

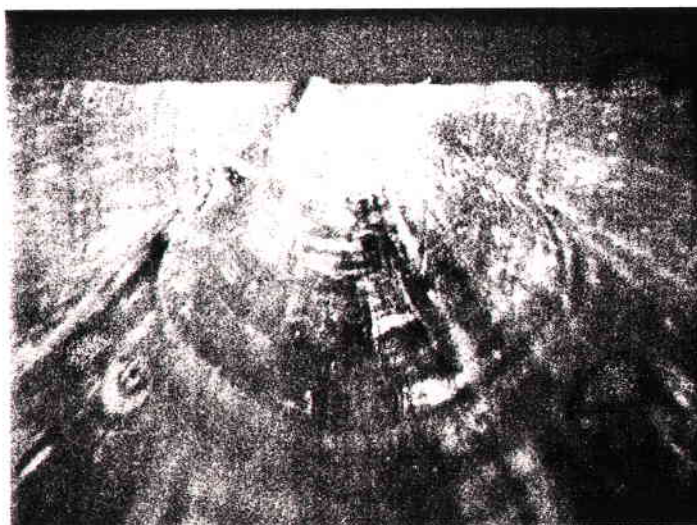
39361

H742-BAI-A

Rapports internes de la Direction des Ressources Vivantes
de l'IFREMER

**ANALYSE DES STRIES DE CROISSANCE DES POST-LARVES
DE COQUILLE SAINT-JACQUES (*Pecten maximus*).
METHODOLOGIE ET PERSPECTIVES D'APPLICATION POUR
LA DESCRIPTION DE STRESS D'ÉLEVAGE.**

Nathalie BAILLON



DÉPARTEMENT ENVIRONNEMENT
LITTORAL ET GESTION DU MILIEU
MARIN

Janvier 1992



IFREMER-DERO/EL



0EL04457

DRV-92.003-RA Brest

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

IFREMER
BP 70
29280 PLOUZANE

DIRECTION DRV 6525-24 BAI A
DEPARTEMENT Ressources Aquacoles

AUTEUR (S) : Nathalie BAILLON		CODE : DRV-92.003-RA Brest
TITRE Analyse des stries de croissance des post-larves de coquilles Saint-Jacques (<i>Pecten maximus</i>). Méthodologie et perspectives d'application pour la description de stress d'élevage.		date : Janvier 1992 tirage nb : 100 Nb pages : 47 Nb figures : 17 Nb photos : 6
CONTRAT (intitulé) N° _____		DIFFUSION libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> confidentielle <input type="checkbox"/>

RESUME : Ce rapport concerne des travaux orientés vers la compréhension du stress complexe du passage en mer de post-larves de coquilles Saint-Jacques issues d'écloseries. Seuls les stress élémentaires d'émersion et de défixation sont pris en compte ici. Parallèlement à des études zootechniques, les stries de croissance visibles sur les coquilles sont analysées afin de qualifier et quantifier l'effet de ces perturbations en relation avec la survie et la croissance du naissain. La méthodologie mise au point pour la lecture des stries est simple. Elle est appliquée au calcul d'un indice de l'intensité du stress et d'un retard de croissance en nombre de jours pour plusieurs lots expérimentaux. La relation avec les résultats zootechniques est parfois surprenante. L'examen des coquilles et le dénombrement des stries ont permis notamment de mettre en évidence des stress surnuméraires non contrôlés par l'éleveur, ainsi que des retards de croissance pouvant atteindre 1 mois en dépit d'une absence de mortalité.

ABSTRACT : This report concerns works oriented to understanding of the complicated stress of the transfer to the sea for scallops post-larvae from hatchery. Only the elementary stress of emersion and detachment are studied here. Parallel to zootechnical studies, the growth increments on shells are analysed to qualify and quantify the effect of this disturbances, related to survival and growth. The methodology for reading the growth increments appears to be simple. It is applied to the calculate of a stress indication and of a delay in growth (in number of days). The relation with zootechnical results is sometimes surprising. The examination of the shells and the count of the growth increments show supernumerary stresses, uncontroled by the rearer, just as slow development (one month for instance) in spite of no mortality.

Mots-clés : *Pecten maximus* - passage en mer - stress - stries de croissance
Key words : *Pecten maximus* - transfert to the sea - stress - growth increments

© IFREMER - Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, 1985.



SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
1. DONNEES ZOOTECHNIQUES ET BIOLOGIQUES.	1
1.1. Le programme d'aquaculture.	1
1.2. Le cycle biologique et l'élevage des juvéniles.	2
1.3. Les stries de croissance.	3
1.4. Utilisation des stries comme indicateur de stress.	5
2. METHODOLOGIE.	6
2.1. Technique de lecture.	6
2.2. Qualification d'un stress.	6
2.3. Problèmes.	7
3. ESSAIS D'APPLICATION A L'ANALYSE D'UN STRESS.	10
3.1. Etude de lots passés en mer.	10
3.2. Etude des stress élémentaires d'émersion et de défixation.	12
3.3. Essai de transfert sans défixation.	16
4. PERSPECTIVES D'AMELIORATION ET D'APPLICATIONS.	19
4.1. Validation de la périodicité des stries.	19
4.2. Test de reproductibilité des lectures:	20
4.3. Lecture des coquilles mortes.	20
4.4. Répétition des expériences.	20
4.5. Détermination d'un retard standard.	21
4.6. Tester l'importance de certains facteurs.	21
4.7. Application au stress du semis.	21
4.8. Mise en évidence de stress incontrôlés (facteurs de l'environnement).	21
5. CONCLUSION GENERALE.	22
REFERENCES	23
ANNEXES	

**ANALYSE DES STRIES DE CROISSANCE DES POST-LARVES DE
COQUILLE SAINT-JACQUES (*Pecten maximus*).
METHODOLOGIE ET PERSPECTIVES D'APPLICATION POUR LA DESCRIPTION
DE STRESS D'ELEVAGE.**

INTRODUCTION

Cette étude s'inscrit dans le cadre de travaux orientés vers la compréhension des stress du passage en mer. Cette approche s'effectue grâce à des analyses purement zootechniques réalisées par PHILIPPE (1991) et par l'observation des stries de croissance visibles sur les coquilles du naissain de *Pecten maximus*. Cette étude est tout d'abord axée sur la mise au point d'une méthodologie d'analyse de ces stries. La question est ensuite de cerner l'utilité de ces stries dans une meilleure perception du stress consécutif au passage en mer affectant les juvéniles de coquille Saint-Jacques issus d'écloserie.

1. DONNEES ZOOTECHNIQUES ET BIOLOGIQUES.

1.1. Le programme d'aquaculture (DAO *et al.*, 1991).

Depuis 1973, l'IFREMER (issu de la fusion du CNEXO et de l'ISTPM) porte un intérêt au repeuplement des bancs de coquilles Saint-Jacques à partir de naissain de captage. Bien que les premiers essais aient été concluants à Saint-Brieuc, la faisabilité économique faisait nettement défaut. Le faible rendement des collecteurs de naissains fut attribué à des stocks reproducteurs insuffisants. La rade de Brest, petite et très fermée, parut alors susceptible de ressentir à court terme les effets d'un repeuplement en coquilles. L'approvisionnement en juvéniles fut initialement envisagé sous deux possibilités :

- importation de naissains étrangers (Irlande ou Ecosse),
- essais de production de naissains en écloserie-nurserie.

Alors que les sources d'approvisionnement étrangères s'avéraient limitées, les essais réalisés en écloserie furent au contraire prometteurs. Une filière de production fut alors mise en place. L'objectif du programme de repeuplement de la rade de Brest était de remonter le stock reproducteur à un niveau fixé à 500 tonnes. Le bilan des effets sur la relance de la pêche, sur le développement du captage de naissain devait décider de la suite du programme. Un premier schéma de production associait l'IFREMER et le CLPM (Comité Local des Pêches Maritimes) de Brest :

- écloserie d'Argenton (IFREMER),
- nurserie du Tinduff (CLPM Brest),
- prégrossissement à Saint-Anne du Portzic (IFREMER),
- semis sur la concession de Pen-a-Ian (CLPM Brest),
- suivi des semis (IFREMER).

