

**LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE VEGETALE**

**Faculté des Sciences . U.B.O.**

**MESURE DE LA CROISSANCE DU MAERL  
EN RADE DE BREST**

**U.B.O - IFREMER**

**CONTRAT N° 88.2.41.0167**

**DERO/GM**

**RAPPORT SCIENTIFIQUE FINAL**

**Responsable scientifique: Jean-Yves FLOC'H**

**Philippe POTIN JUIN 1989**

IFREMER-DERO/EL



0EL03260

# SOMMAIRE

INTRODUCTION	page 1
MATERIEL ET METHODES	p. 1
Cartographie du site de culture en mer	p. 2
Tableau I des sorties en mer au cours de l'étude	p. 7
RESULTATS	p. 8
Tableau 2 des mesures enregistrées par pesées hydrostatiques	p.10
Tableau III des taux de croissance calculés	p. 11
CONCLUSIONS	p. 14
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	p. 15
ANNEXE I	p. 16

## INTRODUCTION

Sur les côtes de Bretagne, les bancs de maërl sont constitués par des algues rouges calcaires arbusculaires de la famille des Corallinacées (Rhodophycées, Corallinales). Les Corallinacées sont considérées comme étant des algues à croissance lente et à longévité importante. Cependant peu de données sont acquises sur leurs taux d'accroissement (Edyvean, 1987).

Les bancs formés par les accumulations des espèces *Lithothamnion calcareum* et *Lithothamnion corallioides* représentent une importance économique non négligeable en Bretagne, mais l'exploitation annuelle de près de 480.000 tonnes s'effectue sans aucune information sur le renouvellement de la ressource. Une seule étude a permis d'évaluer le taux d'accroissement cellulaire des deux espèces constitutives du maërl (Adey et Mc Kibbin, 1970). Celui-ci est estimé à 1 mm par an en longueur. Cette donnée ne permet cependant pas d'évaluer la fixation de calcite sur un banc car il est très difficile de l'utiliser pour calculer l'accroissement de volume d'un arbuscule au cours de la croissance.

Certaines techniques, récemment utilisées pour l'étude de la croissance des Corallinacées en milieu récifal permettent d'évaluer cette fixation. Deux de ces méthodes sont appliquées dans cette étude de la croissance du maërl en rade de Brest. La première consiste en un suivi de l'accroissement pondéral en calcite par une technique dérivée du "Buoyant Weight Technique" (Jokiel et al., 1978). La seconde est une technique de marquage coloré mesurant l'accroissement cellulaire.

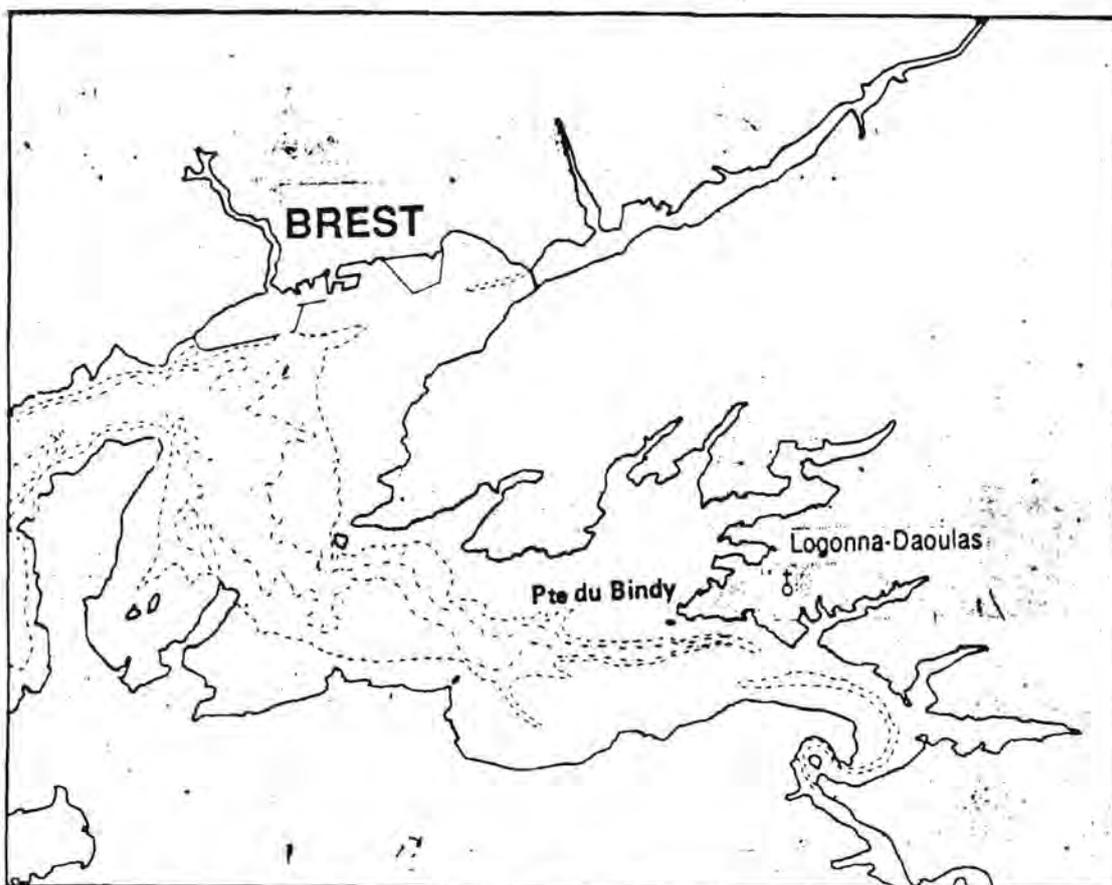
Dans le cadre de l'étude entreprise par l'IFREMER pour inventorier les réserves exploitables d'amendements calcaires marins, les données biologiques ainsi acquises devraient contribuer à la définition d'une gestion de la ressource.

