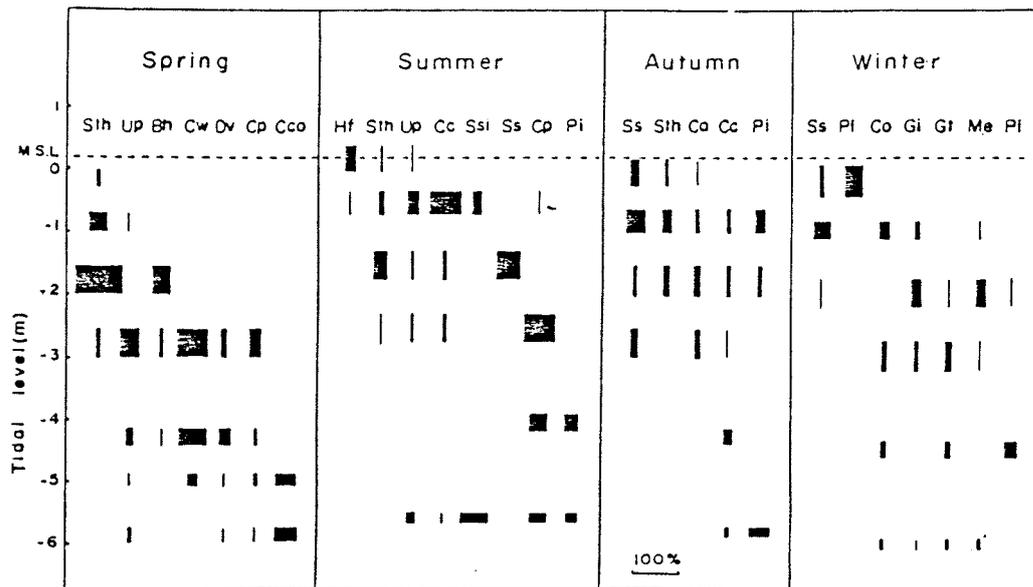
1, total length; 2, stipe length; 3, length of the longest pinnate blade; 4, length between the longest pinnate blade and holdfast; 5, longest between basal top of the incision and midrib; 6, width of midrib; 7, sporophyll length; 8, sporophyll width; 9, length between vegetative blade and sporophyll; 10, thickness of midrib.

Fig. 4. Paramètres utilisés pour la distinction des formes d'*Undaria pinnatifida* en Corée (d'après Sohn, 1984).

Les peuplements naturels à *Undaria* en Corée.

Les culture d'*Undaria* de la Corée ne sont pas réalisées à partir des peuplements d'algues sauvages de ce pays, mais à partir de souches provenant du Japon. Pourtant *Undaria pinnatifida* est bien une espèce endémique de la Corée. Bien entendu, on ne peut pas, de nos jours, distinguer les populations d'*Undaria* sauvages autochtones et les populations d'*Undaria* redevenues sauvages à partir des champs de culture.

On connaît une autre espèce d'*Undaria* sur les côtes de la Corée: *Undaria peterseniana*. Mais *Undaria pinnatifida* est la plus fréquente, et elle apparaît dans la plupart des inventaires des algues de la Corée du Sud: - à l'Ouest et au Sud (Kim, H.G., C.H. Sohn et J.W. Kang, 1986);



. Vertical distribution represented with relative coverage of major component algal species at transect line A in each season. Species exhibiting relative coverage in less than 5% were excluded from the figure (Sth; *Sargassum thunbergii*, Up; *Ulva pertusa*, Bh; *Bonnemaisonia hamifera*, Cw; *Chrysmenia wrightii*, Dv; *Delesseria serrulata*, Cp; *Chondrus pinnulatus* f. *armatus*, Cco; *Costaria costata*, Hf; *Hizikia fusiformis*, Cc; *Chondrus crispus*, Ssi; *Sargassum siliquastrum*, Ss; *Sargassum sagamianum*, Pi; *Phyllospadix japonica*, Co; *Chondrus ocellatus*, Pi; *Pachymeniopsis lanceolata*, Gi; *Gigartina intermedia*, Gt; *Gigartina tenella*, Me; Melobesioideae, Gf; *Gymnogongrus flabelliformis*, Lr; *Laminaria religiosa*, Ga; *Gelidium amansii*, Do; *Dilophus okamurae*, Dd; *Dictyopteris divaricata*, Upi; *Undaria pinnatifida*). X

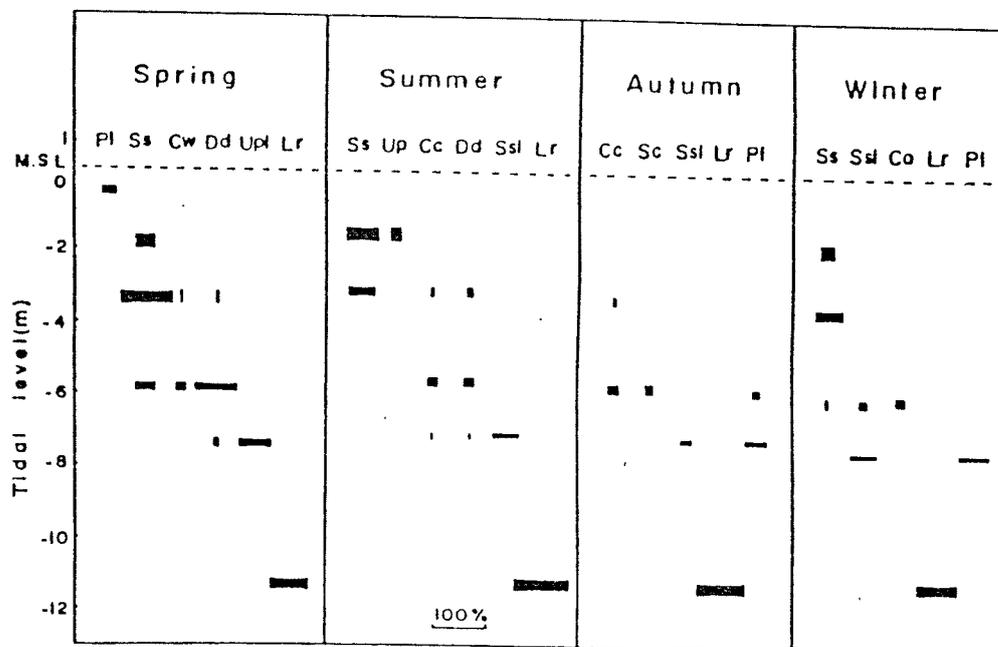
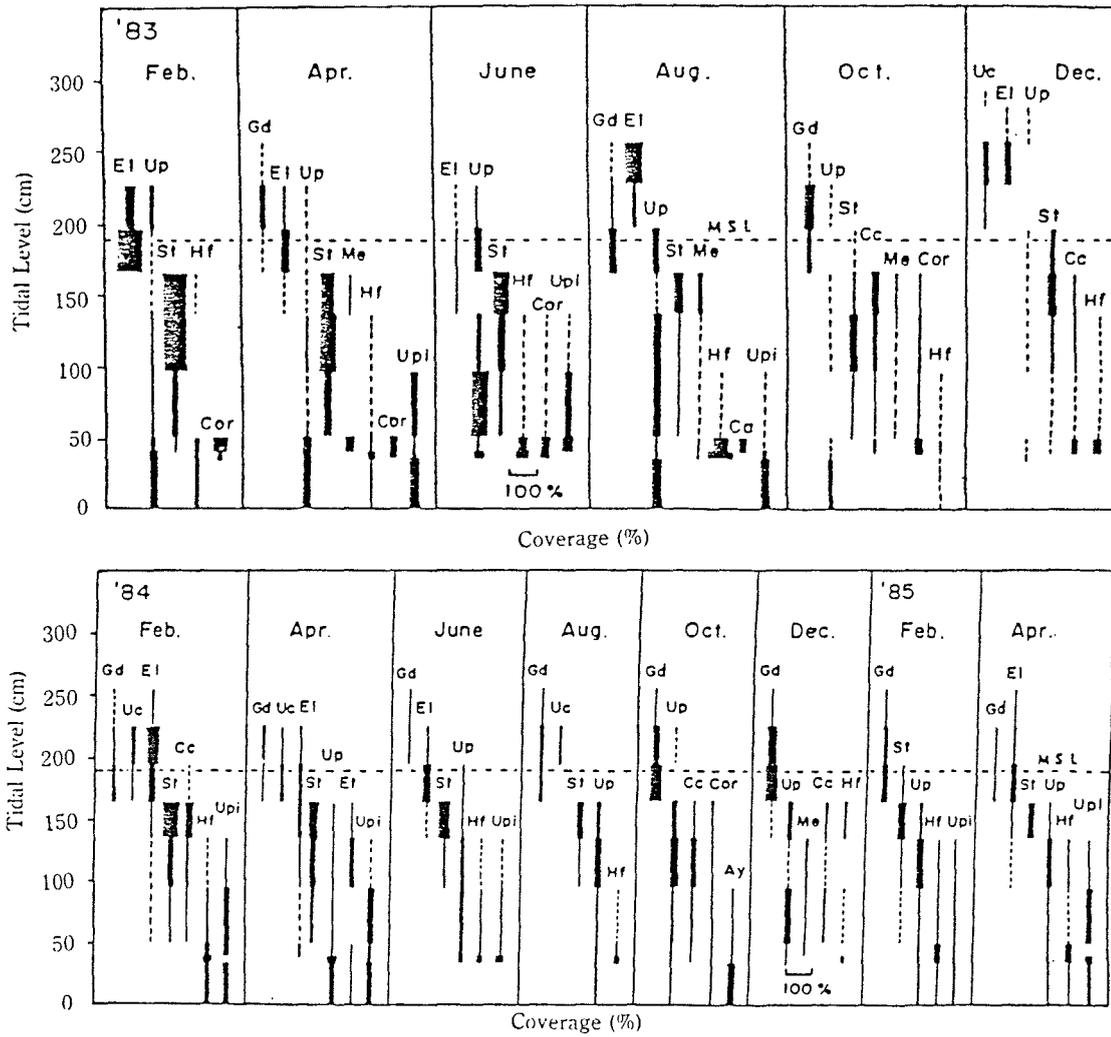
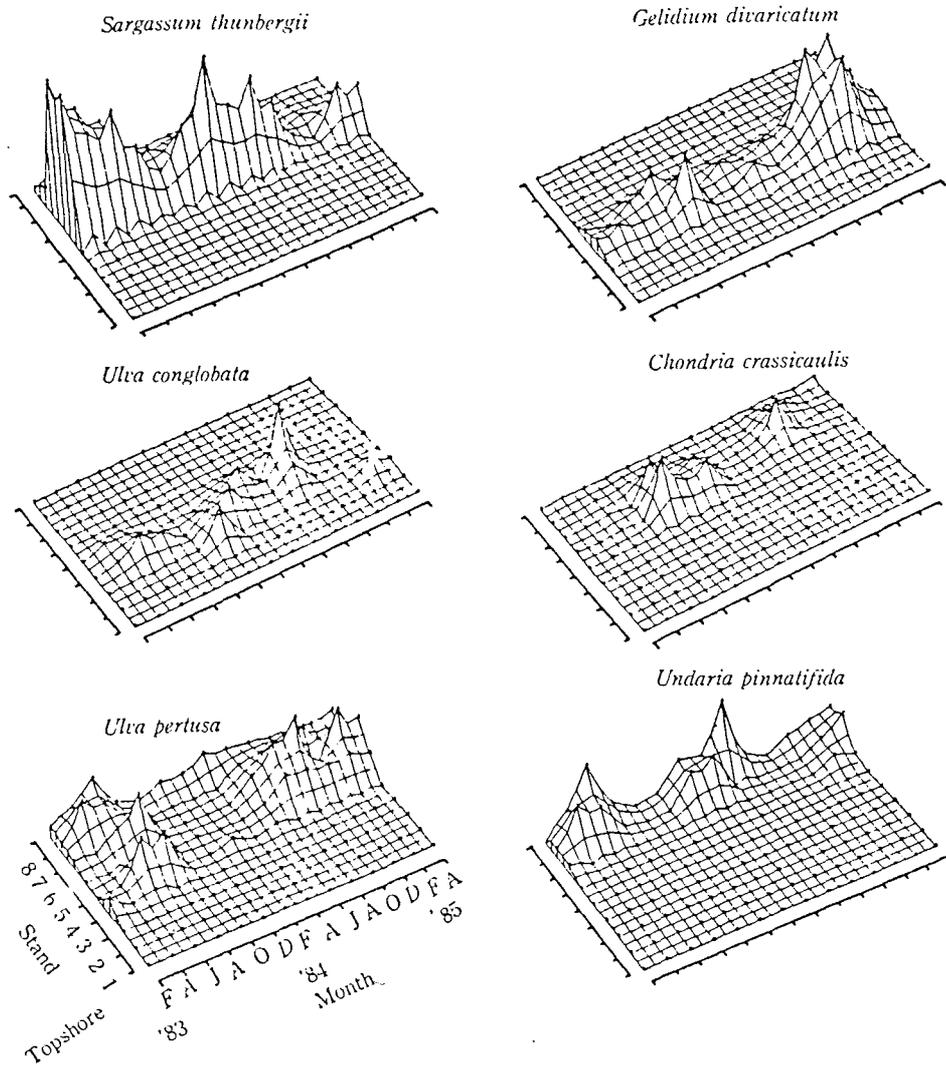


Fig. 5. Distribution verticale de la flore marine en Corée et situation de *Undaria pinnatifida* en profondeur (d'après Nam, 1986).



Vertical distribution of major marine algae by a quadrat method at Hangumi, Kwangyang Bay (Ay; *Acosorium yendoii*, Ca; *Callophyllis adhaerens*, Cc; *Chondria crassicaulis*, Cor; Corallinaceae El; *Enteromorpha linza*, Et; *Ectocarpus confervoides*, Gd; *Gelidium divaricatum*, Hf; *Hizikia fusiforme*, Me; Melobesioideae St; *Sargassum thunbergii*, Uc; *Ulva conglobata*, Up; *Ulva pertusa*, Upi; *Undaria pinnatifida*).

Fig. 6. Distribution de la flore marine en Corée et situation de *Undaria pinnatifida* aux niveaux inférieurs de l'estran (d'après Song, 1986).



Three-dimensional representations of major algal species at Hangumi.

Fig. 7. Répartition spatio-temporelle de *Undaria pinnatifida* et de quelques algues sur les côtes Sud de la Corée (d'après Song, 1986).

- au Sud (Kim, Y.H., 1986; Lee, H.B. et Y.S. Oh, 1986; Sohn C.H., I.K. Lee et J.W. Kang, 1986; Song, S.B., 1986);
- à l'Est (Boo, S.M. et I.K. Lee, 1986; Nam, K.W., 1986).

Les limites de la distribution verticale de *Undaria pinnatifida* ne sont pas toujours précisées. Cependant on sait que l'algue peut représenter un élément majeure de la flore de l'étage infralittoral (-6m) (Fig. 5) où apparaît aussi *Sargassum thunbergii* (-2m) et qu'elle peut se mêler à différentes autres algues (Sohn *et al.* 1982 et 1983). *Undaria pinnatifida* peut remonter dans l'étage médiolittoral jusqu'à +1,50 m (Fig. 6) où elle se mêle à différentes algues brunes (*Sargassum*) et vertes (*Ulva*)(Fig. 7). L'algue paraît commune tout autour de la Corée.

Les sporophytes, seule partie visible à l'oeil nu, apparaissent généralement en décembre, la croissance est forte en hiver. L'algue est bien représentée au printemps sur les rochers où elle est encore visible jusqu'en juillet. Elle est également signalée dans la nature au mois d'août (Kim *et al.*,1986, Song, 1986).

Conclusions sur la mission en Corée.

1°) Les cultures d'*Undaria* en Corée du Sud.

Selon les experts rencontrés en Corée, la production d'*Undaria* dans ce pays, est passée de 50.000 tonnes d'algues fraîches récoltées en 1968 par cueillette dans les peuplements naturels, à 260.000 tonnes produites par la seule culture en 1986 (HUE, comm. pers.). Selon le même expert, la production d'*Undaria* par la culture pourrait être beaucoup plus forte, la limitation actuelle n'étant pas d'ordre technique, mais dûe aux quotas imposés par le gouvernement coréen.

2°) L'écologie d'*Undaria* en Corée.

Actuellement aucune récolte significative d'*Undaria* sauvage n'a lieu à des fins commerciales en Corée du Sud. L'espèce existe cependant à l'état sauvage. Elle y vit plus longtemps qu'en culture: généralement jusqu'en juillet, exceptionnellement jusqu'en août.

Undaria pinnatifida existe sur toutes les côtes de la Corée du Sud (surtout à l'Est et au Sud), avec des variations morphologiques attribuées à l'influence des facteurs environnementaux mais dont les causes sont mal définies. De plus, l'algue apprécierait les eaux moins chargées en azote, ce

qui la distingue de *Porphyra* .

Undaria pinnatifida se mêle à diverses algues depuis +1,50m au-dessus du niveau des basses mers jusqu'à des profondeurs dépassant -6m où elle forme les peuplements les plus importants, souvent en compétition avec *Laminaria* .

3°) Avis des experts coréens sur les risques de propagation d'*Undaria* à Ouessant.

Après échanges d'informations avec les experts coréens, quelques-uns de ceux-ci estiment que *Undaria pinnatifida* ne devrait pas se propager naturellement à Ouessant. Le principal argument avancé à l'appui de cette hypothèse est que la température de l'eau ne dépassant pas 18°C, la croissance des gamétophytes ne doit pas être possible, dans ce site, ni la fécondation.

D'autre part il n'y a pas de multiplication végétative possible à partir du sporophyte. Si quelques pieds sont susceptibles d'être trouvés en dehors du périmètre du champ de culture, ceci ne pourrait être que le résultat du détachement, au cours du passage en mer, de quelques oeufs fécondés, et de leur fixation immédiate sur des supports voisins du champ de culture.

UNDARIA PINNATIFIDA AU JAPON

(mission du 9 au 16 avril 1987)

Organisation de la mission

L'organisation de cette mission a été facilitée par le Prof. Aruga de Tokyo University of Fisheries et le Prof. Nomura de la Faculté d'Agriculture, Tohoku University, Sendai, qui m'ont ménagé les rencontres avec les experts japonais de la recherche sur la biologie, la culture et la transformation d'*Undaria pinnatifida* (Annexe 2).

A Tokyo le Dr Ioriya m'a pris en charge et fait rencontrer divers chercheurs concernés par les Algues. A Sendai le Prof. Nomura et le Dr Ogawa se sont particulièrement occupés d'organiser mon séjour. J'ai ainsi pu rencontrer le Dr. Akiyama, l'un des tout premiers spécialistes de la biologie d'*Undaria* au monde (Annexe 5), et le Dr Takahashi qui m'a fait visiter les champs de culture d'algues et qui m'a permis d'examiner, au microscope, dans son laboratoire, des pieds fertiles d'*Undaria pinnatifida* et des gamétophytes en "free-living". J'ai également pu visiter une usine de Wakamé à Sendai sous la direction très attentionnée de M. Arawaka, président de la société Riken Food.

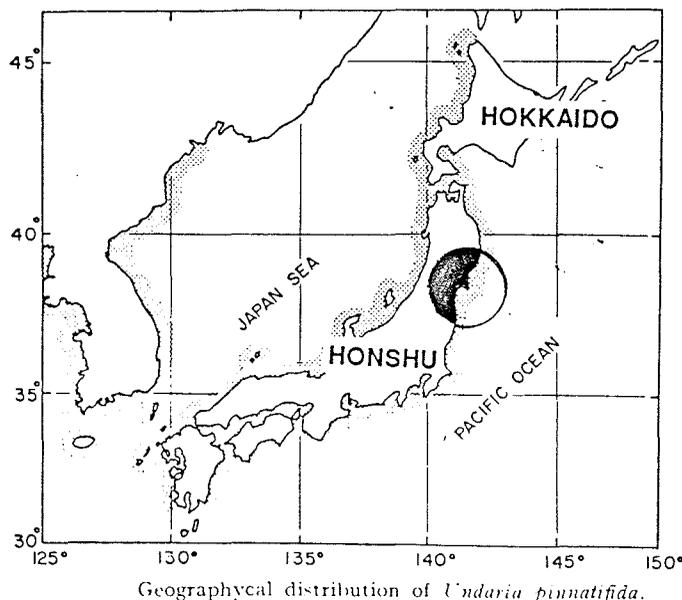


Fig. 8. Carte du Japon montrant la répartition géographique de *Undaria pinnatifida* (d'après Akiyama et Kurogi, 1982) et l'emplacement de la région visitée au cours de la mission en 1987. Dans le cercle: la Préfecture de Miyagi.

Les cultures d'*Undaria* au Japon.

Les deux tiers de la production d'*Undaria pinnatifida* du Japon proviennent de la Préfecture de Miyagi, région que nous avons visitée, au Nord-Est de l'île de Honshû (Fig. 8). Le Dr Takahashi, du laboratoire expérimental de Kesennuma, est directement concerné par le suivi des champs de culture d'*Undaria*.

