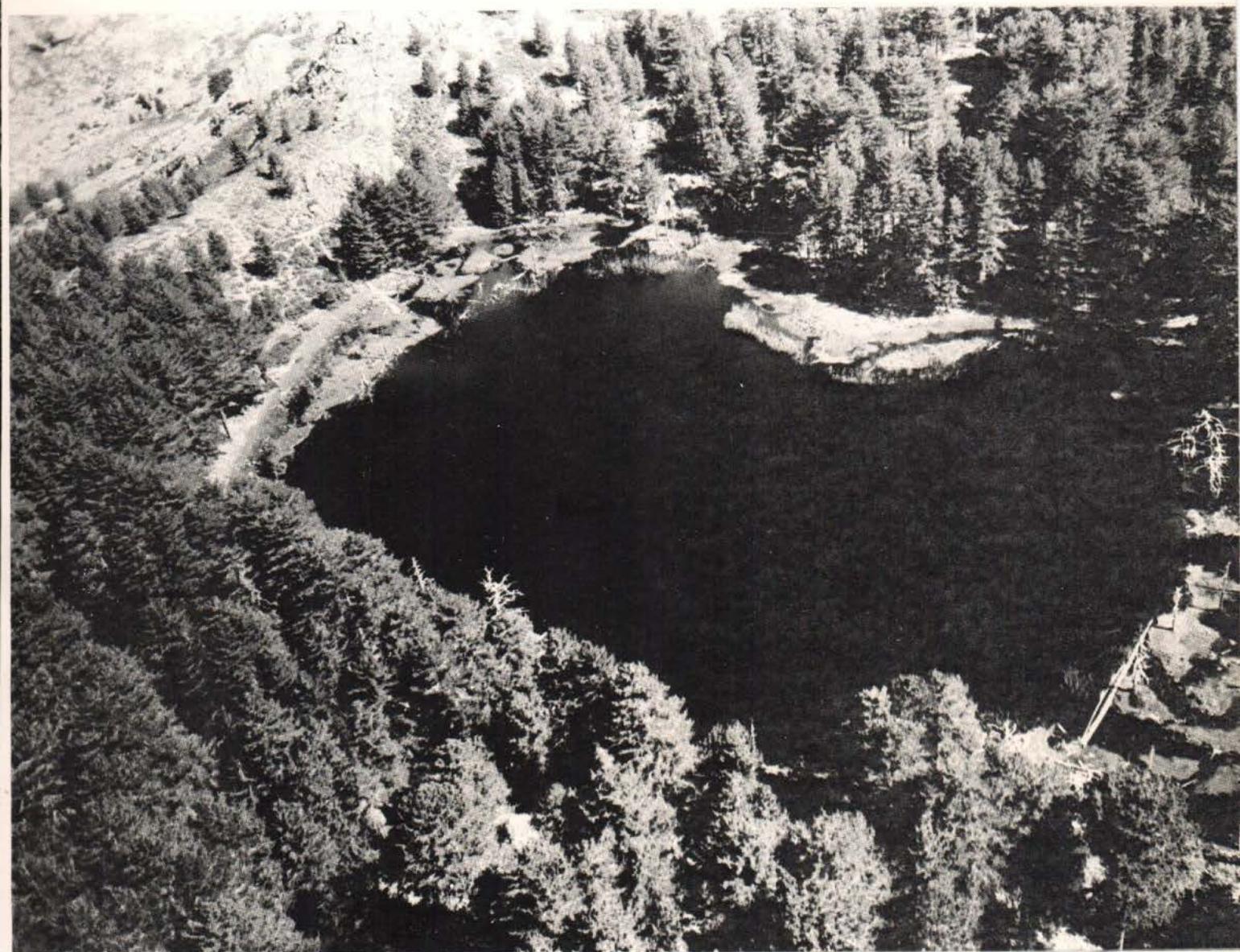


**TRAVAUX SCIENTIFIQUES  
DU PARC NATUREL RÉGIONAL  
ET DES RÉSERVES NATURELLES  
DE CORSE**



COMPTE-RENDU ET RESULTATS SCIENTIFIQUES

DE LA

MISSION SCANDOLA XXVIII

(du 2 au 31 août 1984)

PAR

C.F. BOUDOURESQUE et Al.

A noter : Les articles publiés dans le cadre des travaux scientifiques du Parc Naturel Régional de Corse et des Réserves Naturelles sont présentés sous la responsabilité de leurs auteurs.  
Cette étude a pu être menée à bien grâce au concours financier de l'Assemblée de Corse.

---

PARC NATUREL REGIONAL DE LA CORSE  
RESERVE NATURELLE DE SCANDOLA

---

---

Ministère de l'Environnement  
Programme inter-espaces protégés  
et GIS Posidonie

---

---

COMPTE-RENDU  
ET RESULTATS SCIENTIFIQUES  
DE LA  
MISSION SCANDOLA XXVIII  
(AOUT 1984)

---

---

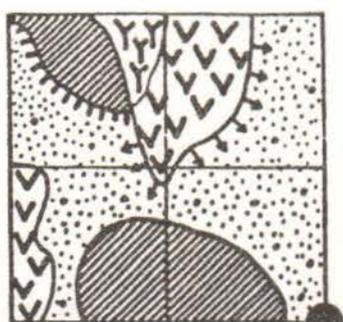
Edité par le Parc Naturel Régional de Corse, rue Général  
Fiorella, Ajaccio et le GIS Posidonie, Faculté des Sciences de  
Luminy, Marseille.  
Date de publication : Décembre 1985.

---

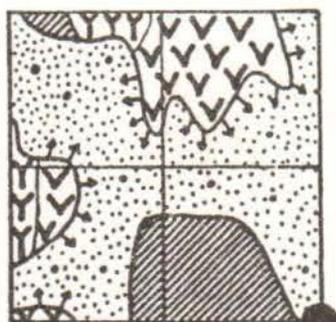
**COMPTE-RENDU**

**ET RESULTATS SCIENTIFIQUES**

**DE LA MISSION SCANDOLA XXVIII**



1979



1980



1981



1983



**PARC NATUREL  
REGIONAL  
DE LA CORSE**



**Groupement  
Intérêt  
Scientifique  
POSIDONIE**

Participants :

Charles Henri BIANCONI (1)  
 Charles François BOUDOURESQUE (2, 4)  
 Dominique CALMET (3)  
 Alain JEUDY DE GRISSAC (4)  
 Jacques LABOREL (5, 4)  
 Françoise LABOREL-DEGUEN (2)  
 Jean Robert LEFEVRE (2, 4)  
 Alexandre MEINESZ (6, 4)  
 Rose Anne MOSSE (2, 4)

Collaborateurs techniques :

Gilles AUDOLY (4)  
 Catherine CANO  
 Michel MARCHADOUR (4)  
 Michèle PERRET-BOUDOURESQUE (2)  
 Gabriele SAGEDER (2)  
 Béatrice TRINKL (2, 4)

- (1) Parc Naturel Régional de la Corse, Maison de la Mer, 20 Galeria.  
 (2) Laboratoire d'Ecologie du Benthos et de Biologie Végétale Marine, Faculté des Sciences de Luminy, 13288 Marseille cedex 9.  
 (3) Commissariat à l'Energie Atomique, IPSN/DPR/SEAPS/LES, BP.6, Fontenay aux Roses.  
 (4) GIS POSIDONIE, Le Hameau Agricole, 83400 Porquerolles et Faculté des Sciences de Luminy, 13288 Marseille cedex 9.  
 (5) Laboratoire de Biologie Animale et Centre d'Océanologie de Marseille, Faculté des Sciences de Luminy, 13288 Marseille cedex 9.  
 (6) Laboratoire de Biologie et d'Ecologie Marines, Université de Nice, Parc Valrose, 06034 Nice cedex.

Dates : du 2 au 31 Août 1984.

Auteurs des rapports

Les noms qui figurent en tête de chaque thème sont ceux du ou des auteurs ayant assuré la coordination des travaux et rédigé le rapport : en fait, les recherches sur le terrain et en laboratoire ont été effectuées avec la participation, matérielle ou conceptuelle, et à des degrés divers, de la plupart des participants à la Mission SCANDOLA XXVIII. Les noms des auteurs des rapports ne préjugent donc pas des signataires des éventuelles publications scientifiques auxquelles donneront lieu ces résultats.

## 1. CHRONOLOGIE DE L'EDIFICATION D'UNE COLLINE DE POSIDONIES

par C.F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC, A. MEINESZ

### 1.1. L'herbier de collines

La structure et la dynamique des herbiers à *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile ont été décrites par MOLINIER & PICARD (1952), le long des côtes françaises de la Méditerranée : édification de la matte (lacs des rhizomes et sédiment colmatant les interstices) par piégeage des sédiments et croissance verticale des rhizomes, montée de la matte, formation dans les baies abritées de récif-barrières. L'hydrodynamisme (vagues, houle, courants) détermine des structures érosives : intermattes, chenaux intermattes, chenaux sagittaux, intermattes déferlantes, rivières de retour (BLANC, 1958, 1974; BOUDOURESQUE & MEINESZ, 1982; BOUDOURESQUE et al., 1980; CLAIREFOND & JEUDY DE GRISSAC, 1979; MOLINIER & PICARD, 1951, 1952). Nous désignons ce type d'herbier, caractérisé par une matte plus ou moins continue et plane (si l'on fait abstraction des structures érosives) sous le nom d'herbier de plaine (Fig. 1A). En Sicile, à faible profondeur, MOLINIER & PICARD (1953) ont décrit l'herbier en pain de sucre, dans lequel la matte est également continue, mais fortement bosselée. Nous désignons sous le nom d'herbier tigré, par analogie avec la "brousse tigrée" de l'Afrique sahélienne, les herbiers décrits par BLANPIED et al. (1979) des fonds très superficiels du golfe de Gabès (Tunisie), et où *P. oceanica* constitue d'étroites bandes irrégulièrement parallèles et ondulées.

Dans l'herbier de colline, la matte n'est pas continue : *P. oceanica* constitue des collines subcirculaires, ovoïdes, souvent confluentes, entourées par un fond sableux (Fig. 1B, 2A). L'herbier de colline semble correspondre à un équilibre dynamique entre les collines et le sable : les jeunes collines (Fig. 2B) ont un faible diamètre et s'élèvent très peu au dessus du fond sableux environnant; progressivement, les collines croissent en diamètre et en hauteur, en raison du sédiment piégé par les feuilles (Fig. 2C et D); lorsque les collines atteignent une hauteur d'environ un mètre, le bilan sédimentaire (trop faiblement positif, nul ou négatif) devient inférieur à la croissance des rhizomes : ceux-ci se déchaussent, et deviennent vulnérables à l'hydrodynamisme (Fig. 2E); le démantèlement des collines commence par leur sommet (Fig. 10), et peut aboutir à la destruction complète de la colline. La mise en place d'un carré permanent dans un herbier de colline (Marina d'Elbu, Corse : BOUDOURESQUE et al., 1981), et son suivi pluriannuel, permettent de vérifier cet ensemble d'hypothèses. Nous avons observé des herbiers

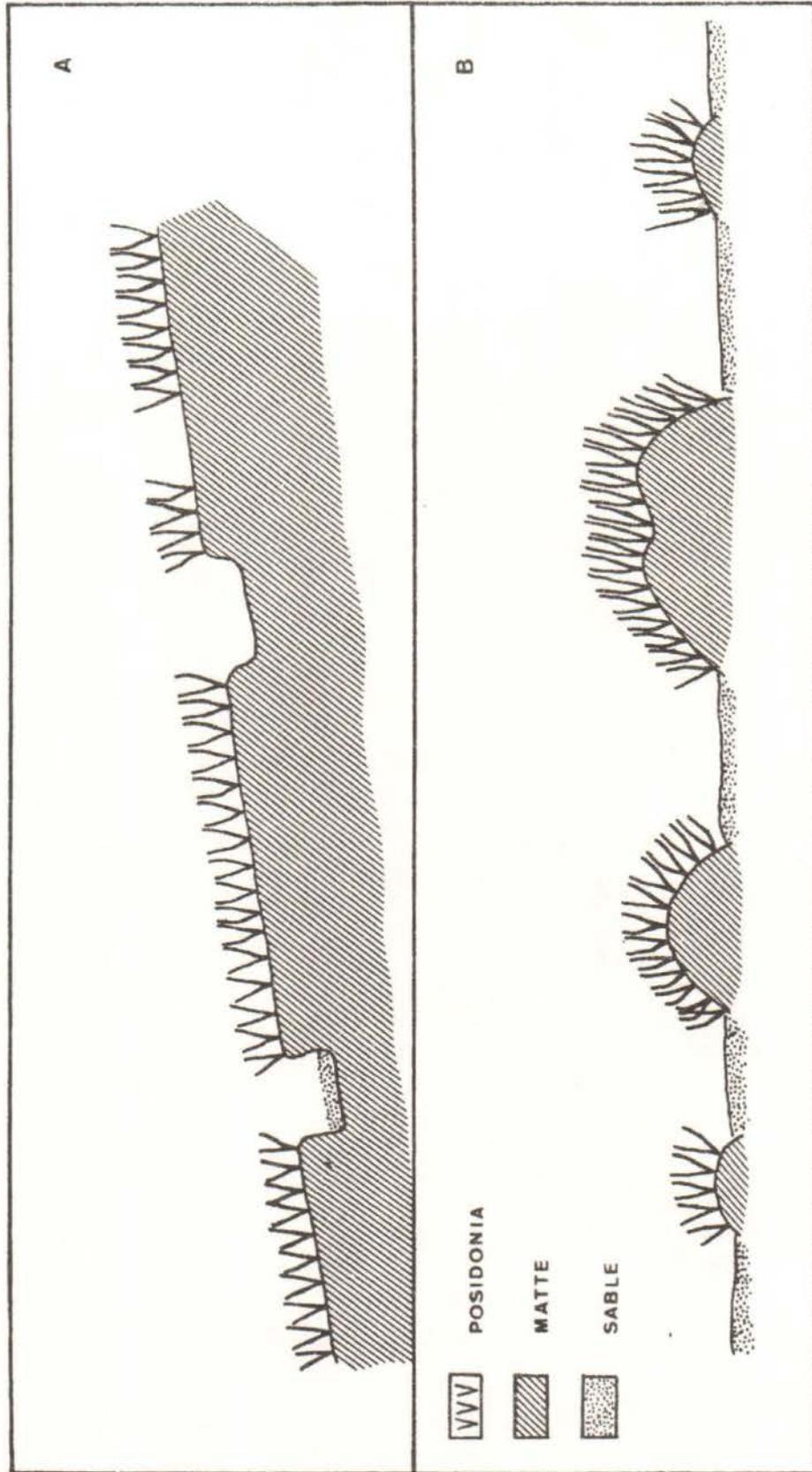


Fig. 1: l'herbier de plaine (A) et l'herbier de colline (B).

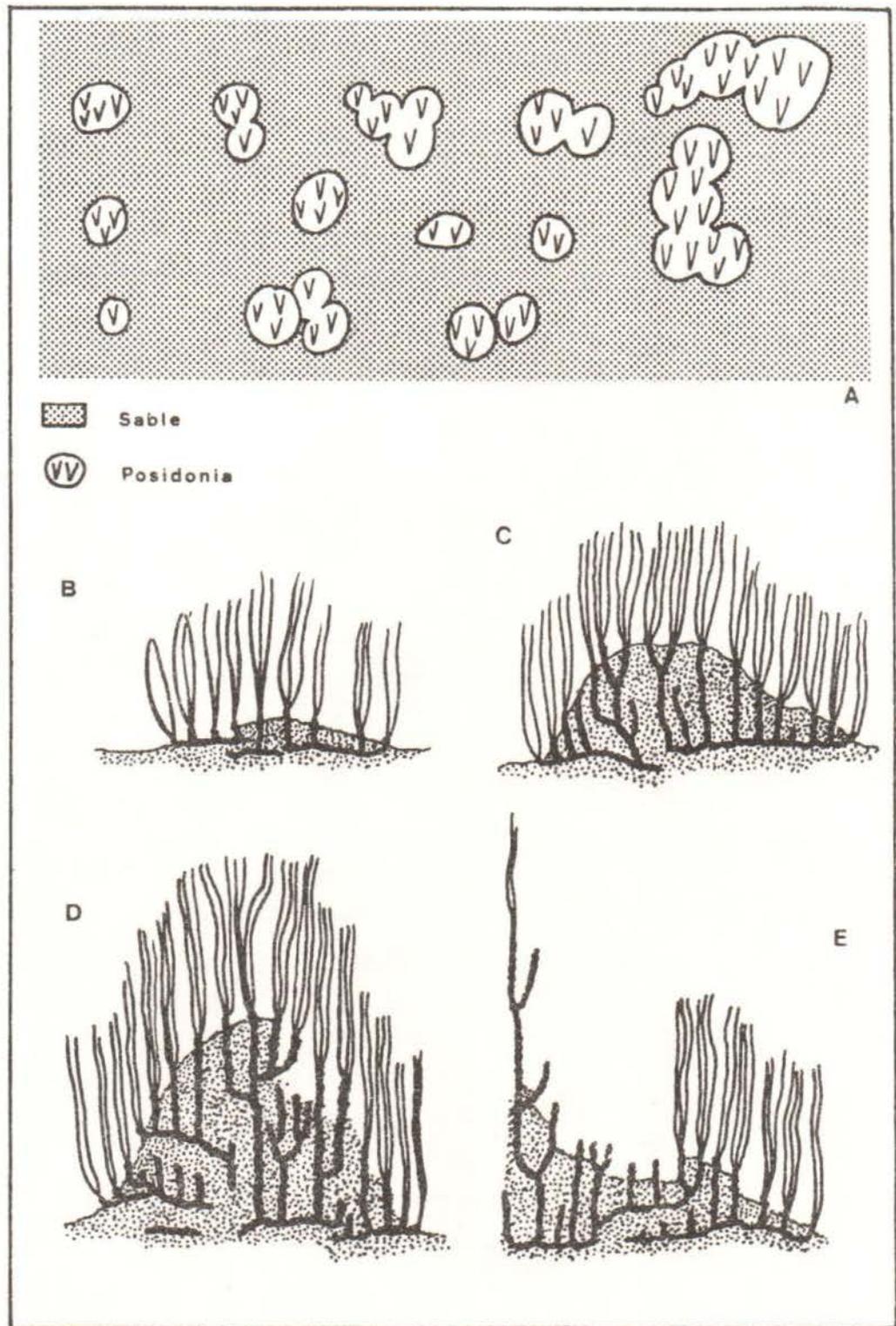


Fig.2: L'herbier de colline; A: vue de dessus; B: jeune colline; C et D: collines plus âgées; E: colline en cours d'érosion.

de colline entre 5 et 20 m de profondeur, dans des secteurs à forte énergie, sur la côte occidentale de Corse (Baie d'Elbu) et dans le Var (Pointe de la Nasque).

### 1.2. Méthodes

Dans la baie de Galeria, à 12 m de profondeur, une matre d'herbier à *Posidonia oceanica* (de type "herbier de plaine") relativement homogène, constituée par des rhizomes orthotropes de 40 à 50 cm de longueur, a été démantelée afin d'en étudier la structure. L'analyse lépidochronologique (cycles d'épaisseur des écailles) permet le découpage des rhizomes en années, et donc une mesure de la vitesse d'allongement de ces rhizomes et de ses variations dans le temps : d'environ 30 mm/an dans les années '40 à 5-10 mm/an en 1980. Il y a donc diminution de la vitesse de croissance des rhizomes orthotropes avec le temps (Fig. 3). L'analyse lépidochronologique, en revanche, ne met pas en évidence de modifications à long terme des caractéristiques des cycles (Fig. 4), tout au moins en apparence (les données n'ont pas été traitées statistiquement, pour le moment). Notons que cette séquence, qui va de 1940 à 1983, est la plus longue actuellement disponible.

Dans la marina d'Elbu, vers 17 m de profondeur, dans un herbier de type "herbier de colline", une colline isolée, légèrement ovoïde (2.7 x 2.5 m), a été étudiée. Le nombre de faisceaux de feuilles par quadrat de 400 cm<sup>2</sup> varie de 8 à 35; il est plus faible en moyenne au centre et sur les marges; au total, environ 3000 faisceaux vivants constituent cette colline, ce qui correspond à une densité de 490 faisceaux/m<sup>2</sup> (herbier de Type II selon GIRAUD, 1977).