## MATERIEL ET METHODES.

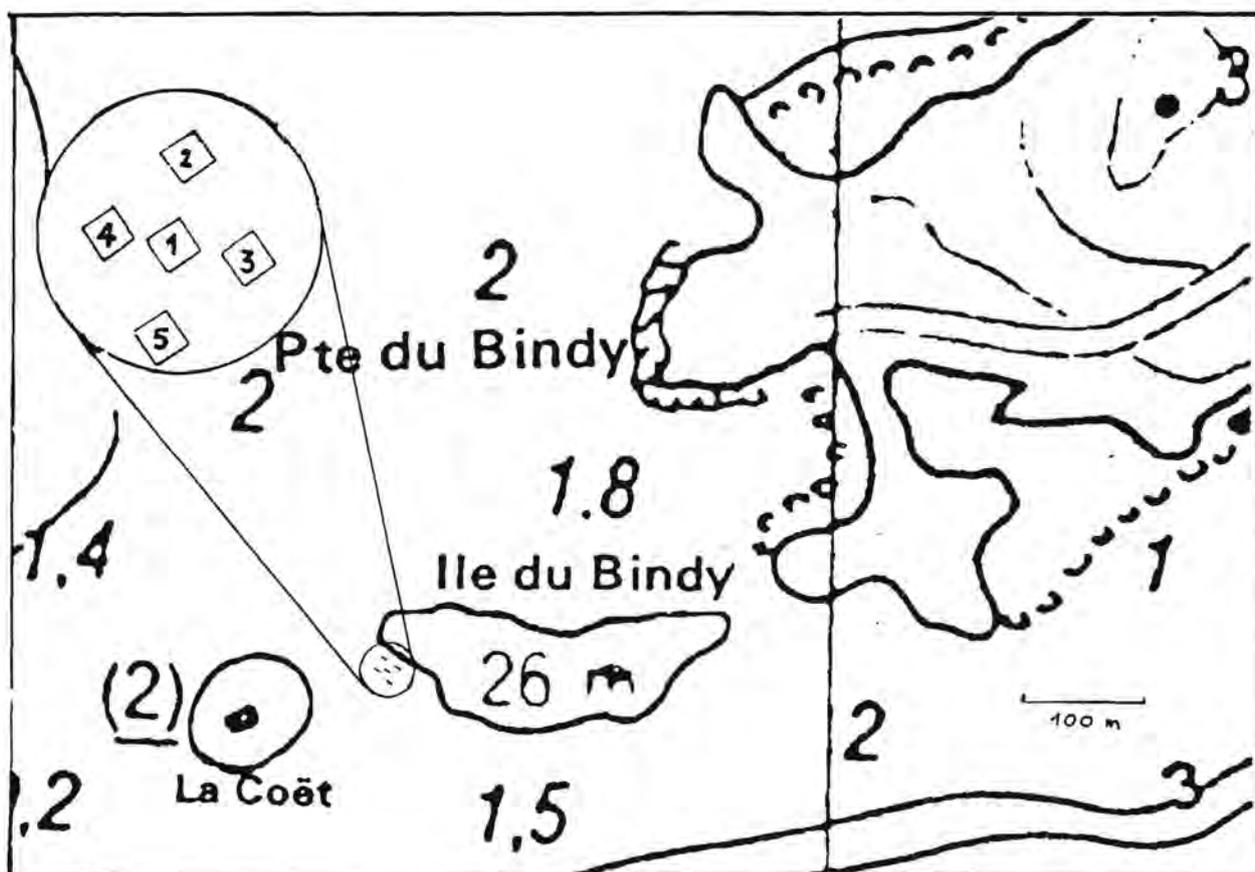
Les méthodes de mesure de la croissance étant non destructives, il est essentiel de maintenir le matériel étudié en quantité contrôlée et dans des conditions de vie optimales.

### **Site de culture en mer:**

Le site choisi pour l'installation de cultures en mer est un banc de maërl composé de l'espèce *Lithothamnion corallioides* Crouan, accessible lors des basses mers des marées de vive eau moyenne (coeff. 90), à l'extrême pointe de la Grande Ile du Bendy en



A.



B.

Figure 1: A. Localisation du site d'étude dans la rade de Brest.  
 B. Carte de détail du site indiquant la position des dispositifs de culture.

Logonna-Daoulas (voir la carte de la figure 1). Le matériel est placé à un niveau voisin du zéro des cartes marines pour être atteint en plongée libre.