" Si l'algue *Undaria* a été introduite en France lors d'importations d'huîtres, alors elle doit probablement être originaire du Nord de la Préfecture de Miyagi " (Akiyama, comm. pers.). Cette observation paraît capitale pour la présente étude car c'est à Matsushima Bay, Préf. de Miyagi, que le Dr Akiyama a réalisé ses études d'écologie et de culture d'*Undaria* (1952), ainsi que les expériences visant à connaître les effets des facteurs environnementaux sur la croissance et la maturation des gamétophytes d'*Undaria pinnatifida* (1965). En conséquence les résultats de cet auteur nous paraissent de la plus grande importance dans le cadre du présent travail et seront pris en compte avec soin plus loin.

Les méthodes de culture d'*Undaria* au Japon sont bien connues: elles ont été publiées à plusieurs reprises (Doumenge, 1975) et rappelées de manière synthétique par Akiyama et Kurogi (1982) (Fig. 9). Ce sont ces méthodes qui ont été introduites et adaptées notamment en Corée et en Chine.

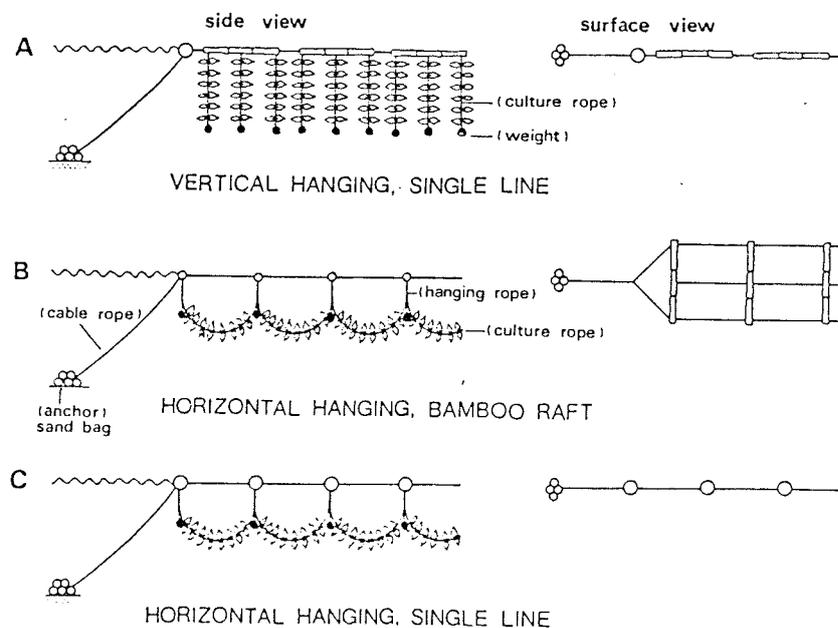


Fig. 9. Méthodes de culture de *Undaria pinnatifida* utilisées au Japon (d'après Akiyama et Kurogi, 1982).

La méthode de culture utilisée au Japon de nos jours, tend vers une simplification notamment au niveau de l'ensemencement (Takahashi, comm. pers.): toutes les opérations se passent directement en mer: les cadres collecteurs de spores sont ensemencés directement sur les bateaux, puis enfermés dans des sacs percés qui sont ensuite plongés dans 3m d'eau (juin-juillet) où ils restent pendant 2-3 mois (jusqu'à octobre-novembre). Alors on contrôle les jeunes sporophytes au microscope avant leur installation définitive sur les cordes à culture.

La disposition des cordes en mer est variable selon les algoculteurs (Fig. 9). Les cordes sont disposées soit horizontalement, soit verticalement. Aujourd'hui la disposition verticale semble abandonnée au Japon à la faveur de la disposition horizontale sur une seule ligne. Akiyama et Kurogi (1982) ont montré que le rendement des cultures d'*Undaria* est plus élevé en mer ouverte (plus de 10 tonnes/km de corde) que dans les baies fermées (5 à 7 tonnes/km de corde).

La récolte a lieu de janvier à avril (Annexe 5). Les algoculteurs vendent leurs algues soit séchées (Wakamé brun), soit à l'état frais pour être préparées humides et salées (Wakamé vert). Le séchage se fait à l'extérieur: il n'y a pas de problème car ici la période de janvier-février est la saison sèche. De même les tempêtes n'arrivent qu'en septembre et il n'y a pas de cultures à ce moment.

Les algues en culture ont une longueur moyenne de 1,20m pouvant atteindre 2m (Akiyama) voire 2-3m (Takahashi). Il arrive qu'une maladie provoque une déliquescence prématurée de l'extrémité de la lame provoquant une réduction de la production. Ce pourrait être une maladie d'origine bactérienne (Takahashi). Un autre facteur intervient, c'est l'attaque par des copépodes qui percent des trous dans la fronde, la rendant impropre à la commercialisation.

Le Wakamé salé est préparé en usine. C'est en usine qu'est également repris le wakamé salé pour des traitements particuliers avant d'être livré sur le marché sous la forme de diverses préparations (soupes, salades, condiments pour accompagnement de riz, etc...): ces préparations sont déshydratées et présentées sous forme de sachets étanches directement utilisables dans l'assiette.

Undaria sauvage au Japon.

Il existe au Japon trois espèces d'*Undaria* (Saito, 1975):

- Undaria pinnatifida*
- *Undaria undarioïdes*
- *Undaria peterseniana*

Les deux formes d'*Undaria pinnatifida*

U. pinnatifida existe, au Japon, sous deux formes qualifiées de "forme du Sud" et "forme du Nord" (Fig. 10). La forme du Sud, *f. typica*, à fronde large et stipe court, correspond à des températures élevées, la forme du Nord, *f. distans*, à fronde allongée et étroite et à stipe long, correspond à des températures plus basses. De plus, dans une même région, la *f. typica* existe à l'intérieur de la baie, alors que la *f. distans* est localisée plutôt à l'extérieur (Taniguchi, Kito, Akiyama 1981).

Il est intéressant de noter que ces deux formes correspondent à celles déjà signalées en Corée du Sud dans les mêmes conditions d'environnement.

Des essais de vérification de l'origine génétique de ces deux formes n'ont pas donné de résultats nets (Kito, Taniguchi, Akiyama, 1981): en particulier la longueur du stipe n'apparaît pas comme un critère stable de différenciation des deux formes. La taille de l'algue varie en fonction des conditions de l'environnement (fronde plus longue au Nord, plus large au Sud). Au Nord-Est de l'île de Honshû, la taille de l'algue adulte varie de 1m à 2m (Akiyama et Kurogi, 1982). Elle peut atteindre exceptionnellement 3m de long (Takahashi, comm. pers.).

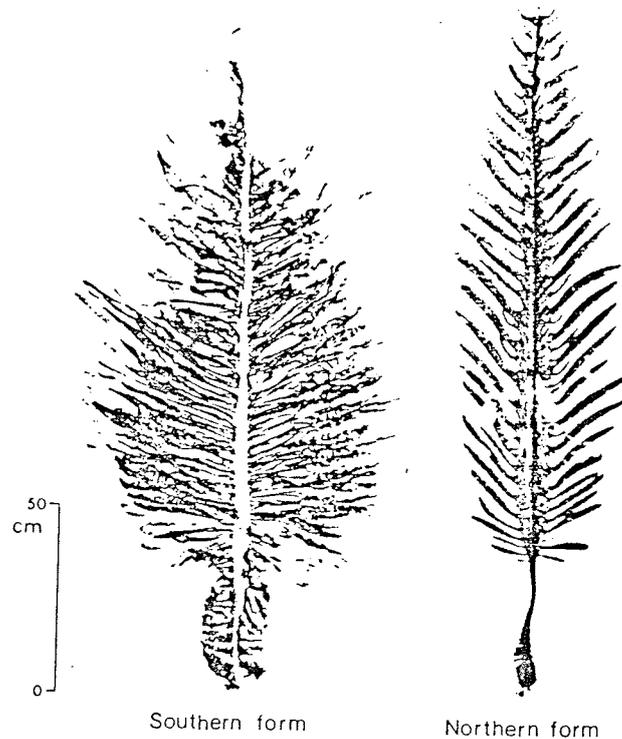


Fig. 10. Les deux formes de *Undaria pinnatifida* au Japon (d'après Akiyama et Kurogi, 1982).

Répartition d'*Undaria pinnatifida* au Japon

Undaria pinnatifida existe, à l'état naturel, sur presque tout le pourtour du Japon, sauf à l'Est de l'île de Hokkaido et au Sud-Est de Kyushu (Fig. 8).

Dans la région du Nord-Est de Honshû, l'espèce croît sur les substrats rocheux entre le niveau des plus basses mers et 5 à 10m de profondeur. La répartition verticale de l'espèce est moins étendue au Nord (-5m) qu'au Sud du Japon (-15m) (Akiyama, comm. pers.). Le sporophyte est plus sensible aux prédateurs dans les régions du Sud.

Il existe une compétition entre *Undaria pinnatifida* et *Laminaria japonica* (Akiyama, comm. pers.). Les deux algues n'ont cependant pas les mêmes exigences de température: la première supporte mieux les températures élevées que la seconde qui se développe mieux dans les eaux froides (par exemple à l'Est de Hokkaïdo). En conséquence la compétition *Undaria-Laminaria* dépend de la température de l'eau. A Kessenuma nous avons pu observer, avec le Dr Takahashi, à 0,50m sous le niveau des basses mers, un mélange de *Undaria pinnatifida* et *Laminaria japonica*. Il faut rappeler ici que *Undaria pinnatifida* est une algue annuelle alors que *L. japonica*, qui vit environ un an à Kessenuma, peut vivre 2 à 3 ans à Hokkaïdo (Takahashi, comm. pers.).

Biologie de *Undaria pinnatifida* au Nord-Est de Honshû (région présumée de l'origine de l'algue introduite en Méditerranée et à Ouessant).

1- Phénologie et écologie des sporophytes (Fig. 14)

Les sporophytes d'*Undaria pinnatifida* apparaissent sur les rochers fin octobre-début novembre. La croissance est rapide en hiver et au début du printemps (30 cm en décembre, 1m à 1,50m en janvier-février, 2-3m en avril-mai) (Kurogi et Akiyama, 1957).

Les sporophylles commencent à apparaître fin décembre, elles sont complètement formées en mars et les spores sont libérées à partir de mars-avril. Les sporophytes disparaissent fin juillet-début août de leurs stations naturelles. Les algues de faibles profondeurs disparaissent plus tôt que les algues de plus grandes profondeurs. Il arrive qu'elles subsistent en profondeur jusqu'en septembre et, plus rarement, jusqu'en octobre (Kurogi et Akiyama, 1957).

Pendant la phase de croissance maximale de *Undaria pinnatifida*, la température minimale de l'eau est de 4°C (janvier et février). La température maximale de l'eau est de 25°C au mois d'août, période de disparition du sporophyte.

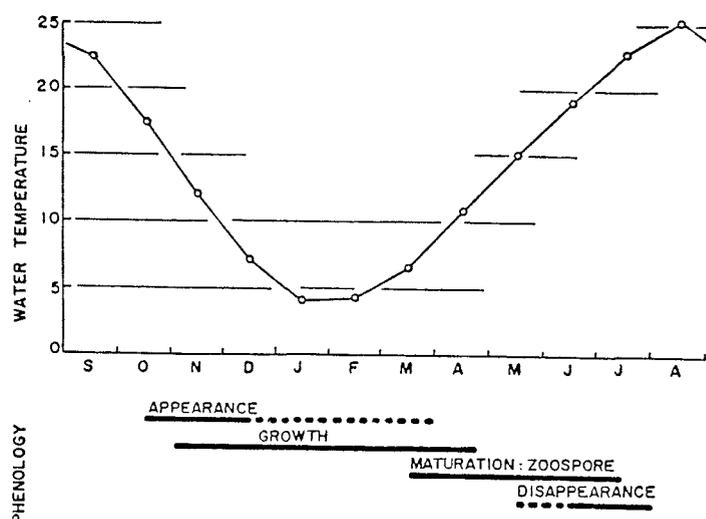


Fig. 11. Phénologie de *Undaria pinnatifida* et températures de l'eau de mer à Matsushima, Préfecture de Miyagi (d'après Akiyama et Kurogi, 1982).

2- Ecologie des gamétophytes et de la reproduction

Les effets de la température et de la lumière sur la croissance et la maturation des gamétophytes et sur la formation des sporophytes de *Undaria pinnatifida*, ont été étudiés dans le détail par Akiyama (1965) sur des algues provenant de Matsushima Bay. Les principaux résultats qui intéressent la présente étude peuvent être résumés comme suit:

- les gamétophytes peuvent survivre de -1°C à $+27^{\circ}\text{C}$,
- les températures les plus favorables pour la croissance et la maturation des gamétophytes et pour la formation et la croissance du sporophyte sont comprises entre 10°C et 20°C , elles sont optimales entre 15°C et 20°C ,
- les "jours longs" sont en général favorables à la croissance des gamétophytes,
- la maturation des gamétophytes et la formation des sporophytes donnent des résultats variables en fonction de la longueur du jour et de l'origine des pieds-mère. Dans tous les cas où il y a formation de sporophytes, c'est à dire fécondation, elle se réalise bien à 10°C et elle est particulièrement forte à 15°C .

Conclusions de la mission au Japon

1°) Les cultures d'*Undaria* au Japon

Les cultures d'*Undaria pinnatifida* au Japon ont été réalisées à partir de souches endémiques. Les peuplements naturels sont plus ou moins denses selon la compétition avec *Laminaria japonica*. Dans le passé les récoltes par cueillette à partir des peuplements naturels ont été très abondantes au Japon (50.000 tonnes d'algues fraîches jusqu'aux années 1960). Ce mode de récolte s'est brutalement réduit à partir des années 1965-1970 avec l'avènement des cultures contrôlées : ainsi, en 1975, la cueillette ne produisait plus que 20.000 tonnes d'algues fraîches alors que les cultures en produisaient 200.000 tonnes. Depuis cette date la cueillette continue à diminuer et, par contre-coup de la concurrence étrangère, la culture elle-même a baissé: celle-ci se situait en 1980 à 120.000 tonnes (Fig. 12).

Ce dernier résultat est bien sûr la conséquence de la disparité qui existe entre les coûts de la main-d'oeuvre en Corée et en Chine, d'une part, et au Japon, d'autre part; les algoculteurs japonais en faisant les frais. A titre d'exemple, l'usine à wakamé Riken-Food de Sendai a importé, en 1986, 90.000 tonnes d'*Undaria* de Corée et 20.000 tonnes de la Chine Populaire, soit plus qu'elle n'en a acheté aux Japonais (95.000 tonnes).

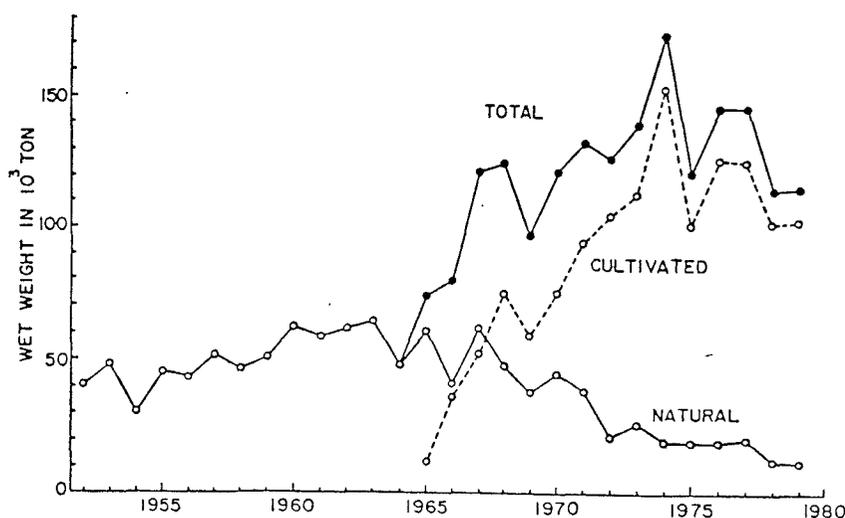


Fig. 12. Evolution des tonnages de *Undaria pinnatifida* récoltés à partir des peuplements sauvages et des cultures, au Japon, de 1952 à 1979 (d'après Akiyama et Kurogi, 1982). Noter la chute relative des cultures à partir de 1975.

2°) L'écologie d'*Undaria* au Japon

En comparant la carte de répartition de *Undaria pinnatifida* à celle des températures de l'eau (Fig. 13), on voit que la température minimale pour que *Undaria pinnatifida* existe à l'état naturel est 2,7 °C en février (Nord-Ouest de Hokkaïdo). En effet, à l'Est de Hokkaïdo, où la température hivernale de l'eau descend sous 0 °C, il n'y a pas d'*Undaria pinnatifida*. A l'opposé, la température maximale de l'été semble être d'environ 26 °C : au Sud-Est du Japon, où la température estivale atteint 26,7 °C, il n'y a pas d'*Undaria pinnatifida*. Ces deux extrêmes semblent donc être de bonnes indications pour situer les limites de températures dans lesquelles pourraient se situer les limites de répartition géographique de l'espèce en Europe.

On remarque également que la région la plus favorable à *Undaria pinnatifida*, située au Nord-Est de Honshû, présente des températures minimale de 6,4 °C et maximale de 19,5 °C. C'est une fourchette qui n'est pas éloignée de celle que l'on rencontre, en France, dans les eaux qui bordent la Bretagne. A la suite de ce seul examen, on peut donc dire qu'il y a de fortes présomptions pour que l'algue *Undaria pinnatifida* se reproduise sur nos côtes et spécialement à Ouessant dans son milieu naturel.

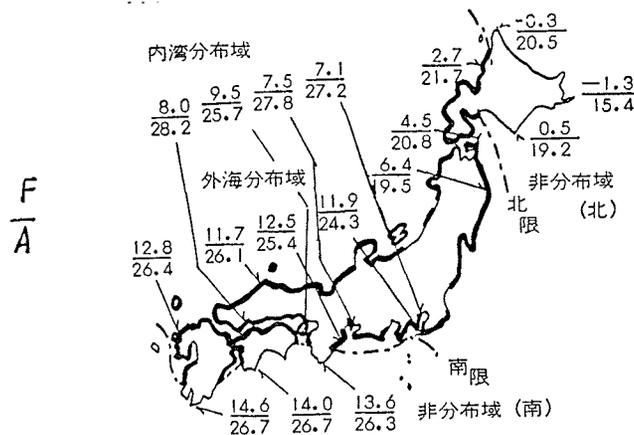


Fig. 13. Répartition des températures de l'eau de mer le long des côtes du Japon en février (F) et août (A) (d'après Suto).

3°) Avis des experts japonais sur les risques de propagation d'*Undaria pinnatifida* à Ouessant.

Si la comparaison des cartes de la répartition d'*Undaria pinnatifida* et des températures de l'eau de mer au Japon permet, comme nous l'avons vu plus haut, de situer les eaux de la Bretagne parmi les plus favorables à la croissance et à la reproduction d'*Undaria pinnatifida*, les expériences de Akiyama sur les températures optimales de croissance et de maturation des gamétophytes sont éloquentes et l'avis des experts japonais (Akiyama et Takahashi) est formel: *Undaria pinnatifida* doit pouvoir se reproduire à Ouessant.

III. UNDARIA PINNATIFIDA EN CHINE

(mission du 17 au 25 avril 1987)

Organisation de la mission

L'organisation matérielle de cette mission en Chine Populaire a été réalisée par les soins de l'agence " Amitiés franco-chinoises". Venant du Japon, notre itinéraire passait par Hong-kong et Canton, le but étant de visiter la région de la Province du Shandong réputée pour ses activités liées à la recherche sur les algues (Fig. 14).

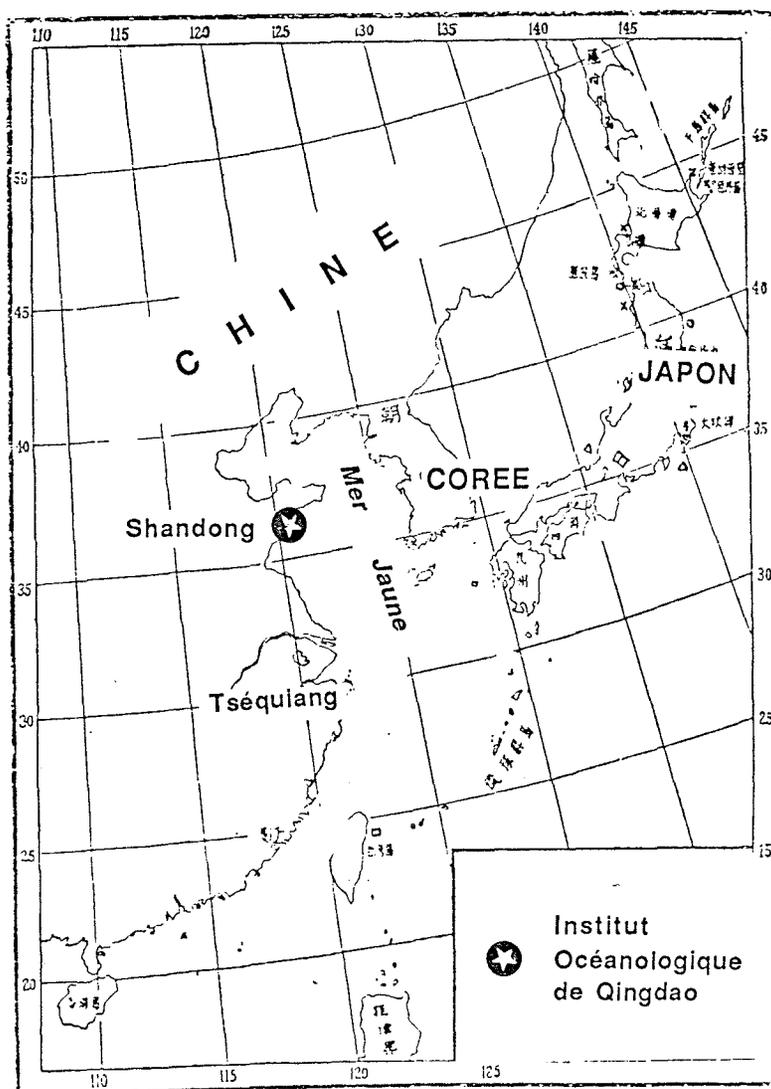


Fig. 14. Localisation des zones remarquables à *Undaria pinnatifida* en Chine, et emplacement de la région visitée au cours de la mission en 1987.