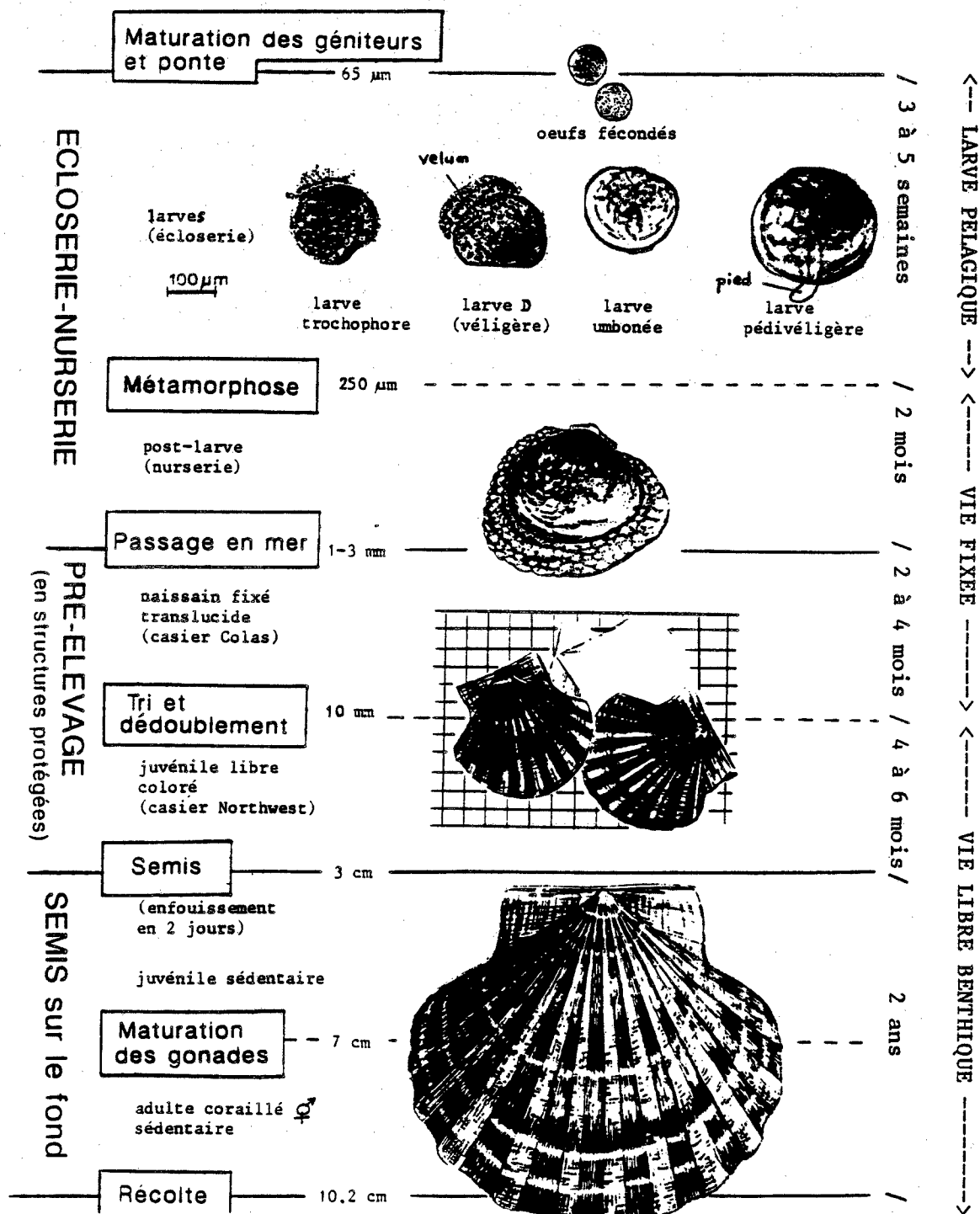


Figure 1 . Le cycle biologique et l'élevage de la coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*).

L'acquisition de la technique d'écloserie au Tinduff et l'extension des essais de préélevage en baie de Saint-Brieuc permirent ensuite à l'IFREMER de se retirer du schéma de production qui devint :

- écloserie-nurserie du Tinduff (CLPM Brest),
- prégrossissement en baie de Saint-Brieuc (Comité d'Expansion des Côtes d'Armor),
- partage des juvéniles de 3 cm pour semis,
 - * 50% sur la concession de Pen-a-Lan (CLPM Brest)
 - * 50% sur diverses concessions en Baie de Saint-Brieuc (C.E. des Côtes d'Armor)
- suivi et complément éventuel de production (IFREMER).