#### Dispositif de culture *in situ*:

Initialement des paniers en grillage plastique (maille 5 et 2 mm) ont été conçus aux dimensions suivantes: 0,50x0,50x0,20 m. Un système d'arrimage a été mis au point afin de les maintenir sur le fond (cf schéma de la figure 2), une plaque de tôle de 25 kg légèrement enfoncée dans le sédiment assurant le lestage. Facilement amovibles, ils peuvent contenir une épaisseur de maërl d'environ 2 cm représentant une biomasse fraîche de 2 kg. La pesée du contenu fractionné ou entier s'est révélée impossible compte tenu des contraintes de manipulations sur le terrain. Aussi des plus petits paniers ont été réalisés (0,20x0,10x0,15 m), contenant entre 200 et 300 g de matière fraîche, et arrimés dans les grands bacs (cf photo de la figure 3). Quatre petits bacs numérotés de 1 à 4 sur la carte de la figure 1 ont fait l'objet d'un suivi.

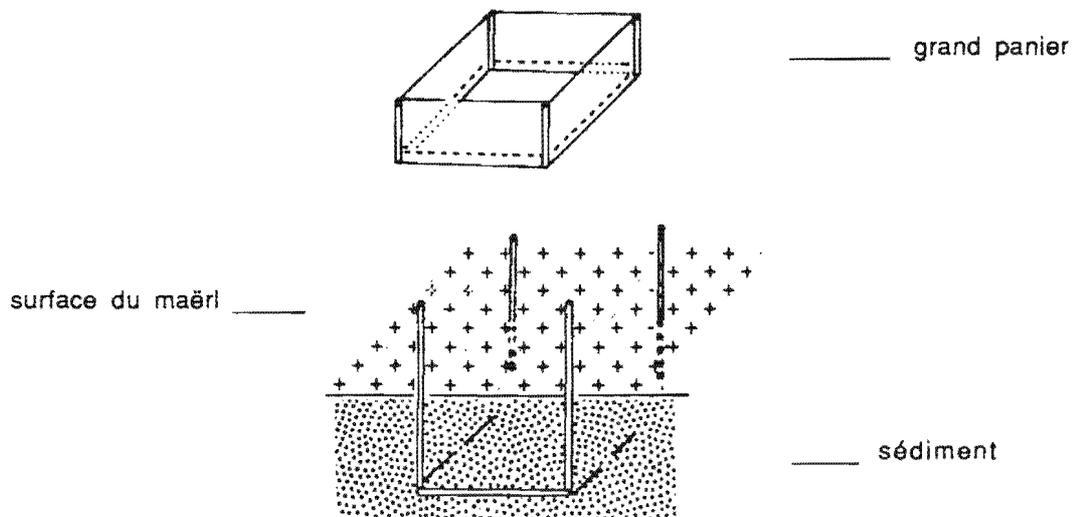


Figure 2 : Schéma représentant le système de fixation des grands paniers sur le fond.

#### Cultures au laboratoire:

Des quantités déterminées de différentes espèces constitutives du maërl ont été maintenues au laboratoire durant la durée de l'étude dans un bac de 5 L d'eau de mer enrichie Grund (Von Stosch, 1969). Les conditions de cultures étaient les suivantes:

Température:	15 °C
Intensité de la lumière (Cool-White):	10 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
Photopériode jour-nuit:	12 -12
Renouvellement du milieu:	tous les 15 jours

Elles ont été menées pour tenter de reproduire les mesures de terrain.



Figure 3: L'arrimage du petit bac de culture blanc est bien représenté sur cette photographie.

#### **Etude de la croissance par marquage au rouge d'alizarine:**

Cette technique couramment utilisée en histologie osseuse, a été adaptée à l'étude de la croissance des Coraux (Lamberts, 1978), puis utilisée sur des Corallinacées et des Chlorophycées calcifiées (*Corallina*: Andrade et Johansen, 1980; *Porolithon*, *Halimeda*: Payri, 1987).

Le colorant utilisé est le rouge d'alizarine S (alizarine sulfonate de sodium), fourni par PROLABO®, qui est spécifique du  $\text{CaCO}_3$  et demeure dans les tissus pendant une longue période.

Le principe de la mise en évidence de l'accroissement cellulaire est le suivant: au temps zéro, après le séjour durant 24 ou 36 h dans un aquarium de 25 L bien aéré contenant une concentration de rouge d'alizarine de  $0,25 \text{ g.l}^{-1}$ , les parois calcifiées des cellules de surface sont colorées en rouge. Les cellules qui se formeront par la suite ne seront pas marquées, la zone de croissance sera ainsi révélée par la différence de coloration.

Les arbuscules marqués sont ensuite remis en culture sur le terrain dans un grand panier de 0,25 m<sup>2</sup>. Il en est prélevé un échantillon à chaque visite mensuelle ou bimestrielle du site, afin de l'étudier au laboratoire. Après séchage des arbuscules (étuve à 60 °C, 7 jours), des lames minces ont été effectuées dans les thalles à l'atelier du Département de Géologie de la Faculté des Sciences de Brest. L'interprétation des lames a été réalisée à l'aide d'un microscope optique Zeiss muni d'un micromètre oculaire.

#### **Etude de la fixation annuelle de calcite:**

La technique utilisée a été mise au point pour étudier la croissance des Coraux et adaptée aux algues du genre *Porolithon* (Payri, 1987). Cette méthode de pesée mesure le poids d'une charge placée dans l'eau et applique donc le principe d'Archimède. Seuls les éléments d'une densité supérieure à celle de l'eau présente un poids apparent. Dans cette étude, un panier de maërl est pesé dans l'eau de mer, la matière organique de l'algue et des épibioses n'est pas prise en compte, seule la masse de la calcite est mesurée (densité= 2,71 g.cm<sup>-3</sup>).