L'organisation des rencontres avec les experts chinois spécialisés dans l'étude de *Undaria pinnatifida* est dûe à l'éminent phycologiste le Professeur WU, directeur associé de l'Institut d'Océanologie de Qingdao (Annexe 6). La prise en charge par le Prof. Wu et par le Dr. LIN a été particulièrement chaleureuse et efficace. De nombreux entretiens ont eu lieu au laboratoire de Qingdao où J.Y. Floc'h a également animé un séminaire sur ses propres travaux de recherche.

Les principaux chercheurs rencontrés, en plus des Drs Wu et Lin sont : les Drs C.F. CHANG et B. XIA (Annexe 7) spécialistes de la systématique des algues, le Prof. M.H. JI, biochimiste des algues, le Prof. X. FEI, biologiste des algues (Annexe 3).

Les cultures de *Undaria* étant terminées à cette époque de l'année, aucune visite n'a été réalisée sur le terrain. Nous avons cependant pu examiner des algues fraîchement récoltées et rapportées au Laboratoire spécialement pour nous (Annexe 7).

La triple origine de *Undaria pinnatifida* de Chine

La plupart de ces renseignements sont dûs au Dr. Chang.

L'introduction des cultures d' *Undaria* en Chine est liée à l'occupation du pays par les Japonais.

A partir de 1914 les Japonais, qui occupèrent la pointe de Dalian, au Nord, y construisirent un port avec des jetées en bois. Ces jetées furent construites avec des troncs d'arbres provenant du Japon (probablement du Nord-Est). Ces troncs furent traînés par des navires jusqu'en Chine, et l'algue *Undaria* aurait ainsi franchi la Mer de Chine, accrochée aux troncs d'arbres, et aurait été introduite de cette manière à Dalian, vers les années 1920.

L'introduction de l'algue à Qingdao proviendrait d'une autre origine: ce serait les Coréens qui, avant 1940, auraient introduit ici *Undaria* en provenance de l'île de Cheju-do au Sud de la Corée (Fig. 14). Cette algue aurait été cultivée, dès cette époque, pour être vendue aux troupes japonaises d'occupation dans la Province du Shandong.

En réalité il existe des peuplements d'*Undaria pinnatifida* endémiques de Chine, dans la région du Tséquiang, au Sud-Est. Mais cette algue n'a pas été utilisée comme souche pour les cultures.

Il existe donc trois origines aux *Undaria* de Chine: l'une naturelle, au Tséquiang, une autre d'origine coréenne au Shandong, une troisième d'origine japonaise à Dalian.

Les cultures d'*Undaria pinnatifida* en Chine.

L'algue *Undaria pinnatifida* a été récoltée depuis des siècles pour l'alimentation humaine, à partir de peuplements naturels existant dans l'île de Zhoushan, Province du Tséquiang, sur la côte Est de Chine.

Historiquement les cultures d'*Undaria* auraient commencé dans les années 1930 à Dalian, dans les années 1940 à Yandaï. Mais les Chinois n'ont commencé véritablement les cultures d'*Undaria* à grande échelle, avec les méthodes modernes, que dans les années 1970 pour les vendre ... au Japon.

Undaria pinnatifida n'est pas aussi populaire que *Laminaria* en Chine. Les firmes de mariculture ne sont pas très enthousiastes à l'idée de développer sa culture. La récolte annuelle de *Undaria pinnatifida* s'élève seulement à quelques centaines de tonnes de matière sèche (Tseng, 1981).

La technique de culture de *Undaria* et les souches d'algues elles-mêmes sont importées du Japon et de Corée.

A Qingdao la saison de culture des sporophytes va de novembre à fin mars. Les algues atteignent de 1m à 1,50m (Wu, comm. pers.). Les pieds les plus grands sont récoltés en mars-avril et sélectionnés pour la production des sporophylles. Les spores sont récoltées en juin et les gamétophytes sont conservés en bassins, afin de les soustraire aux nombreux prédateurs. Selon le Prof. Wu cette dernière opération se fait par les algoculteurs sans précaution ni contrôle, et elle réussit très bien alors que les températures peuvent atteindre 25-28 °C. La production des gamètes a lieu en septembre lorsque la température descend au-dessous de 20 °C.

Après le passage en mer, au début de l'automne, les sporophytes d'*Undaria* subissent une pratique qui semble être une exclusivité des algoculteurs chinois. Cette pratique consiste à laisser les jeunes sporophytes pousser sur les cordages en mer, jusqu'à ce qu'ils atteignent 15-20cm. A ce stade chaque plantule est insérée, individuellement, entre les torons des cordages. Cette opération se fait entièrement à la main et le travail est méticuleux car il s'agit d'insérer seulement le crampon de l'algue entre les torons, et non pas le stipe, faute de quoi les algues ne grandissent pas (Wu, comm. pers.).

Selon le Prof. Wu les jeunes sporophytes sont susceptibles de se détacher de leur support originel (les cordelettes des collecteurs) et, si l'eau est calme, d'aller se fixer, par leur crampon, sur un support voisin. Cette fixation ne peut se réaliser si l'eau "est en mouvement". Les cultures d'*Undaria* sont possibles dans cette région de la Chine où il n'y a pas de trop fortes tempêtes: les typhons affectent surtout les régions du Sud de la Chine. Il convient de remarquer, enfin, que les algoculteurs chinois préfèrent la méthode des cordages verticaux (Annexe 7), méthode délaissée par les Japonais.

Undaria pinnatifida sauvage en Chine.

La répartition d'Undaria sur les côtes chinoises.

La répartition géographique d'*Undaria pinnatifida* en Chine s'étend depuis Dalian, au Nord, jusqu'à l'embouchure du Tséquiang à l'Est.

Dans la région de Qingdao, la répartition verticale des populations naturelles d'*Undaria pinnatifida* se situe depuis le niveau inférieur de l'estran (1m au-dessus du zéro des cartes), où l'algue se trouve essentiellement dans les cuvettes rocheuses, jusqu'à environ 2m sous le niveau des plus basses mers (Chang, comm. pers.). La plus grande partie de la végétation à *Undaria pinnatifida* se situe depuis la limite des basses mers jusqu'à -1m sous cette limite (Wu, comm. pers.). C'est d'ailleurs la limite de profondeur des *Undaria* cultivés en Chine.

Dans la région de Dalian, au Nord, où l'eau est plus claire, la limite inférieure de *Undaria pinnatifida* peut atteindre 2-3m sous le niveau des basses mers. C'est donc la turbidité de l'eau qui semble limiter, en Chine, l'extension en profondeur de la répartition verticale d'*Undaria pinnatifida*. D'ailleurs dans la région du Tséquiang les apports terrigènes du fleuve empêchent les algues de pousser près des côtes: les peuplements à *Undaria* sont limités aux îles et leur croissance est d'autant meilleure que les îles sont éloignées des côtes (Zhang *et al.*, 1984).

Les températures favorables à Undaria.

Les températures de l'eau à Qingdao sont de 1-2 °C en février et 28 °C au maximum en août. Il y aurait 2 à 3 °C en moins à Dalian.

L'optimum des températures pour la croissance des *Undaria pinnatifida* en Chine se situeraient entre 15 °C et 20 °C. A 18 °C les gamétophytes croissent bien et fructifient (Wu, comm. pers.).

La compétition Undaria - autres algues

L'algue la plus cultivée en Chine est *Laminaria japonica*. D'après Chang son origine serait d'ailleurs la même que celle de l'*Undaria* de Dalian, c'est à dire japonaise.

Selon les experts chinois il n'y aurait pas vraiment de compétition en Chine entre les *Laminaria japonica* et *Undaria pinnatifida*. Les raisons en sont multiples: en particulier, dans un même site, la répartition des deux

algues ne se recouvre pas exactement. Ainsi à Dalian *Undaria* peut atteindre 2-3 m de profondeur alors que la répartition verticale de *Laminaria japonica* y descend jusqu'à 5-7 m (Wu, comm. pers.).

D'autre part *Undaria pinnatifida* serait située plus près des côtes, *Laminaria japonica* plus à l'extérieur (Chang, comm. pers.).

De même il n'y a pas vraiment compétition entre *Undaria pinnatifida* et *Sargassum*, celle-ci vivant, en Chine, sur des milieux moins stables (galets, coquillages, etc....) où ne peut subsister la première.

Les sporophytes d'*Undaria pinnatifida* en Chine.

Ces renseignements sont dûs essentiellement aux Drs Chang et Xia.

Undaria pinnatifida est la seule espèce du genre existant en Chine. Mais deux "variétés" sont signalées:

= l'une au Nord (pointe de Dalian et Péninsule du Shandong):
 -incisions peu profondes de la lame,
 -sporophylles situées vers le milieu du stipe,
 c'est la *f. pinnatifida* .

= l'autre au Sud (embouchure du Tséquiang):
 -incisions profondes de la lame ,
 -sporophylles fixées à la base du stipe, près du crampon,
 c'est la *f. distans* .

Cependant selon les experts chinois il existe de nombreuses formes intermédiaires entre ces deux formes extrêmes. De plus la répartition géographique des deux formes n'est pas strictement séparée. Ainsi, par exemple, à Qingdao, la *f. distans* se retrouve davantage en profondeur que près de la surface, et davantage dans les sites exposés aux vagues que dans les baies abritées.

Toujours selon les mêmes experts il n'y a pas de différence d'anatomie entre les deux formes d'*Undaria pinnatifida* .

La maturité des sporophylles est atteinte d'avril à juin autour de Qingdao, de mai à juin plus au Sud où la température de l'eau est plus élevée de 5-6 °C pour la même période.

Les populations naturelles de sporophytes d'*Undaria* sont visibles d'octobre à juillet aux alentours de Qingdao, de février à juin dans la région du Tséquiang plus au Sud.

Conclusions sur *Undaria pinnatifida* de Chine.

1°) Les cultures d'*Undaria* en Chine

Les cultures d'*Undaria pinnatifida* (quelques milliers de tonnes annuelles de matière fraîche) sont beaucoup moins importantes que celles de *Laminaria japonica* (plus d'un million de tonnes produites par an). L'algue *Undaria* est cultivée au Nord, à Dalian, et dans la province du Shandong, à Qingdao. Les souches proviennent du Japon et de Corée. La méthode de culture est importée du Japon. Les supports en mer par cordages verticaux ont la faveur des algoculteurs chinois. La profondeur des algues cultivées ne dépasse pas 1m sous la surface de l'eau. L'originalité de la méthode chinoise tient à l'insertion individuelle des crampons des jeunes sporophytes entre les torons des cordages. Cette méthode ne nous a pas été signalée dans les autres pays visités. Il est évident qu'elle nécessite une main-d'oeuvre abondante.

Le produit des cultures est partiellement consommé sur place, mais la plus grande partie est expédiée au Japon où est réalisée la préparation du wakamé. En Chine on ne nous a pas signalé l'existence d'usines de transformation de cette algue comparables à celles que nous avons vues au Japon. En tout état de cause les processus de séchage de *Undaria pinnatifida* seraient très sommaire en Chine (Tseng, 1981).

La période des cultures a lieu de fin novembre à fin mars. Les sporophytes atteignent généralement 1m à 1,50m de long. La préparation des gamétophytes se fait sans précaution particulière, à terre, dans des bassins clos.

2°) *Undaria pinnatifida* sauvage en Chine.

La plupart des populations d'*Undaria pinnatifida* sauvages des côtes chinoises sont issues des champs de cultures. Seules les côtes de la Province du Tséquiang, à l'Est, possèdent des peuplements d'*Undaria pinnatifida* endémiques de cette région.

Undaria pinnatifida est bien représentée sur les côtes du Nord et du

Nord-Est de la Chine, dans les régions telles que Dalian, Yantaï, Shidao et Qingdao, mais sa répartition, dans la région du Tséquiang, plus au Sud, est restreinte aux îles les plus éloignées de l'estuaire du fleuve.

La turbidité des eaux, dûe aux apports terrigènes du fleuve Jaune, au Nord, et du Tséquiang, au Sud, semble un des facteurs limitants de la croissance d'*Undaria pinnatifida* en Chine. Pour cette même raison l'extension verticale de l'espèce est plutôt limitée, de +1m à -2m par rapport au niveau des basses mers, c'est à dire beaucoup moins profondément que dans les eaux claires du Japon.

Laminaria japonica, algue également introduite en Chine, descend plus profondément (-7m). Parce que les répartitions de *Undaria pinnatifida* et de *Laminaria japonica* ne se recouvrent pas exactement, il ne semble pas qu'il y ait compétition entre les deux espèces sur les côtes de Chine.

Les variations saisonnières des températures vont de 1-2 °C en février, à 28 °C en août, à Qingdao.

3°) Avis des experts chinois sur les risques de propagation d'*Undaria pinnatifida* à Ouessant.

Selon le Prof. Wu, l'optimum de croissance des sporophytes se situe entre 15°C et 20°C à Qingdao. Parce que les gamétophytes sont très robustes, ils devraient grandir et fructifier à Ouessant et l'algue *Undaria pinnatifida* devrait se reproduire, dans la nature, dans cette région de l'Atlantique.

IV. MISSIONS EN MEDITERRANEE

(du 22 au 25 mars et du 15 au 22 juillet 1988)

Organisation de la mission

L'organisation de ces missions a été grandement facilitée par IFREMER-Sète d'une part et par le Laboratoire Arago de Banyuls d'autre part. Nous remercions en particulier les Drs Bonnet et Pérez (Nantes) de nous avoir introduit auprès du Dr Buestel, directeur du Laboratoire Aquaculture de Sète. Ce dernier a bien voulu nous piloter sur l'Etang de Thau et nous mettre en relation avec plusieurs ostréiculteurs de la région et la Station de Lagunage de Mèze. Le Dr. M. Knoepfner-Peguy (Labo Arago) nous a guidé à Port La Nouvelle et Port Vendres en nous faisant part de son expérience locale sur *Undaria pinnatifida*. Elle nous a également organisé un séjour dans son laboratoire nous permettant ainsi de bénéficier de discussions fructueuses avec les Dr Boudouresque (Marseille) et Chinelli (Italie).

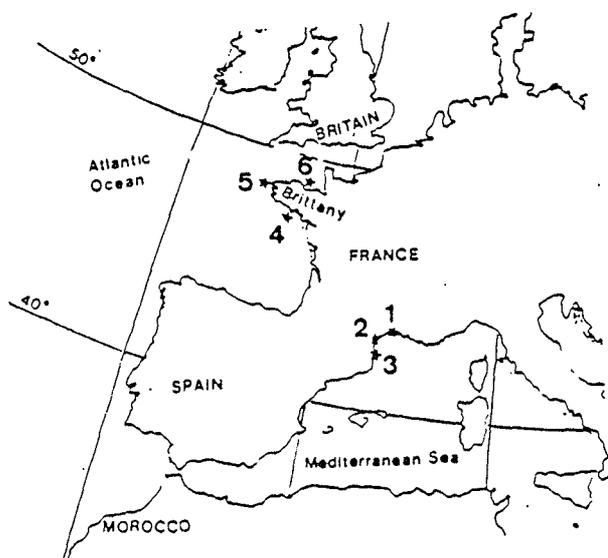


Fig. 15 Map showing the sites where *Undaria pinnatifida* was either introduced or found on the coasts of France: 1 Etang de Thau, 2 Port La Nouvelle, 3 Port Vendres, 4 Island of Groix, 5 Island of Ouessant, 6 La Rance

Undaria pinnatifida dans l'Etang de Thau en 1988

Comme il a déjà été signalé en introduction de ce rapport, l'étude de la croissance de *Undaria pinnatifida* dans l'Etang de Thau a été réalisée par Pérez *et al.* (1981 et 1984). Nous reportons le lecteur aux publications de ces auteurs. La présente mission avait pour but de vérifier que l'espèce s'était maintenue dans l'Etang. En mars 1988 *Undaria* était encore là; elle était fixée surtout sur les structures fixes des tables ostréicoles. Les tables que nous avons visitées ne présentaient pas d'*Undaria* sur les cordes à huîtres. Celles-ci sont régulièrement nettoyées par les ostréiculteurs et il ne semble pas que *Undaria pinnatifida* soit une nuisance pour cette activité dans cette région. Par contre nous avons constaté que ces cordes étaient envahies par l'algue brune *Sargassum muticum*, également originaire du Japon, qui gêne sérieusement les ostréiculteurs.

Undaria pinnatifida hors de l'Etang de Thau

Undaria pinnatifida a été signalée dès 1981 hors de l'Etang de Thau, dans le port de Sète (Pérez), c'est à dire 10 ans après sa découverte dans l'Etang lui-même. Il semble qu'à partir de cette année-là, la dispersion de l'algue en mer ouverte se soit accélérée le long des côtes méditerranéennes. En réalité l'espèce avait déjà été vue en 1981 à Port La Nouvelle, environ 70 km au S-W de Sète (Fig. 15), (Boudouresque *et al.*, 1985), mais c'est en 1984 que ces auteurs étudièrent une population bien développée d'*Undaria pinnatifida* dans ce site.

En mars 1988 nous avons vérifié qu'une population dense d'*Undaria* existait toujours à Port La Nouvelle. De plus nous avons trouvé à la même date un peuplement dense de cette algue dans le port de Port Vendres, situé à environ 60 km au Sud de Port La Nouvelle (MKP et JYF). Cette station, située à environ 10 km de la frontière espagnole, est actuellement la limite de dispersion connue de *Undaria pinnatifida* en Méditerranée. Pour le moment nous ne savons pas si l'algue s'est répandue à l'Est de Sète, mais la direction Ouest de la dispersion est tout à fait conforme à ce que l'on sait des courants dans le Golfe du Lion (Boudouresque, comm. pers.). Dès lors il ne serait pas surprenant que *Undaria* ne s'installe bientôt sur les côtes espagnoles si elle n'y est pas déjà.

La biologie générale de *Undaria pinnatifida* est sensiblement la même le long de la côte méditerranéenne. Cependant la croissance et la longévité des sporophytes semblent fonction des conditions locales de l'environnement. Ainsi par exemple la taille de l'algue à Port La Nouvelle (maximum 30 cm d'après Boudouresque *et al.* 1985) est relativement plus petite que celle des sporophytes que nous avons vus à Port Vendres (ils atteignaient ici 100 cm de longueur à la fin du mois de mars 1988). Bien que, selon les auteurs précédents, *Undaria* de Port La Nouvelle puisse sans

doute dépasser la taille de 30 cm (cf mémoire IUT sous la direction de M. Knoeppfler-Péguy), il nous semble que la différence de taille de l'algue entre ces deux stations vient probablement de la plus grande turbidité de l'eau à Port La Nouvelle. Cette observation est à rapprocher de celle faite en Mer Jaune (Chine) où la croissance de *Undaria pinnatifida* semble également limitée par la turbidité de l'eau (Wu, Chang et Xia, comm. pers.). De plus, au mois de juillet 1988 la population de *Undaria* était encore très dense le long du quai de Port Vendres, alors que l'algue disparaît habituellement à cette époque des autres sites connus en Méditerranée (Pérez *et al.* 1981,1984). En juillet la taille de l'algue à Port Vendres avait cependant considérablement diminuée (maximum 40 cm). Il faut aussi noter que l'on y trouve un mélange de jeunes pieds et de pieds sénescents. L'algue disparut de ce site au mois d'août (MKP), c'est à dire un mois plus tard qu'à l'Etang deThau.

CONCLUSIONS DES MISSIONS EN ASIE ET EN MEDITERRANEE

Répartition géographique de *Undaria pinnatifida* dans le monde

Undaria pinnatifida est une algue endémique de la Mer du Japon et des côtes japonaises du Pacifique. Elle croît sur la plupart des côtes du Japon, à l'exclusion du Nord et de l'Est de Hokkaïdo, et sur les côtes de Corée. Elle a également été utilisée pendant des siècles comme source d'aliment dans les îles chinoises de la Province du Tséquiang, en Mer Jaune, mais la plupart des peuplements actuels de *Undaria pinnatifida* de Chine trouvent leur origine dans des introductions en provenance de Corée et du Japon qui ont eu lieu lors de la 1ère moitié du XX ème siècle. *Undaria pinnatifida* existe également sur les côtes d'URSS, près de Vladivostok, dans la Baie de Pierre Le Grand (Funahashi, 1966,1974; Perestenko, 1980) et dans la Mer d'Okhotsk, Baie de Kylky et îles de Rejneke (Zinova, 1954).