Afin d'étudier la structure de la colline, des rubans gradués fixes ont été mis en place de façon à constituer un système de repères; puis, une moitié de la colline, passant par le centre, a été minutieusement démontée; les rhizomes en connexion, après repérage de leur position, ont été étiquetés et entourés par du fil électrique de couleur très fin, afin de préserver les connexions en cas de rupture lors de la remontée en surface, puis du transport.

Au Laboratoire, chaque rhizome a été étudié par la méthode lépidochronologique, et des dates précises (de 5 ans en 5 ans) ont été placées le long de ces rhizomes. En replaçant chaque rhizome, ou segment de rhizome, sur le croquis côté de la coupe de la colline (Fig. 5), et en positionnant, à l'échelle, les dates relevées le long des rhizomes, il a été possible de reconstituer la structure de la colline, d'une part, et d'y tracer des isochrones (lignes correspondant à la taille et au profil de la colline à une date donnée), d'autre part (Fig. 6).



Fig.3: Variation de l'accroissement annuel de rhizomes orthotropes (Galeria, Corse, -12m).  
Moyenne effectuée à partir de 6 rhizomes.

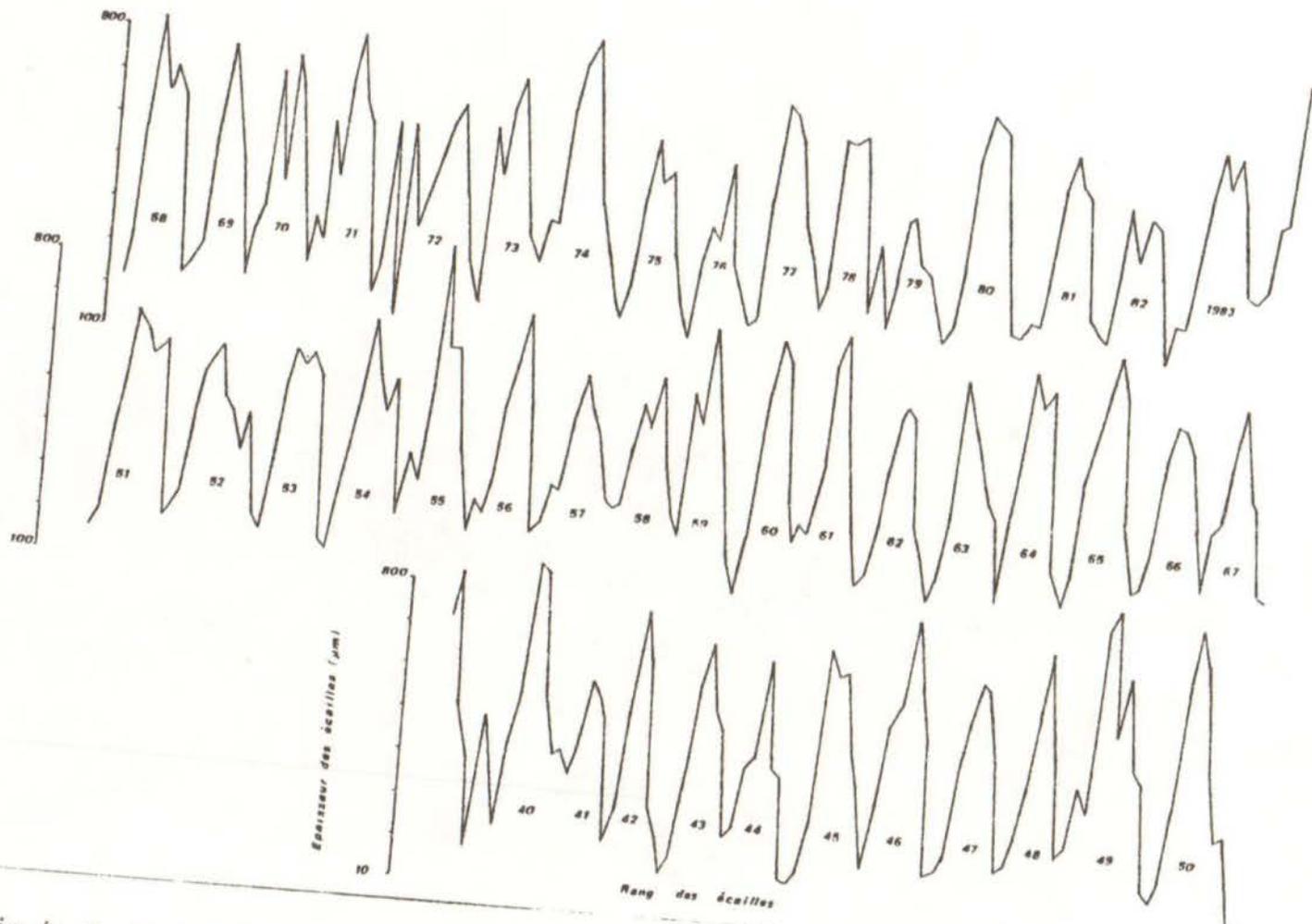


Fig.4: Cycle d'épaisseur des écailles d'un rhizome orthotrope (*Galeria*, Corse, -12m) de 1983 (en haut, à droite) à 1940 (en bas, à gauche); épaisseur des écailles en  $\mu\text{m}$ .

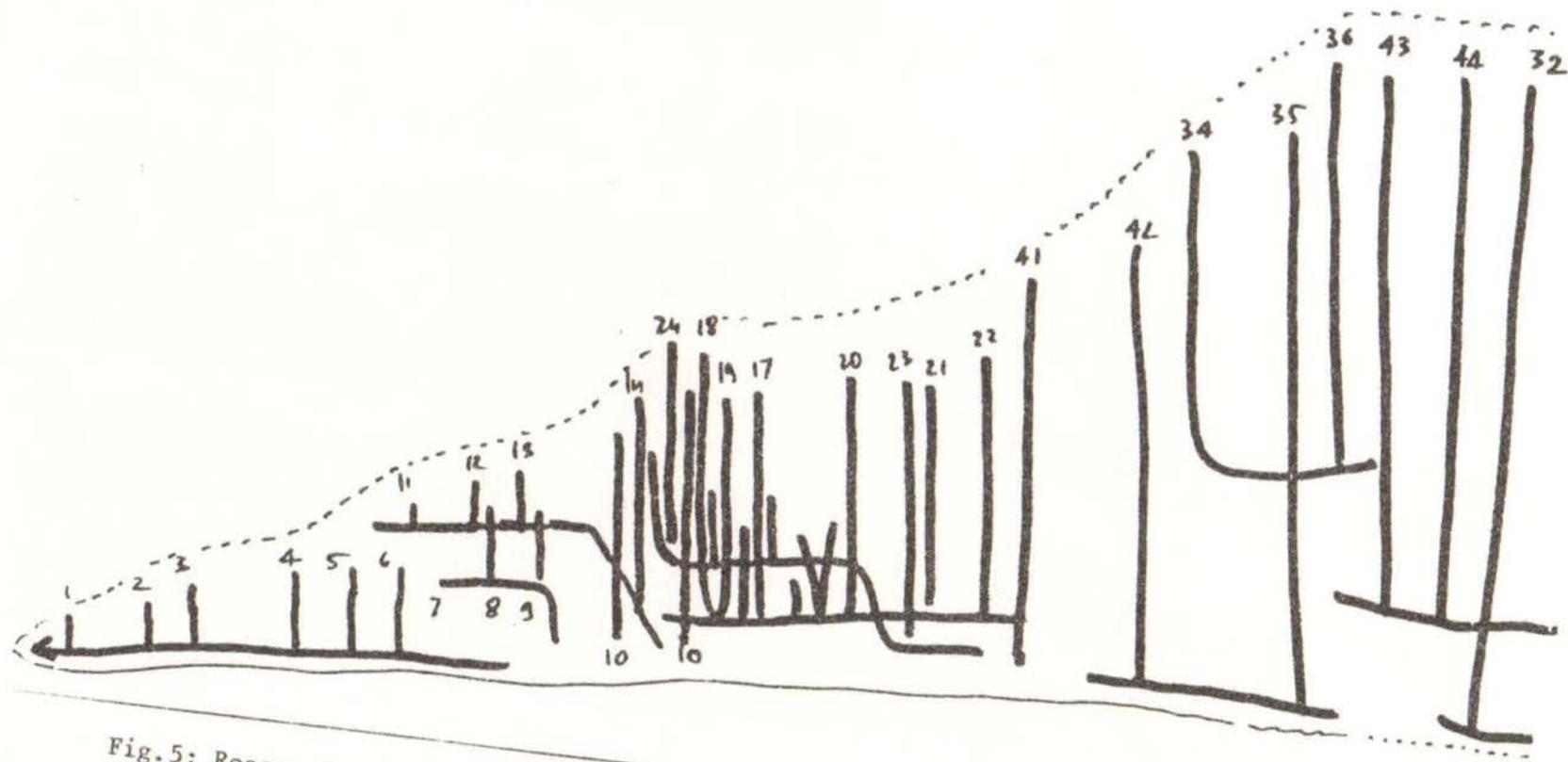


Fig.5: Reconstitution de la colline, avec mise en place de chaque rhizome ou tronçon de rhizome. Les numéros sont ceux des rhizomes étudiés.

### 1.3. Résultats et discussion

Il apparaît que :

(i) La colline repose en majeure partie sur du sable, mais, en son centre, sur de la matte morte; le centre lui-même est en connexion avec les rhizomes de cette matte morte (Fig. 6A); il est probable que la colline s'est édifiée à partir d'une touffe de faisceaux survivants d'une ancienne colline démantelée.

(ii) La totalité des rhizomes de la colline sont vivants sur toute leur longueur, et en connexion avec le point central de départ de la colline; ce point est daté, grâce à la lépidochronologie, de 44 ans, ce qui signifie que c'est l'âge de la colline, et que celle-ci correspond à un individu unique de *P. oceanica*.

(iii) Dans la partie centrale, la vitesse de croissance des rhizomes orthotropes se ralentit de la base vers le sommet. On pourrait penser que la cause de ce ralentissement réside dans le fait que, en s'élevant, la colline accélère les courants à son contact (effet de tuyère), ce qui diminue le bilan sédimentaire annuel. Toutefois, on remarque que la granulométrie du sédiment piégé ne change pas significativement du bas au haut de la colline, ce qui ne manquerait pas de se produire si l'hydrodynamisme était seul responsable du changement dans la quantité du sédiment piégé. En outre, le ralentissement de la croissance verticale des rhizomes orthotropes, au fur et à mesure que l'on s'éloigne de leur base (rhizome plagiotope-père), se retrouve aussi bien sur des colline que dans un "herbier de plaine" subhorizontal (Fig. 3). Il apparaît donc que l'hydrodynamisme n'est pas responsable de ce ralentissement, et qu'il faut lui chercher une raison endogène dans la plante elle-même (même si l'hydrodynamisme joue sans doute un rôle dans le déchaussement des rhizomes dans la partie supérieure des colline âgées, puis dans leur démantèlement).

Les travaux de LIBES (1984) sur les transferts de photosynthétats montrent que les photosynthétats d'un faisceau sont en grande partie exportés vers les rhizomes plagiotropes, où se mélangent les apports des différents faisceaux, puis réexportés indifféremment vers tous les faisceaux voisins. Cette stratégie constitue une sorte d'"assurance tous risques", en ce sens qu'un faisceau, bénéficiant de la photosynthèse de l'ensemble des faisceaux voisins, se trouve à l'abri des aléas saisonniers ou annuels : déficit local en lumière, surcharge d'épiphytes, parasite, etc. Dans ces conditions, il est clair que la croissance verticale des rhizomes, si elle se poursuivait indéfiniment, conduirait à un étirement exagéré des "lignes arrières", le trajet des photosynthétats pour passer d'un faisceau à l'autre s'allongeant sans cesse. Il en résulte sans doute une fragilisation des points végétatifs, avec ralentissement de leur croissance, et finalement leur mort, générant une tache de matte

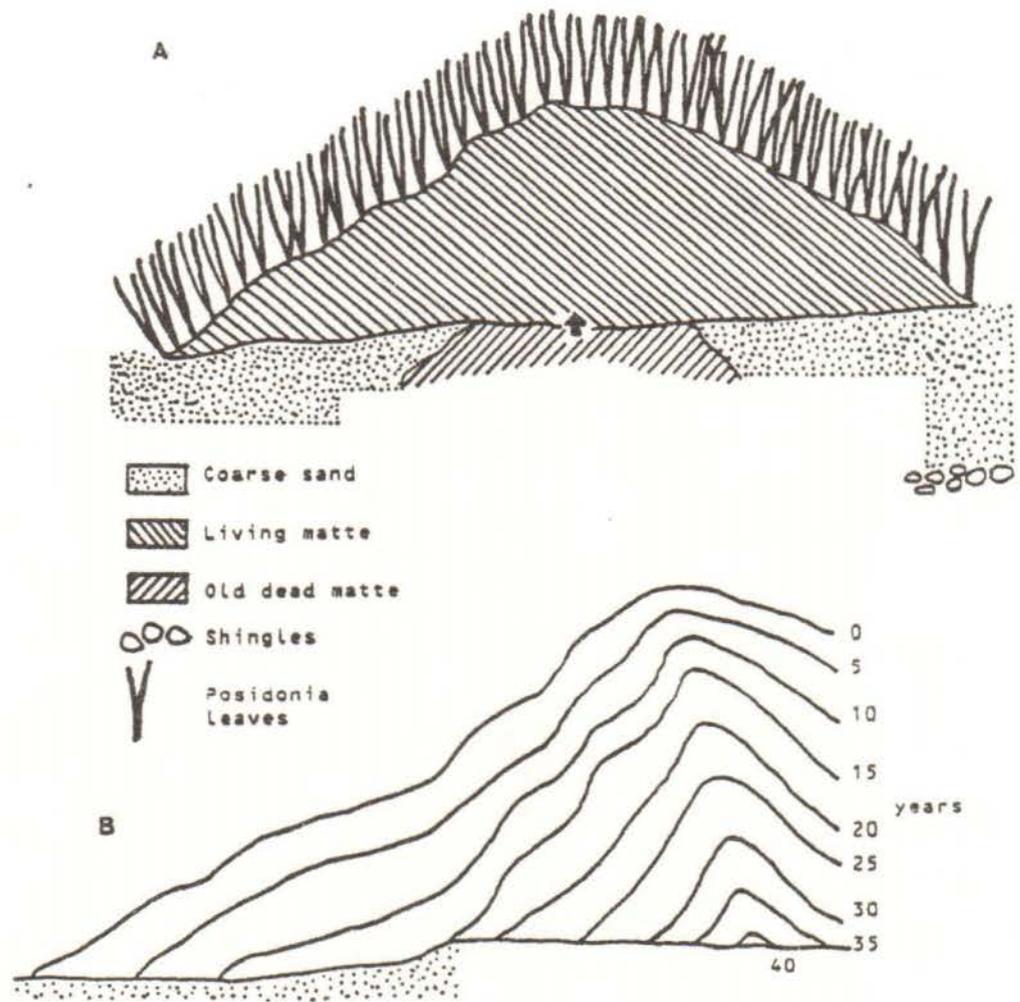


Fig.6: Coupe au travers de la colline de Posidonies (A) et isochrones dans la partie gauche de la même colline (B).

morte. Au sommet des collines, la baisse du bilan sédimentaire ne serait donc pas la seule cause de l'apparition d'une tache de matte morte, ouvrant la voie à l'érosion, puis au démantèlement de la colline; dans un herbier de plaine subhorizontal, la clairière ainsi ouverte (matte morte pourra (en l'absence d'hydrodynamisme trop violent) être recolonisée par des rhizomes voisins devenant plagiotropes (Fig. 7).

Cette théorie présente de nombreux avantages : elle explique la présence d'intermattes dans des herbiers de plaine, intermattes parfaitement intégrées au cycle de l'herbier et qui ne devraient donc pas être confondues avec des phénomènes régressifs; elle explique la structure "feuilletée", aussi bien des "herbiers de plaine" que des "herbiers de colline", lorsque l'on y pratique une tranchée (Fig. 7B).

## 2. LONGEVITE DES RHIZOMES DE POSIDONIA OCEANICA

par C.F. BOUDOURESQUE

Le caractère vivant ou mort des rhizomes a été estimé en fonction des critères de FRANCOUR (1984) : couleur interne, à la cassure, saumon à rose; FRANCOUR a vérifié, par des colorations vitales, que les rhizomes présentant cette couleur comportaient toujours des parties vivantes (même si ces dernières peuvent coexister avec des zones "mortes", c'est à dire dont les cellules ne présentent plus de cytoplasme).

Dans la marina d'Elbu, à 17 m de profondeur, la totalité des rhizomes de la colline étudiée sont vivants. Le rhizome vivant le plus long, situé sous le centre de la colline (rhizome N° 38), était composé d'une partie orthotrope terminale de 48.3 cm (correspondant à 41 années), se raccordant sur un rhizome plagiotrope vivant, incliné à 30°, long de 9 cm (3 années); ce rhizome plagiotrope se raccordait à un rhizome orthotrope mort, qui n'a pu être suivi, mais qui s'enfonçait dans le soubassement de la colline : il s'agit sans doute du raccord entre la colline étudiée et les restes démantelés d'une colline plus ancienne.

Au total, donc, la longévité maximale établie pour un rhizome est de 44 ans, soit près de 60 cm de longueur. Il s'agit bien sûr d'une mesure ponctuelle, qui devra être complétée par d'autres mesures. On remarquera toutefois que la longévité d'un rhizome est plus importante, de même que l'épaisseur de la partie vivante d'une matte, qu'on ne le pensait a priori.

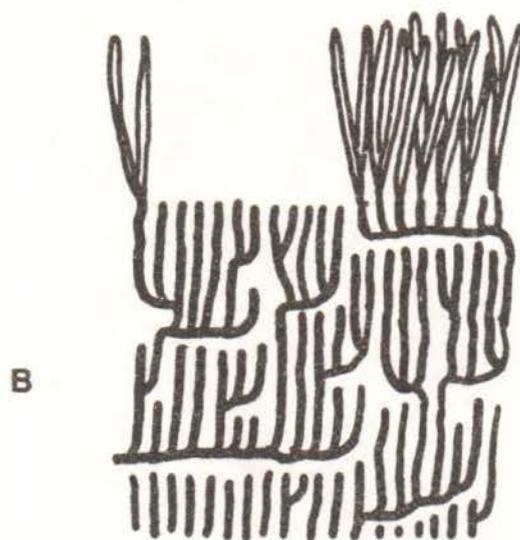
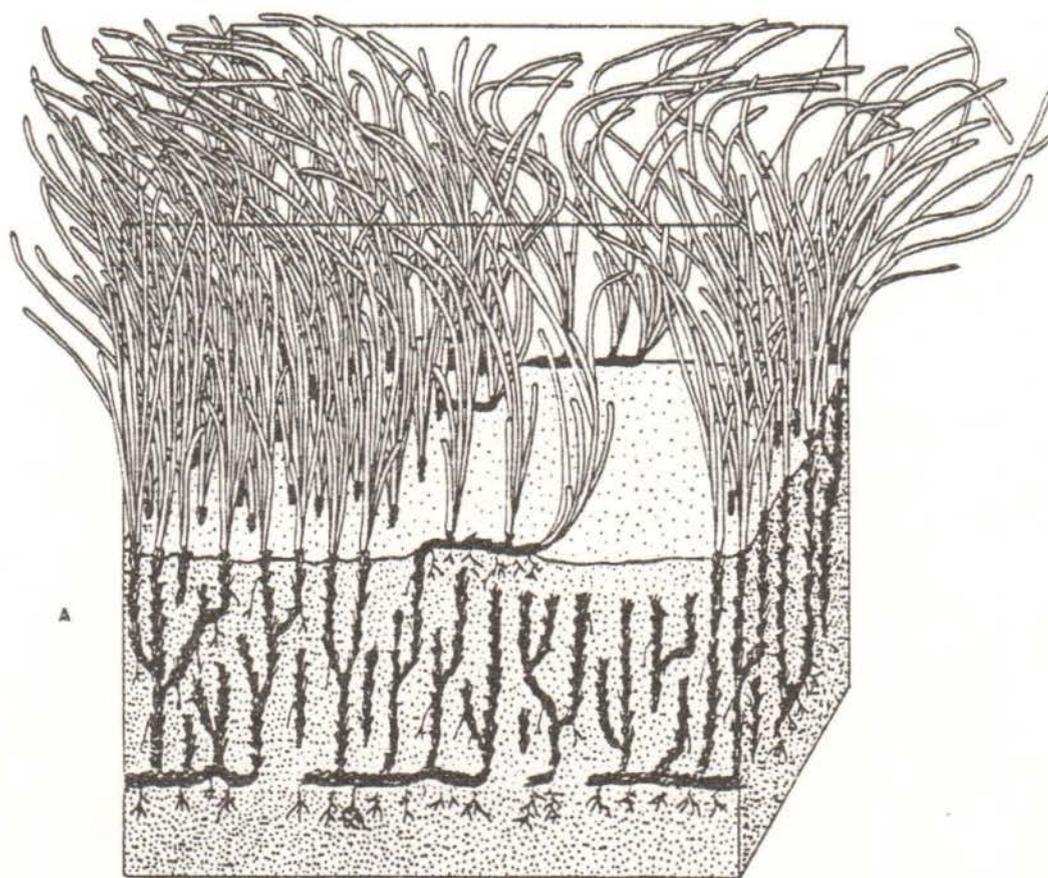


Fig.7: Recolonisation de l'intermatte par les rhizomes plagiotropes (A) et schéma théorique de la structure interne interne d'une matte avec formation d'une intermatte (B).