Afin d'appliquer cette technique sur le terrain, il a été nécessaire d'adapter une balance de type trébuchet PROLABO® d'une portée de 200 grammes (précision +/- 1 mg). Un des plateaux en est ôté, la balance n'est plus équilibrée à vide, il faut tenir compte d'une tare supplémentaire lors de la mesure (cf photos de la figure 4).

Une relation entre le poids mesuré dans l'eau et le poids sec de calcite est établie en connaissant la densité de la calcite et celle de l'eau de mer au moment de la mesure. Compte tenu de la précision des mesures sur le terrain (+/- 0,5 g), il ne s'est pas avéré nécessaire de déterminer la densité de l'eau de mer lors de chaque pesée. Les variations de la salinité et de la température n'atteignent pas une amplitude suffisante pour apporter un biais. Les calculs ont donc été effectués pour une densité de l'eau de mer de 1,03 (pour plus de précisions voir l'annexe I).

Des pesées mensuelles ont été effectuées de mai à septembre, ensuite les visites sont devenues bimestrielles en automne-hiver (cf tableau I des sorties en mer).



A.



B.

Figure 4: A. Vue d'ensemble du système de pesée, la balance trébuchet se trouve dans la caisse de bois qui repose sur le réservoir d'eau de mer. Le plateau gauche a été remplacé par un fil de nylon monofilament qui plonge dans l'eau pour supporter la charge.

B. Le panier vert en cours de pesée se devine dans le réservoir d'eau.

TABLEAU I: SORTIES EN MER AU COURS DE L'ETUDE.

DATE	OBJET	OBSERVATIONS
22/01/88	Reconnaissance du site des cultures en mer	Coup de vent de N.O clapot assez fort
18/02/88 et 19/02/88	Installation des supports des cultures en mer	Temps calme mais couvert
19/03/88	Installation des grands paniers pesées impossibles	Vent fort d'Ouest clapot et pluie
17 et 18/04/88	Mise en place du maërl coloré dans le bac n° 5	Temps couvert
13/05/88	Mise en place des petits paniers Pesées au temps zéro. Récolte de maërl coloré	Beau temps Mer calme
01/07/88	Pesées de 2 bacs sur 4	Vent fort de N.O, clapot violent, forte turbidité
16/07/88	Pesées de 3 bacs sur 4 Récolte de maërl coloré	Temps calme, bonne visibilité dans l'eau
31/07/88	Pesées des 4 bacs Récolte de maërl coloré	Temps couvert
29/08/88	Pesées des 4 bacs Récolte de maërl coloré	Mer calme
26/09/88	Pesées des 4 bacs Récolte de maërl coloré	Beau temps mer calme
24/10/88	Pesées des 4 bacs Récolte de maërl coloré	Mer calme
24/12/88	Pesées des 4 bacs Récolte de maërl coloré	Temps couvert mer calme
11/02/89	Pesées des 4 bacs Récolte de maërl coloré	Temps couvert mer calme
06/05/89	Pesées des 4 bacs Récolte de maërl coloré	Beau temps mer calme

## RESULTATS

### Tenue des installations en mer:

Dans toute expérience de terrain, la perte de matériel est le risque majeur. Dans ces expérimentations, elle signifie l'échec total et la nécessité de reconduire l'expérience. En dix mois de présence sur le terrain, les installations décrites auparavant n'ont pas souffert des conditions de mer parfois difficiles dans cette partie de la rade de Brest. Les indications biologiques observées lors des visites du site ont permis d'attester du bon état physiologique du maërl en culture. Ainsi les épiphytes étaient aussi abondants dans les paniers, que sur le maërl environnant, y compris celui préalablement coloré au laboratoire. La figure 5 illustre l'importance de l'épiflore, parmi laquelle il a été noté la dominance de *Solieria chordalis*, *Stenogramme interrupta*, *Dictyota dichotoma*... Les bacs pourraient créer des conditions d'abri et offrent de nouveaux supports à l'épiflore.

C'est entre février et mai 1989, qu'il s'est produit un bouleversement dans les cultures. D'une part le bac n°2 a disparu, une ligne de traîne a été retrouvée accrochée au grand panier. D'autre part, les bacs n° 1 et 3 ont été remplis d'une dizaine de kilogrammes de maërl supplémentaire. Accident ou malveillance, ce bouleversement entraîne une coupure dans le suivi saisonnier de la croissance.