En 1971 *Undaria pinnatifida* a été découverte sur la côte française de la Méditerranée, à l'Etang de Thau, et depuis 1981 elle se répand vers l'Ouest (Port La Nouvelle, Port Vendres).

Récemment *Undaria pinnatifida* a également été trouvée sur la côte Est de Tasmanie, en Australie, (Sanderson, 1988) et de Nouvelle Zélande (Stapelton, 1988). Ces deux dernières introductions seraient dues à des transports par des navires japonais. Ceci pourrait signifier que *Undaria pinnatifida* possède un fort potentiel de dispersion vers de nouvelles aires de répartition.

Habitat

Undaria pinnatifida croît sur des substrats durs, naturels ou artificiels, avec une préférence pour les substrats faiblement couverts d'organismes fixés, et une très grande affinité pour les substrats artificiels.

L'intervalle de profondeur pour la répartition verticale de l'espèce se situe depuis le niveau des basses mers jusqu'à -15m, la profondeur maximale dépendant des conditions de l'éclairement ambiant.

Facteurs influençant la croissance et la reproduction de *Undaria*

La température.

Avant de commencer les essais de culture de *Undaria pinnatifida* en Bretagne, l'hypothèse avait été émise que l'algue ne serait pas capable de se reproduire *in situ* dans des températures jugées trop basses pour que les gamétophytes femelles puissent atteindre leur maturité. Dès lors l'une des tâches les plus urgentes de ce travail, afin d'avoir une chance sérieuse de pouvoir évaluer les risques de la future dispersion de l'espèce, était de trouver des données sur les limites de température consenties par *Undaria pinnatifida* dans la nature ainsi que des données expérimentales sur les effets de la température sur sa reproduction. Les données sur les températures optimales et de tolérance des différents stades de la reproduction de l'algue sont regroupées dans les tableaux 1,2,3.

On remarquera en particulier que les températures de l'eau de mer dans la baie de Lampaul à Ouessant (8°C à 16°C en 1987), se situent parfaitement dans le spectre des températures qui recouvrent tous les stades de la reproduction, la croissance et la maturité des deux phases de l'algue (sporophyte et gamétophytes). En conséquence, à la seule lecture de ces données, on peut penser raisonnablement, à la suite des experts japonais et chinois, qu'il y a de fortes chances pour que *Undaria pinnatifida* se reproduise *in situ* à Ouessant.

Table 1. Temperature ranges and seasons for growth of sporophytes of *Undaria pinnatifida*

Optimum	Range	Appear	Disappear	Area	Reference
	4-25° C	Oct-Nov	July-Aug	N.E.Honshu, Japan	Akiyama & Kurogi 1982
10-20° C (young thalli)		Dec-Feb	end summer	S.E.Hokkaido, Japan	Akiyama 1965
			Aug-Sep.(-Oct)	N.Japan	Kanda 1936
		Dec.	June	E. coast, Korea	Kurogi & Akiyama 1957
5-10° C		Feb-April		Zhejiang, China	Koh 1983
		mid winter	late summer	Tasmania, Australia	Zhang <i>et al.</i> 1984
		Nov-March	June-July	Mediterr., France	Sanderson unpubl.
15-17° C (young thalli)					Pérez <i>et al.</i> 1981,1984
<12-13° C (old thalli)					Saito 1975
10-15° C			Sep.,>20° C		Arasaki & Arasaki 1983
	0-20° C				Tseng ICES C.M. 1985/F:60
>10° C					Fang ICES C.M. 1985/F:60
15-20° C					Yan ICES C.M. 1985/F:60

Table 2. Temperatures and seasons for zoospore maturity and release in *Undaria pinnatifida*

Optimum.	Range	Month/Season	Area	Reference
	c.7-23° C	March-July June-July March-April to Aug May-June	N.E.Honshu, Japan S.E.Hokkaido, Japan N.E.Honshu, Japan Mediterr., France	Akiyama & Kurogi 1982 Kanda 1936 Kurogi & Akiyama 1957 Pérez <i>et al.</i> 1981,1984
17-22° C	14-23° C 17-20° C 5-15° C 6-18° C 14-22° C			Saito 1975 Arasaki & Arasaki 1983 Tseng ICES C.M. 1985/F:60 Fang ICES C.M. 1985/F:60 Yan ICES C.M. 1985/F:60

Table 3. Temperature ranges for growth of gametophytes and release of gametes in *Undaria pinnatifida*

Growth.	Maturity	Fertilization	Reference
15-20° C (optimal)	15-20° C (optimal)	15-20° C (optimal)	Akiyama 1965
5-28° C (possible)	5-28° C (possible)	5-28° C (possible)	" "
-1-28° C (survival)			" "
>15° C	>15° C		Kanda 1936
15-20° C (optimal)	15-20° C (optimal)		Fang <i>et al.</i> 1982
17-24° C (optimal)	<20-22° C	<20° C	Saito 1975
15-24° C (possible)			" "
-1-30° C (survival)			" "
	17-20° C		Arasaki & Arasaki 1983
0-25° C	5-15° C		Tseng ICES C.M. 1985/F:60
0-26° C		8-15° C	Fang ICES C.M. 1985/F:60
23-28° C (optimal)	17-20° C	20-23° C	Yan ICES C.M. 1985/F:60

La salinité.

Les données disponibles sur la salinité nécessaire à la croissance du sporophyte et du gamétophyte de *Undaria pinnatifida* ($S > 27\%$) (Saito, 1975), indiquent que l'espèce peut trouver ces conditions dans la plupart des eaux bordant les côtes européennes sauf dans le Kattegat, la Mer Baltique et les estuaires.

La lumière.

La croissance et la photosynthèse des sporophytes peuvent se réaliser dans une large gamme d'intensités lumineuses (Tableau 4). La croissance et la maturation des gamétophytes ont plutôt de faibles exigences de lumière. Ceci permet à *Undaria pinnatifida* de se développer sous le dais de la couverture végétale pourvu que l'espace soit disponible parmi les espèces pérennantes. Cependant nous avons vu que les eaux à forte turbidité peuvent contrarier la croissance des sporophytes. La capacité de dormance des gamétophytes, spécialement dans des conditions de faibles luminosités, est susceptible de faciliter la dispersion de l'espèce à longue distance.

Table 4. Light in experiments with growth/production of the sporophytes and growth/maturity of the gameto-phytes of *Undaria pinnatifida* (I_k is the light saturation point for photosynthesis)

Sporophyte	Gametophyte	Photosynthesis	Reference
570-4000 lux (young)	570-4000 lux		Akiyama 1965
	1000 lux (optimal)		Akiyama & Kurogi 1982
	1500 lux (optimal)		Fang <i>et al.</i> 1982
	<400 lux		Pérez <i>et al.</i> 1981
	2000-6000 (optimal)		Saito 1975
500-3000 lux	<150 lux (no maturation)		• •
			Saito 1962
		I_k c. 100-450 $\mu E m^{-2} s^{-1}$	Matsuyama 1983
		(= 500-22500 lux)	
		I_k 18000 lux	Wu <i>et al.</i> 1981

L'aptitude à la compétition.

Lorsqu'on la trouve parmi les grandes algues ou la macrofaune sessile, l'algue *Undaria pinnatifida* n'est généralement représentée qu'en de faibles densités (Kurogi et Akiyama, 1957; Sakaï, 1977; Sanderson, non publié), ce qui indique qu'elle semble avoir une faible aptitude à la compétition. Cependant l'abondante couverture d'*Undaria* qui s'installe sur de nouveaux substrats témoigne de la forte tendance de l'espèce à l'opportunisme, bien qu'il semble lui manquer plusieurs des caractéristiques des algues dites opportunistes (plusieurs générations par an, un taux de reproduction et de métabolisme élevé).

Un taux élevé de prédation a été signalé (Noro et Masaki, 1983; Boudouresque), mais il n'existe pour l'instant pas assez de données disponibles pour qu'il soit possible de prévoir la pression animale sur l'éventuelle dispersion de *Undaria* sur les côtes européennes.

C'est en 1983 que IFREMER décida de transférer *Undaria pinnatifida* de la Méditerranée dans l'Océan Atlantique (Pérez *et al.*, 1984). La méthode utilisée était imitée de celle des Coréens: les sporophylles fertiles étaient prélevées sur les sporophytes trouvés dans l'étang de Thau et transportées à Nantes. La germination des spores eut lieu en éclosérie sur des cordelettes. La fécondation donna naissance à de nouveaux sporophytes. Lorsque les plantules atteignirent une taille jugée suffisante, elles furent transportées en mer ouverte dans trois sites différents de Bretagne (Fig. 15): un lot à l'île de Groix, au Sud, un autre à l'île d'Ouessant à l'Ouest, un troisième dans l'estuaire de la Rance, au Nord.

Les sites de Groix et de la Rance furent bientôt abandonnés et seul le site d'Ouessant fut retenu pour la poursuite de l'expérimentation. A la demande d'IFREMER la présente étude fut limitée à la baie de Lampaul à l'île d'Ouessant (Fig. 16).

R. Pajot, ADRAMER, a assuré le travail de terrain de cette partie du contrat sous la responsabilité scientifique de J.Y. Floc'h.

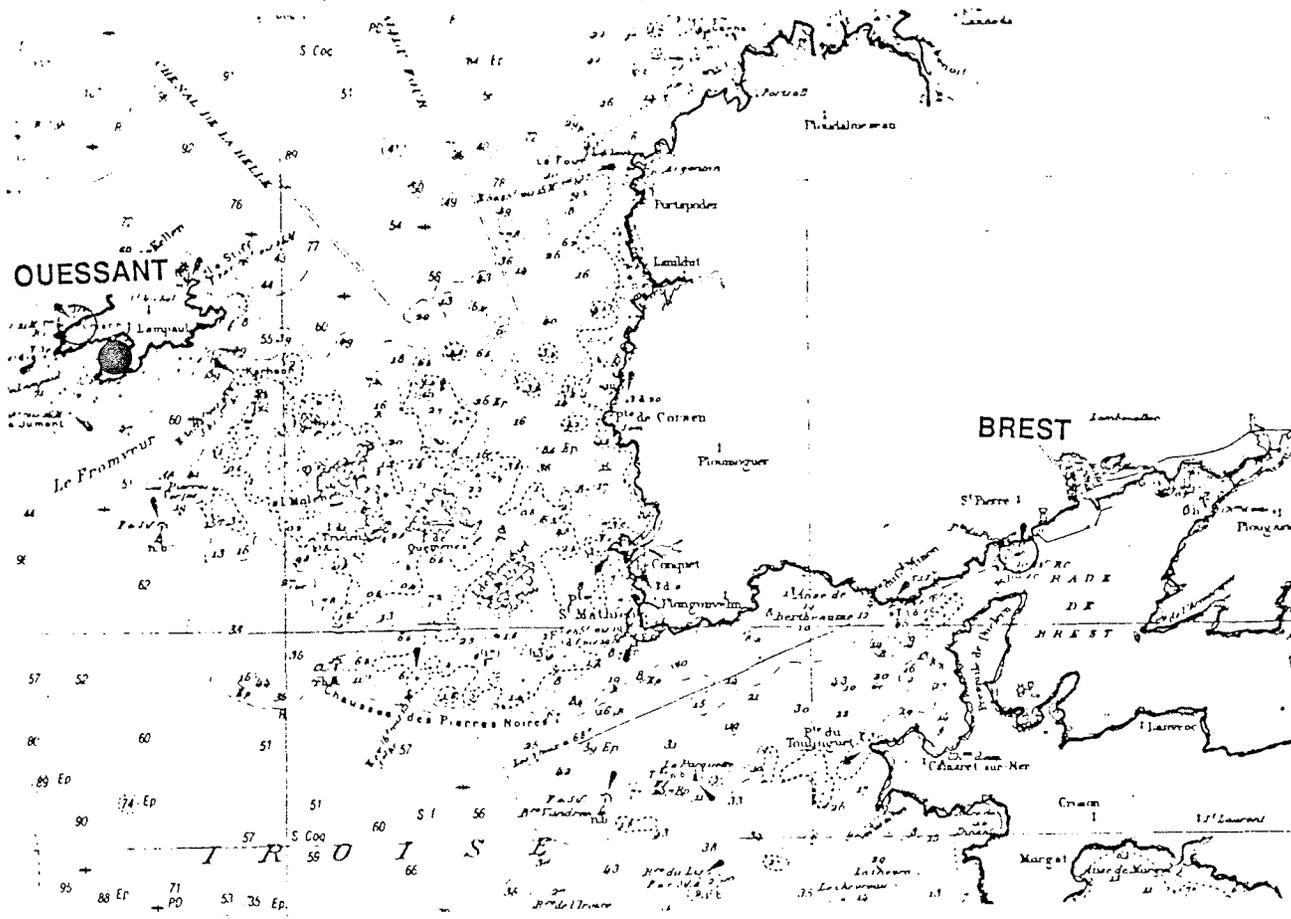


Fig. 16. Emplacement du site d'étude à l'île d'Ouessant: ●.

LE SITE D'ETUDE A OUESSANT: LA BAIE DE LAMPAUL

L'île d'Ouessant est situé à 20 km à l'Ouest des côtes de Bretagne (Fig.16). La baie de Lampaul, au Sud-Ouest, est la plus protégée des anses de l'île. Le champ de culture expérimentale de *Undaria pinnatifida* se trouve sur une concession de la Coopérative Aquacole d'Ouessant, localisée au Sud-Est de la baie (Fig. 17). La concession comprend deux systèmes de culture, l'un destiné aux algues, l'autre à l'élevage des moules (*Mytilus galloprovincialis*).

Le champ de culture expérimentale de *Undaria pinnatifida*

C'est un rectangle de 195 m sur 100 m, divisé en 6 parcelles. Dans chaque parcelle une structure de culture est fixée à 1 m sous la surface de l'eau. Cette structure est constituée par une nappe de filet (maille de 50 mm), d'une largeur de 0,50 m, qui est comprimée en une corde par enroulement de la cordelette de transfert des plantules.

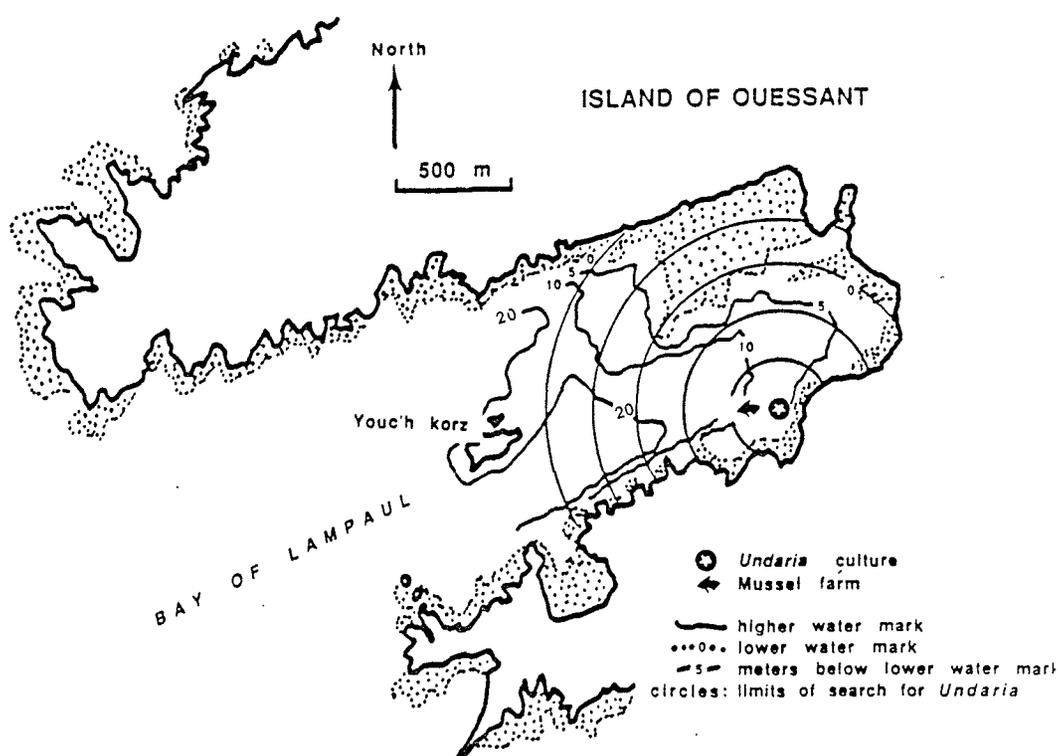
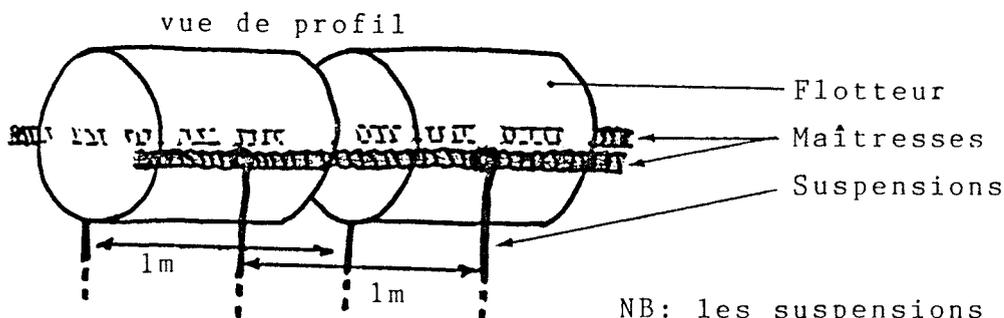


Fig.17 Study site in the South West of the Island of Ouessant

Le système d'élevage de moules

A proximité du champ expérimental de la culture d'algues se trouvent des filières myticoles, disposées à environ 50 m dans le Sud-Ouest du champ d'algues. Le plan de ces filières est représenté en annexe 9. Les filières au nombre de 9 mesurent de 100 à 125 m chacune. Elles supportent les suspensions de moules montées selon la Figure 18.

FIGURE 18. MONTAGE DES FILIERES DE MOULES



NB: les suspensions de moules sont disposées en quinconce, fixées sur les maîtresses.

CALENDRIER DES TRANSFERTS D'UNDARIA EN MER A OUESSANT

Depuis 1983 plusieurs tentatives de cultures d'*Undaria pinnatifida* ont eu lieu dans le site expérimental d'Ouessant (Tableau 5). Ces tentatives ont eu des succès variables dans le temps. En réalité seuls les deux premiers essais ont été une réussite totale (1 tonnes de matière fraîche obtenue en février 1984 et 2 tonnes obtenues en juin 1984). L'essai d'avril 1988 a de nouveau permis aux plantules transférées de se développer, mais la taille obtenue n'en a pas permis la récolte. Tous ces renseignements nous ont été communiqués par J.Y. MOIGN de la Coopérative Aquacole d'Ouessant à qui nous devons un accueil et une ouverture constante aux problèmes que posaient la présente étude.

Les passages en mer ont eu lieu généralement en automne et à la fin de l'hiver. Les cadres de cordelettes portant les plantules nées en éclosérie, sont dévidés et les cordelettes enroulées autour des nappes de filet leur servant de support, à 1 m sous la surface. Les pertes lors du passage en

mer sont considérables (de 80 à 90 % des plantules). La densité de départ est de 8 à 10 plantules par cm de cordelette. Les chiffres 0 de récolte (Tableau 5) indiquent non seulement qu'aucun pied d'*Undaria* n'a poussé sur les cordes tendues en mer, mais de plus qu'aucune plantule n'a pu s'y accrocher. Les raisons de ces échecs sont diverses: arrachage lors de tempête, dégénérescence des plantules lors des transferts en mer.

Il est important de noter qu'aucune introduction de nouveaux sporophytes d'*Undaria* n'a été réussie à Ouessant pendant la période de la présente étude.

Table 5. Calendar of the transfers of *Undaria pinnatifida* into the experimental culture field in open sea at Ouessant (J.Y. Moign, Coopérative Aquacole, pers. comm.)

year	month	length of transferred ropes with plantlets (in km)	yield of <i>Undaria</i> in tons of fresh matter
1983	October	0,15	1 (February 1984)
1984	February	0,2	2 (June 1984)
	November	1	0
1985	February	2	0
	September	3	0
1986	March	1	0
	November	2	0
1987	September	2	0
1988	February	1	0
	April	1	good (not harvested)

RECHERCHE DE *UNDARIA PINNATIFIDA* HORS DU CHAMP DE LA CULTURE EXPERIMENTALE

Ces recherches ont porté sur tous les supports susceptibles de convenir à la fixation et au développement de *Undaria pinnatifida*, c'est-à-dire sur l'ensemble des structures d'élevage de la Coopérative et sur tous les substrats solides de la baie de Lampaul.

Examen des filières à moules

Bien qu'aucune plantule d'*Undaria* ne se soit développée en 1985 et 1986 dans le champ expérimental prévu à cet effet, quelques pieds avaient cependant été signalés dès la fin 1986 sur les filières à moules. C'est en partie pour cette raison que notre effort de recherche a porté d'abord sur ces filières. Cet effort a été couronné de succès puisque c'est sur ces filières qu'en 1987 et en 1988 nous avons trouvé le plus de sporophytes de l'algue recherchée.