### 3. BIOMASSE DANS L'HERBIER A POSIDONIA OCEANICA

par C.F. BOUDOURESQUE et A. JEUDY DE GRISSAC

Trois blocs de matre, de 30 x 30 cm de surface au sol, ont été prélevés lors de l'étude structurale d'une colline d'herbier à *P. oceanica*, à 17 m de profondeur, dans la marina d'Elbu (cf ci-dessus). La hauteur des blocs est variable : les blocs descendent jusqu'à la base de la colline, à son contact avec le sable ou avec la matre morte (Fig. 6A).

Le Bloc N°3 est situé vers le sommet de la colline; les blocs N°2 et 1 sont situés entre ce sommet et la marge de la colline (Tabl. I). Les rhizomes et racines vivants ont été distingués du matériel mort en fonction des critères de FRANCOUR (1984). Les écailles ont été séparées des rhizomes vivants. Les épiphytes des feuilles ont été grattés au moyen d'une lame de rasoir. La flore épiphyte des rhizomes est surtout constituée par *Udotea petiolata*, *Peyssonnelia* sp., *Pseudolithophyllum* sp.; la faune épiphyte des rhizomes correspond principalement au foraminifère *Miniacina miniacea*. L'ensemble a été soigneusement rincé, afin d'être débarrassé du sédiment, puis séché en étuve (70°C pendant 24 à 48h).

Tableau I : Biomasse (en g de poids sec/m<sup>2</sup>) d'un certain nombre de compartiments biotiques, dans une colline de *P. oceanica*, marina d'Elbu, -17 m. DM = donnée manquante.

Relevé	1	2	3
Compartiment			
Rhizomes vivants	911.1	1771.1	1955.6
Écailles des rhizomes vivants	1256.7	1501.1	2555.6
Racines vivantes	351.1	743.3	911.1
Feuilles	653.6	808.4	834.2
Épiphytes des feuilles	49.0	60.6	62.5
Flore épiphyte des rhizomes	5.6	DM	50.1
Faune épiphyte des rhizomes	3.3	DM	11.1
Biomasse totale	3230.4	4884.5	6380.1
Racines mortes	12.1	DM	122.2
Rhizomes et écailles morts	75.5	DM	1888.9

Bien que tous les compartiments biotiques n'aient pas été pris en compte (faune vagile, faune endogée de la matre), il apparaît clairement que la biomasse est considérablement plus importante qu'on ne le pensait, avec un compartiment rhizomes, écailles et racines très important. Ce dernier compartiment a, jusqu'ici, été négligé par la quasi-totalité des auteurs. Compte-tenu des données de la littérature (FRANCOUR, 1984), la faune vagile et la faune endogée de la matre ne devraient pas excéder 100 g (en poids sec). Au total, l'herbier de Posidonies apparaît comme le peuplement le plus riche, du

point de vue de la biomasse, de toute la Méditerranée, avec des valeurs pouvant dépasser les 60 t à l'hectare; de ce point de vue, et sans atteindre les valeurs de biomasse réalisées dans les écosystèmes forestiers, il peut néanmoins rivaliser avec de nombreux écosystèmes continentaux.

#### 4. EVOLUTION CHIMIQUE DES RHIZOMES DE POSIDONIA OCEANICA EN FONCTION DE LEUR AGE

par D. CALMET, J.R. LEFEVRE et A. MEINESZ

##### 4.1. Introduction

Chez *Posidonia oceanica*, deux types de rhizomes sont présents (HARTOG, 1970, CAYE, 1980) : non seulement des rhizomes rampants (plagiotropes), mais aussi des rhizomes dressés (orthotropes); rhizomes plagiotropes et orthotropes ne sont pas différenciés de façon définitive : des rhizomes plagiotropes peuvent se transformer en orthotropes, et vice-versa. Les feuilles sont groupées en faisceaux, par 5-10 (PANAYOTIDIS et GIRAUD, 1981). Les bases des feuilles (pétioles) sont persistantes sur les rhizomes, après la chute des limbes; elles prennent alors le nom d'écailles. Les rhizomes orthotropes s'allongent annuellement, en fonction du bilan sédimentaire, de 3 à 77 mm (BOUDOURESQUE et al., 1984). Au sein de la matte (lacis constitué par les rhizomes, et sédiment emplissant les interstices), les rhizomes et les écailles sont peu putrescibles, et peuvent donc se conserver pendant de longues périodes : BOUDOURESQUE et al. (1980) donnent une date C14 de 4590 BP à des rhizomes récoltés près de Calvi (Corse). En conséquence, la matte peut s'édifier sur une épaisseur considérable : au moins huit mètres (MOLINIER et PICARD, 1952).

CROUZET (1981) a mis en évidence la présence de changements cycliques (de 100 à 1300  $\mu\text{m}$ ) dans l'épaisseur des écailles, le long des rhizomes. Ces cycles d'épaisseur se rencontrent aussi bien le long des rhizomes plagiotropes que des rhizomes orthotropes (MOSSE, 1984), et sont un phénomène général, quelle que soit la saison, la profondeur ou la localité (CROUZET et al., 1983). Par convention, un cycle est défini comme les écailles situées entre deux minima d'épaisseur. Parallèlement aux cycles d'épaisseur, toute une série d'autres paramètres des écailles varient de façon cyclique : nombre de couches de cellules de parenchyme, nombre de couches de cellules de sclérenchyme, densité des "cellules à tannins", longueur et largeur des écailles (PERGENT et al., 1983); le diamètre du rhizome varie lui aussi (PIRC, 1983). Les cycles correspondent à une année (PERGENT et al., 1983; CROUZET et al., 1983; MOSSE, 1984), avec un minimum en février-mars,

et un maximum en septembre-octobre. L'étude de ces cycles est nommée "lépidochronologie".

#### 4.2. Matériel et méthodes

La station étudiée est située dans la baie de Galeria, vers 12 m de profondeur. L'herbier à *P. oceanica* est dense, du type II de GIRAUD (1977), c'est à dire que la densité des faisceaux est comprise entre 400 et 700/m<sup>2</sup>. Les rhizomes sont régulièrement orthotropes sur une grande longueur : 60 à 80 cm.

L'étude a porté sur 50 rhizomes de plus de 60 cm de long, récoltés en plongée, au hasard. Les écailles de chaque rhizome sont enlevées une à une, dans leur ordre distique d'insertion, en partant du bas (des plus anciennes) et en se dirigeant vers l'apex (écailles les plus récentes et faisceau de feuilles vivantes). Les variations d'épaisseur des écailles, toujours très nettes, sont appréciées au toucher; chaque fois qu'une écaille d'épaisseur minimale est rencontrée, le rhizome est sectionné, perpendiculairement à son axe d'allongement, au point d'insertion de cette écaille. En fin d'analyse, chaque rhizome se trouve ainsi découpé en plusieurs dizaines de segments correspondant chacun à une année. La datation des segments est alors effectuée, dans l'ordre inverse de l'analyse des écailles, c'est à dire en partant de l'apex; par convention, il s'agit d'"années lépidochronologiques" et non d'années calendaires, puisqu'elles vont de février-mars d'une année à février-mars de l'année précédente, et qu'elles ne correspondent pas aux dates de vie des feuilles, mais aux dates où elles sont tombées. Le tronçon situé entre les feuilles vivantes les plus âgées et le premier minimum d'épaisseur correspond à l'année 1984 : ce tronçon est incomplet; le tronçon situé entre le premier et le second minimum correspond à l'année 1983, etc.

Tableau II : Longueur des segments de rhizomes associés à des périodes de 5 ans, de 1950 à 1984.

Périodes	Longueur moyenne (en mm)	Longueur cumulée depuis l'apex (en mm)
1984-1980	48.0	48.0
1979-1975	67.0	115.0
1974-1970	76.0	191.0
1969-1965	85.5	276.5
1964-1960	83.0	359.5
1959-1955	95.5	455.0
1954-1950	129.0	584.0

Les allongements annuels moyens, mesurés à  $\pm 0.5$  mm près, ont été regroupés par périodes de 5 ans (Tabl. II). Environ un

millier de rhizomes ont alors été récoltés dans la même station, et découpés en sept tronçons (sans analyse préalable des allongements par lépidochronologie), en fonction des longueurs moyennes calculées (Tabl. II) pour des périodes successives de 5 ans. Les écailles ont été séparées des rhizomes proprement dits.

Trois à quatre lots de cinq tronçons de rhizome, correspondant à l'allongement annuel, et pris au hasard parmi les 50 tronçons disponibles pour une année donnée, ont été analysés, après broyage et homogénéisation. Les années prises en compte sont 1950, 1955, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980 et 1984. L'analyse a été réalisée avec un appareil CHN-O-rapid de Heraeus, étalonné par l'acétanilide.

#### 4.3. Poids des tronçons de rhizomes

Le poids sec moyen des tronçons annuels de rhizomes (Fig. 8) augmente jusqu'en 1961, se stabilise jusqu'en 1980, puis augmente à nouveau jusqu'en 1984. Cette évolution, qui affecte un rhizome vivant sur toute sa longueur, traduit certainement des modifications d'ordre biologique (certains tissus pourraient devenir non fonctionnels, éventuellement morts) et/ou biochimiques (perte de sels minéraux, perte d'eau liée ?).

Tableau III : Poids sec, poids de cendres, relation poids sec/poids de cendres et teneur en Cesium des tronçons de rhizomes datés et des écailles correspondantes. LD = limite de détection pour un temps de comptage de 1200 minutes : < 1 cps (= 1Bq).

Périodes	Poids sec (g)		Poids de cendres (g)		Poids sec/ Poids de cendres		137Cs (Bq.Kg de cendres)	
	Rhizome	Ecailles	Rhizome	Ecailles	Rhizome	Ecailles	Rhizome	Ecailles
1984-1980	71.8	316.9	5.6	54.6	12.8	5.8	LD	LD
1979-1975	117.7	146.3	10.5	33.2	11.2	4.4	LD	LD
1974-1970	121.8	140.1	12.7	17.6	9.6	7.9	4.07	3.70
1969-1965	194.7	315.8	24.6	45.1	7.9	7.0	0.74	4.44
1964-1960	163.7	286.8	24.6	46.3	6.6	6.2	LD	5.10
1959-1955	120.1	203.2	21.8	30.1	5.5	6.7	LD	2.22
1954-1950	25.9	52.6	4.9	10.8	3.3	4.9	LD	LD

Le rapport poids sec/poids de cendre dans les rhizomes diminue régulièrement de 1984 à 1950 (Tableau III), de 12.8 à 3.3. Cette évolution, qui est à mettre en relation avec celle du poids sec des tronçons annuels (Fig. 8), traduit probablement le départ d'une partie de la matière organique dans les parties anciennes des rhizomes, et inversement le maintient sur place des composants minéraux. Si les rhizomes analysés sont vivants sur toute leur longueur, c'est à dire d'une couleur, à la cassure, rose à saumon, en fonction des critères proposés par

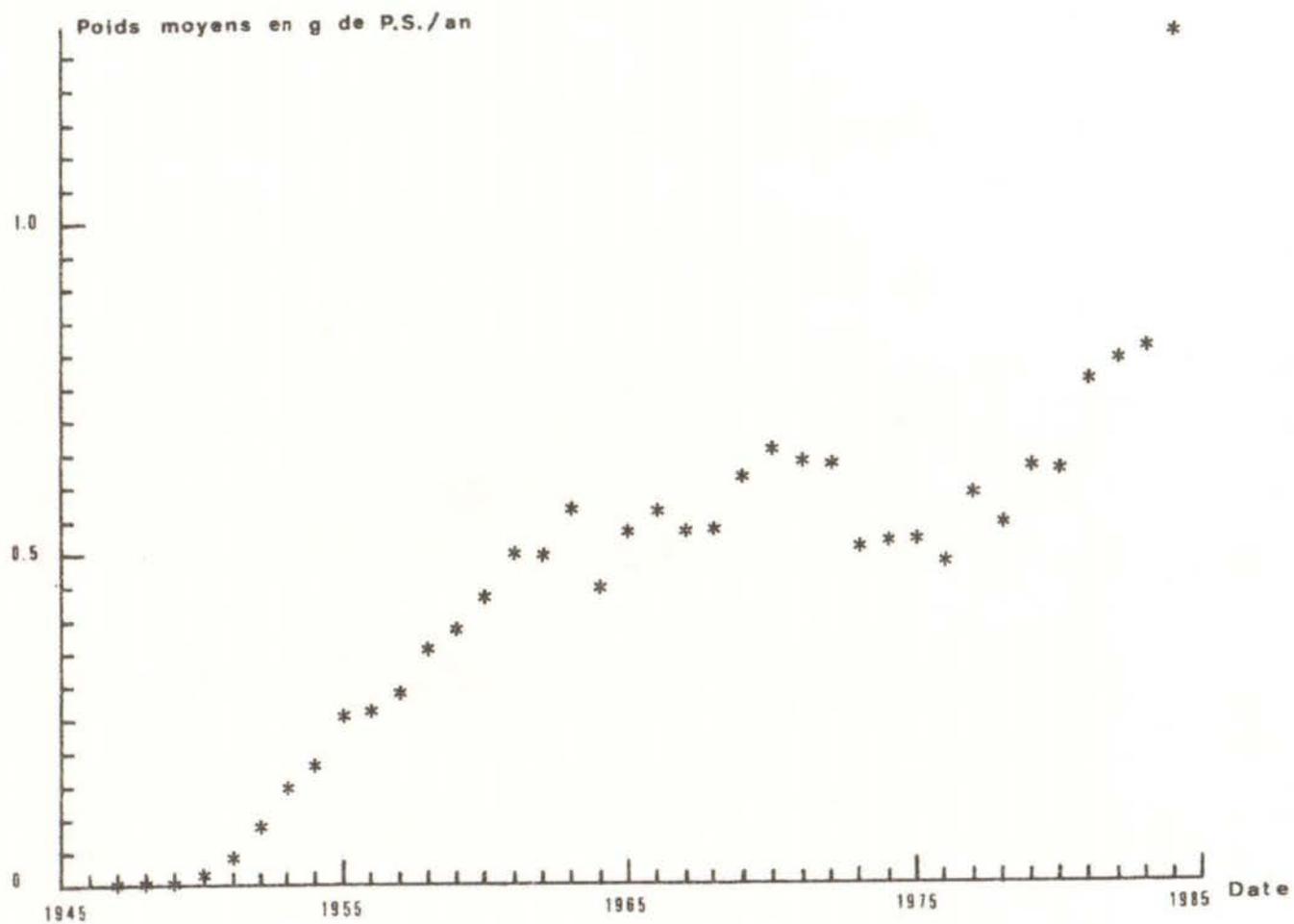


Fig.8: Poids secs moyens des tronçons annuels de rhizomes, en fonction de leur âge, en g de poids sec/an.

FRANCOUR (1984), un gradient de couleur et de texture existe le long du rhizome : celui-ci est saumon, charnu et ferme près de l'apex, et devient progressivement rose terne et fibreux, puis gris-rose, dans les parties les plus anciennes; cette évolution pourrait traduire le fait qu'une partie des tissus meurent, ou tout au moins ne sont plus fonctionnels, dans ces parties anciennes.

#### 4.4. Rapport C/N

La teneur en C et en H de la fraction organique des fragments de rhizomes de varie pas significativement en fonction de leur âge (Tableau IV); en revanche, la teneur en azote diminue fortement, de 3.0% (1984) à 0.8 % (1950); il en résulte un accroissement sensible du rapport C/N, de 1984 à 1950.

Tableau IV : Teneur en C,H, N (pourcentage du poids de matière organique) et rapport C/N des fragments de rhizomes, en fonction de leur âge. Entre parenthèses : déviation standard. n = nombre d'analyses.

Année	n	N	C	H	C/N
1950	4	0.84 (0.08)	39.01 (0.27)	5.38 (0.14)	46.68 (5.08)
1955	4	0.78 (0.12)	39.16 (0.34)	5.46 (0.09)	51.36 (0.09)
1960	4	0.80 (0.11)	38.72 (0.12)	5.51 (0.10)	48.97 (0.10)
1965	3	0.95 (0.10)	38.74 (0.18)	5.67 (0.17)	40.96 (4.43)
1970	3	1.06 (0.04)	38.91 (0.15)	5.45 (0.07)	36.75 (1.46)
1975	4	1.11 (0.02)	40.52 (0.60)	5.87 (0.05)	36.68 (0.98)
1980	3	1.27 (0.02)	41.09 (0.06)	6.19 (0.03)	32.44 (0.53)
1984	3	3.03 (0.03)	40.96 (0.19)	5.91 (0.03)	13.52 (0.12)

## 5. MEMORISATION DES EXPLOSIONS NUCLEAIRES DES ANNEES 60 PAR LES RHIZOMES DE POSIDONIA OCEANICA

par. D. CALMET, C.F. BOUDOURESQUE, J.R. LEFEVRE et A. MEINESZ

### 5.1. Introduction

La possibilité d'assigner un âge précis à un segment de rhizome (voir ci-dessus), la préservation des rhizomes sur de longues périodes, et la distribution très large de *P. oceanica* dans toute la Méditerranée, font de cette plante un matériel de choix pour des études environnementales. De plus, bien que *P. oceanica* soit sensible à la pollution et disparaisse au voisinage immédiat des rejets d'égouts (PERES et PICARD, 1975), ses feuilles et ses rhizomes sont susceptibles de concentrer des polluants variées : mercure (AUGIER et al., 1978, 1979, 1984), cuivre, plomb, cadmium (VICENTE et CHABERT, 1981a; CHABERT et al., 1983), lindane et PCB (VICENTE et CHABERT, 1981b; CHABERT et al., 1984). La

question qui se pose est de savoir si un segment donné de rhizome, correspondant à une date précise, peut mémoriser des pollutions anciennes; si c'était le cas, *P. oceanica* se révélerait un outil de travail exceptionnellement puissant, rendant possibles des comparaisons entre teneurs anciennes et présentes de polluants.

Afin de vérifier la validité de cette idée, nous avons pensé utiliser les retombées atmosphériques de  $^{137}\text{Cs}$ , radionucléide artificiel émis en grandes quantité parmi les produits de fission résultant de l'explosion d'armes nucléaires. En effet, les tirs d'armes nucléaires dans l'atmosphère de l'hémisphère nord constituent un signal connu, facilement identifiable au cours du temps, qui culmine dans les années 1961-1962. La Réserve naturelle marine de Scandola est à l'abri des sources proches de radionucléides artificiels issus d'installations nucléaires industrielles, et la seule source de radionucléides à relier aux activités humaines est celle des retombées atmosphériques dues aux essais d'armes nucléaires.

La première explosion nucléaire dans l'atmosphère a eu lieu à Alamo (New Mexico) en 1944, et la dernière est intervenue en Chine en 1980. Entre ces deux dates, 423 essais dans l'atmosphère ont eu lieu, la plupart avant 1963, date de l'accord international dit "Accord de Moscou" sur arrêt des essais atmosphériques.