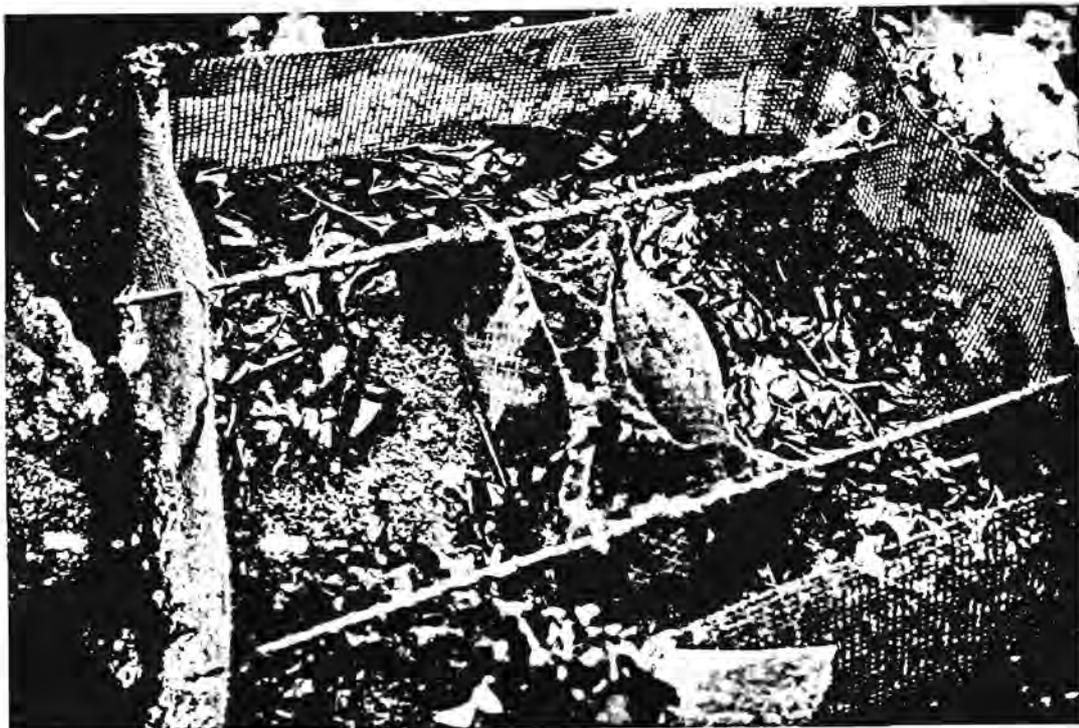


Figure 5: Photographie d'un panier de culture prise en juillet 1988 montrant l'abondance de l'épiflore sur le maërl en culture.

### **Cultures en laboratoire:**

Ces cultures ont échoué. Un accroissement a été noté durant les premières mesures, mais celui-ci était très faible par rapport aux résultats obtenus in situ ( $+0,02\%$   $\text{CaCO}_3 \cdot \text{j}^{-1}$ ). Dans un bac, il a été constaté un amaigrissement du maërl ( $-0,06\%$   $\text{CaCO}_3 \cdot \text{j}^{-1}$ ). Durant les mois d'été, les arbuscules ont blanchi malgré le maintien des conditions initiales. A ce jour, les seules cultures de maërl réussies ont été menées en eau de mer courante (Adey et Mc Kibbin, 1970). La culture des Corallinacées reste très difficile au laboratoire (J. Cabioch, com. pers.) et ne peut être menée à long terme (Andrake et Johansen, 1980). Les équilibres du  $\text{CO}_2$  dans l'eau doivent être de première importance dans les conditions de culture.

### **Accroissement pondéral en calcite:**

Malgré des conditions atmosphériques parfois très défavorables, il a toujours été possible de recueillir des mesures sur le terrain. Celles-ci sont répertoriées dans le tableau II. L'accroissement pondéral des 4 paniers de culture de mai 1988 à février 1989 est représenté sur la figure 6. Ce graphique met en évidence des courbes de croissance différentes, en période estivale, elles sont attribuables à leur hétérogénéité. Lorsque le taux d'accroissement diminue, les différences s'atténuent. Les pertes constatées dans le bac n°2 en août 1988 sont nettement observables sur la courbe correspondante.

### **Essai de marquage coloré:**

Il n'a pas été possible d'interpréter valablement les lames minces réalisées. La matière organique morte est très abondante dans ces échantillons non fixés. Ceci associé au fait que les arbuscules sont de diamètre restreint, ne permet pas d'obtenir une image nette au microscope. La technique semble difficile à adapter à ce type de matériel.

### **Taux de croissance calculés:**

Les taux de croissance calculés à partir des mesures du tableau II sont indiqués dans le tableau III. Ce taux de croissance journalier est calculé, pour la période séparant deux mesures, en pourcentage de la masse initiale de calcite. L'évolution saisonnière de ce taux est illustrée sur la figure 7. Le taux de croissance maximum de  $0,26\%$  par jour est observé pour la période de la fin du printemps et le début de l'été. Ensuite, le taux diminue sensiblement jusqu'en hiver, où il présente une valeur minimale ( $0,04\%$  par jour). Le taux moyen pour la période d'étude (275 jours) est de  $0,12\%$  par jour ( $\pm 0,04\%$ ). En considérant cette moyenne sur une année complète, la croissance pondérale en  $\text{CaCO}_3$  atteint  $43,8\%$  ( $\pm 14,6\%$ ). La connaissance de la quantité de calcite contenue dans le maërl vivant sur une surface d'un mètre carré, permettrait de calculer un budget annuel de fixation (en  $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$ ).

TABLEAU II: MESURES ENREGISTREES PAR PESEE HYDROSTATIQUE (en grammes).