Méthode

Une estimation de la zonation et de l'abondance des sporophytes d'*Undaria pinnatifida* a été effectuée au printemps 1987. Trois suspensions par filière ont fait l'objet d'échantillonnage systématique (une à chaque extrémité et une au centre de chaque filière). Les filières F1 et F2, qui venaient d'être dégarnies de leur suspension ont été exclues de cet inventaire.

Afin de vérifier le comportement estival des sporophytes de *Undaria* fixés sur les suspensions d'élevage de moules, nous avons poursuivi notre prospection pendant tout l'été 1987 et, en octobre, nous avons comparé le nombre de pieds encore présents sur la filière F4 à celui qui se trouvait sur la même filière en mai de la même année.

Résultats

En 1987 aussi bien qu'en 1988, des sporophytes d' *Undaria pinnatifida* ont été trouvés en très grand nombre sur les structures d'élevage de moules.

La répartition des pieds a été étudiée dans le détail sur les suspensions de moules. Les 174 pieds trouvés sur les suspensions examinées au printemps 1987 étaient fixés aussi bien sur les filières que sur les moules elles-mêmes. La répartition des pieds d'*Undaria* en fonction de la profondeur sur les filières à moules est représentée dans les Figures 19 et 20. D'après la Figure 19 on voit que 50% des pieds étaient trouvés entre la surface et 0,50 m de profondeur. La quasi totalité du reste était relevée à moins de 2 m de profondeur. Un seul pied était trouvé à -5m.

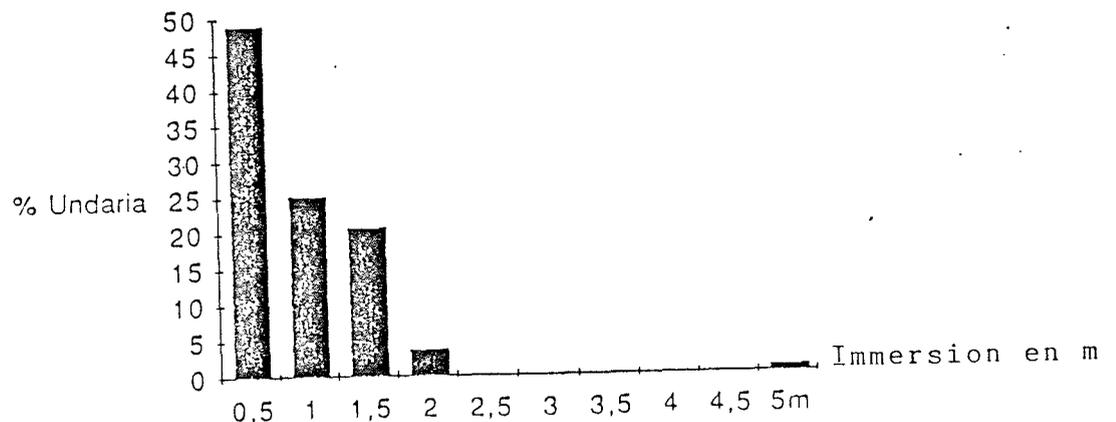


Figure 19 - Distribution verticale des plants de *Undaria pinnatifida* sur l'ensemble des suspensions de moules (1987)

La répartition verticale des sporophytes d'*Undaria* le long des suspensions à moules n'est pas régulière (Fig. 20): les algues sont disposées par groupes formant des touffes le long des suspensions.

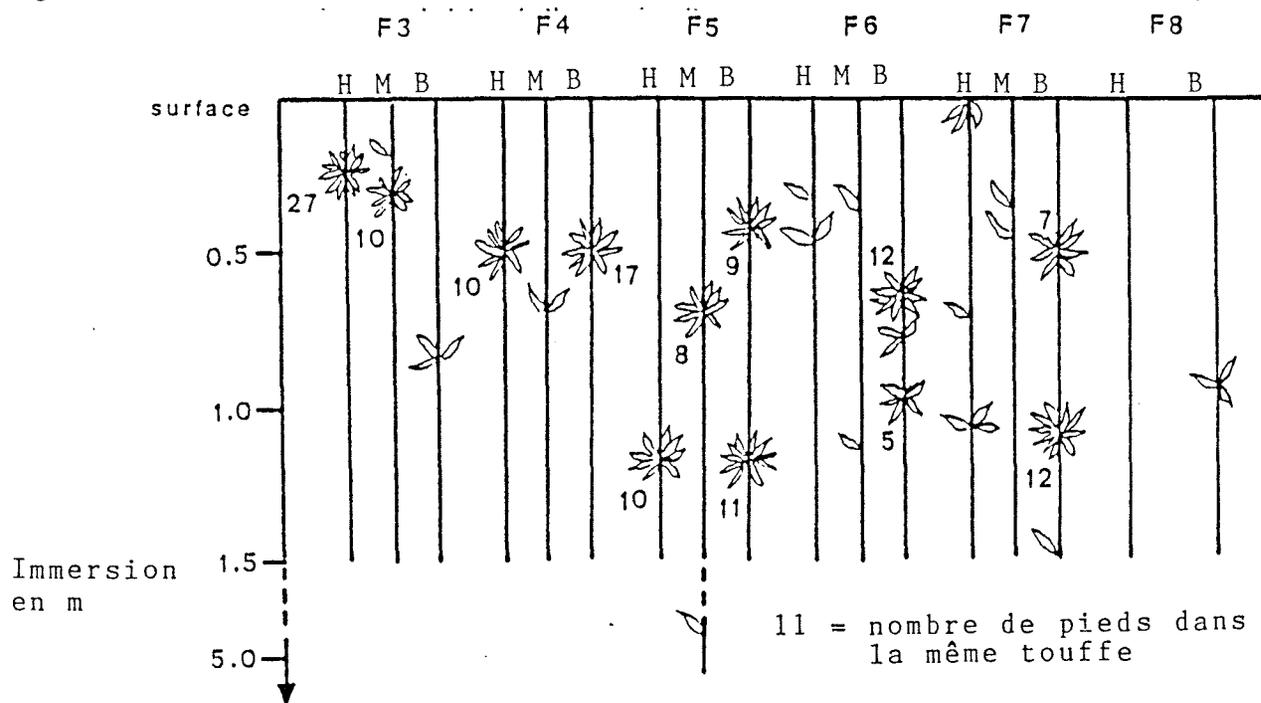


Figure 20 - Répartition des pieds de *Undaria pinnatifida* sur les trois suspensions échantillonnées (H=haut; M=milieu; B=bas par rapport à la sortie de la baie de Lampaul, pour les filières F3 à F8, échantillonnées le 25 avril 1987.

Le nombre total de pieds d'*Undaria pinnatifida* sur les maîtresses n'a pas été évalué de façon précise, le présent travail étant une étude qualitative. Cependant nous avons noté la présence de très nombreux pieds surtout sur la maîtresse exposée au Sud des filières. Par exemple les effectifs des 2 maîtresses de la filière F4 ont été dénombrés comme suit le 21 mai 1987: 81 sur la maîtresse Sud, soit environ 8 pieds par mètre, et 62 sur la maîtresse Nord, soit environ 6 pieds par mètre.

Une extrapolation à partir de ces moyennes métriques et du nombre de sporophytes trouvés sur les suspensions à moules au printemps 1987, permet d'estimer à au moins 20 000 pieds l'effectif d'*undaria* fixé sur le seul système d'élevage de moules à cette époque.

En juin 1988 la densité des pieds sauvages d'*Undaria* sur les filières à moules était telle que la Coopérative Aquacole d'Ouessant a décidé d'en faire la récolte. La quantité d'*Undaria* récoltée étant d'environ 5 tonnes de matière fraîche, nous avons pu calculer que celle-ci représentait au moins 25000 pieds.

En réalité ces chiffres sont bien en dessous du nombre réel de pieds d'*Undaria* présents. A tout moment en effet nous avons pu constater qu'il existait un mélange de taille de sporophytes (Fig. 21 et 22) et évidemment seuls les pieds de grande taille ont été récoltés.

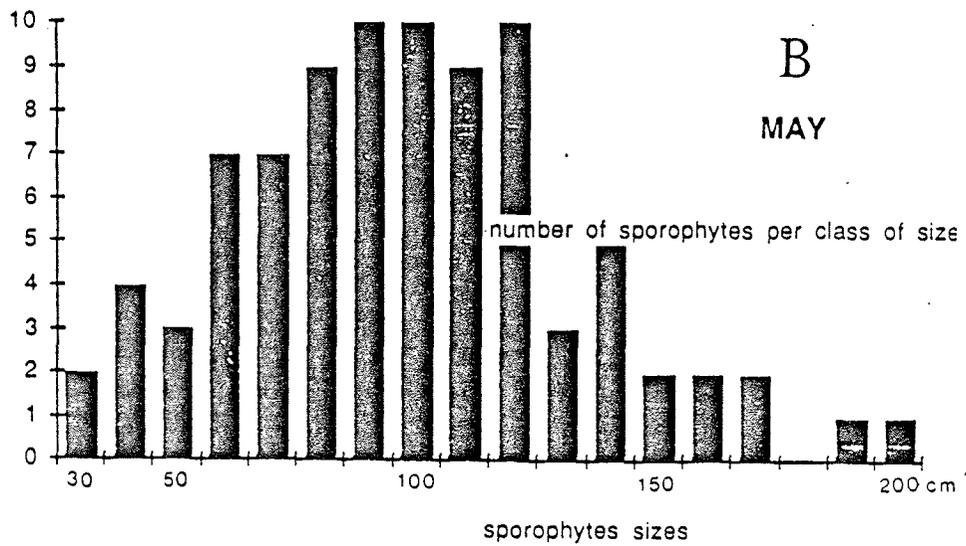
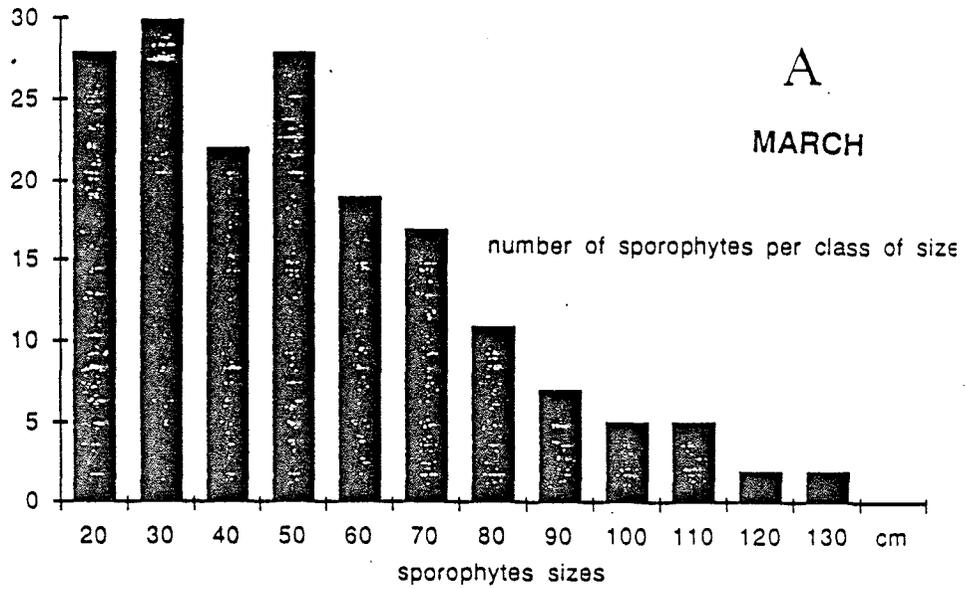


Fig. 21 et 22. Distribution of *Undaria* sporophytes per class of size in the mussel farm of Ouessant in 1987. A: March, B: May.

Comme dans toutes les stations au monde où *Undaria pinnatifida* a été observée, les sporophytes nés avant l'été supportent mal les conditions estivales à Ouessant. Ainsi entre les mois de mai et d'octobre 1987, le nombre de pieds sur la filière F4 est passé de 143 à 7, et encore il n'en restait que les sporophylles fortement épiphitées par divers bryozoaires et ascidies coloniales (Fig. 23). Cependant nous avons réalisé, sur cette même filière, en octobre 1987, une observation qui nous paraît capitale pour expliquer l'existence des pieds d'*Undaria* échappés du site expérimental de culture dans la baie de Lampaul à Ouessant:

-sur la filière F4 en effet des suspensions nouvelles de naissain de moules avaient été immergées en mai et juin 1987. Ces suspensions étaient vierges de toute forme d'*Undaria* au moment de leur immersion. Or, le 4 octobre 1987, elles portaient 18 sporophytes d'*Undaria* ayant des tailles allant de 32 cm à 97 cm. Ces sporophytes étaient dépourvus d'épiphytes contrairement à ceux que nous avons suivis depuis le printemps, et ils se trouvaient à différents stades de développement et de maturité (Fig. 24).

Il faut remarquer d'autre part que la fixation de ces pieds d'*Undaria* sur les suspensions immergées aux mois de mai et juin 1987, est intervenue plus d'un an après le dernier transfert de plantules en mer à partir de l'écloserie de la coopérative.

En conséquence ces sporophytes ne peuvent être que le produit d'une reproduction estivale naturelle à partir des sporophytes, présents dans le site depuis l'hiver ou le printemps 1987 et devenus fertiles cette même année, c'est à dire ayant engendré des gamétophytes qui eux-mêmes sont devenus fertiles et ont réalisé la fécondation au cours de l'été.

Ce résultat est la preuve indirecte que le cycle complet de la reproduction sexuée a donc été bouclé *in situ* dans la baie de Lampaul au cours de l'année 1987.

Recherche d'*Undaria* sur les surfaces rocheuses à Ouessant

Méthode de prospection

L'observation préliminaire de la répartition verticale des sporophytes d'*Undaria pinnatifida* sur les suspensions porteuses de moules avait abouti à deux conclusions:

- 1- il existait de nombreux pieds d'*Undaria* près de la surface,
- 2- aucun pied n'avait été trouvé sous plus de 5 m d'eau.



Fig. 23. Sporophyte d'*Undaria pinnatifida* réduit à sa base (crampon, sporophylles, lambeau de fronde).
(Ouessant, octobre 1987)

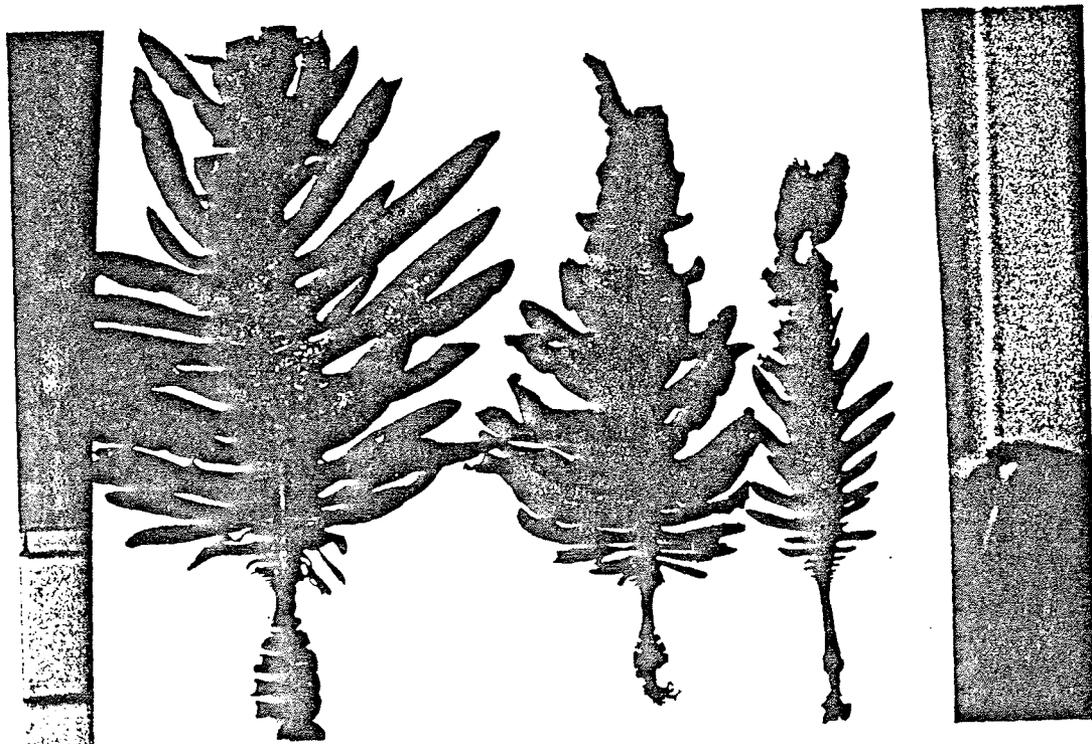


Fig. 24. Sporophytes d'*Undaria pinnatifida* issus de reproduction naturelle dans la baie de Lampaul à Ouessant (octobre 1987).

On pouvait penser qu'une implantation éventuelle de sporophytes d'*Undaria* sur les fonds rocheux de la baie de Lampaul suivait les mêmes règles que sur les filières à moules, aux mouvements de marées près. En conséquence nous avons choisi comme limite supérieure de prospection la ceinture des Himanthales, facilement repérable, située à +1,50 m environ au-dessus de la limite des plus basses mers (= zéro des cartes marines), et comme limite inférieure la ligne de sonde des -5 m (Fig. 17).

Il est à remarquer que la recherche d'*Undaria pinnatifida* parmi les algues autochtones de cette région est une opération difficile pour plusieurs raisons. La flore marine locale est en effet l'une des plus riches de la façade atlantique européenne (Floc'h, 1970; Dizerbo et Floc'h, 1971). Les espèces sont nombreuses, leur densité est élevée, et la taille des algues est grande: *Himanthalia elongata* atteint 4-5 m de long en un réseau de lanières denses; *Laminaria digitata*, *Laminaria ochroleuca* et *Laminaria hyperborea* forment des forêts sous-marines de 2 à 4 m de hauteur, depuis la basse mer jusqu'à des profondeurs de -40 m dans les parages d'Ouessant. De plus l'algue *Alaria esculenta* est commune ici et elle ressemble beaucoup à *Undaria pinnatifida* : en particulier les sporophytes des deux espèces sont très ressemblants lorsqu'ils sont jeunes et immatures. C'est un fait qui peut engendrer quelques confusions lors de la recherche dans la nature.

Localisation des points d'échantillonnage

Connaissant l'origine de propagation potentielle des plantules d'*Undaria*, nous avons supposé que la probabilité de trouver des pieds échappés était liée à la distance du point d'échantillonnage par rapport au centre du champ de culture expérimentale. Nous avons donc tracé des cercles concentriques ayant pour centre ce champ et couvrant la majeure partie de la baie de Lampaul située à l'Est du Youc'h korz (Fig. 17).

Dans chacun des cercles, 15 points d'échantillonnage sont répartis sur le fond rocheux situé dans la surface délimitée par l'intersection des strates (+1,5 m et -5 m). Ces points d'échantillonnage sont prédéterminés sur la carte de la baie de Lampaul à partir de photographies aériennes sur lesquelles on peut lire la nature des différents types de fonds (photographies IGN pour stéréoscopie). En tout 75 points ont été étudiés de cette manière.

Technique d'échantillonnage (Annexe 10)

Une fois sur place on recale les points à partir d'alignements sur amers. L'ancre du bateau constitue le centre de chaque point d'échantillonnage. Le plongeur fixe sur le bout d'ancrage une cordelette graduée de 5 m de longueur. Il décrit ensuite un cercle autour de l'ancre. La surface ainsi examinée sur le fond est de $3,14 \times (5)^2 = 78,5$ soit environ 80 m² (Fig. 25).

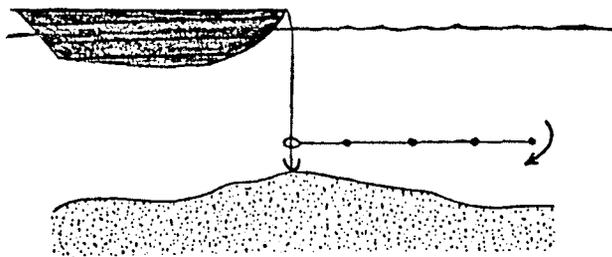


Fig. 25. Technique d'échantillonnage en cercle autour de l'ancre du bateau.

Lors de chaque plongée une fiche d'identification est établie (Annexe 11), mentionnant:

- les alignements ayant servi à faire le point,
- la nature du fond et son profil,
- les profondeurs minimale et maximale (corrigées par la suite en fonction de l'heure-marée),
- l'exposition du site (mode battu, semi-battu ou abrité),
- l'existence de courant,
- les algues dominantes,
- et, bien sûr, la présence ou l'absence d'*Undaria pinnatifida*.

Résultats

L'ensemble des points échantillonnés sont positionnés sur les figures présentées en Annexes 12-13-14-15.