Au cours d'une expérience nucléaire atmosphérique, de grandes quantités d'aérosols sont produites. Les particules d'un diamètre inférieur à  $0.4 \mu\text{m}$  restent en suspension dans l'atmosphère et sont transportées par les vents sur de longues distances. L'intensité de cette dispersion atmosphérique dépend de la distribution des matériaux radioactifs entre la troposphère et la stratosphère, qui est elle-même conditionnée par la puissance et la hauteur à laquelle l'explosion s'est produite et l'altitude de la tropopause. Aux latitudes tempérées, l'existence d'une discontinuité de la tropopause provoque la formation de turbulences et un échange d'air entre la stratosphère et la troposphère.

Lorsque des débris radioactifs pénètrent dans la troposphère, ils sont rapidement dispersés dans tout l'hémisphère associé par le mouvement général des masses d'air. Dans la troposphère, le transport par cellule de Hadley est alors responsable de la diffusion verticale des débris radioactifs. L'élimination de la radioactivité particulière de la troposphère se fait ensuite par lessivage lors des précipitations et par dépôt sec à la surface du sol ou des eaux de surface des océans. Une fraction du dépôt continental est ensuite lessivée par les eaux de ruissellement et rejoint les eaux littorales. L'ensemble des radionucléides issus des apports atmosphériques directs et indirects (par

les eaux de ruissellement) pénètre ensuite les masses d'eau plus profondes. Cette double dispersion, atmosphérique et océanique, transforme donc le signal, très ponctuel dans le temps, des tirs d'armes nucléaires, en un signal plus long, de l'ordre de l'année. Afin de tenir compte de ce phénomène, et pour encadrer le pic maximum représenté par les années 1961 et 1962, nous avons regroupé par 5 ans les estimations des quantités de produits fissibles émis dans l'atmosphère (Fig. 9A).

### 5.2. Mesure de la radioactivité

Les niveaux de  $^{137}\text{Cs}$  des échantillons de *P. oceanica* collectés actuellement en Méditerranée sont faibles (de l'ordre du Bq/kg de cendres). Les mesures de radioactivité doivent donc être réalisées sur des échantillons quantitativement importants pour conduire à un poids optimal de 30 g de cendres.

Les différents échantillons (sept pour les rhizomes, sept pour les écailles correspondantes) subissent une première dessiccation en étuve (80°C, 48h). Les échantillons sont broyés, puis réduits en cendres par passage au four (550°C); les cendres sont ensuite compactées et conditionnées dans des géométries utiles étalonnées. Le dosage des radionucléides émetteurs gamma a été réalisé par spectrométrie gamma directe sur les cendres; le détecteur utilisé est un semiconducteur Ge-Li de résolution élevée allant de 2 KeV à 1,33 MeV pour une efficacité de 40%.

### 5.3. Teneur en Cesium

La teneur des écailles en  $^{137}\text{Cs}$  est importante en 1955-59 et double en 1960-64 (Tableau III, Fig. 9C), atteignant alors son maximum (5.1 Bq/kg de cendres); cette évolution est tout à fait parallèle à celle des retombées atmosphériques de radionucléides (Fig. 9A). De 1965 à 1974, la teneur en  $^{137}\text{Cs}$  des écailles décroît lentement, alors que les retombées atmosphériques ont considérablement déclinées; il est clair cependant que la diminution des retombées atmosphériques ne signifie nullement la disparition de ce radionucléide de l'environnement marin où, compte tenu de sa durée de vie (période = 29.4 ans) et du lessivage des milieux continentaux par les eaux courantes, il a pu rester présent. Quoi qu'il en soit, le maximum de  $^{137}\text{Cs}$  dans les écailles coïncide parfaitement avec le maximum des retombées atmosphériques. Les écailles sont sans doute des organes morts, avec des échanges nuls ou très faible avec le reste de la plante, de tels sorte que les radionucléides qui s'y sont trouvés inclus pendant la vie des feuilles dont elles constituaient la base, n'ont pu être

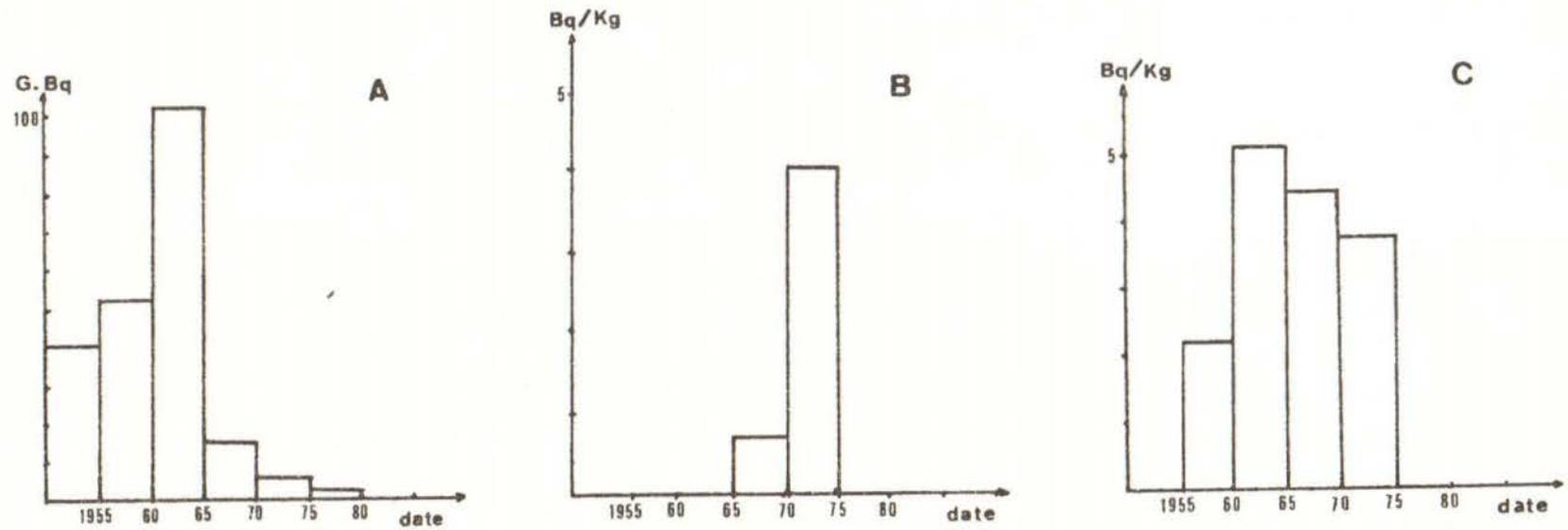


Fig.9: Evolution des retombées atmosphériques, en GBq (A), de la teneur en Cesium 137 des rhizomes (B) et des écailles (C), en Bq/Kg, de 1950 à 1984, dans la baie de Galéria.

déplacés par la suite; la longévité des feuilles est de 22 à 56 semaines selon THELIN et BOUDOURESQUE (1983).

En ce qui concerne les rhizomes proprement dits, Le  $^{137}\text{Cs}$  n'est pas décelable avant 1965 ni après 1975, et un pic très net apparaît pour la période 1970-1974 (Fig. 9B). Deux hypothèses peuvent être formulées pour expliquer les différences entre la distribution du  $^{137}\text{Cs}$  dans les écailles et dans les rhizomes : (i) les rhizomes, organes vivants, ne sont pas déconnectés, contrairement aux écailles, du système de circulation de la plante, de telle sorte que des déplacements de matière s'y produisent, qui ont pu affecter per ascensum le  $^{137}\text{Cs}$ ; (ii) la teneur en  $^{137}\text{Cs}$  du tronçon 1970-1974 (dont on remarque qu'elle est proche de celle des écailles correspondantes) reflète l'incorporation de cet élément au cours de cette période; sa disparition (partielle ou totale) des tronçons de rhizomes plus anciens est un phénomène secondaire, à mettre en relation avec les remaniements chimiques qui affectent ces tronçons (Fig. 8).

#### 5.4. Conclusions

L'étude lépidochronologique des rhizomes orthotropes de Posidonia oceanica permet de les découper en tronçons annuels ou quinquennaux, et d'affecter une date précise à chacun de ces tronçons. En allant des tronçons récents vers les tronçons anciens, la longueur des tronçons annuels augmente, tandis que leurs poids sec diminue, ce dernier caractère pouvant être un phénomène secondaire lié au vieillissement des tronçons correspondants. Il en va de même de l'augmentation du rapport poids sec/poids de cendres.

L'évolution au cours du temps, de 1950 à 1984, des teneurs en  $^{137}\text{Cs}$  dans les écailles restitue un signal correspondant à celui que l'on pouvait attendre, à partir des émissions dans l'atmosphère de ce radionucléide, compte tenu du temps de résidence dans le milieu marin et de la période radioactive du  $^{137}\text{Cs}$ . Au niveau des rhizomes, en revanche, le signal semble partiellement déformé.

Les écailles des rhizomes de P. oceanica sont susceptibles de mémoriser un événement chimique pendant au moins une trentaine d'années; ils apparaissent donc comme un outil potentiel extrêmement intéressant pour des études sur la pollution.

Il est évident toutefois que le travail que nous présentons ne constitue qu'un point de départ, une démonstration des potentialités offertes par P. oceanica et par la lépidochronologie. Il conviendra maintenant (i) de chercher à étalonner le signal, (ii) à corriger ses éventuelles déformations en fonction du

temps, et (iii) et à étendre ces recherches à toute une série d'autres éléments minéraux (tels que les métaux lourds) et composés organiques (pesticides, détergents).

D'ores et déjà, il apparaît que les travaux antérieurs sur la contamination des rhizomes de P. oceanica par différents polluants minéraux ou organiques, sont susceptibles d'être très lourdement biaisés par toute une série de sources d'erreur : (i) les auteurs n'ont pas séparé les écailles des rhizomes proprement dits; (ii) les auteurs n'ont jamais tenu compte de la longueur des tronçons de rhizomes analysés, celle-ci n'étant déterminée que par la facilité avec laquelle ils se laissent arracher lors des prélèvements : ils ont donc été amenés à comparer des échantillons composés de rhizomes longs (intégrant donc de longues périodes de temps) et courts (uniquement les années récentes) ou même mélangés en proportions inconnues; (iii) la présence (ou l'absence) de polluants est susceptible d'être mémorisée sur de longues périodes, avec plus ou moins de précision, par les tronçons de rhizomes et les écailles correspondantes; (iv) les modifications chimiques, sans doute secondaires et liées au vieillissement, mises en évidence le long des rhizomes (poids sec, relation poids sec/poids de cendre, rapport C/N). Il est possible que la très grande variabilité des résultats en question, et souvent la difficulté qu'il y a à les expliquer, trouve son origine dans ces problèmes méthodologiques.

## 6. CARTOGRAPHIE DU CARRE PERMANENT DE LA MARINA D'ELBU

par C.F. BOUDOURESQUE, J.R. LEFEVRE et A. MEINESZ

### 6.1. Problématique

Le carré permanent de la Marina d'Elbu, mis en place en 1978, est périodiquement suivi et cartographié depuis cette date.

L'objectif est de :

- comprendre la dynamique fine d'un herbier sain, du type "herbier de colline", et en particulier de faire la part des mattes mortes d'origine naturelle (dont la présence est normale dans un herbier en équilibre) et des mattes mortes liées à la régression de l'herbier.

- surveiller l'état d'un témoin représentatif de l'herbier, dans le secteur le plus sensible (parce que le plus fréquenté) de la réserve, afin de déceler très vite tout déséquilibre, à un stade où toute autre méthode de surveillance moins fine ne permettrait pas de le déceler. A ce titre, le carré permanent

de la Marina d'Elbu constitue un outil précieux au service de la gestion de la Réserve de Scandola.

## 6.2. Méthodes

Le carré permanent mesure 10 m x 10 m (Fig. 10); il est délimité par 8 balises (désignées par les lettres A à H) en béton de 30 cm de diamètre, percées au centre pour permettre le passage d'une tige métallique; cette tige, longue d'environ 2 m, est enfoncée dans le sédiment et assure un ancrage stable à la balise. Un flotteur situé au bout d'une cordelette de 1 à 2 m de long, attachée à la balise, en facilite le repérage en plongée. Les carrés permanents sont situés vers l'entrée de la marina, vers 16 m de profondeur; la plage se trouve au SSE (c'est le côté matérialisé par les balises ABC qui s'en trouve donc le plus proche), et le large au NNW. Il y a presque un mètre de dénivellation entre le point le plus bas et le point le plus élevé du carré permanent (Fig. 10).

Comme chaque année, la position des balises les unes par rapport aux autres a été déterminée par triangulation, afin de déterminer si une ou plusieurs des balises avaient été déplacées; la marina d'Elbu constitue en effet le principal mouillage de la réserve, et il arrive que les balises soient accrochées, et légèrement déplacées, par les ancres. Les balises D et F, qui avaient été déplacées, ont été remises en place.

La cartographie du carré permanent est effectuée au moyen d'un cadre métallique de 2 m x 2 m, divisé en 4 par un réticule (4 fois 1 m<sup>2</sup>). Des rubans gradués sont tendus tous les 2 m, parallèlement à GE (le zéro des rubans se situant toujours sur la ligne AG). Le cadre est alors placé successivement sur les 25 quadrats de 4 m<sup>2</sup>, numérotés de 11 (près de la balise G) à 55 (près de la balise C) (Fig. 11). Chaque quadrat est photographié, puis cartographié sur une planchette de PVC : compte-tenu de la longueur des feuilles de P. oceanica (0.5 à 1 m), qui débordent donc largement des mattes, et de la présence d'accumulations de feuilles mortes qui peuvent masquer complètement le substrat (sable, matte morte), la photographie doit en effet être doublée par une cartographie par observation directe du type de fond. L'erreur totale sur le positionnement d'une structure (erreur sur le positionnement du cadre + imprécision sur l'observation in situ) est de  $\pm 10$  cm.

La cartographie fait la distinction entre Posidonies (non déchaussées) et Posidonies déchaussées; les Posidonies sont cartographiées comme déchaussées lorsque la distance entre le sédiment et la ligule des feuilles adultes les plus âgées (les plus externes) des faisceaux orthotropes atteint ou dépasse 10 cm. Par herbier transgressif, nous désignons des marges d'herbier

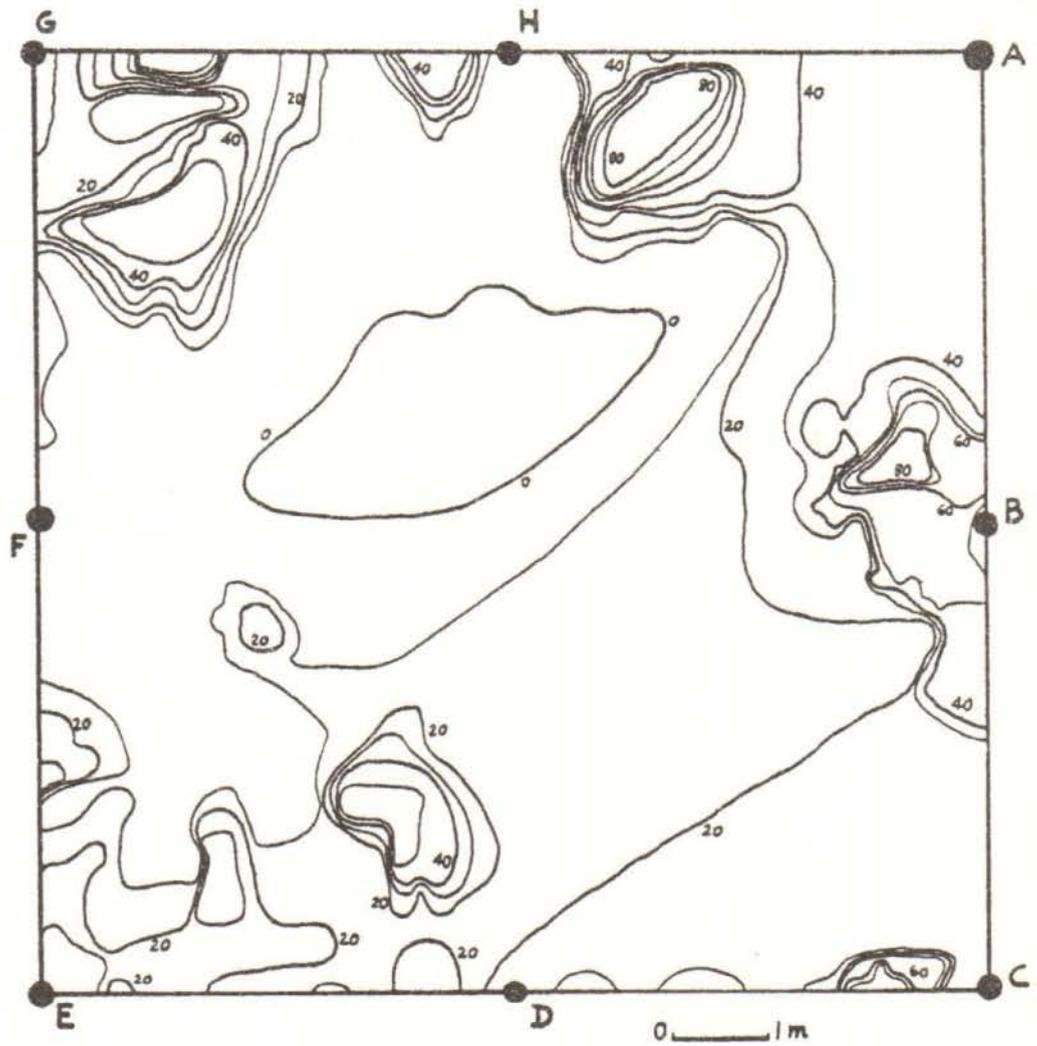


Fig.10: Bathymétrie du carré permanent de la Marina d'Elbu d'après levés de 1981.

avec rhizomes plagiotropes traçants qui paraissent coloniser le biotope limitrophe (sable, matte morte). Le suivi pluriannuel montre que la présence d'une telle marge ne signifie pas nécessairement progression de l'herbier : les facteurs qui s'y opposent seront envisagés plus loin. Les tombants de matte sont notés lorsque leur hauteur dépasse 20 cm.

Les collines édifiées par la matte ont été désignées par le numéro du quadrat dans lequel elles sont situées, ou dans lequel elles sont situées en grande partie (Fig. 11). Afin d'éviter toute confusion, deux collines (34-35 et 25-35) ont été désignées par les numéros de deux quadrats sur lesquels elles sont à cheval.

La cartographie complète du carré permanent a été réalisée par couverture photographique en 1978, par couverture photographique et cartographie in situ en 1979 (Fig. 12), 1980 et 1981.

Compte-tenu de la relative lenteur de l'évolution de la plupart des structures, et même de la stabilité de certaines d'entre elles, seuls quelques quadrats ont été cartographiés lors des missions SCANDOLA XX (Juillet 1982) et SCANDOLA XXV (Juillet 1983) : les quadrats pour lesquels les observations des années précédentes permettaient de supposer qu'une évolution rapide y était en cours. La dernière cartographie complète du carré permanent remonte donc à SCANDOLA XVII (Août-septembre 1981) : il a donc été procédé à une nouvelle cartographie complète du carré permanent (Fig. 13).

### 6.3. Résultats

Entre 1979 et 1984, l'évolution du carré permanent est nettement perceptible (Fig. 12 et 13). La surface de chaque structure a été mesurée au planimètre (précision de lecture :  $\pm 0,02$  m<sup>2</sup>). Globalement, la surface totale de l'herbier (Posidonies déchaussées et non déchaussées) s'est légèrement accrue (+ 2 m<sup>2</sup>), tandis qu'une grande partie des mattes mortes a disparue (- 4 m<sup>2</sup>), sans doute démantelées par l'érosion (Tabl. V).

Tableau V : Evolution des surfaces (en m<sup>2</sup>) occupées par les peuplements ou types de fond, entre 1979 et 1984.