## A: BACS N° 1 et 2

DATE	BAC N°1					BAC N°2				
	BW	TARE	MS	AN	TAJ	BW	TARE	MS	AN	TAJ
13/5/88	64,8	100,8	162,3	-	-	77,4	113,4	182,6	-	-
1/7/88	68,4	104,4	168,1	5,8	0,12	82,1	118,1	190,2	7,6	0,15
16/7/88	-	-	-	-	-	85,5	121,5	195,6	5,4	0,36
31/7/88	99,5	135,5	218,2	50,1	1,67*	88,6	124,6	200,6	5	0,33
29/8/88	104,1	140,5	226,9	8	0,27	92,1	128,5	226,2	6,3	0,21
26/9/88	106	142	228,6	12,4	0,08	79,8	115,8	186,5	-20	≠
24/10/88	110,5	146,5	235,9	7,3	0,26	80,8	116,8	188,1	1,6	0,06
24/12/88	119	155	249,6	13,7	0,22	83,5	119,5	192,4	4,3	0,07
11/2/89	116	152	244,7	-4,9	≠	85,5	121,5	195,6	3,3	0,07
6/5/89	202,5	!	!	!	!	panier perdu: ligne accrochée				

\* ! : résultats aberrants

≠: perte accidentelle ou anomalie de mesure

## B: BACS N° 3 et 4

DATE	BAC N°3					BAC N°4				
	BW	TARE	MS	AN	TAJ	BW	TARE	MS	AN	TAJ
13/5/88	67	103	165,9	-	-	75	11	178,7	-	-
1/7/88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/7/88	84	120	193,2	27,3	0,42	100	136,1	219,1	40	0,62
31/7/88	86,1	122,1	196,6	3,4	0,22	102,4	138,4	222,8	3,7	0,24
29/8/88	88,5	124,5	200,5	3,9	0,13	105	141	227	4,2	0,14
26/9/88	89,5	125,5	202,1	1,6	0,05	113	149	239,9	13	0,44
24/10/88	92,5	128,5	206,9	4,8	0,17	115,8	151,8	244,4	4,5	0,16
24/12/88	99	135	217,4	10,5	0,17	131	167	268,9	25	0,4
11/2/89	98,5	134,5	216,6	-0,8	≠	132,5	168,5	271,3	2,4	0,05
6/5/89	Pesée impossible			!	!	170,2	206,2	332	61	0,71*

\* ! : résultats aberrants

≠: perte accidentelle ou anomalie de mesure

BW = BUOYANT WEIGHT: POIDS APPARENT DANS L'EAU

TARE: DUE A LA MODIFICATION DE LA BALANCE(+36 g)

MS = MASSE SECHE DE CALCIE (x1,61)

AN = ACCROISSEMENT NET

TAJ = TAUX D'ACCROISSEMENT JOURNALIER

TABLEAU III: TAUX DE CROISSANCE CALCULES

DATE	INTERVALLE DE TEMPS jours	TAUX DE CROISSANCE % . J -1	ECART- TYPE	CUMUL %	ECART CUMULE
1/7/88	49	0,07	0,01	-	
16/7/88	64	0,26	0,06	16,64	3,84
31/7/88	15	0,13	0,03	1,95	0,45
26/8/88	29	0,09	0,03	2,61	0,87
26/9/88	29	0,08	0,09	2,32	2,61
24/10/88	28	0,07	0,03	1,96	0,81
24/12/88	61	0,09	0,05	5,49	3,05
11/2/89	49	0,03	0,008	1,47	0,39