Lors des prospections réalisées en avril et mai 1987 nous n'avions décelé la présence d'aucun pied d'*Undaria* sur les fonds rocheux de la baie de Lampaul (voir rapport intermédiaire). Ce n'est que lors des prospections du mois de juin 1987 que 7 sporophytes d'*Undaria pinnatifida* ont été trouvés pour la première fois fixés sur la roche dans les conditions suivantes:

- au point n°67 (sixième Sud-Ouest du champ expérimental, partie Sud),
 profondeur -4,5 m,
 substrat constitué de blocs avec un peu de sable,
 = 4 pieds de 70, 30, 20, et 20 cm de longueur.
- au point n°71 (sixième Sud-Ouest, partie Nord),
 profondeur -5 m,
 substrat constitué de blocs sur fond de sable,
 = 3 pieds de 80, 30 et 20 cm de longueur.

Nous avons alors effectué une prospection (juillet 1987) sous toute l'étendue de la concession (algues et moules) dans la strate des profondeurs comprises entre -5 m et - 15 m (par rapport au zéro des cartes marines). Contre toute attente (sur les filières à moules *Undaria* ne descendait pas à plus de 5 m de profondeur), c'est 37 pieds d'*Undaria* qui ont été trouvés fixés parmi les algues autochtones dès cette époque sous la concession (Fig. 26).

Ces plants présentaient un retard de croissance et de maturité important par rapport à ceux qui avaient été trouvés fixés sur les filières à moules et les maîtresses, à la même époque. Ceci est un des éléments qui pourraient expliquer les prospections infructueuses des mois d'avril et mai 1987 sur les rochers de la baie. Bien évidemment tous les points d'échantillonnage n'ont pu être examinés le même jour, ni le même mois. Dès lors nous ne pouvons pas être sûrs qu'aucun sporophyte d'*Undaria* ne s'est installé, après notre passage, sur les points que nous avons examinés. De plus, tous les pieds d'*Undaria* sauvages trouvés à cette époque étaient situés en dehors des zones à fortes densités de Laminaires, c'est à dire au-delà de la limite de -5 m fixée par le protocole d'échantillonnage d'après nos premières observations sur les filières à moules. **En conséquence la présente étude ne peut être, comme prévu, qu'une étude qualitative, et aucune évaluation quantitative sérieuse de la distribution géographique de l'espèce dans la baie de Lampaul n'est possible à partir de ces résultats.**

L'ensemble des pieds d'*Undaria* que nous avons trouvés, fixés sur la roche, a fait l'objet d'un suivi afin de vérifier leur comportement pendant les mois d'été 1987.

Le 4 octobre 1987, pour tous les plants fixés sur la roche, seuls subsistaient les bases et les sporophylles. Les frondes avait disparu et les traces laissées sur les lambeaux de nervures faisaient penser à une prédation par des poissons (vieilles ? mullets ?). Ce phénomène avait déjà été observé pour les plants fixés sur les filières à moules. Tous ces pieds étaient fertiles, leurs sporocystes étant essentiellement concentrés en bordure de sporophylle, formant un liseré sombre bien visible à l'oeil nu (Fig. 27).

Une prospection qualitative, identique à celle effectuée en juillet 1987, a permis de vérifier que l'implantation sur le fond rocheux s'est à nouveau produite en 1988 (Tableau 6). Il n'est pas possible de comparer l'intensité et l'extension de la colonisation par *Undaria* entre ces deux années, les prospections n'ayant, comme nous l'avons déjà souligné, aucun caractère quantitatif. Cependant il faut noter la présence de 4 plants d'*Undaria* en un point d'échantillonnage (n° 66) qui en était dépourvu en 1987. Ce point est situé en dehors de la limite d'extension constatée en 1987, et se trouve à un niveau non encore observé auparavant dans la baie de Lampaul (+ 1 m par rapport aux plus basses mers, parmi les Himanthales).

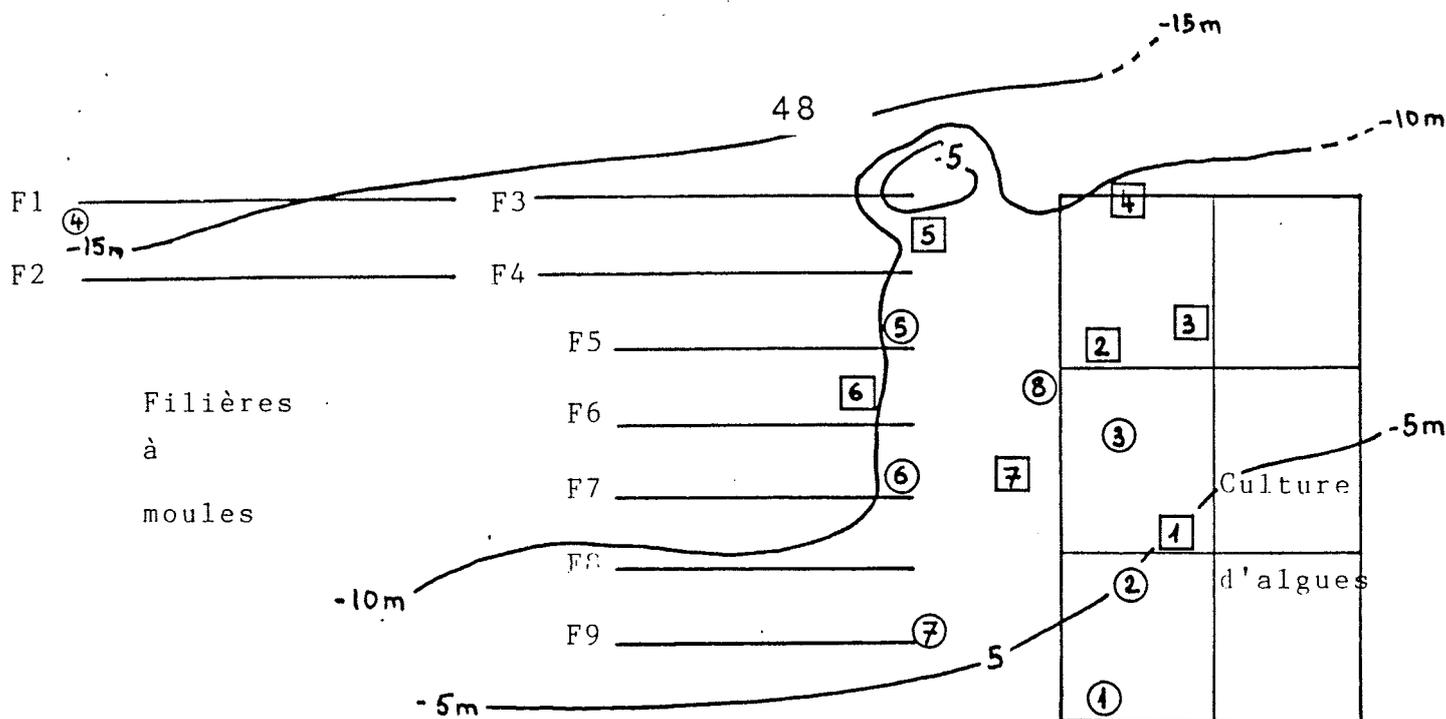


Figure 26.

Emplacements des plants de *Undaria* en place parmi les espèces locales au cours des deux étés du suivi.

- en juillet 1987
- en août 1988

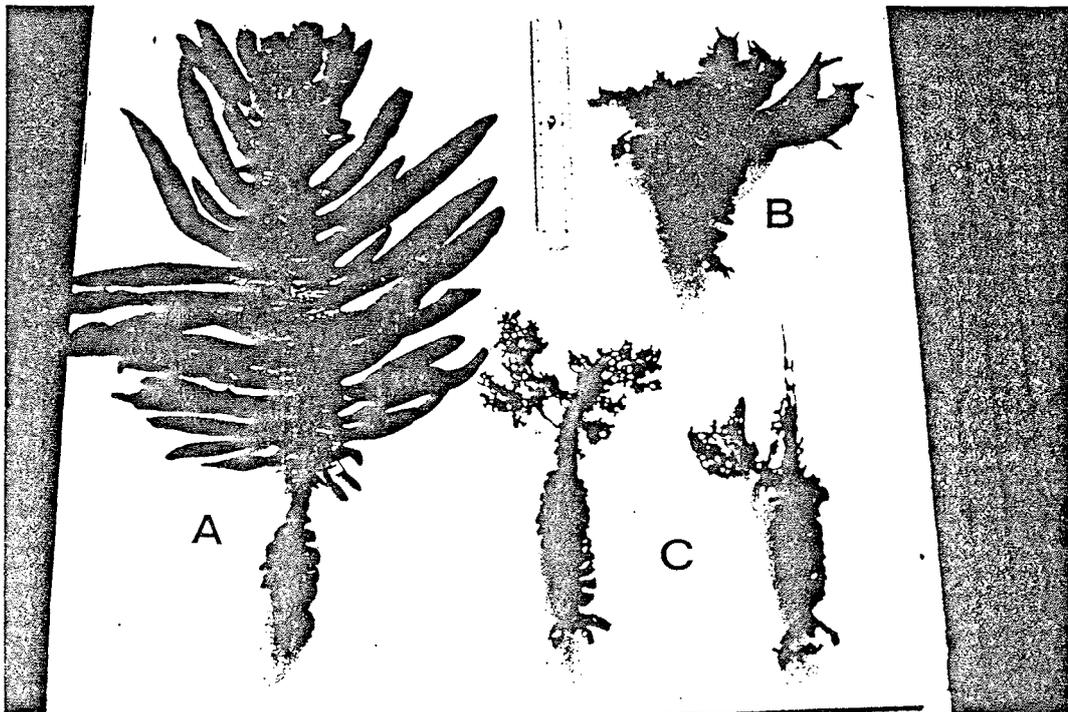
NB: les lignes de sondes ont été tracées à partir de nos observations sur le site

Points	En juillet 1987		En août 1988	
	Profondeurs corrigées en mètres	Nombre sur 80 m ²	Profondeurs	Nombre
1	4.5	4	5	2
2	5	5	8	3
3	9	3	9	5
4	18	1	9	2
5	10	9	10	1
6	10	2	10	8
7	7	10	7	2
8	9	3		
Totaux		37		23

Tableau 6 Nombre de plants de *Undaria pinnatifida* en place parmi les espèces locales, par point et au cours des deux étés du suivi



Fig. 27. Sporophylles d'un pied d'*Undaria pinnatifida* fixé sur le fond rocheux dans la baie de Lampaul à Ouessant (octobre 1987).



Différentes formes de sporophytes d'*Undaria pinnatifida* trouvés dans la baie de lampaul à Ouessant en octobre 1987. A et B: pieds fixés sur les fillères à moules; C: pieds fixés sur le fond rocheux.

DISCUSSION ET CONCLUSION DES PROSPECTIONS A OUESSANT

Les populations denses et vigoureuses d'*Undaria pinnatifida* qui ont été trouvées sur les structures de la ferme mytilicole en 1987 et 1988, et les pieds épars trouvés sur le substrat rocheux, montrent, à l'évidence, que l'espèce introduite à Ouessant s'est échappée du site de la culture expérimentale où elle devait se cantonner.

Cette évasion d'*Undaria* et sa fixation sur des supports qui ne lui étaient pas destinés sont attribuables à deux origines possibles:

1. étant donné que des cordelettes portant des plantules avaient été immergées dans le champ de culture expérimentale en novembre 1986 (Tableau 5) et que la culture fut détruite aussitôt après le passage en mer, il est théoriquement possible que des plantules, ou des oeufs fécondés, se soient détachés des cordelettes et se soient refixés sur les filières à moules voisines. Cependant ceci semble rare dans la nature et, selon le Prof. Wu (communication personnelle), ne peut se produire que dans des eaux calmes. Il serait donc surprenant qu'un grand nombre de sporophytes ait réussi à se fixer sur les filières à moules à Ouessant, alors que précisément à cette époque l'eau était agitée par des tempêtes. Or les densités de 6 à 8 sporophytes d'*Undaria* par mètre que nous avons trouvées sur ces structures, ne sont pas très éloignées des très bons résultats signalés dans les fermes aquacoles elles-mêmes (Akiyama et Kurogi, 1982; Pérez *et al.*, 1984).

2. Une autre hypothèse, plus plausible à nos yeux, pour expliquer cette évasion massive d'*Undaria* serait de supposer que les sporophytes, qui ont été cultivés et sont devenus fertiles dans le site d'Ouessant en 1983 et 1984 (Tableau 5), ont aussi libéré leurs spores *in situ* et que l'ensemble du cycle de reproduction de l'algue s'est complété, chaque année, par l'intermédiaire des gamétophytes, dans la baie de Lampaul. Ce serait là une bien meilleure explication au grand nombre de sporophytes d'*Undaria pinnatifida* que nous avons trouvé dans cette baie en 1987 et 1988, les estimations les plus basses nous ayant donné les chiffres d'au moins 20 000 pieds en 1987 et 25 000 pieds en 1988.

En réalité le fait que nous ayons observé, début octobre 1987, des sporophytes d'*Undaria* de différentes tailles et à différents degrés de maturité, sur une filière à moules récemment immergée et vierge de toute contamination d'*Undaria*, montre à l'évidence que l'espèce a réalisé son cycle de reproduction complet *in situ* cette année-là.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

A l'issue de nos missions en Asie, après avoir examiné sur place les peuplements à *Undaria pinnatifida*, consulté la bibliographie et interrogé les experts coréens, japonais et chinois, il nous est apparu clairement que l'algue que l'on tentait de cultiver dans l'Atlantique, devait logiquement trouver, dans ces eaux, les conditions adéquates pour y assurer sa reproduction de manière naturelle. En particulier l'examen des conditions de vie de cette algue dans son milieu d'origine (côtes japonaises) et les données expérimentales publiées sur les températures optimales de sa reproduction (Akiyama, 1965) n'autorisaient aucun doute sur cette probabilité.

L'examen des populations d'*Undaria* de la Méditerranée nous a montré que l'algue se maintient dans l'Etang de Thau, où elle avait d'abord été découverte (1971) et que de plus, elle se répand, notamment vers l'Ouest, jusqu'à proximité de la frontière espagnole (Port Vendres, 1988). En Méditerranée comme en Asie, la croissance de l'algue semble en étroite relation avec les conditions locales d'environnement: parmi plusieurs autres facteurs nous avons relevé qu'en particulier la forte turbidité de l'eau y est un facteur défavorable, tout à fait comparable à ce que l'on a pu observer en Mer Jaune (Chine).

Le suivi que nous avons effectué dans la baie de Lampaul, à Ouessant, seul site français autorisé, à notre connaissance, pour la culture expérimentale d'*Undaria pinnatifida*, nous a montré que, malgré les échecs répétés de la culture, de très nombreux pieds sauvages de cette algue se développent parfaitement sur les structures avoisinantes destinées à l'élevage des moules: ainsi, bien que la présente étude soit une étude strictement qualitative, comme prévu, on a pu estimer qu'il y avait au moins 20 000 sporophytes d'*Undaria* en 1987 et 25 000 en 1988 sur les seules filières de la ferme mycicole.

L'examen attentif de filières à moules nouvellement immergées dans la baie de Lampaul, nous a apporté la preuve indirecte que *Undaria pinnatifida* y a réellement bouclé son cycle complet de reproduction, *in situ*, au cours de l'été 1987.

En conséquence la conclusion qui s'impose est que, à Ouessant, *Undaria pinnatifida* se reproduit dans les conditions naturelles. Cette conclusion est contraire à l'hypothèse formulée précédemment, selon laquelle l'espèce ne pouvait pas se reproduire *in situ* dans l'Atlantique. La dissémination de l'algue à partir des sites de culture n'y est donc pas contrôlable.

Ainsi le présent travail qui, dans la meilleure des hypothèses, devait conclure définitivement à l'absence de risques écologiques consécutifs au transfert d'*Undaria pinnatifida* dans l'Océan Atlantique, pose, au contraire, un grand nombre de questions.

Les prospections effectuées pendant ces deux années sur les fonds rocheux d'Ouessant ont montré que *Undaria* est également capable de s'installer, apparemment à des densités plus faibles, sur la roche parmi les algues autochtones. Ainsi nous avons pu constater que la répartition verticale d'*Undaria pinnatifida* s'étend, dans la baie de Lampaul, depuis +1m au-dessus du niveau des plus basses mers jusqu'à -18 m sous le zéro des cartes marines, écart légèrement supérieur aux plus grands intervalles signalés à travers le monde en ce qui concerne la distribution verticale de cette algue. Ceci indique que les conditions locales sont très favorables à une dispersion de l'espèce en profondeur.

Par ailleurs, à Ouessant, les sporophytes d'*Undaria pinnatifida* sont visibles toute l'année. Ceci est contraire au comportement de l'algue dans les autres mers du globe où elle est signalée: en ces régions, en effet, les sporophytes disparaissent pendant les mois d'été. Cette observation, associée au fait que, à Ouessant, on trouve toujours un mélange de pieds à différents stades de croissance, pourrait signifier que *Undaria* est capable d'assurer ici plusieurs générations par an. C'est une des caractéristiques des algues dites opportunistes: si cette aptitude était confirmée elle militerait en faveur d'un fort potentiel de propagation de l'espèce vers des aires nouvelles.

A la lumière des résultats précédents il conviendrait d'abord d'étendre la recherche d'*Undaria* à l'île de Groix et dans le voisinage de la Rance où il serait étonnant qu'elle ne se soit pas échappée, comme à Ouessant, à l'issue des essais de culture réalisés en 1983. De plus les médias rapportent périodiquement les succès d'une importante expérience de culture d'*Undaria pinnatifida* à l'île de Sein sans que l'expert désigné pour la présente recherche n'en ait été informé. Si c'était le cas il conviendrait de procéder, à l'île de Sein, à des vérifications comparables à celles que nous avons menées à Ouessant.

On peut se poser la question de savoir s'il est possible de prévoir les limites géographiques de l'éventuelle dispersion d'*Undaria pinnatifida* sur les côtes de l'Atlantique. A l'évidence l'algue se développe bien dans ces eaux tempérées. Il semble que la température soit un des principaux facteurs de la régulation de la reproduction et de la croissance de l'espèce en Asie (Akiyama, 1965). Si nous comparons les températures dans les Mers asiatiques et la distribution géographique d'*Undaria pinnatifida* dans ces régions du globe, il apparaît que les limites extrêmes de température sont situées entre 0° C (Nord-Ouest de Hokkaido) et 27 °C (Sud-Ouest de Kyushu) (Annexe 16). En conséquence, si nous considérons seulement le

facteur de la température de l'eau (Hoeck, C. van den, 1982, Fig. 28, C) il semble qu'*Undaria* soit capable de se propager, dans l'Océan Atlantique, dans une aire située entre la Norvège et la Mauritanie. Evidemment un seul facteur n'est pas suffisant pour avoir une idée précise de la possible dispersion d'une espèce nouvellement introduite: dans les Mers asiatiques (Océan Pacifique, Mer du Japon, Mer Jaune) la distribution d'*Undaria pinnatifida* est aussi conditionnée par d'autres facteurs environnementaux locaux tels les courants, la turbidité, la salinité, le grazing, Enfin, nous avons vu, lors de l'invasion des côtes européennes par une autre algue d'origine japonaise, *Sargassum muticum*, qu'une espèce peut se comporter différemment lorsqu'elle est transférée d'une mer à une autre.

Qu'en sera-t-il de la compétition entre *Undaria* et les organismes autochtones? Les animaux semblent exercer une forte pression sur le sporophyte de l'algue (oursins, poissons). Mais en ce qui concerne l'écologie de l'espèce c'est sans doute au niveau des gamétophytes que la pression animale peut avoir la plus forte influence. C'est une question à laquelle il est difficile de répondre pour le moment.

Comment l'algue *Undaria* peut-elle se comporter vis à vis des algues locales ? Nous avons déjà vu qu'à Ouessant *Undaria* se comporte en algue opportuniste, colonisant de préférence les substrats vierges. Nous avons également vu qu'elle est susceptible de s'installer sur la roche parmi les autres algues (*Himanthalia*, *Laminaria*). Nous avons commencé, en 1988, une expérience visant à évaluer l'aptitude d'*Undaria* à la concurrence avec les algues d'Ouessant. Dans ce but nous avons fixé, près du fond rocheux, des sporophylles d'*Undaria* fertiles trouvées non loin de là sur les filières à moules. L'expérience est prévue pour durer une année.

A N N E X E S

KYUN HYUN KIM

DIRECTOR - GENERAL

NATIONAL FISHERIES RESEARCH & DEVELOPMENT AGENCY
NATIONAL FISHERIES ADMINISTRATION
16, 2-GA, NAMHANG-DONG,
YEONGDO-KU, BUSAN, KOREA TEL. 49-0030

JUNG WON CHANG

DIRECTOR, DIVISION OF SHELLFISH & ALGAE
FISHERIES RESEARCH & DEVELOPMENT AGENCY
BUSAN, KOREA
TEL; 49-0 0 2 1-2 6

Cho Young Chul

FISHERIES RESEARCH &
DEVELOPMENT AGENCY

16, 2-KA, NAMHANG-DONG, YEONG DO-KU,
BUSAN, KOREA 606
TEL. 49-0021-6

Dong Soo Ilue

DIRECTOR

JINHAЕ INLAND FISHERIES RESEARCH LAЕORATORY
NATIONAL FISHERIES RESEARCH AND
DEVELOPMENT AGENCY
577-1YEO ZWOA-DONG, JIN HAE CITY
GYEONG NAM, R.O. KOREA
TEL. 0553-2-3521

수산진흥원 제주지원 종묘배양장장

수산연구관
해양기술사

나 기 환

Dr. GUI - HWAN NA

Hong James Choi

DIRECTOR

SAM HEUNG SUSAN CO., LTD.