Dates	1979	1984
Posidonies	16,32	18,04
Posidonies déchaussées	3,64	3,87
Matte morte	8,03	4,21

Mais ces chiffres masquent des changements d'une amplitude bien supérieure, que l'on peut mettre en évidence en consi-

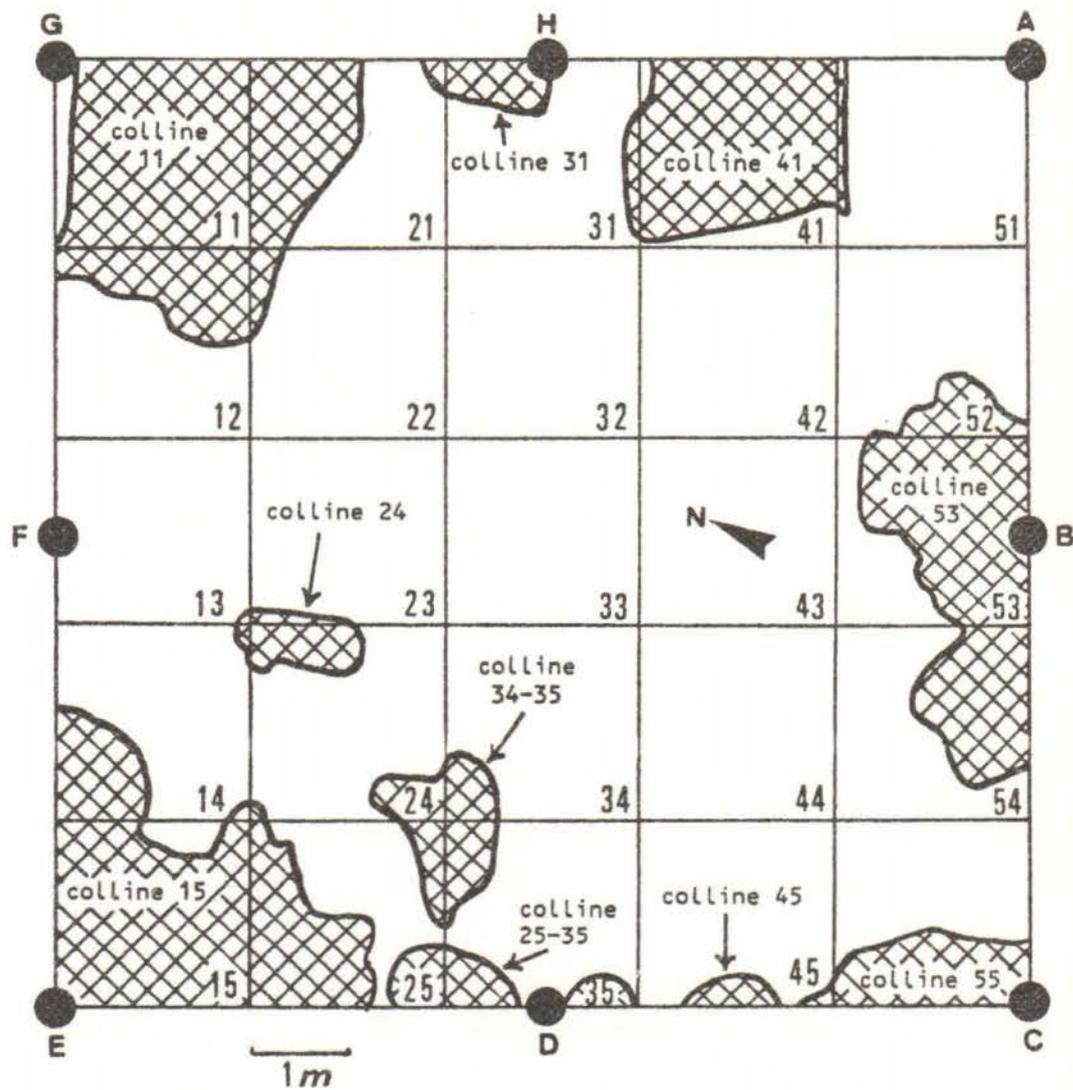


Fig.11: Le carré permanent de la Marina d'Elbu:  
 emplacement des balises, numéros des quadrats  
 et numéros des collines.

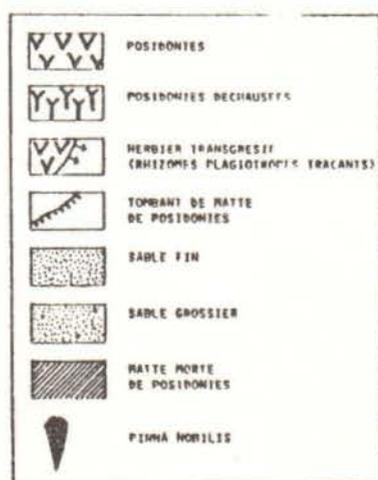
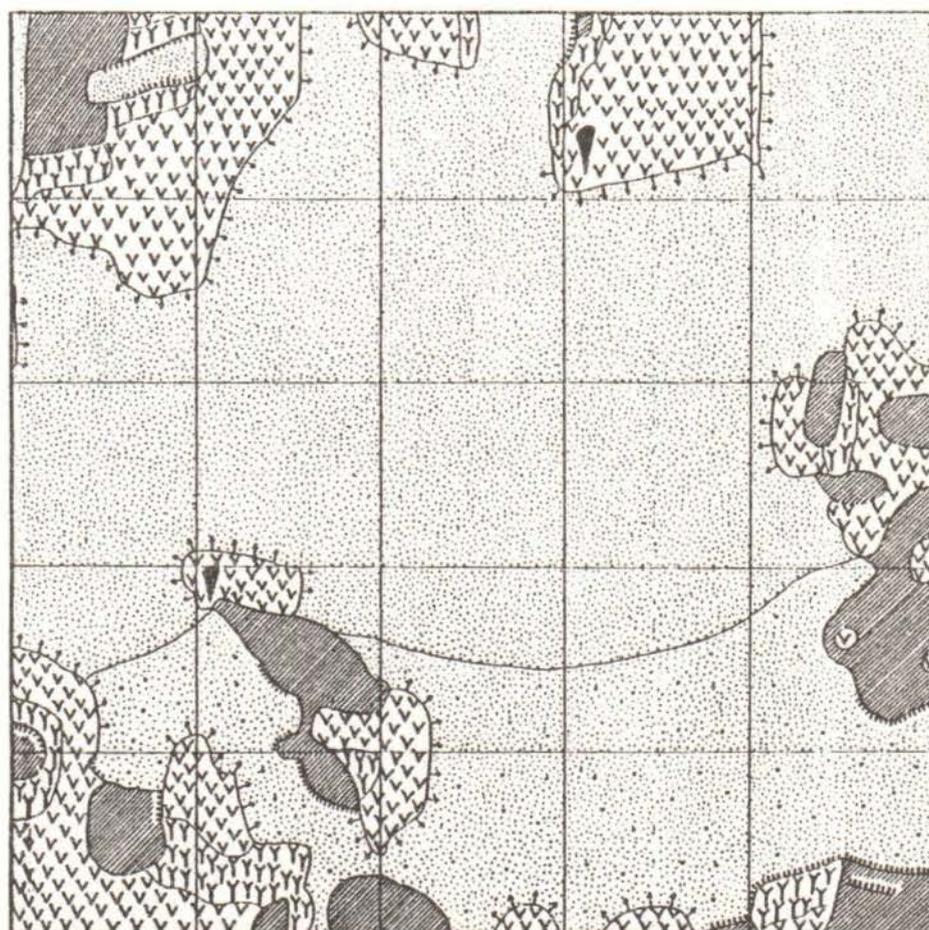


Fig. 12 : Carré permanent de la Marina d'Elbu; cartographie de 1979.

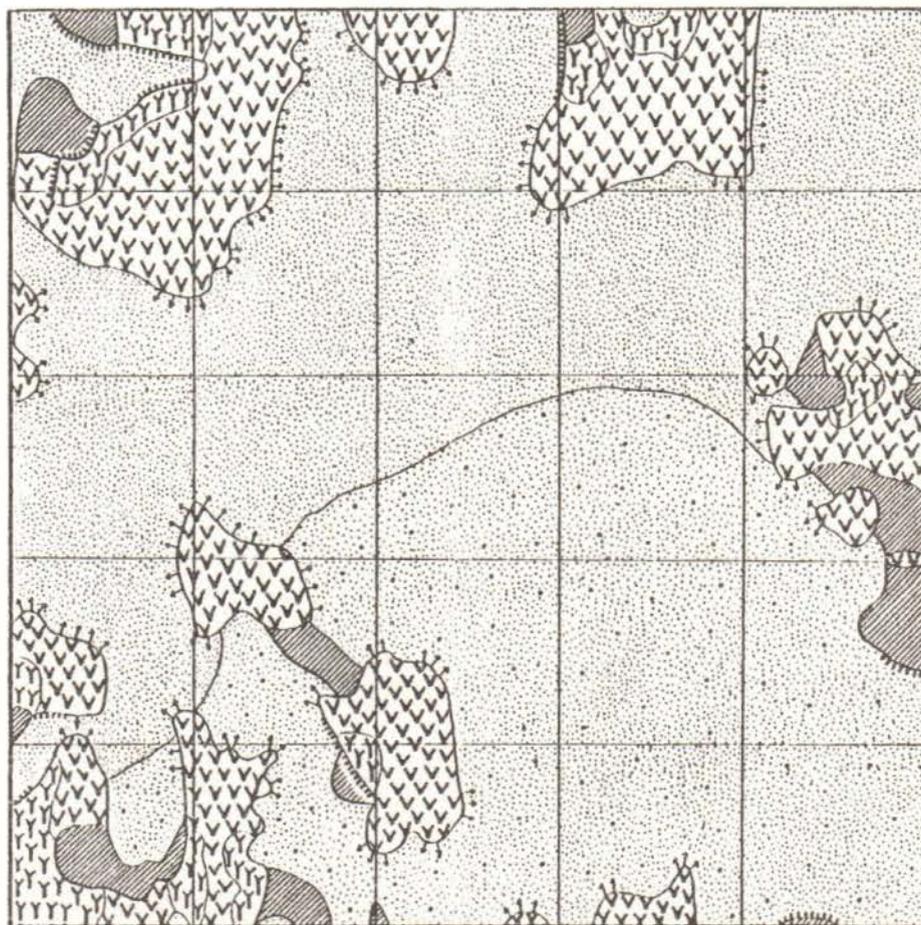


Fig.13: Le carré permanent de la Marina d'Elbu:  
cartographie de 1984. Les légendes sont les  
même qu'à la fig.12.

dérant séparément l'évolution de chaque colline (Tabl. VI). La colline 45 est une colline jeune, encore basse, en expansion rapide. Il en est de même des collines 24 et 34-35 ; dans leur cas, on aperçoit encore les restes (matte morte), dont le démantèlement se poursuit, d'une ancienne colline dont elles sont toutes deux issues. Curieusement, la colline 31, bien que jeune elle aussi, ne progresse que lentement (+ 21% en 5 ans); son suivi annuel (Fig. 14) permet de mettre en évidence des successions d'avancées et de reculs de la marge, d'une amplitude supérieure à l'erreur possible sur le positionnement; si les avancées sont cohérentes avec la présence, sur toute la marge, de rhizomes plagiotropes traçants, les reculs le sont moins. La découverte, lors de phases de recul, de points végétatifs plagiotropes morts ou mourant enterrés sous le sédiment démontre que ce sont les mouvements de montée et de descente du plan de base du sédiment, d'une amplitude supérieure à la vitesse de croissance des rhizomes, qui entravent et contrôlent la progression de la colline 31. Nous désignons sous le nom de respiration des marges cette lutte entre une marge plagiotrope et le sédiment, avec pour résultante des oscillations de la position de la marge.

Tableau VI : Evolution de la surface (en m<sup>2</sup>) d'herbier (déchaussé ou non) et de matte morte, entre 1979 et 1984, pour les principales collines du carré permanent.

		1979	1984	évolution
Colline 11	herbier	5,13	5,79	+ 13%
	matte morte	1,31	0,81	- 38%
Colline 15	herbier	5,21	4,54	- 13%
	matte morte	1,03	1,08	+ 5%
Colline 24	herbier	0,67	1,31	+ 96%
Colline 25-35	matte morte	0,70	0,06	- 91%
Colline 31	herbier	0,62	0,75	+ 21%
Colline 34-35	herbier	1,39	2,19	+ 58%
Colline 41	herbier	3,73	4,06	+ 9%
Colline 45	herbier	0,24	0,42	+ 75%
Colline 53	herbier	2,19	2,56	+ 17%
	matte morte	2,51	1,54	- 39%
Colline 55	herbier	0,56	0	-100%
	matte morte	0,86	0,05	- 94%

La colline 41 est une colline adulte : son sommet culmine de près de 1 m au dessus du sédiment environnant; les rhizomes commencent à y être déchaussés; une tache de matte morte, de dimensions encore faibles, se développe. La pente est forte et

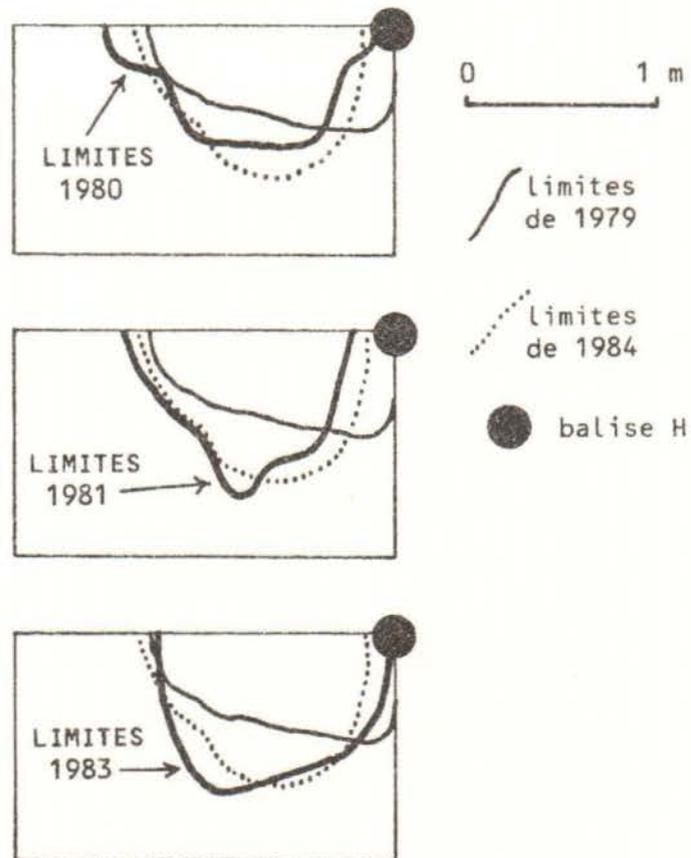


Fig.14: Le carré permanent de la Marina d'Elbu:  
Evolution des limites de la colline n° 31,  
de 1979 à 1984.

la progression marginale est faible ou nulle; comme pour la colline 31, il y a respiration des marges.

Les collines 11, 15 et 53 sont des collines âgées : rhizomes déchaussés et mattes mortes y tiennent une place importante. La surface d'herbier continue à progresser lentement, ou diminue; le démantèlement des mattes mortes par l'hydrodynamisme a lui-même commencé pour la colline 11, et est très avancé pour la colline 53. Cette dernière est plus avancée dans son évolution : dans sa partie la plus proche de la balise A, il se peut que la formation d'une nouvelle colline, à partir d'un fragment de la colline en cours de dislocation, soit initiée.

Nous avons assisté, de 1978 à 1984, au démantèlement complet de la colline 55, tout au moins de la partie qui se trouvait incluse dans le carré permanent (Fig. 15).

Enfin, la tache de matte morte correspondant à une ancienne colline (dont la disparition est antérieure à la mise en place du carré permanent), a presque entièrement disparue entre 1979 et 1984 (Fig. 16).

## 7. SUIVI DU BALISAGE DE LA LIMITE INFÉRIEURE DE L'HERBIER DE POSIDONIES DANS LA BAIE D'ELBU

par A. MEINESZ et C.H. BIANCONI

13 balises en béton, ancrées dans le sédiment par une tige métalliques d'environ 2 m de long sur laquelle est fixé un flotteur, ont été mises en place en 1977, à la limite inférieure de l'herbier à P. oceanica. Depuis lors, un relevé photographique est effectué chaque année.

La plongée sur le balisage a été effectuée le 27 août. Toutes les balises ont été retrouvées; 28 diapositives ont été réalisées (objectif : 24 mm).

La situation de la limite reste inchangée derrière les douze balises N° 2 à 13.

Par contre, au niveau de la balise N° 1, on a décelé un recul important de l'herbier qui se trouve maintenant à 1.5 m de la balise. En 1977, cette balise touchait l'extrémité d'une langue d'herbier (elle était en contact avec les derniers faisceaux); la densité des faisceaux dépassait 100/m<sup>2</sup>. En examinant les relevés photographiques, on constate que, de 1977 à 1982, le nombre des faisceaux a diminué, et que la limite s'est éloignée de la balise de 10 cm environ par an. En 1983, on peut dénombrer encore une vingtaine de faisceaux. En août 1984, la langue

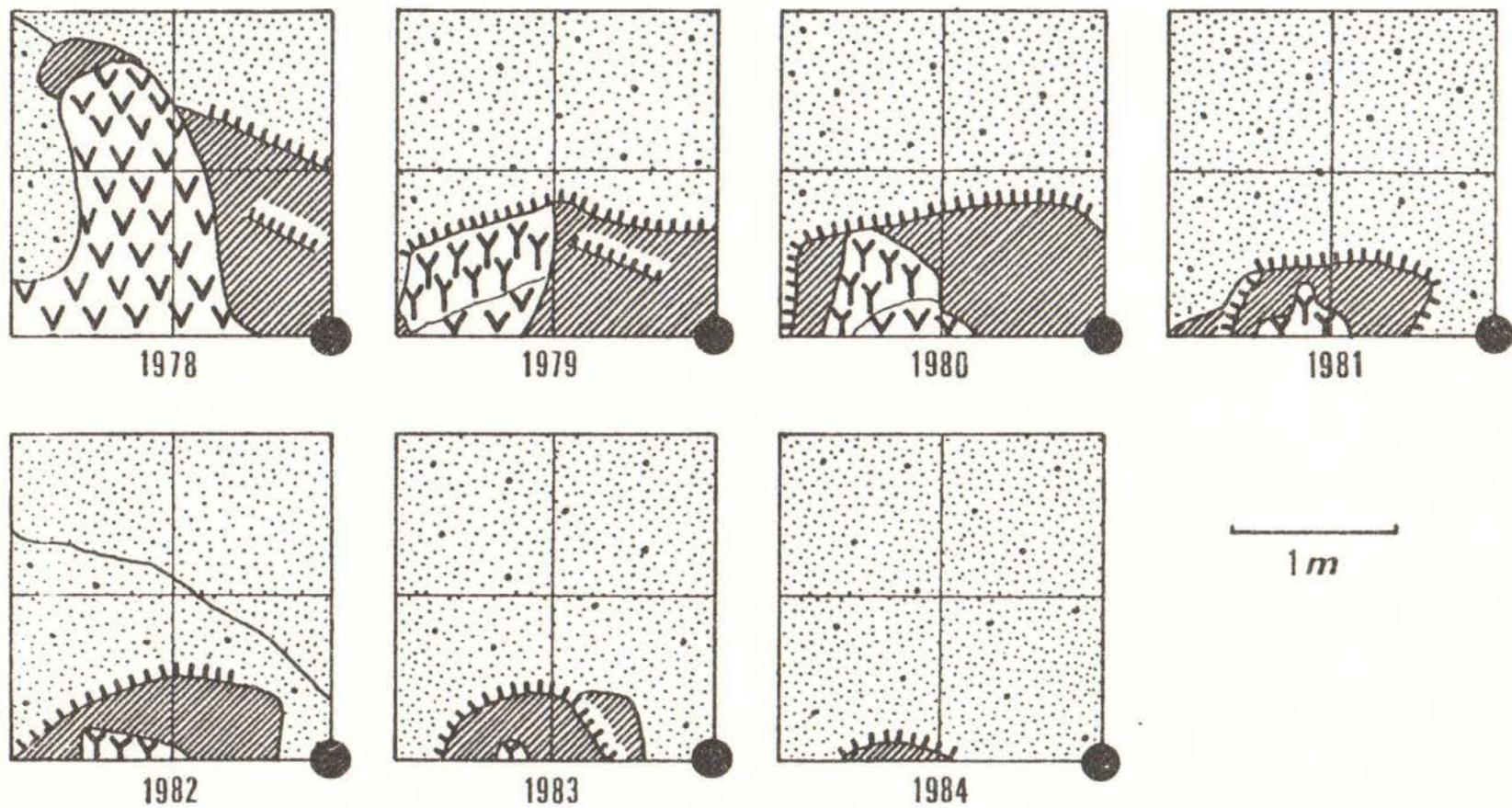


Fig.15: Le carré permanent de la Marina d'Elbu: évolution du quadrat et de la colline 55 de 1978 à 1984.