TOTAL 32,4% +/- 12,0  
MOYENNE 0,12%.J-1 +/- 0,04

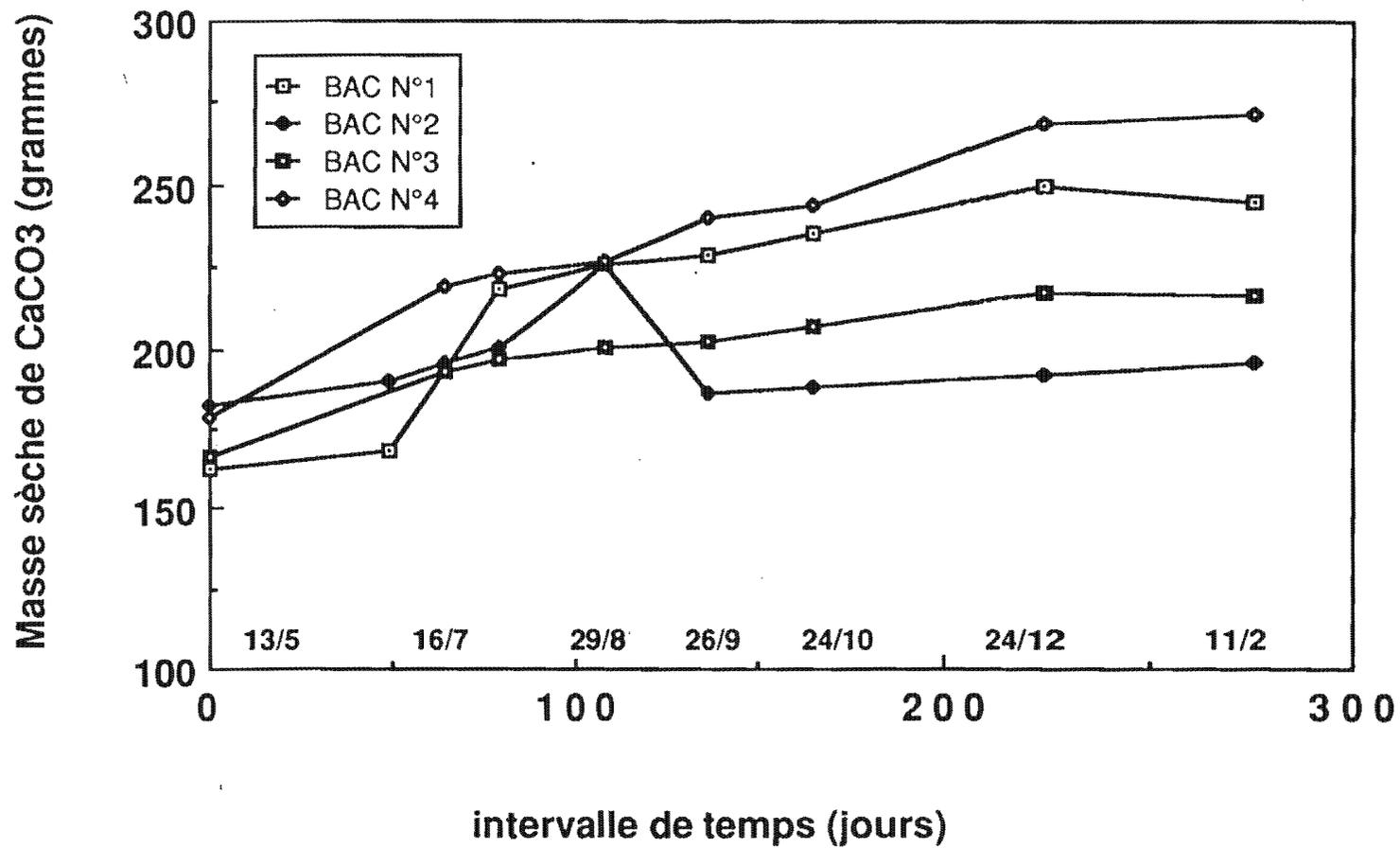


Figure 6: Evolution de la matière sèche de CaCO<sub>3</sub> durant l'étude dans les quatre installations de culture. Matière sèche exprimée en grammes de CaCO<sub>3</sub> Dates des mesures indiquées sur l'axe des abscisses

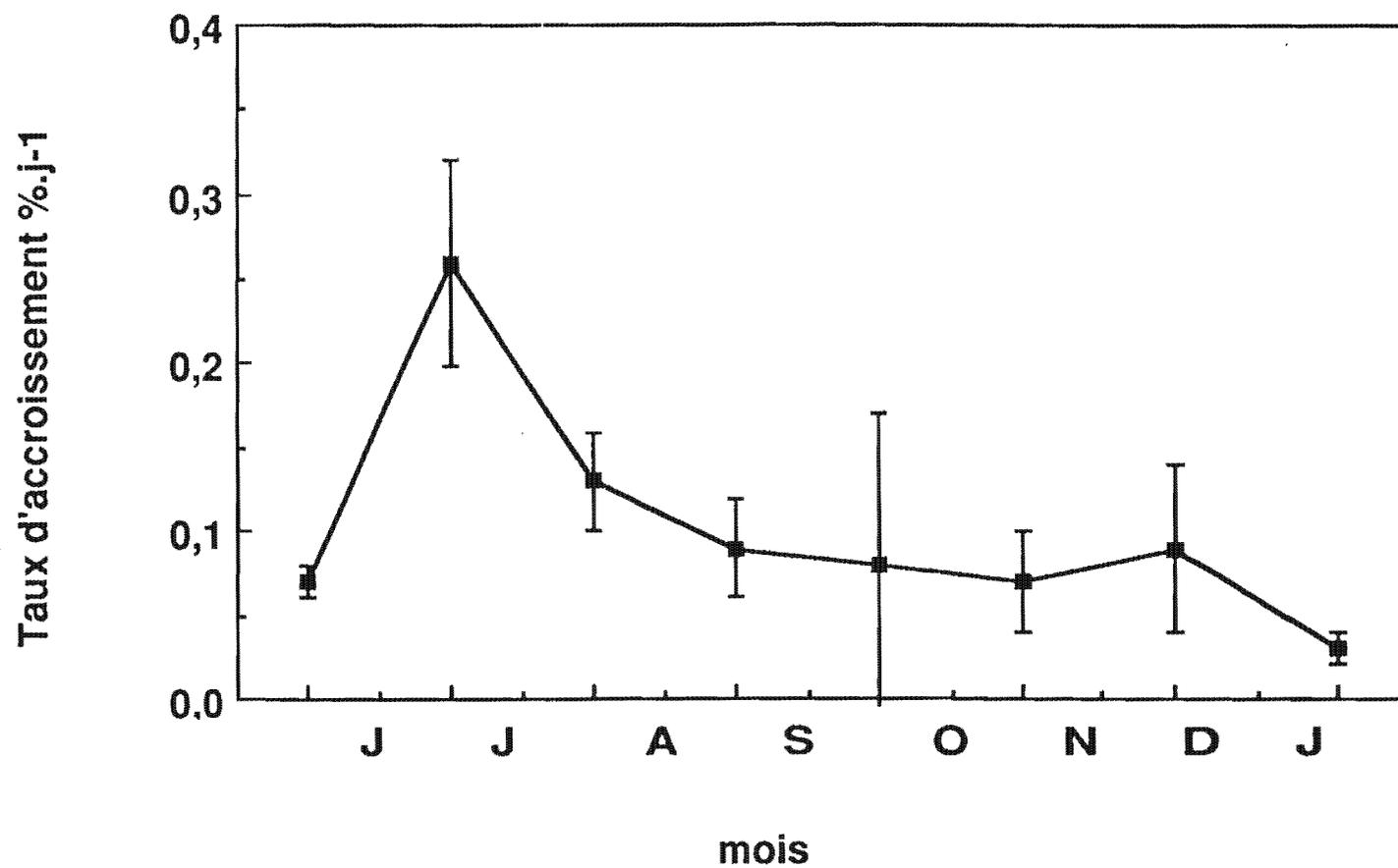


Figure 7: Evolution saisonnière du taux de croissance moyen au cours de l'étude.  
 Résultats exprimées en pourcentage de calcite fixée par jour.  
 Moyenne des taux calculés +/- l'écart-type

## CONCLUSIONS

Une seule, des deux techniques mises au point pour cette étude a permis d'obtenir des résultats exploitables. Les données collectées sont intéressantes car elles permettent:

-d'une part, la mise en évidence des variations saisonnières de la croissance, le maximum se situant entre juin et juillet.