OFFICE & FACTORY TEL:
NOKSAN 22 OR 39, KIMHAE, KYONG-NAM,
RESIDENT TEL: SEOUL 33-4626

FRDA, Chief of Jeju Branch
STATION IN JEJU BRANCH,
FISHERIES RESEARCH AND DEVELOPMENT AGENCY
a la Section d'Environnement
HALLIM-EUP, JEJU DO, KOREA 590-22
TEL HALLIM : 2402
16 2-ga Namhang-dong, Yeongdo-gu

HAK - GYOON KIM

DIVISION OF ENVIRONMENT RESEARCH

Fisheries Research & Development Agency

2-16, NAMHANG-DONG, YOUNGDO-GU,
PUSAN, KOREA
TEL: 49 - 0 0 2 1

Dr. BYUNG HA PARK

DIRECTOR
DEPARTMENT OF AQUACULTURE

FISHERIES RESEARCH & DEVELOPMENT AGENCY

16, 2-GA, NAMHANG-DONG,
YOUNGDO-GU, PUSAN, KOREA TEL: 49-0021
48.4216

NATIONAL FISHERIES OF UNIV.
PUSAN, KOREA.
독립부산수산대학

양식학과

손 철 현

CHUL HYUN SOHN

전화 { 학교 622-3951(교)305
자택 752-5206

JOO - SUCK PARK Dr. Sc.

DIRECTOR, DEPARTMENT OF
OCEANOGRAPHY & MARINE RESOURCES

FISHERIES RESEARCH & DEVELOPMENT AGENCY
YOUNGDO 606, PUSAN, KOREA

LECTURER

NATIONAL FISHERIES UNIVERSITY OF PUSAN
PRESIDENT, OCEANOLOGICAL SOCIETY OF KOREA

TEL 49-0021, 48-4218, 752-2912 RESIDENCE)

TADASHI NOMURA, Ph.D.

PROFESSOR

DR. TERU IORIYA

PHYSIOLOGICAL LABORATORY
TOKYO UNIVERSITY OF FISHERIES

KONAN 4-CHOME, MINATO-KU
TOKYO 108, JAPAN
TEL (03) 471-1251 EXT. ~~344~~
436

LABORATORY OF AQUACULTURAL BIOLOGY
FACULTY OF AGRICULTURE
TOHOKU UNIVERSITY
SENDAI-980, JAPAN

Tel: 0222(72)4321

HISAO OGAWA, Ph. D.

Department of Fishery Science
Faculty of Agriculture
Tohoku University
Tsutsumidori-Amamiyamachi
Sendai, 980
Japan

Tel 0222-72-4321

DR. KAZUO AKIYAMA

CHIEF, ALGAE SECTION

TÖHOKU REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY
SHIOGAMA, MIYAGI, JAPAN 985

RIKEN FOOD CO., LTD.



SENDAI FACTORY

Roland MET DEN ANCX T Dr. Sc.

Aquaculture Research Biologist

Laboratory of Aquaculture
Faculty of Agriculture
Tohoku University
1-1, Amamiyamachi, Tsutsumidori
Sendai, JAPAN

TSUKASA ARAWAKA

FACTORY MANAGER (DIRECTOR)

5-60, 2-CHOME, MIYAUCHI
TAGAJU, MIYAGI, JAPAN
TEL. (022) 365-6446

HEAD OFFICE
8-10, 3CHOME, NISHIKANDA
CHIYODAKU, TOKYO, JAPAN
TEL. (03) 237-7227

Institute of Oceanology
Academia Sinica

C. Y. WU (Wu Chaoyuan)

Associate Director and Senior Scientist in Marine Biology
INSTITUTE OF OCEANOLOGY, ACADEMIA SINICA

Secretary: CHINESE PHYCOLOGICAL SOCIETY

7 Nanhai Road, Qingdao (Tsingtao), China
TEL. 83578 CABLE: 3152

Guangheng Lin

Associate Professor

Vice-Director of Marine Botany Dept.

7 Nanhai road
Qingdao
China

Phone 38045-223
Cable 3152
Telex 32222 ISS CN

FEI XIUGENG (X. G. FEI)

Professor in Marine Biology
Director, Department of Marine Botany
INSTITUTE OF OCEANOLOGY, ACADEMIA SINICA
Secretary General
CHINESE PHYCOLOGICAL SOCIETY

Tel: 83022-287
Cable: 3152 Qingdao
Telex: 32222 ISS CN

7 Nan-Hai Road, Qingdao
People's Republic of China

PROF. M. H. JI (JI MINGHOU)

SENIOR SCIENTIST IN MARINE BIOCHEMISTRY
INSTITUTE OF OCEANOLOGY, ACADEMIA SINICA
PRESIDENT, CHINESE SOCIETY OF OCEANOLOGICAL
AND LIMNOLOGICAL CHEMISTRY

7 Nanhai Road, Qingdao (Tsingtao), China

PROF. LIU RUIYU (J. Y. LIU)

SENIOR SCIENTIST IN MARINE BIOLOGY, DIRECTOR
INSTITUTE OF OCEANOLOGY, ACADEMIA SINICA,
VICE PRESIDENT & SECRETARY GENERAL, CHINESE
SOCIETY OF OCEANOLOGY AND LIMNOLOGY
PRESIDENT, CHINESE CRUSTACEAN SOCIETY

7 Nanhai Road Qingdao (Tsingdao), China
Tel: 285175, 286882
Telex: 32222 ISS CN

Zhu Ji-chun (J.C. Zhu)

ENGINEER ASSOCIATE

INSTITUTE OF OCEANOLOGY, ACADEMIA SINICA

7, Nan-Hai Road,
Qingdao, China

Phone: 285627
Cable: 3152 Qingdao
Telex: 32222 ISS CN



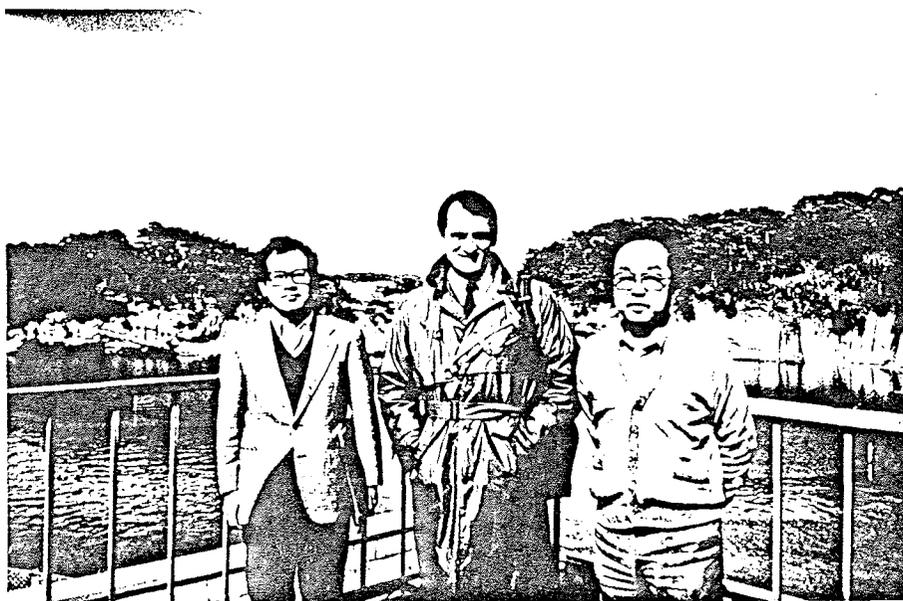
Champ de culture d'*Undaria pinnatifida* au Pays du Matin Calme ...



Cordes découpées dans de vieux pneus utilisées pour la culture d'*Undaria* en Corée



Champ de culture d'*Undaria pinnatifida* au Pays du Soleil Levant ...

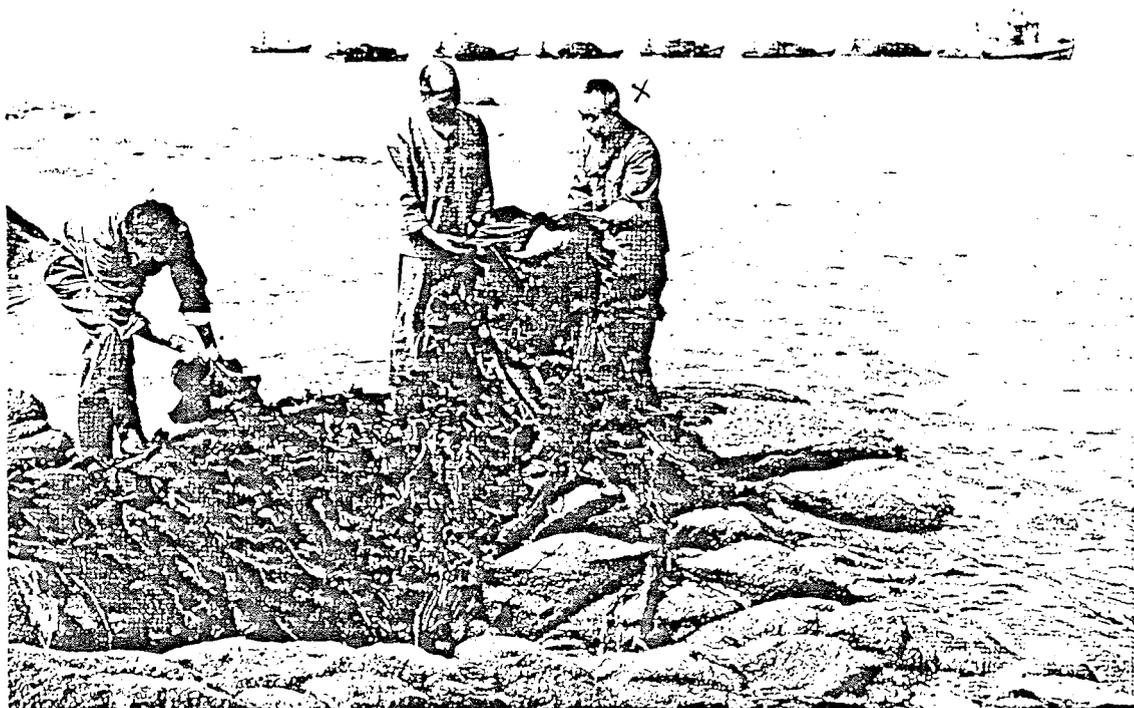


Dr Ogawa

Dr Aklyama



Biological Building of the Institute of Oceanology, Academic Sinica
中国科学院海洋研究所生物大楼



Au Pays de l'Empire du Milieu ...

X Dr Wu



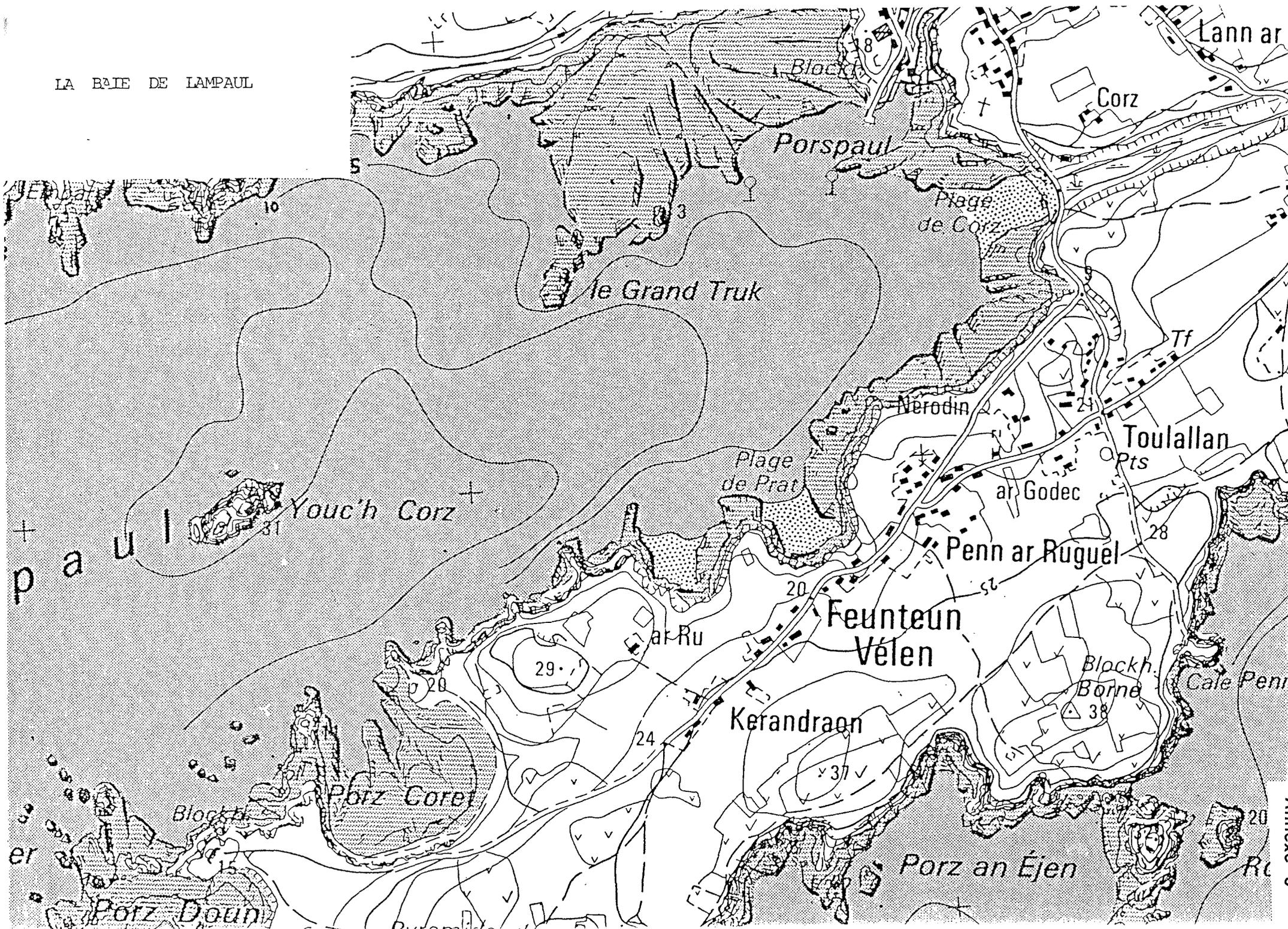
Culture d'*Undaria* sur cordes verticales en Chine



Dr Xia

Dr Chang

LA BAYE DE LAMPAUL



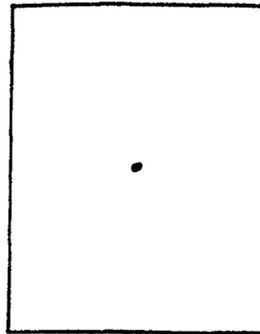
SYSTEMES DE CULTURES

f1	_____	f3	_____
f2	_____	f4	_____
		f5	_____
		f6	_____
		f7	_____
		f8	_____
		f9	_____

F1 à F4 125 m

F5 à F9 100 m

Haut Milieu Bas



FILIERES DE MOULES

CHAMP D'ALGUES

EMPLACEMENTS DES SYSTEMES DE CULTURES

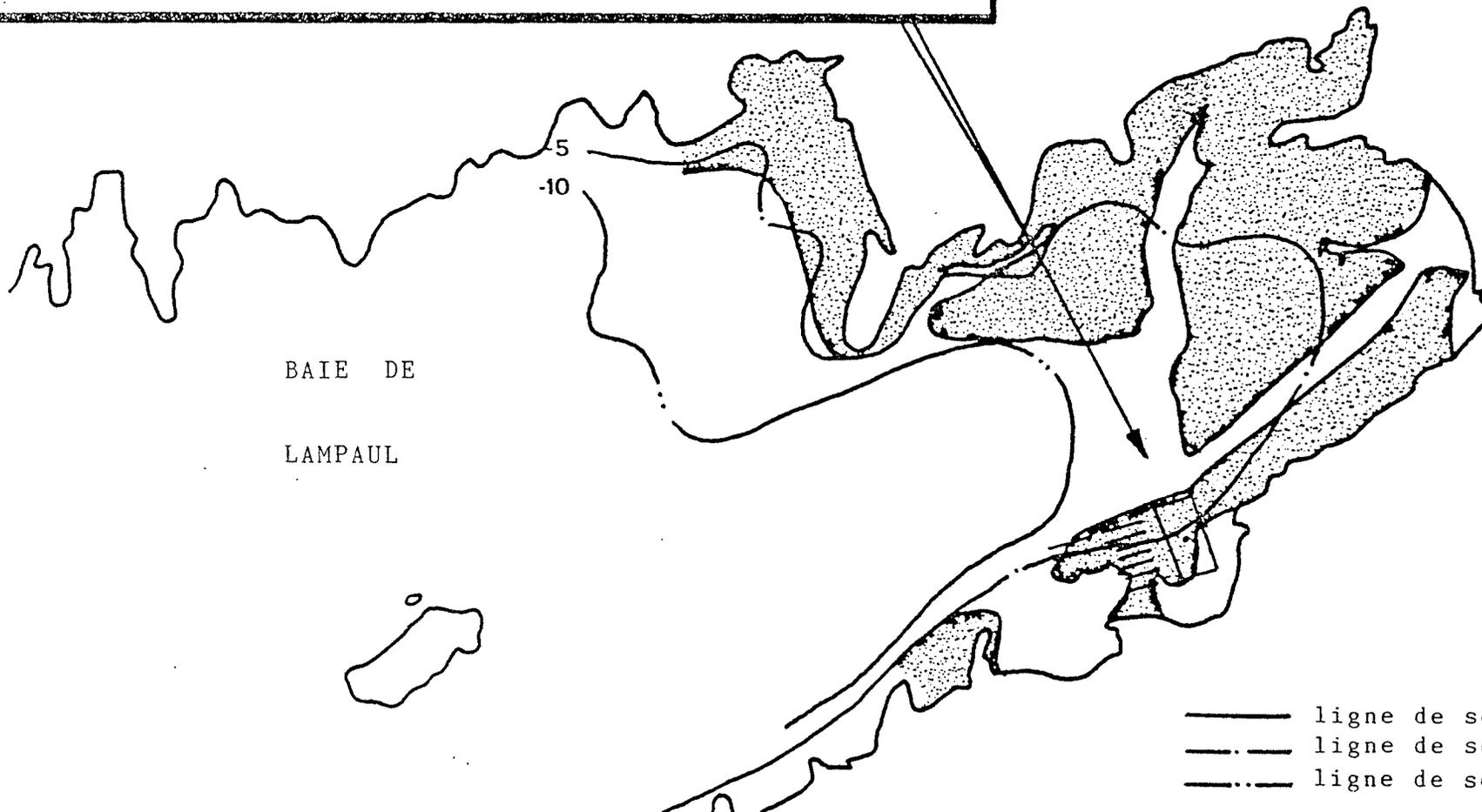
ET

SURFACE ROCHEUSE MINIMALE

ENTRE LES LIGNES DE SONDE 0

ET -10 m

(estimée à l'aide de photographies aériennes de l'IGN)

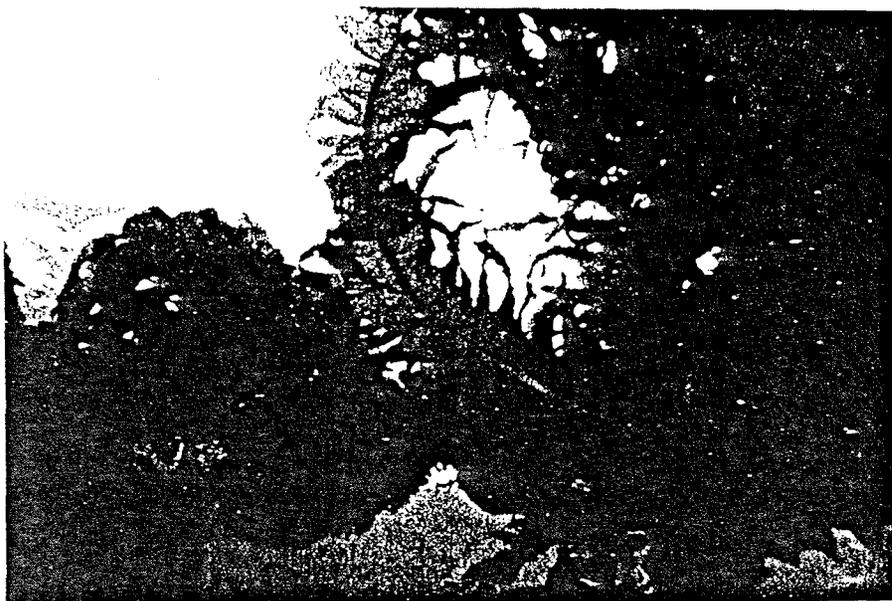


BAIE DE

LAMPAUL

- ligne de sonde 0 m
- - - ligne de sonde 5 m
- · - · - ligne de sonde 10m

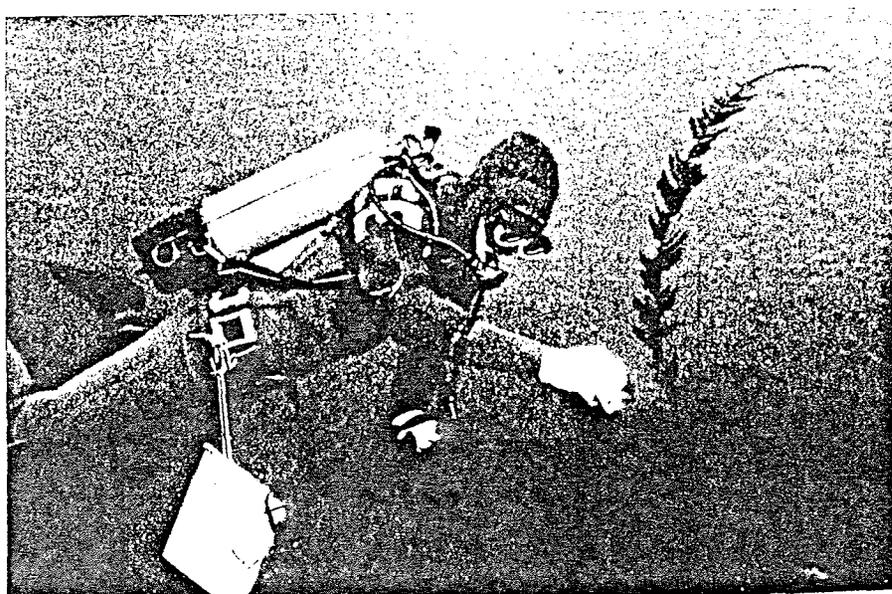
PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE