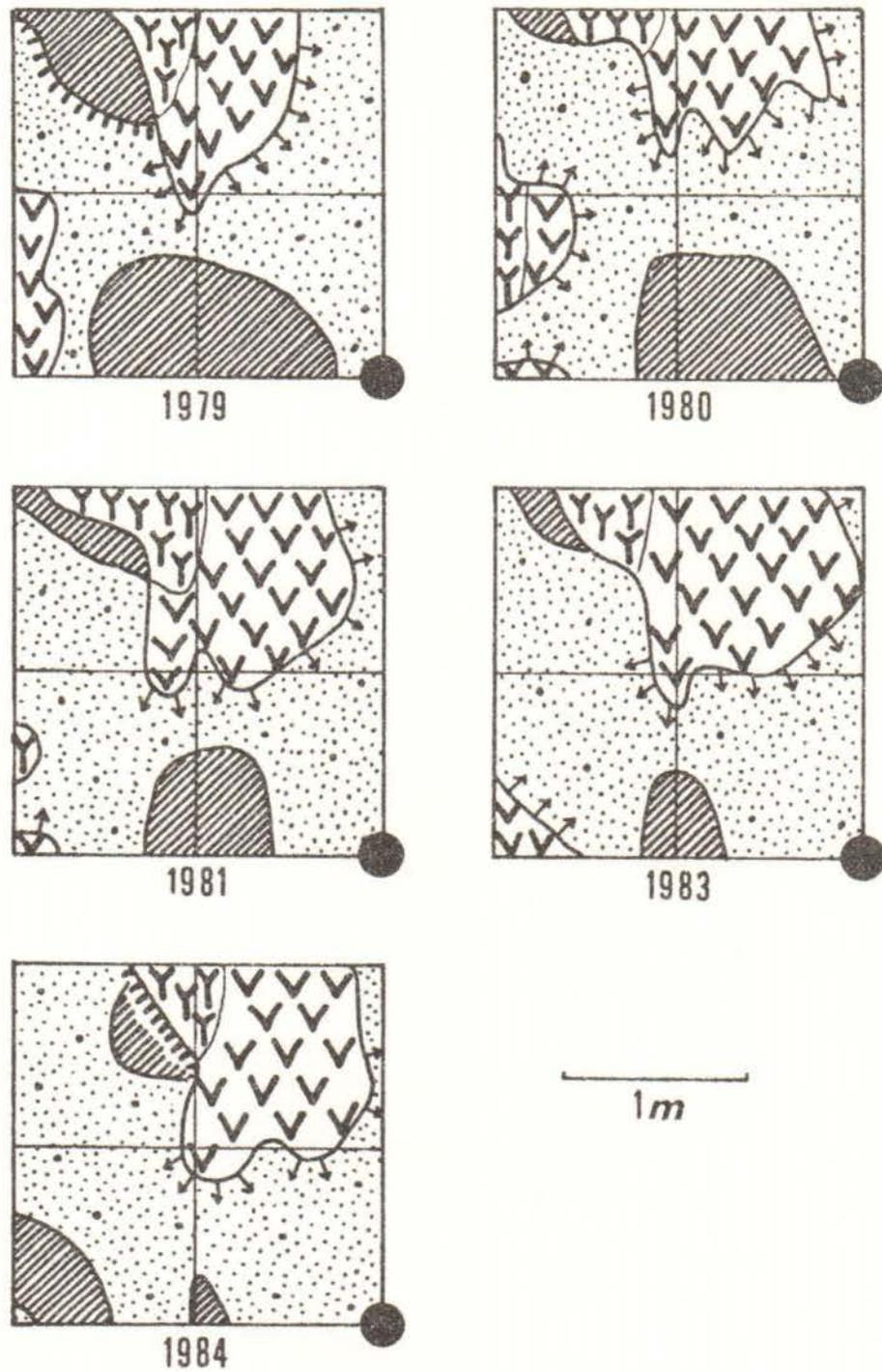


Fig.16: Le carré permanent de la Marina d'Elbu:  
Evolution des limites dans le quadrat 25-  
35, de 1979 à 1984.

d'herbier a totalement disparue, y compris la matte (morte), épaisse d'une dizaine de cm.

Ce recul très localisé ne doit pas conduire à la conclusion que la limite inférieure de l'herbier recule : celle-ci est stable derrière toutes les autres balises. La limite inférieure de l'herbier est probablement le site de fréquents réajustements de détail entre le Détritique Côtier et les Posidonies; celles-ci, qui à 36 m de profondeur n'ont pas tout-à-fait atteint leur profondeur de compensation (cf § 8), tentent de progresser aux dépens du Détritique Côtier, alors que leur compétitivité n'est plus très forte, jusqu'à un point de déséquilibre qui marque le début d'une phase de recul. Ce point de déséquilibre dépend en outre des conditions météorologiques du moment (nébulosité, hydrodynamisme), et se déplace donc en fonction des saisons, et d'une année à l'autre.

#### 8. POSIDONIES PROFONDES DANS LE CORALLIGÈNE DE SULANA

par C.F. BOUDOURESQUE et C.H. BIANCONI

L'un d'entre nous (C. H. BIANCONI), au cours d'une plongée avec J. RIVOIRE, en août 1983, a découvert des Posidonies vivantes vers 43-44 m de profondeur, dans la baie de Sulana. Une telle profondeur dépasse de plusieurs mètres ce que nous considérons comme la profondeur limite de l'herbier à P. oceanica dans la région (35-40 m dans la baie d'Elbu). Deux plongées ont donc été effectuées, les 21 et 23 août 1984, pour retrouver et étudier ces Posidonies.

Le fond est constitué par un coralligène très actif (espèce édifiatrice dominante : Pseudolithophyllum cabiochae), en pente douce, avec de nombreuses cavités, situé à peu de distance en avant d'un tombant; il s'agit probablement d'un coralligène du type CHIRL (Coralligène d'Horizon Inférieur de la Roche Littorale), bien qu'il ne soit pas exclu que du "Coralligène de Plateau" existe dans le secteur, un peu plus au large.

Sur 100 m<sup>2</sup> environ, entre 20 et 30 pieds de P. oceanica sont présents; il semble s'agir de boutures récentes : un fragment de rhizome de 10 à 20 cm de longueur, terminé par un faisceau de feuilles unique, plus rarement 2 à 3 faisceaux. Le rhizome est simplement coincé dans une anfractuosités du coralligène; s'il présente quelques racines vivantes courtes (entre les écailles), aucune racine ne le fixe au substrat, le rhizome n'est pas enfoui sous du sédiment, et les espèces concrétionnantes du coralligène ne se sont pas développées sur le rhizome (dans un cas, quelques jeunes thalles de Corallinaceae, d'un diamètre maximum de 3 cm, s'étaient développés sur le

rhizome). Un rhizome dont le faisceau de feuilles semble mort depuis peu de temps a été observé.

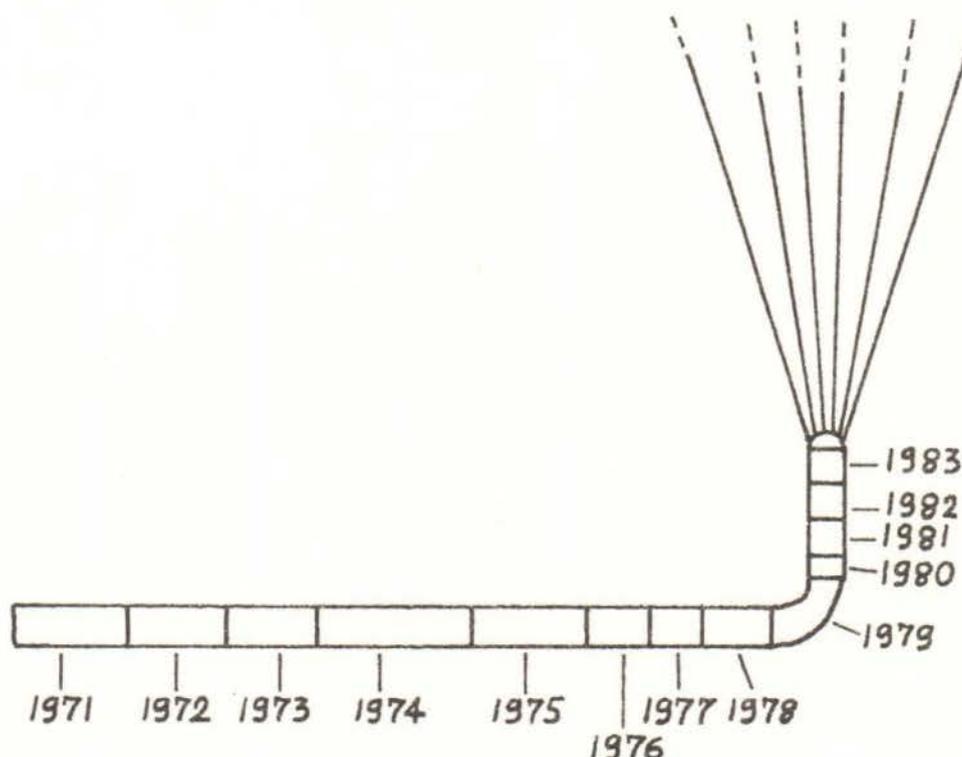


Fig. 17 : Bouture de *Posidonia oceanica* dans le coralligène de Sulana : allongement du rhizome S-3 de 1971 à 1983.

Trois rhizomes (S-1, S-2 et S-3) ont été prélevés et analysés. Ils présentent 2 feuilles intermédiaires et 4-5 feuilles adultes; la largeur des feuilles est classique (9 à 10 mm), mais elles sont assez courtes pour la saison : les plus longues mesurent 40 à 50 cm; elles sont entières pour la plupart, peu épiphytées, et ne présentent pas de traces de broutage. Les rhizomes sont vivants sur toutes leur longueur. L'analyse lépidochronologique des rhizomes (Tableau VII) montre, chez S-1, une diminution brutale de la vitesse de croissance en 1976; chez S-2, ce ralentissement de la croissance est progressif : de 1974 à 1976. Le rhizome S-3 est le plus intéressant : en effet, la partie correspondant aux années 1971 à 1978 (Fig. 17) est horizontale; pourtant, la disposition des écailles, aussi bien que le nombre d'écailles par an, indiquent de façon certaine que le rhizome était, lorsque les feuilles (correspondant aux écailles) étaient vivantes, en position verticale (rhizome orthotrope); la courbure du rhizome (Fig. 17) correspond à l'année 1979; au delà, la position des écailles et la position du rhizome sont en concordance : orthotropes; la

Il est permis de penser que les trois rhizomes étudiés correspondent à des boutures venues d'herbiers situés à moins grande profondeur; le ralentissement (rapide ou progressif) de l'allongement annuel du rhizome, associé à une courbure dans le cas de S-3, pourrait correspondre à l'année d'implantation

de la bouture : 1974 (S-2), 1976 (S-1) et 1979 (S-3). La reprise partielle de l'allongement en 1982 et 1983 (S-1 et S-2) pourrait être liée au fait que la bouture a réussi à "prendre", comme en témoigne la formation de ramifications (Tabl. VII) : développement de nouvelles racines ? longueur suffisante pour le stockage estival de réserves ?

Tableau VII : Analyse lépidochronologique des rhizomes S-1, S-2 et S-3 du coralligène de Sulana. E = nombre d'écaillés par an; A = allongement annuel, en mm; \* = présence d'une ramification morte; ° = présence d'une ramification vivante.

Rhizome étudié	S-1		S-2		S-3	
	E	A	E	A	E	A
1983	8	6*	10	10°	5	4
1982	10	5	10	9°	6	5
1981	6	2	8	5*	6	5
1980	8	2	6	4*	4	3
1979	8	3	8	6	10	10
1978	6	2		9	8	9
1977	8	2		7	6	7
1976	8	4		9	8	8
1975		8		12		15
1974		7		13		20
1973		8		23		12
1972		8		28		13
1971		6		23		15
1970		6		23		
1969		6		26		
1968		7				
1967		6				
1966		7				
1965		7				
1964		9				
1963		7				

Il conviendra de marquer certains des rhizomes en place pour confirmer cette hypothèse. Si c'était le cas, cela signifierait que la profondeur de compensation, pour *P. oceanica*, se situe nettement plus bas que les herbiers les plus profonds; à une telle profondeur, toutefois, si la végétation de la plante paraît normale (nombre de feuilles, largeur des feuilles), la croissance des rhizomes est excessivement lente, et, malgré la place disponible, ils ne passent pas à la position plagiotrope (lumière insuffisante), de telle sorte que l'édification d'un herbier, ou même de touffes isolées, n'est pas prévisible.

Si l'on considère que, pour la Posidonie, l'échelle de temps n'est pas l'année ou la dizaine d'année mais le siècle, on peut se demander si ces plants isolés survivraient à une année (ou plusieurs années consécutives) à insolation nettement inférieure à la moyenne, et s'il ne convient pas de les considérer simplement comme des boutures en survie de longue durée. Des quantités énormes de Posidonies sont arrachées, chaque année, aux herbiers superficiels par les tempêtes, et constituent

une pluie de boutures qui se dispersent sur l'ensemble du littoral, des plages aux plus grandes profondeurs de l'étage bathyal. Lorsque la lumière est suffisante, l'hydrodynamisme et/ou la mobilité du substrat interdisent à la majorité de ces boutures de se fixer durablement; le coralligène de Sulana, par ses anfractuosités profondes, offre une telle opportunité aux boutures qui y parviennent. Le suivi de ces plants, au cours des prochaines années, permettra de mesurer le degré de stabilité, ou d'instabilité, de cette situation.

#### 9. TRANSECT DANS L'HERBIER DE POSIDONIES DE LA BAIE D'ELBU

par A. MEINESZ, C.H. BIANCONI et A. JEUDY DE GRISSAC

Un transect a été établi, depuis la côte jusqu'aux fonds détritiques côtiers, à travers l'herbier de Posidonies de la baie d'Elbu (Fig. 18). Ce transect est parfaitement repéré sur la carte : il a été effectué à partir d'un point de la côte bien reconnaissable, et la position précise de son extrémité (côté large) a été relevée au cercle hydrographique. Un filin plombé, gradué tous les 5 m, a été déroulé sur le fond, puis longé par les plongeurs. Le long du filin, nous avons noté la bathymétrie et la nature des peuplements. Un prélèvement de sédiment a été effectué à -43 n. Les conditions de la plongée ne nous ont pas permis de terminer les relevés bathymétriques entre 0 et 50 m de la côte.

#### 10. DONNEES SUR DES FLORAISONS ANCIENNES DE POSIDONIA OCEANICA

par C.F. BOUDOURESQUE, D. CALMET, A. JEUDY DE GRISSAC, J.R. LEFEVRE et A. MEINESZ

L'analyse lépidochronologique des rhizomes de P. oceanica, dans le cadre de l'étude de l'édification d'une colline (Marina d'Elbu, -16 m : 44 rhizomes) et de l'étude de la radioactivité des rhizomes (Galeria, -12 m : 50 rhizomes), nous a amenés à découvrir des témoignages incontestables de floraisons (hampes florales associées à une gaine isolée). Ces observations sont intéressantes dans la mesure où, dans leurs majorité, elles concernent la période antérieure à la création de la réserve, période pour laquelle on ne disposait d'aucune observation directe (Tabl. VIII).

La datation des floraisons par la lépidochronologie est précise pour la dizaine d'années précédant la récolte. Au delà, lorsque

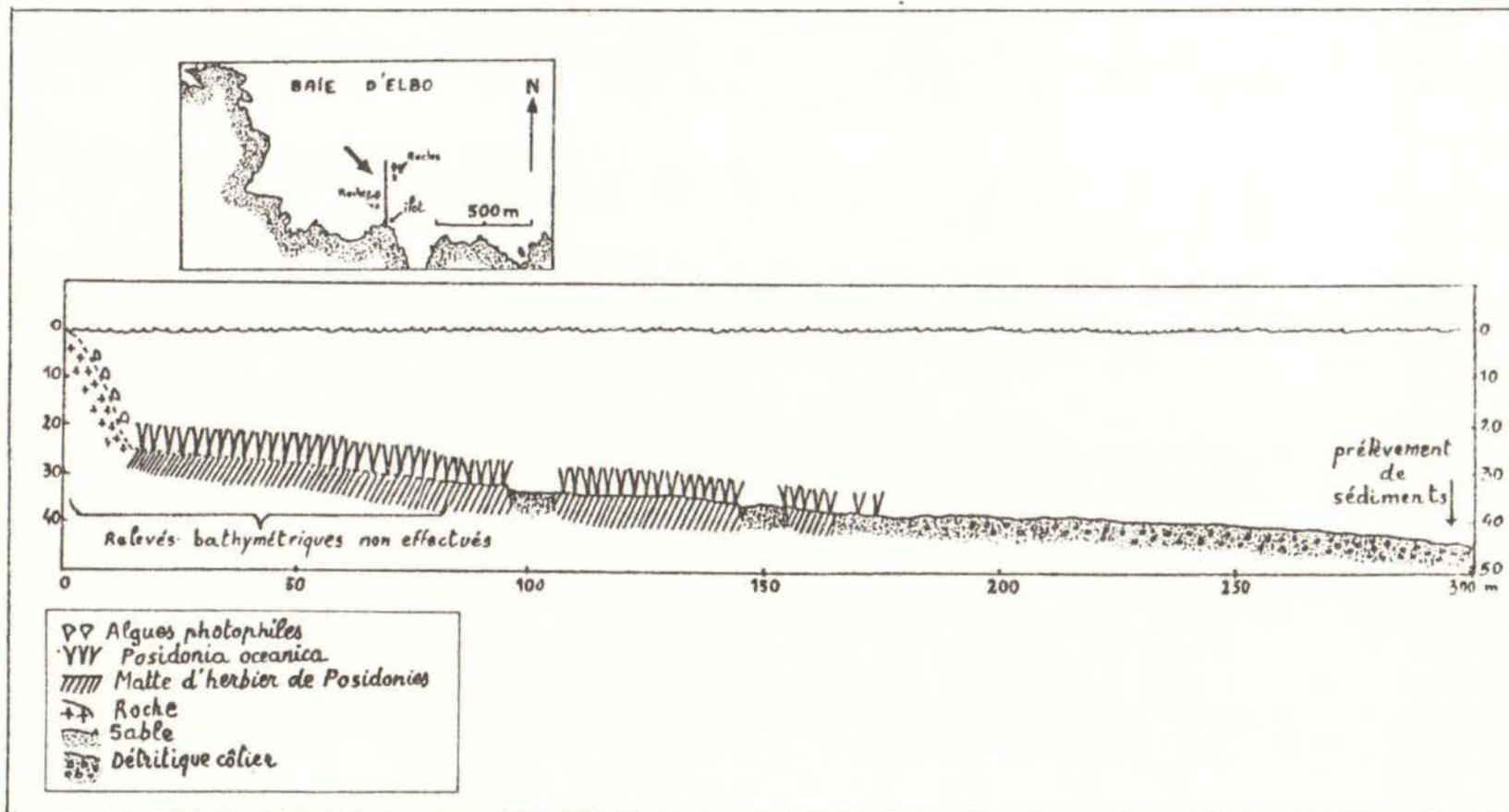


Fig. 18: Transect levé le 29 août 1984 par C.H. BIANCONI, A. MEINESZ, A. JEUDY DE GRISSAC.

les écailles sont mal conservées, ce qui se produit parfois, une incertitude d'une année est possible.

Tableau VIII : Nombre de rhizomes ayant fleuri (F) par rapport au nombre de rhizomes examinés (N).