-d'autre part d'envisager de chiffrer la fixation annuelle de calcite sur un banc de maërl.

Un seul travail a, à notre connaissance, calculé un budget annuel de fixation de  $\text{CaCO}_3$  pour une Corallinacée non tropicale. Edyvean et Ford (1987) situe à 376,96 g la calcite fixée annuellement par mètre carré colonisé par l'espèce *Lithophyllum incrustans*.

Sans obtenir cette précision, la présente étude permet de situer entre 25 et 50 % le renouvellement de la couche superficielle de maërl vivant. En estimant celle-ci à une biomasse de 2 kg de calcite, le budget annuel serait de  $876 \text{ g. m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$  (+/- 292 g).

Les données obtenues mettent donc en évidence l'importance des phénomènes de fixation et de dissolution du  $\text{CaCO}_3$  dans l'écosystème constitué par les fonds de maërl. Mais l'équilibre en est très fragile, car il peut être rompu dès que l'on supprime la couche vivante. L'exploitation ou le dépôt massif de sédiments sur un banc de maërl entraîne l'arrêt de la fixation de calcite par destruction de la couche superficielle. Ainsi le banc de maërl n'est plus une ressource renouvelable, et devient assimilable à un gisement de granulats marins que la sédimentologie ne contribuera pas à enrichir.

La poursuite de cette étude pendant une année supplémentaire permetta de compléter les données acquises, de vérifier les variations saisonnières observées et de percevoir une éventuelle variabilité annuelle.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADEY, W.H. & MAC KIBBIN, D.L. 1970. Studies on the maërl species *Phymatholithon calcareum* (Pallas) nov. comb. and *Lithothamnium corallioides* Crouan in the Ria de Vigo. *Bot. Mar.* **13**: 100-106.

ANDRAKE, W. & JOHANSEN, H.W. 1980. Alizarin red dye as a marker for measuring growth in *Corallina officinalis* L. *J. Phycol.* **51**: 620-622.

EDYVEAN, R.G.J. & FORD, H. Growth rates of *Lithophyllum incrustans* (Corallinales, Rhodophyta). *Br. Phycol. J.* **22**: 139-146.

JOKIEL, P.L., MARAGOS, J.E. & FRANZISKET, L. 1978. Coral growth: buoyant weight technique. In *Coral Reefs: Research Methods*. Ed. Stoddart, D.R. & Johannes, UNESCO Paris. Monographs on oceanographic methodology: 529-541.

LAMBERTS, A.E. 1978. Coral growth: Alizarin method. In *Coral Reefs: Research Methods*. Ed. Stoddart, D.R. & Johannes, UNESCO Paris. Monographs on oceanographic methodology: 523-527.

PAYRI, C.E. 1987. Etude écologique des macrophytes du lagon de Tiahura, île de Moorea (Polynésie française): zonation, variations saisonnières et productivité. Thèse de Doctorat d'Etat. U.S.T.L. Montpellier

VON STOSCH, H.A. 1969. Observations on *Corallina*, *Jania* and other red algae in culture. *Proceedings of the VI th Int. Seaweed Symposium*: 389-399.

## ANNEXE I

## PRINCIPE DE LA PESEE HYDROSTATIQUE "BUOYANT WEIGHT TECHNIQUE".

Définitions des termes utilisées dans les équations:

$D_w$  = Densité de l'eau de mer contenant la charge

$D_c$  = Densité de l'échantillon étudié

$W_c$  = Poids total sec du squelette calcaire

$W_w$  = Poids mesuré dans l'eau

$V_c$  = Volume de l'échantillon = volume de l'eau déplacée par l'échantillon

D'après le principe d'Archimède, nous avons:

$$W_c = W_w + (V_c \times D_w) \quad (1)$$

Or  $V_c = W_c \times D_c^{-1}$

D'où  $W_c = W_w + (D_w \times W_c \times D_c^{-1}) \quad (2)$

Ou  $W_c = W_w / (1 - D_w \times D_c^{-1}) \quad (3)$

Sachant que  $D_c = 2,71$  et  $D_w \approx 1,03$  (nécessité de la mesurer)

$$W_w = W_c (1 - 1,03/2,71) \quad (2)$$

$$W_w = 0,62 W_c$$

$$W_c = 1,61 W_w$$

Si  $D_c$  était proche de  $D_w$ ,  $W_w$  serait proche de zéro (cf (3)); aussi le poids mesuré ici est celui de la calcite. Les tissus de l'algue et ses épiphytes contenant énormément d'eau, leur densité est proche de celle de l'eau de mer, ainsi leurs poids dans l'eau peut être négligé.