Photographie n°1

Undaria pinnatifida

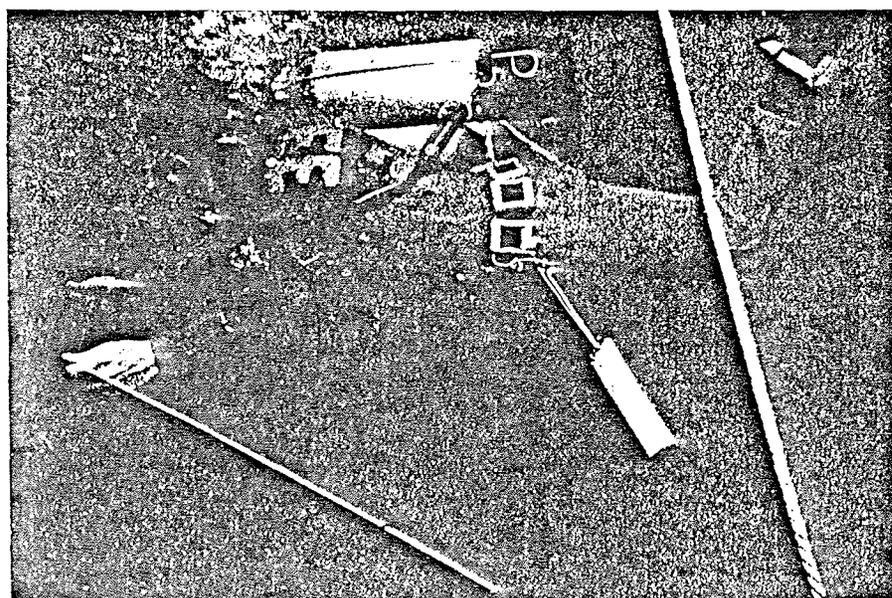
sur une suspension
de moules , parmi
d'autres espèces
d'algues
(cliché du 30.4.87)



Photographie n°2

Alaria esculenta

parmi d'autres
Laminaires
(profondeur -1m)
(cliché du 30.4.87)



Photographie n°3

La technique d'échan-
tillonnage

ADRAMER

Nom: 67 Adresse:		Localité:		Heure de plongée: 12H05	
Tel.:		Date: 17/6/87		Zone: C1	
Site très exposé <input type="checkbox"/>	Courant violent <input type="checkbox"/>	0 sédiment sur roche <input type="checkbox"/>	Laminaire dominante <input type="checkbox"/>		
exposé <input type="checkbox"/>	fort <input type="checkbox"/>	sable sur roche <input type="checkbox"/>	<i>L.hyper</i> <input checked="" type="checkbox"/>		
1/2 exposé <input type="checkbox"/>	moyen <input type="checkbox"/>	sabl. vaseux " <input type="checkbox"/>	<i>L.ochro.</i> <input type="checkbox"/>		
abrité <input checked="" type="checkbox"/>	faible <input type="checkbox"/>	vase sur roche <input type="checkbox"/>	<i>Saccorh.</i> <input checked="" type="checkbox"/>		
très abrité <input type="checkbox"/>	nul <input checked="" type="checkbox"/>				
Prof. mini station -4,5	Prof. maxi station -4,5	Prof. limite Laminaires —	Nature sédiment avoisinn. Sable fin		
Description de topographie du fond:					
Blocs de roche sur fond de sable					

NB: 4 peds d'v.p. ≈ 70/30/20/20 cm

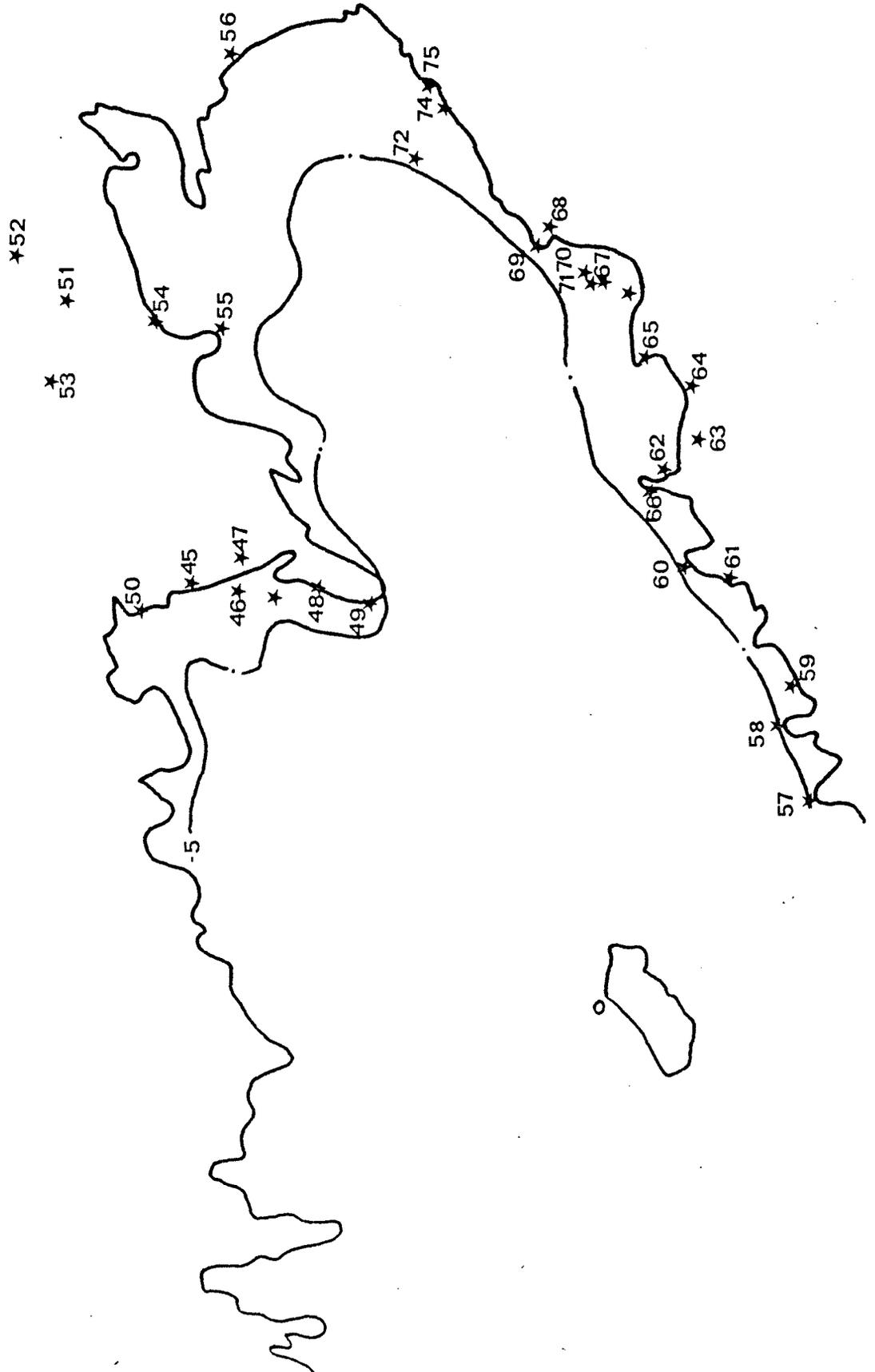
(Fiches d'annotations adaptées du modèle de l'ADMS association pour la découverte du monde subaquatique)

Nom: 71 Adresse:		Localité:		Heure de plongée: 17H15	
Tel.:		Date: 17/6/87		Zone: C1	
Site très exposé <input type="checkbox"/>	Courant violent <input type="checkbox"/>	0 sédiment sur roche <input type="checkbox"/>	Laminaire dominante <input type="checkbox"/>		
exposé <input type="checkbox"/>	fort <input type="checkbox"/>	sable sur roche <input checked="" type="checkbox"/>	<i>L.hyper</i> <input checked="" type="checkbox"/>		
1/2 exposé <input type="checkbox"/>	moyen <input type="checkbox"/>	sabl. vaseux " <input type="checkbox"/>	<i>L.ochro.</i> <input type="checkbox"/>		
abrité <input checked="" type="checkbox"/>	faible <input type="checkbox"/>	vase sur roche <input type="checkbox"/>	<i>Saccorh.</i> <input checked="" type="checkbox"/>		
très abrité <input type="checkbox"/>	nul <input checked="" type="checkbox"/>				
Prof. mini station -5	Prof. maxi station -5	Prof. limite Laminaires —	Nature sédiment avoisinn. Sable		
Description de topographie du fond:					
Blocs sur sable					

NB: 3 peds d'v.p. ≈ 80/30/20 cm

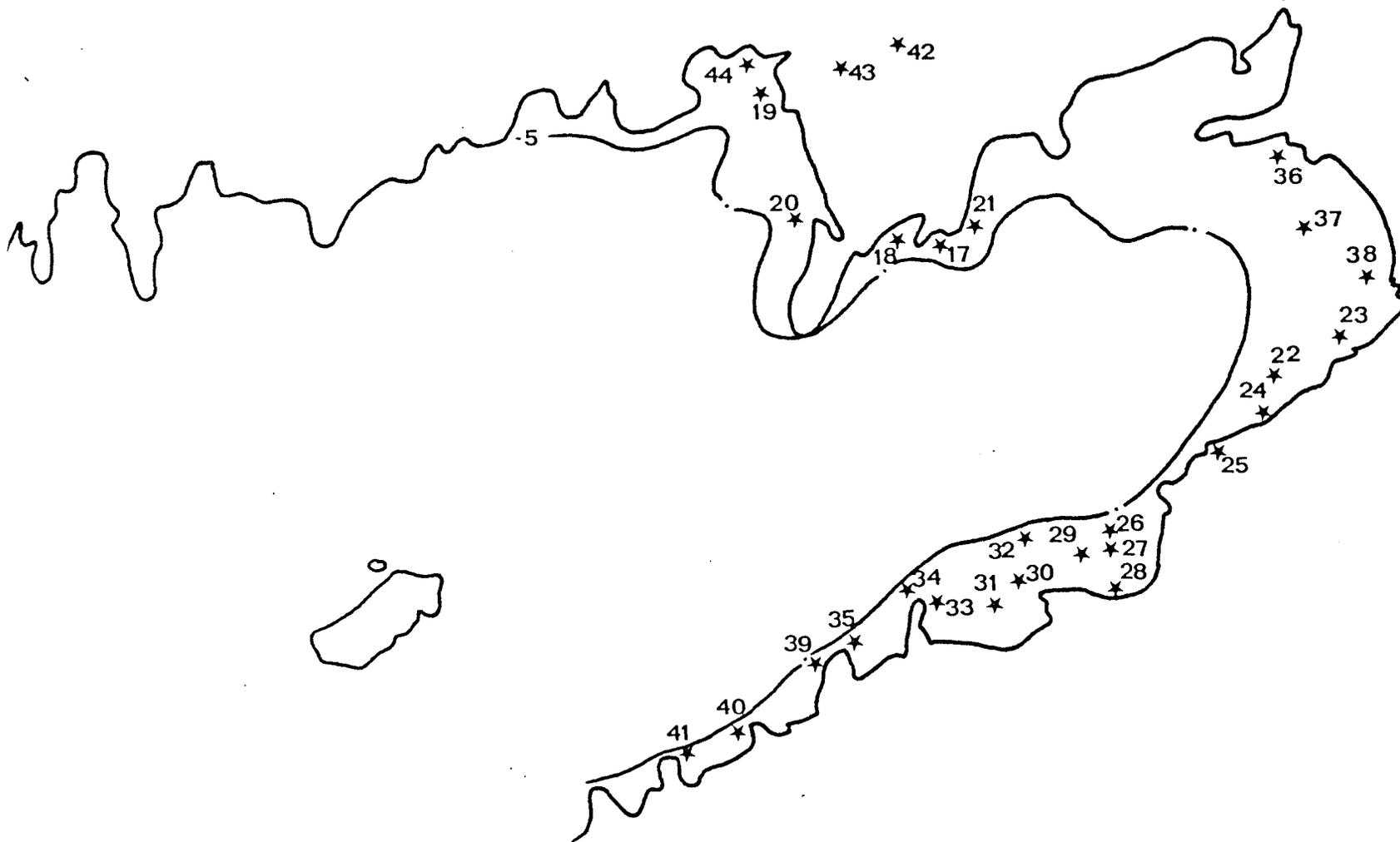
POSITIONS DES POINTS D'ECHANTILLONNAGE

Points 45 à 75



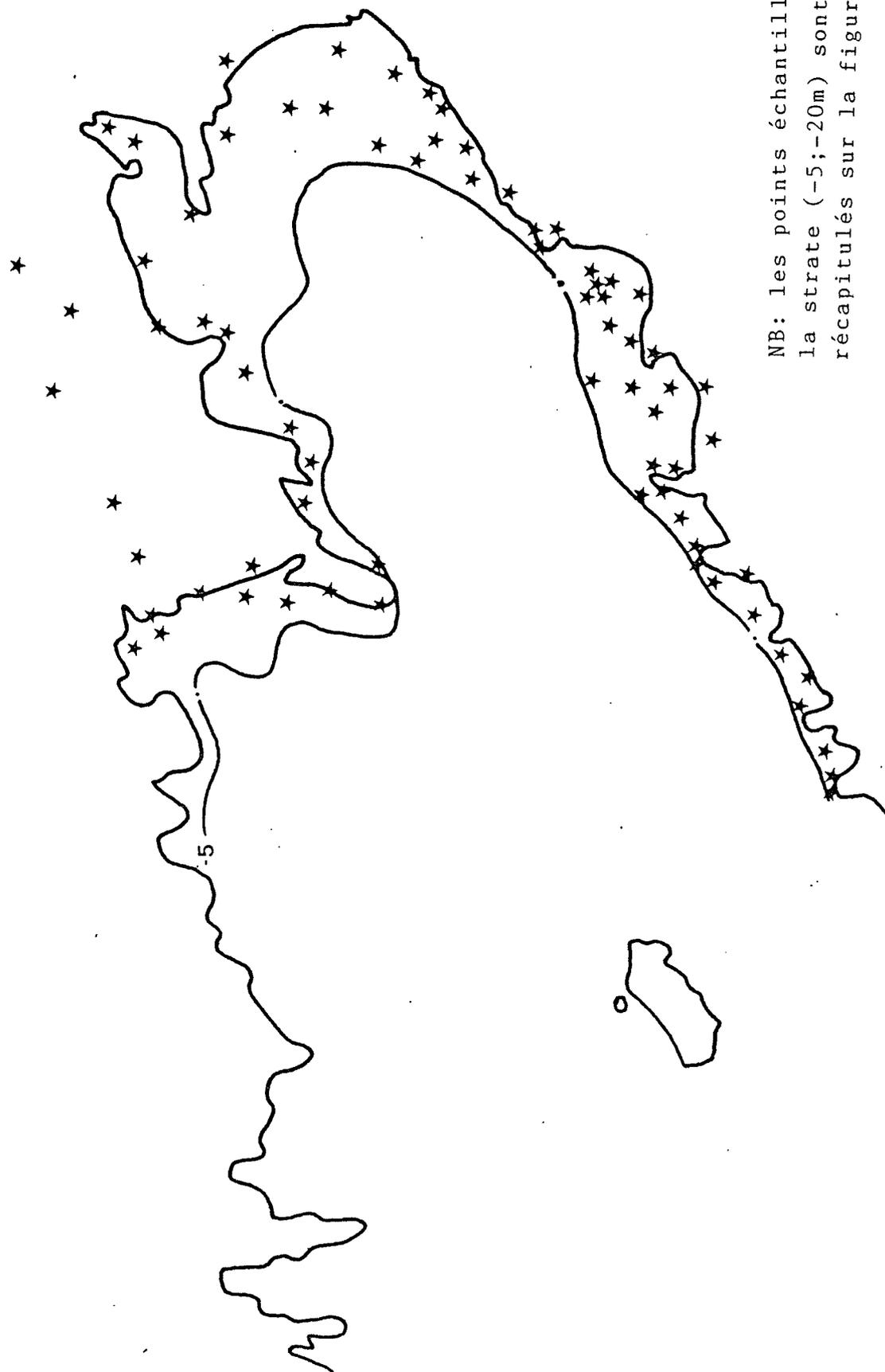
POSITIONS DES POINTS D'ECHANTILLONNAGE

Points 17 à 44

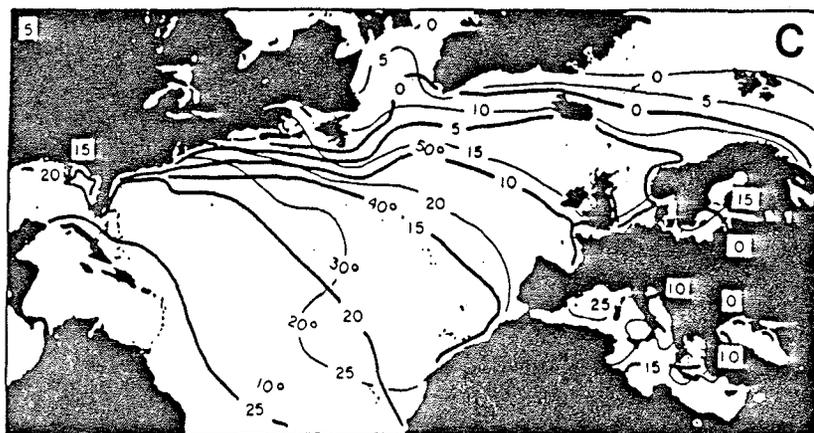
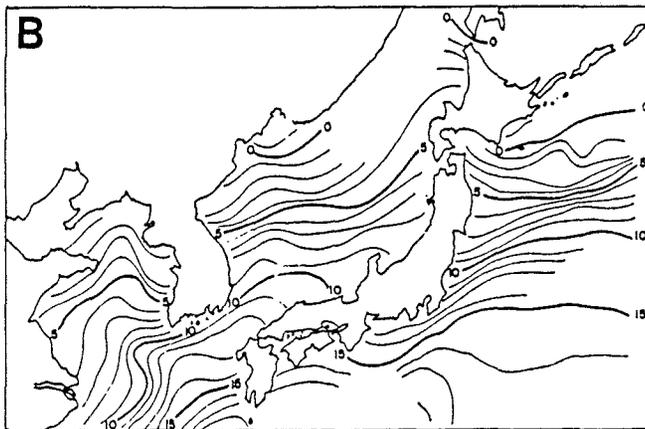
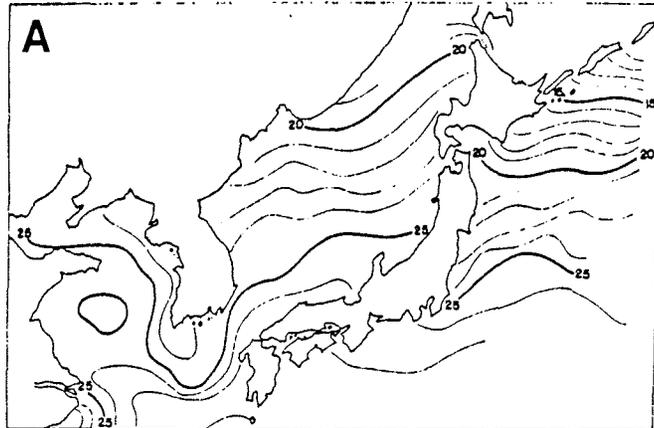


POSITIONS DES POINTS D' ECHANTILLONNAGE

Totalité des points pour
la strate (+1,5;-5m)



NB: les points échantillonnés dans
la strate (-5;-20m) sont
récapitulés sur la figure 26.



A) and B) Summer(August) and winter (February) isotherms for the Japan Sea and the E. coast of Japan (from Funahashi 1974), and C) for the north Atlantic (thick lines: February, thin lines August (from van den Hoek 1982).