Années	Elbu		Galeria	
	F	N	F	N
1983	1	44	2	50
1982	-	43	2	50
1981	-	41	-	50
1980	1	38	-	50
1979	-	35	-	50
1978	-	32	-	50
1977	-	32	-	50
1976	-	31	1	50
1975	-	28	-	50
1974	-	27	1	50
1973	1	23	-	50
1972	2	20	-	50
1971	1	19	-	50
1970	2	16	1	50
1969	-	15	-	49
1968	-	14	-	48
1967	-	12	-	46
1966	-	12	-	44
1965	-	11	-	44
1964	-	11	-	43
1963	-	11	-	40
1962	-	11	-	39
1961	-	9	-	33
1960	-	8	-	32
1959	-	7	-	30
1958	-	7	-	30
1957	-	7	-	25
1956	-	7	-	24
1955	-	6	1	21

A Elbu, nous n'avons jamais rencontré deux floraisons le long d'un même rhizome. A Galeria, en revanche, nous avons rencontré jusqu'à trois floraisons le long d'un même rhizome.

## 11. BIOLOGIE ET REPARTITION DE PATELLA FERRUGINEA

par Françoise LABOREL-DEGUEN

### 11.1. Introduction

Au cours de la Mission SCANDOLA XXVIII, je me suis appliquée, avec l'aide de J. LABOREL, à définir l'habitat, la répartition et la densité de population de Patella ferruginea (Gmelin) à l'intérieur comme à l'extérieur des limites de la Réserve; de plus, je me suis efforcée de préparer le travail de

missions ultérieures par le repérage et le marquage d'individus que je compte suivre ultérieurement.

Cette étude m'avait semblé intéressante, car, lors de notre séjour de l'été 1983, il m'était apparu que les populations de *Patella ferruginea* n'étaient pas aussi florissantes que le signalait Roger MOLINIER (1960).

### 11.2. Matériel et méthodes

Lors de la mission préliminaire, en Juillet 1983, il m'était apparu difficile d'identifier à coup sûr les individus jeunes de *P. ferruginea* parmi les populations des espèces voisines. Je me suis donc consacrée au problème de la reconnaissance rapide sur le terrain de ces formes jeunes et j'ai pu constituer des séries de référence complètes, depuis une taille de 5mm jusqu'à la taille maximum observée, plus de 80mm. La forme et l'ornementation très caractéristiques des coquilles des individus jeunes permettent désormais une reconnaissance facile et sûre.

Seules les Patelles de quelques stations, qui seront suivies dans le temps, ont été effectivement mesurées. Pour les autres stations, il n'a été pratiqué qu'une estimation visuelle, en fonction de 6 classes de taille, la marge d'erreur étant acceptable :

- 1 : "Bébé" : approximativement de 5 à 10mm de diamètre
- 2 : "Très petites".....de 10 à 20mm.....
- 3 : "Petites".....de 20 à 30mm.....
- 4 : "Moyennes".....de 30 à 50mm.....
- 5 : "Grosses".....de 50 à 70mm.....
- 6 : "Très grosses".....plus de 70mm.....

118 relevés ont été effectués, entre la péninsule de la Rivellata, au Nord, et le secteur de la Punta Rossa, au Sud (Tabl. IX). 64 de ces relevés étaient situés à l'intérieur des limites de la Réserve et 51 à l'extérieur. Chaque relevé correspond à une longueur de dix mètres, mesurée in situ à l'aide d'un mètre souple à partir d'une origine arbitraire. Pour chaque relevé étaient notés :

- (i) la localisation géographique (situation), la date etc.
- (ii) les caractéristiques physiques de cette station : mode, noté de 1 (très calme) à 4 (très battu) et exposition.
- (iii) la fréquentation humaine : notée de 1 (non fréquentée car très difficilement accessible) à 4 (très fréquentée)
- (iv) pour chaque individu de *P. ferruginea* observé, sa distance à l'origine du relevé ainsi que sa classe de taille (voir paragraphe précédent).

Tableau IX : Liste des stations d'étude de P. ferruginea; caractéristiques des relevés. Situation : R = dans la réserve, H = hors de la réserve. La fréquentation humaine est notée de 1 à 4.

Lieu	Date	N° des Relevés	Situation	Fréquentation
Pta Stollu (côté S)	3 viii	1-6	H	2
Elpa Nera	4 viii	7-13	D	2
Cala près Pta Scandola	4 viii	14-17	H	2
Baie d'Elbu (Nord)	5 viii	18-25	D	2
Isula Formiga (Elbu)	5 viii	26-29	D	2
Isula Formiga (Elbu)	5 viii	30-31	D	1
Elbu (sous la tour)	5 viii	32-35	D	3
Elbu (Marina N)	5 viii	36-41	D	4
Elbu (Marina S)	5 viii	42-45	D	4
Côte S de Pori	6 viii	46-48	H	1
Côte N Rivellata	6 viii	49-54	H	4
Côte S Galeria 1	7 viii	55-60	H	1
Côte S Galeria 2	7 viii	61-63	H	2
Pta Stollu (côté N)	11 viii	64-69	H	3
Elbu (Côte N)	12 viii	70-75	D	4
Cap Morsetta	14 viii	76-83	H	3
Mine d'Argent	14 viii	84-86	H	2
Punta Ciuttone	14 viii	87-92	H	2
Isula Gargalu (arrière)	15 viii	93-102	D	4
Cala Gattaghja	15 viii	103-110	D	1
Cala Sulana	15 viii	111-116	D	2
Gargalu (côte)	15 viii	117-118	D	2

Ces relevés ont porté principalement sur P. ferruginea; toutefois, à titre de comparaison j'ai effectué un certain nombre de comptages témoins, sur un mètre de distance, des deux espèces voisines : P. rustica et P. aspera.

En plus de ces relevés, j'ai suivi de façon purement qualitative un certain nombre de secteurs de côte dont certains étaient totalement dépourvus de P. ferruginea : bien que non incluses dans les calculs, ces observations sont intéressantes pour la connaissance de la répartition de l'espèce.

Enfin, quelques stations fixes ont été établies : flot Palazzu, Cala Litizia, Punta di Stollu (une petite calanque à proximité de la pointe), Baie de Galeria (sous le récepteur hertzien). Dans la mesure du possible, les Patelles y ont été comptées, repérées, mesurées (longueur, largeur et hauteur, nombre de côtes et de varices de croissance); leur exposition et l'orientation de leur coquille ont été également notées. Quelques individus ont de plus été marqués à l'aide de fragments de plastique coloré collés in situ sur la coquille à l'aide de colle plastique instantanée.

### 11.3. Habitat

Patella ferruginea apparaît strictement inféodée à la partie inférieure de l'étage médiolittoral, au dessous des Chthamales et au dessus des Rissoëlla verruculosa. Cette zone est le plus

souvent nue, l'espèce la plus fréquente étant la Phaeophyceae Ralfsia verrucosa, mêlée à de petits thalles occasionnels de Neogoniolithon notarisii.

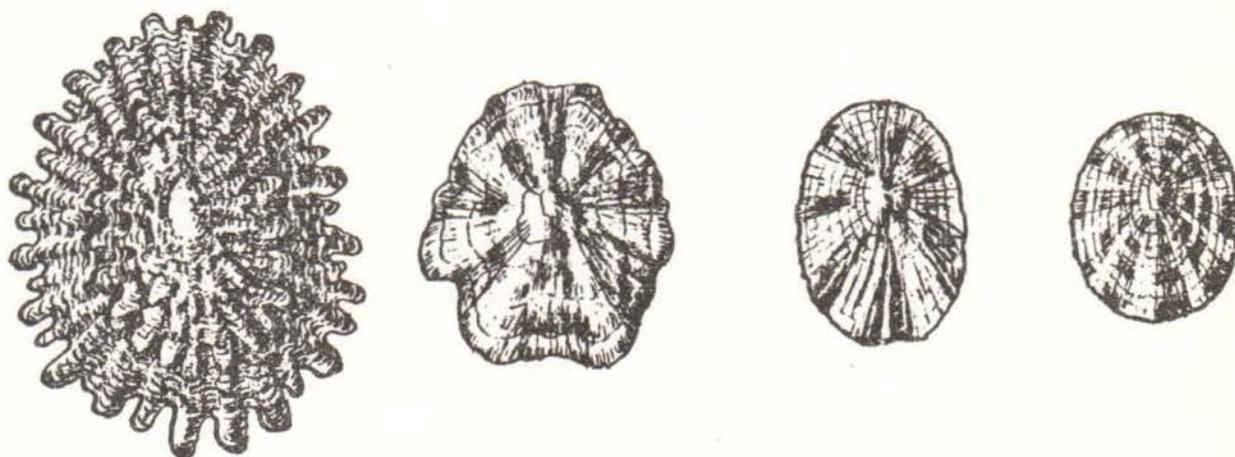
Lorsqu'un trottoir à Lithophyllum lichenoides (= L. tortuosum) se développe, P. ferruginea se trouve légèrement au dessus du niveau supérieur des thalles vivants de Lithophyllum.

Dans la zone considérée, P. ferruginea voisine avec trois autres espèces de Patelles, dont la répartition verticale est nettement différente; ces trois espèces sont (Fig. 19) :

Patella rustica L (= P. lusitanica), petite, à coquille plus conique, et située légèrement plus haut dans le médiolittoral moyen.

Patella aspera Röding , à coquille plus oblongue, qui vit à la base du médiolittoral et au sommet de l'infralittoral.

Patella coerulea L, plus grosse que la précédente, à coquille très aplatie et à répartition typiquement infralittorale (jusqu'à plusieurs mètres sous le niveau marin).



Patella ferruginea

Patella coerulea

Patella aspera

Patella rustica

Fig. 19 : Différentes espèces de Patella de la réserve de Scandola.

Il est encore trop tôt pour savoir si le mode, l'exposition et l'inclinaison des parois rocheuses ont une influence sur la répartition. Cependant, les parois très fortement battues et exposées au large, bien que très difficilement étudiables, ne semblent pas être un biotope particulièrement favorable alors que de nombreux individus ont pu être observés dans des endroits relativement calmes. A titre d'hypothèse de travail on

peut penser que P. ferruginea préférerait un mode battu mais sans excès.

#### 11.4. Densité des populations et distribution spatiale

Sur 118 relevés de 10m de longueur, le nombre moyen brut d'individus est de l'ordre de 4 Patella ferruginea et le plus grand nombre observé est de 18 (Anse de Cattaghja), dans un secteur d'accès difficile et très peu fréquenté.

A titre de comparaison, on observe un nombre de l'ordre de 300 P. rustica et de 100 P. aspera sur une distance de 10 mètres. Il y a donc une disproportion considérable entre les populations des différentes espèces de Patelles. P. ferruginea paraît, pour ce qui la concerne, être une espèce presque solitaire, dont les individus, peu nombreux, ressortent nettement au milieu des peuplements des autres espèces.

Les gros individus (classes 5 et 6) apparaissent dispersés : des distances de moins de 20 centimètres entre Patelles voisines sont rares; par contre, les plus petits individus (classes 1 et 2) paraissent vivre plus groupés (souvent dans les fissures de la roche avec des jeunes des autres espèces). Enfin, les très petits individus sont très souvent portés sur la coquille d'un gros (Fig. 20), jusqu'à trois par coquille (comportement de phorésie) et cela est sans doute en rapport avec le comportement larvaire (fixation et métamorphose rapides ?), qui reste à étudier.

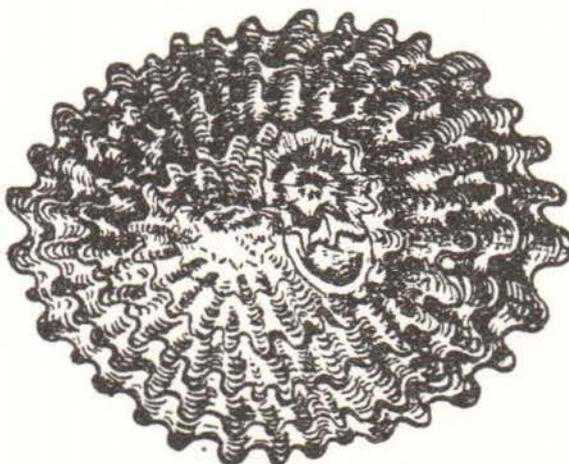


Fig. 20 : Gros individu de Patella ferruginea portant sur sa coquille un jeune individu.

### 11.5. Répartition en fonction des facteurs humains

Les relevés à l'intérieur et à l'extérieur de la Réserve marine de Scandola ne montrent pas à première vue de différences frappantes et systématiques; par contre, le nombre et la taille des individus observés semblent dépendre au premier chef de l'accessibilité de la station à l'homme (et en particulier au touriste saisonnier) qui, soit consomme l'animal directement, soit s'en sert comme appât pour la pêche.

Dans la région de Calvi comme de Porto, des centaines de mètres de côte rocheuse ont pu être parcourus sans observer un seul individu, alors que P. aspera restait abondante. Bien entendu, il est difficile dans ces secteurs de faire la part entre l'effet des prélèvements par l'homme et ceux des éventuelles pollutions (urbaines ou plaisancières).

Dans des zones très touristiques comme les côtes Nord de la Rivellata, quelques individus isolés ont été observés dans des endroits très accidentés et cachés au regard.

Dans la Baie de Galeria, où de nombreux très petits individus ont été recensés, ceux de taille moyenne et forte faisaient défaut.

De Galeria à la Réserve de Scandola incluse, les zones très fréquentées (comme la partie interne de la Marina d'Elbu) apparaissent complètement dépeuplées alors que les zones battues et inaccessibles apparaissent riches, et cela aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la Réserve proprement dite.

### 11.6. Comportement

Dans ce domaine les données ne sont encore que fragmentaires, puisque toutes mes observations, aussi bien en 1983 qu'en 1984, ont été effectuées en été. Toutefois, les conditions physiques ont été suffisamment différentes entre l'été 1983 et l'été 1984 pour faire apparaître des différences de comportement intéressantes :

- En Juillet 1983, mois exceptionnellement chaud et calme, les individus adultes observés sont restés couramment plusieurs jours sans être mouillés par les vagues : pendant toute cette mission aucun déplacement diurne ou nocturne n'a pu être observé, chaque individu restant fixé à la même place avec une orientation constante de sa coquille.

- En Août 1984, mois relativement frais et venteux, les comportements notés ont été très différents : j'ai cette fois pu observer de nombreux mouvements et déplacements qui peuvent se résumer comme suit :

(i) des mouvements respiratoires : soulèvement de la coquille par rapport au substrat, avec ou sans léger changement d'orientation de la coquille, ce mouvement durerait à peu près deux minutes, l'intervalle entre deux mouvements ne paraît pas être régulier (il pourrait être déclenché par le mouvement des vagues ?).

(ii) des déplacements de l'animal : souvent observés au cours de la mission, ils permettent d'observer le "domicile" de l'individu : c'est une zone ovale souvent marquée de façon spectaculaire par une auréole violette de Corallinaceae encroûtantes (que l'on observe aussi chez P. rustica) et qui se développe dans la zone comprise entre le bord du pied et le rebord externe de la coquille. En 1983, j'avais remarqué de telles auréoles en prélevant certains individus, mais elles étaient alors complètement décolorées; j'avais attribué cette décoloration à un manque total de lumière, la Patelle étant restée sans aucun mouvement pendant des jours entiers en raison des conditions de calme et de chaleur exceptionnelles qui prévalaient à cette époque. Par contre, en Août 1984, période plus ventée et fraîche, le déplacement le plus remarquable observé (sur un individu de 80mm de plus grand diamètre) a duré au moins 12 jours (du 6 au 18 Août) pendant lesquels la Patelle s'est éloignée de plus d'un mètre de son "domicile", pour y revenir lorsque le temps est redevenu plus calme; en début d'observation (le 6 Août), l'auréole était très colorée au début, mais se décolora graduellement jusqu'au 15 Août, par excès de lumière cette fois; il est à présumer que la Patelle n'a pas regagné son domicile entre temps.

### 11.7. Conclusions

Les données que j'ai récoltées cette année permettent d'affirmer que Patella ferruginea, espèce de grande taille, présente une densité de population très faible par rapport aux autres espèces de Patelles, conséquence vraisemblable de stratégies de reproduction très différentes.

En raison de cette faible densité et du comportement phorésique des jeunes individus, le prélèvement par l'homme aurait des conséquences beaucoup plus graves que pour les autres espèces.

Ceci rendrait bien compte de la disparition complète de l'espèce sur le littoral continental français, déjà bien amorcée au cours des derniers millénaires et complétée au siècle dernier, et serait de fort mauvais augure pour sa conservation sur le littoral corse.

Il semblerait, dans l'état actuel de nos connaissances, que le statut actuel de Réserve ne soit pas une protection suffisante

pour cette espèce qui ne se conserverait que dans les secteurs les moins accessibles. En effet, les diagrammes que j'ai réalisés (avec l'aide de Nicolas CHEVALIER) montrent que les pourcentages globaux d'individus des différentes classes de taille sont pratiquement identiques pour l'ensemble des stations prises respectivement à l'extérieur et à l'intérieur de la Réserve. La protection la plus efficace serait apportée par la distance aux agglomérations et la difficulté d'accès du littoral ainsi qu'en témoignent les diagrammes tracés en fonction de la fréquentation.

Les réactions des touristes contrevenants avec lesquels j'ai pu parler montrent bien que ceux-ci n'ont pas conscience de commettre un délit en prélevant une simple arapède. Il importe donc, au moins dans un premier temps, de développer l'information du public fréquentant la Réserve.

Pour les années suivantes je me propose, au moyen de missions hivernales, d'étudier plus précisément les problèmes ayant trait à la nourriture, à la croissance et à la reproduction de cette espèce qui se révèle originale et intéressante à plus d'un titre.

## 12. STRUCTURE ET HISTORIQUE DES DIFFERENTS BIOCONCRETIONNEMENTS

par J. LABOREL

### 12.1. Trottoirs fossiles à *Lithophyllum lichenoides*

Les conditions météorologiques prévalant pendant la période de 2 au 20 Août ont été défavorables à la fois au travail littoral en mode battu et aux plongées (vagues et courants forts); en conséquence, aucune observation concernant les trottoirs fossiles n'a pu être ajoutée à celles de la mission précédente. Les plongées que nous avons pu effectuer, surtout à partir du 15 Août, ont montré que la roche, entre la surface et une vingtaine de mètres, profondeur à laquelle les concrétionnements de type coralligène commencent à s'établir, ne présente, dans les endroits visités, aucun vestige attribuable au *L. lichenoides*. Cette absence peut être interprétée de plusieurs façons :

(i) Tout d'abord, le mode extrêmement battu prévalant dans les stations visitées peut être tenu pour responsable d'une abrasion physique assez forte pour éliminer les vestiges de trottoir immergés : en effet, sous une couverture algale rase, la roche apparaît souvent avec un relief adouci, notamment dans les fissures et les fentes rocheuses.

(ii) La remontée du niveau marin au cours des millénaires précédant les dates les plus anciennes obtenues lors de notre

étude de 1983 (3800 ans BP) peut avoir été suffisamment rapide pour empêcher la constitution de véritables trottoirs fossilisables mais ne permettre que l'édification de simples placages aisément détruits par la montée du niveau.

Dans ces conditions, nous pensons, à l'occasion d'autres programmes, continuer à observer systématiquement la roche littorale entre 2 et 25 mètres dans l'espoir de trouver des vestiges qui ne doivent être, dans le meilleur des cas, que petits et clairsemés.

Cependant, il n'est pas impossible que d'autres vestiges, plus profonds, soient actuellement recouverts et protégés par des concrétionnements de type "coralligène", notamment entre -25 et -50 mètres de profondeur, ceux-ci ne pourraient être mis en évidence que par le moyen de sections ou coupes dans les concrétionnements algaux.

J'envisage, pour les années à venir, une étude de ce type qui serait la première à l'échelle de la Méditerranée mais qui, en raison des dangers d'un travail physique fatigant en profondeur, nécessiterait l'utilisation d'un outillage adapté, analogue à l'outillage de plongée professionnelle utilisé notamment par la COMEX.

## 12.2. Bioconcrétionnement algal "coralligène"

Quatre plongées ont été spécialement consacrées à une reconnaissance des problèmes posés par le développement des formations coralligènes; à cet effet, une station type a été choisie sur le flanc méridional de la Baie d'Elbu, à quelques centaines de mètres de Punta Palazzu : un profil a été établi entre 20 et 42 mètres de profondeur, profil qu'il sera très facile de revisiter régulièrement; ce profil a fait l'objet d'un schéma préliminaire et d'une coupe photographique complète en noir et blanc et en couleur.

A cette occasion, des bourrelets entièrement bioconstruits et déterminant des surplombs profonds de plus de deux mètres ont été mesurés. La partie supérieure, éclairée, de ces bourrelets, est active, c'est à dire que sous une strate supérieure généralement à base d'algues non concrétionnantes (Halimeda tuna de 20 à 35 mètres, Peyssonnelia diverses au dessous) on observe une strate concrétionnante à Corallinacées encroûtantes couvrant plus de la moitié de la surface. De même, une partie assez importante des parois ombragées possède un recouvrement végétal concrétionnant, mêlé à la faune des grottes sous marines à Leptopsammia pruvoti et Corallium rubrum.

Au delà de 40 mètres de profondeur, nous avons suivi le tombant concrétionné jusqu'à la profondeur de 62 mètres (à proximité du petit îlot de Palazzu) : les concrétionnements sont encore très actifs à ces profondeurs, mais les bourrelets tendent généralement à s'épaissir, les surplombs qui les séparent tendant à diminuer. L'épaisseur construite est alors particulièrement difficile à évaluer.

A partir de cette première reconnaissance et des comparaisons que j'effectuerai au cours de l'hiver 1984-85 dans la région Marseillaise et à Port Cros, j'ai l'intention de proposer un programme d'étude sur le développement et l'historique des bioconcrétionnements coralligènes pour les années à venir, car ceux ci sont des formations typiquement méditerranéennes encore assez mal connues malgré des études étalées sur près de trente ans.

L'hypothèse que la vitalité de ces concrétionnements serait nettement plus forte sur les côtes corses que sur celles des Bouches du Rhône et du Var doit être vérifiée et une explication proposée.

### 13. OBSERVATIONS DIVERSES CONCERNANT LA FAUNE ET LA FLORE.

par C.F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY de GRISSAC

Tortues : Entre Caletta et i scuglietti (Golfe de Galeria), une tortue marine a été longuement observée, nageant en surface; elle était accompagnée par deux poissons-pilotes gris-bleus (Naucrates ductor); elle s'est laissée capturer sans difficulté, en apnée, et a pu être observée brièvement à bord du zodiac (Fig. 21) :

- 5 plaques vertébrales munies d'une crête,
- 5 plaques costales,
- 13 plaques latérales (sans compter la plaque caudale ni la nucale),
- une plaque frontale en forme de double hexagone accolés.
- la carapace mesurait environ 25 cm de longueur.

La présence d'une crête sur les plaques vertébrales est caractéristique des jeunes de Caretta caretta, espèce commune en Méditerranée, mais aussi de Lepidochelis kempii, espèce des Antilles parfois signalée sur les côtes d'Europe (mais pas de façon certaine en Méditerranée). La disposition et le nombre des plaques dorsales sont proches ou identiques chez les deux espèces; les principaux caractères distinctifs se situent au niveau des plaques ventrales, que nous n'avons pas observées; la forme de la plaque frontale, en double hexagone, nous fait toutefois opter pour un jeune individu de Caretta caretta.

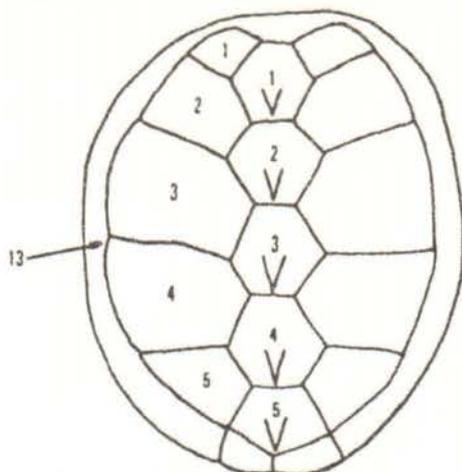


Fig. 21 : Schéma sommaire de la carapace du jeune individu de Caretta caretta observé en mer.

Poissons : Xyrichtys novacula (Rason) pêché devant l'embouchure du Fangu.

Echinodermes : Echinocyamus pusillus vivant dans la matte de l'herbier à Posidonia oceanica, -16 m, Marina d'Elbu. Psammochinus microtuberculatus dans l'herbier à P. oceanica, -12 m, Galeria.

Mollusques : Deux spécimens du grand bivalve Pinna nobilis ont été mesurés :

- Hauteur 66 cm, largeur 24 cm.
- Hauteur 72 cm, largeur 25 cm.

Algues : Hildenbrandtia occidentalis : une croûte épaisse et fertile dans un biotope sciaphile très battu (sous un encorbèlement à Lithophyllum tortuosum), 50 cm sous le zéro biologique, pente 45°, face Nord du Palazzu. H. occidentalis est une espèce nouvelle pour la Méditerranée : sa station connue la plus proche est le Portugal.

Spatoglossum solieri et Phyllaria reniformis à Sulana, dans le coralligène, vers 44 m de profondeur.

#### 14. INFORMATION DU PUBLIC

François AQUILI a présenté, dans la cour de l'école de Galeria, des diapositives sur le thème : la Randonnée en Montagne Corse. Cette projection a été suivie par la présentation (Alexandre MEINESZ) d'environ 200 diapositives sur la flore et la faune marines de Méditerranée. Comme en juillet 1983

(mission SCANDOLA XXV), ces projections ont connu un grand succès : 207 personnes ont été dénombrées.

De même, deux projections d'une centaine de diapositives ont été réalisées par J. LABOREL, à l'initiative de François AQUILI, à l'Hotel Balagne à Calvi, devant les estivants de l'association Tourisme et Travail.

## 15. RESUME ET CONCLUSIONS GENERALES

Une grande partie des résultats exposés dans les pages qui précèdent sont tout à fait nouveaux, et constituent des découvertes essentielles, tant sur le plan de la connaissance théorique des milieux littoraux de Méditerranée que sur le plan de leurs applications concrètes à la gestion de ces milieux.

(i) Le ralentissement de la croissance des rhizomes orthotropes de Posidonia oceanica, au fur et à mesure que s'accroît leur longueur, semble un phénomène général, quelque soit le type d'herbier; il y a là peut-être un élément fondamental du processus d'édification des mattes et de la genèse des intermattes.

(ii) Une coilline de Posidonies, de 2 à 3 m de diamètre et de près de 60 cm de hauteur, apparaît vivante dans toute sa masse, correspondant à un individu unique, et âgée de 44 ans. Une telle longévité, pour un rhizome de P. oceanica, n'était guère soupçonnée.

(iii) Dans l'herbier à P. oceanica, la biomasse totale peut dépasser 6 kg au m<sup>2</sup> (en poids sec), ce qui est considérable. La biomasse souterraine (rhizomes et leurs écailles, racines) l'emporte très largement sur la biomasse épigée.

(iv) La méthode lépidochronologique, qui permet de dater de façon très précise des tronçons de rhizomes dans l'épaisseur des mattes, a permis de retrouver, piégée au niveau des écailles principalement, de fortes teneurs en Cesium radioactif, correspondant aux retombées atmosphériques des expériences nucléaires du début des années '60; le Cesium était resté exactement dans les écailles d'âge correspondant. Ce résultat ouvre des perspectives considérables, dans la mesure où il est à prévoir que d'autres éléments chimiques (métaux lourds, pesticides) sont piégés de la même façon, et où les rhizomes de P. oceanica constituent dès lors un puissant outil de travail, un indicateur biologique non seulement des teneurs actuelles, mais aussi des teneurs fossiles. On sait que, le plus souvent, il est très problématique d'interpréter des résultats actuels en l'absence de référence ancienne.

(v) Le résultat précédant, joint à la découverte de profondes modifications chimiques (teneur en cendres, taux d'azote) lors du vieillissement des rhizomes de P. oceanica, conduit à rejeter (car basées sur un échantillonnage fortement biaisé) toutes les mesures antérieures des taux de polluants dans les rhizomes de cette plante.

(vi) L'étude du carré permanent de la marina d'Elbu, poursuivie sur près de 10 ans, débouche sur la compréhension du mécanisme de fonctionnement de l'herbier à P. oceanica du type "herbier de colline" : des collines naissent, croissent en hauteur et en largeur, s'érodent par le haut, puis sont plus ou moins complètement détruites par l'hydrodynamisme. Au total, il y a équilibre dynamique entre les différents compartiments (sable, herbier vivant, matte morte), certaines collines se construisant pendant que d'autres se détruisent, et la présence d'un certain pourcentage de matte morte apparaît clairement comme un phénomène normal, sans relation avec une quelconque régression.

(vii) Le suivi du balisage profond (vers - 36 m) de l'herbier à P. oceanica, dans la baie d'Elbu, montre que la limite inférieure de l'herbier est stable dans ses grandes lignes, malgré une régression très localisée au niveau d'une des 13 balises.

(viii) La présence de boutures de P. oceanica, en assez grand nombre dans le coralligène, au delà de 40 m de profondeur, et la démonstration que ces boutures y ont survécu, pour certaines, pendant au moins 10 ans, sans toutefois donner naissance à des touffes d'herbier, montre bien que la limite actuelle de l'herbier est le résultat d'un équilibre entre les possibilités de la plante qui, sur des périodes de quelques années, peut vivre nettement au dessous de 36-38 m, et des périodes défavorables, peut-être brèves, au cours desquelles ces boutures sont tuées. Ces résultats s'inscrivent en faux contre la théorie de HARTOG (1970), qui considère que la limite actuelle en profondeur de l'herbier n'est pas encore stabilisée (depuis la dernière transgression), et qu'elle remonterait lentement au profit du Coralligène.

(ix) La lépidochronologie a permis de retrouver, et de dater, toute une série de floraisons anciennes de P. oceanica non encore signalées dans la littérature.

(x) L'étude de Patella ferruginea, patelle "géante" disparue des côtes continentales, montre que l'espèce est aujourd'hui menacée en Corse; le ramassage par l'homme semble devoir être incriminé; le comportement des jeunes, qui sont souvent portés sur la coquille des adultes (eux mêmes ramassés en priorité par l'homme), contribue à vulnérabiliser l'espèce.

(xi) Des bioconcrétionnements puissants et très actifs existent à la base de l'étage infralittoral et vers le haut du circalittoral; ces bioconcrétionnements restent très mal connus, alors même qu'il s'agit d'un type de paysage sous-marin spectaculaire, extrêmement attractif pour la faune ... et les plongeurs sous-marins, mais menacés ou dégradés dans une grande partie de la Méditerranée.

(xii) Après la découverte de "trottoirs" fossiles à L. lichenoides entre le niveau actuel et 1.5 m de profondeur (en 1983), il était intéressant d'en rechercher des vestiges plus profonds; cette recherche s'est avérée infructueuse, et diverses hypothèses sont formulées pour l'expliquer.

## BIBLIOGRAPHIE CITEE

- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1978. Recherches sur la pollution mercurielle dans le Golfe de Fos (Méditerranée, France) : Degré de contamination par le mercure des phanérogames marines *Posidonia oceanica* Delile, *Zostera noltii* Horneman et *Zostera marina* (L.). Rev. intl. Océanogr. médic., Fr., 51-52 : 55-69.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1979. Recherches sur la pollution mercurielle en rade d'Hyères et dans l'archipel des Stoechades (Méditerranée, France). 5.- Degré de contamination par le mercure des organismes benthiques des gorges du Loup, au voisinage du rejet en mer des eaux de la station d'épuration de l'île de Porquerolles. Trav. sci. Parc natl. Port-Cros, Fr., 5 : 125-140.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1984. L'herbier de *Posidonia oceanica* et la pollution par le mercure sur le littoral des Bouches-du-Rhône et du Var (France). Intl. Workshop *Posidonia oceanica* Beds, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. and Olivier J. ed., Gis Posidonie publ., Fr., 1 : 399-406.
- BLANC J.J., 1958. Recherches de sédimentologie littorale et sous-marine en Provence occidentale. Thèse Doct. Etat, Fac. Sci. Univ. Paris, Masson édit., Fr. : 1-140.
- BLANC J.J., 1974. Phénomènes d'érosions sous-marines à la presqu'île de Giens (Var). C.R. Acad. Sci., Fr., 278 : 1821-1823.
- BLANPIED C., BUROLLET P.F., CLAIREFOND P., SHIMI M.D., 1979. La mer pélagienne. III. Sédiments actuels et holocènes. Ann. Univ. Provence, Fr., 6 (1) : 61-82.
- BOUDOURESQUE C.F., CROUZET A., PERGENT G., 1983. Un nouvel outil au service de l'étude des herbiers à *Posidonia oceanica* : la lépidochronologie. Rapp. Proc. verb. Réun. Commiss. intl Explor. sci. Médit., Monaco, 28 (3) : 111-112.
- BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A., 1983. L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée : les interactions entre la plante et le sédiment. J. Rech. océanogr., Fr., 8 (2-3) : 99-122.
- BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A., MEINESZ A., 1984. Relations entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse). Intl. Workshop *Posidonia oceanica* Beds, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. and Olivier J. ed., Gis Posidonie publ., Fr., 1 : 185-191.
- BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., 1982. Découverte de l'herbier de posidonie. Cah. Parc nation. Port-Cros, Fr., 4 : 1-80.
- BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., PANAYOTIDIS P., 1981. Mise en place d'un carré permanent dans un herbier de Posidonies. Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit., Monaco, 27 (9) : 245-246.
- BOUDOURESQUE C.F., THOMMERET J., THOMMERET Y., 1980. Sur la découverte d'un bioconcrétionnement fossile intercalé dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la baie de Calvi (Corse). Journées Etud. Systém. Biogéogr. médit., Cagliari, CIESM édit., Monaco : 139-142.
- CAYE G., 1980. Analyse du polymorphisme caulinaire chez *Posidonia oceanica* (L.) Del. Bull. Soc. bot. Fr., 127 (3) : 257-262.
- CHABERT D., VICENTE N., HUANG W., 1983. La pollution par les métaux lourds dans les rades du Parc National de Port-Cros. II. Contrôle pluriannuel. Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, Fr., 9 : 17-34.
- CHABERT D., VICENTE N., HUANG W., 1984. Pollution par les composés organochlorés dans les rades du Parc National marin de Port-Cros. II. - Contrôle pluriannuel. Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, Fr., 10 : 51-67.

- CLAIREFOND P., JEUDY DE GRISSAC A., 1979. Description et analyse des structures sédimentaires en milieu marin : recensement de quelques exemples dans l'herbier de Posidonies autour de l'île de Port-Cros (Parc National). Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, Fr., 5 : 79-104.
- CROUZET A., 1981. Mise en évidence de variations cycliques dans les écailles des rhizomes de Posidonia oceanica (Potamogetonaceae). Trav. sci. Parc natn Port-Cros, Fr., 7 : 129-135.
- CROUZET A., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., PERGENT G., 1983. Evidence of the annual character of cyclic changes of Posidonia oceanica scale thickness (erect rhizomes). Rapp. P.V. Réun. Commiss. intl Explor. sci. Médit., Monaco, 28 (3) : 113-114.
- FRANCOUR P., 1984. Biomasse de l'herbier à Posidonia oceanica : données préliminaires pour les compartiments matte, échinodermes et poissons. Mém. Dipl. Et. approf., Univ. Pierre et Marie Curie, Fr. : 1-72.
- GIRAUD G., 1977. Essai de classement des herbiers de Posidonia oceanica (Linné) Delile. Botanica marina, Germ., 20 : 487-491.
- HARTOG C. den, 1970. The seagrasses of the world. North Holland publishing company, Amsterdam, 275 pp + 31 plates.
- LIBES M., 1984. Production primaire d'un herbier à Posidonia oceanica mesurée in situ par la méthode du carbone 14. Thèse Doct. 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-199.
- MOLINIER R., 1960. Etude des biocénoses marines du Cap Corse. Vegetatio, Netherl., 9 (3-5) : 121-192, 217-312, 1 fig. + 2 cartes h.t.
- MOLINIER R., PICARD J., 1951. Biologie des herbiers de Zostéracées des côtes françaises de la Méditerranée. C. R. Acad. Sci., Fr., 233 : 1212-1214.
- MOLINIER R., PICARD J., 1952. Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. Ann. Inst. océanogr., Fr., 27 (3) : 157-234.
- MOLINIER R., PICARD J., 1953. Notes biologiques à propos d'un voyage d'études sur les côtes de Sicile. Ann. Inst. océanogr., N.S., Fr., 28 (4) : 163-187, pl. 1-4.
- MOSSE R.A., 1984. Recherches lépidochronologiques sur Posidonia oceanica : rhizomes plagiotropes et orthotropes des herbiers profonds de Port-Cros (Méditerranée, France). Trav. sci. Parc natn Port-Cros, Fr., 10 : 87-107.
- PANAYOTIDIS P., GIRAUD G., 1981. Sur un cycle de renouvellement des feuilles de Posidonia oceanica (Linnaeus) Delile dans le golfe de Marseille. Vie Milieu, Fr., 31 (2) : 129-136.
- PERES J.M., PICARD J., 1975. Causes de la raréfaction et de la disparition des herbiers de Posidonia oceanica sur les côtes françaises de la Méditerranée. Aquat. Bot., Netherl., 1 (2) : 133-139.
- PERGENT G., BOUDOURESQUE C.F., CROUZET A., 1983. Variations cycliques dans les écailles des rhizomes orthotropes de Posidonia oceanica. Trav. sci. Parc natn Port-Cros, Fr., 9 : 107-148.
- PIRC H., 1983. Belowground biomass of Posidonia oceanica (L.) Delile and its importance to the growth dynamics. Intl. Symp. aquat. Macrophytes, Nijmegen, Netherl. : 177-181.
- THELIN I., BOUDOURESQUE C.F., 1983. Longévitité des feuilles de Posidonia oceanica dans un herbier superficiel de la baie de Port-Cros (Var, France). Rapp. P.V. Réun. Commiss. intl. Explor. sci. Médit., Monaco, 28 (3) : 115-116.
- VICENTE N., CHABERT D., 1981a. La pollution par les métaux lourds dans les rades du Parc National de Port-Cros. I. Etude préliminaire. Trav. sci. Parc natl. Port-Cros, Fr., 7 : 25-34.

VICENTE N., CHABERT D., 1981b. La pollution par les composés organochlorés dans les rades du Parc National marin de Port-Cros. I. Etude préliminaire. Trav. sci. Parc natl. Port-Cros, Fr., 7 : 35-44.

## TABLE DES MATIERES

Participants .....	2
Collaborations techniques.....	2
Dates .....	2
1. Chronologie de l'édification d'une colline de Posidonies...	3
1.1. L'herbier de collines.....	3
1.2. Méthodes .....	6
1.3. Résultats et discussion .....	10
2. Longévité des rhizomes de <i>Posidonia oceanica</i> .....	12
3. Biomasse dans l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> .....	14
4. Evolution chimique des rhizomes de <i>Posidonia oceanica</i> en fonction de leur âge.....	15
4.1. Introduction .....	15
4.2. Matériel et méthodes .....	16
4.3. Poids des tronçons de rhizomes .....	17
4.4. Rapport C/N .....	19
5. Mémorisation des expériences nucléaires des années '60 par les rhizomes de <i>Posidonia oceanica</i> .....	19
5.1. Introduction .....	19
5.2. Mesure de la radioactivité .....	21
5.3. Teneur en Cesium .....	21
5.4. Conclusions .....	23
6. Cartographie du carré permanent de la Marina d'Elbu.....	24
5.1. Problématique.....	24
5.2. Méthodes.....	25
5.3. Résultats.....	27
7. Suivi du balisage de la limite inférieure de l'herbier de Posidonies dans la baie d'Elbu.....	33
8. Posidonies profondes dans le coralligène de Sulana.....	36
9. Transect dans l'herbier de Posidonies de la baie d'Elbu....	39
10. Données sur des floraisons anciennes de <i>Posidonia oceanica</i> .....	39
11. Biologie et répartition de <i>Patella ferruginea</i> .....	41
11.1. Introduction .....	41
11.2. Matériel et méthodes .....	42
11.3. Habitat .....	43
11.4. Densité des populations et distribution spatiale ..	45
11.5. Répartition en fonction des facteurs humains .....	46
11.6. Comportement .....	46
11.7. Conclusions .....	47
12. Structure et historique des différents bioconcrétionnements.....	48
12.1. Trottoirs fossiles à <i>Lithophyllum lichenoides</i> .....	48
12.2. Bioconcrétionnement algal coralligène .....	49
13. Observations diverses concernant la faune et la flore....	50
14. Information du public.....	51
15. Résumé et conclusions générales.....	52
Biibliographie citée.....	55