Les résultats conduisent à partir de 1988 à la réorientation des programmes vers des semis-recaptures (grossissement 2-3 ans sur le fond) où l'objectif est de récolter les juvéniles semés quand ils atteignent la taille commerciale. L'objectif repeuplement passe au second plan.

Le désengagement récent de l'IFREMER du schéma de production a permis de réorienter les programmes vers l'optimisation et la fiabilité des techniques d'écloserie-nurserie, de prégrossissement et de semis. L'évaluation des mortalités au cours des élevages de juvéniles pose le problème de la réduction des stress liés aux différentes manutentions du naissain : défixation, émergence, transport, changement de milieu et de structures d'élevage, entassement, ...

1.2. Le cycle biologique et l'élevage des juvéniles.

Le cycle biologique et l'élevage de la coquille Saint-Jacques sont illustrés par la **figure 1**. La ponte est déclenchée grâce à un choc thermique sur des géniteurs préalablement pêchés en mer et mis en maturation pendant 2 mois. Après la ponte, les oeufs (65 μm) sont placés dans des bacs cylindro-coniques, en milieu fermé, et reçoivent du phytoplancton ainsi que des antibiotiques. Pendant cette période de trois semaines, la larve pélagique est munie d'un vélum qui assure ses fonctions essentielles (nutrition, respiration, mobilité). C'est le **stade véligère**. Lorsqu'elle mesure 240 μm , elle entame sa métamorphose et atteint le stade **pédi-véligère** sur lequel se distinguent les branchies, le manteau, le pied et la formation de la nouvelle coquille. Le vélum va rapidement diminuer puis disparaître, la larve cesse alors de nager, tombe sur le fond et se **fixe** par l'intermédiaire de son byssus. Elle devient une **post-larve**. Cette phase constitue le passage de la vie planctonique à la vie benthique et correspond au moment du transfert des animaux de l'écloserie vers la nurserie.

En nurserie, les animaux sont placés dans des barquettes munies d'un maillage de 125 μm et placées dans des "raceways" alimentés en eau de mer et en phytoplancton. Le naissain colonise le fond des barquettes en s'y fixant. Tout au long de cette étape d'élevage, les post-larves vont subir diverses manipulations :

- brossage journalier des barquettes,
- nettoyage des raceways tous les deux jours,
- changements de barquette avec des maillages de plus en plus larges au fur et à mesure de la croissance des animaux. Le naissain est défixé de façon mécanique au pinceau sans que ce stress ne semble provoquer de mortalité systématique.

Les post-larves atteignent une taille satisfaisante pour être transférées en mer ouverte après un à deux mois d'élevage en nurserie. Elles mesurent alors environ 2 mm.

La technique actuelle de transfert du naissain depuis la nurserie jusqu'à la mer a lieu à sec mais **en atmosphère humide et fraîche** ; les animaux sont défixés au pinceau, conservés dans des filtres à café humides (10 000 coquilles par filtre) et entreposés pour le transport dans une glacière contenant des pains de glace si la température extérieure est supérieure à 10°C. L'exondation ne doit pas dépasser quelques heures. **Ce passage en mer est une des étapes les plus critiques de l'élevage de la coquille Saint-Jacques** et cause de 50% à 70% de mortalité. Cette étape du préélevage (prégrossissement) est considérée comme un des **facteurs limitants** du développement de la pectiniculture.

Le pré-grossissement en mer comporte deux phases ;

- *Première phase* : une vie fixée en casiers à petit maillage, les casiers "Colas", munis de maillages de 500 μ m et 1,5 mm. Un transfert réussi se voit à la **refixation en quelques heures du naissain**.

Lorsque les animaux atteignent une dizaine de millimètres, au bout de deux à quatre mois, ils sont sortis de l'eau et triés à terre à l'aide d'un tamis afin de ne garder en élevage que les coquilles ayant une taille suffisante (supérieure à 10 mm par exemple). Une survie de 20% à 50% est alors constatée avec une mortalité surtout initiale. Peu de coquilles meurent après leur reprise de croissance. **La mort intervient donc au moment ou peu après le passage en mer.**

- *Deuxième phase* : une vie "nageuse" en casiers à gros maillage ; le naissain est alors placé soit en casiers "North-West" (maillage de 5 mm), soit en casier "Colas" à grand maillage (4,5 mm). La durée de cette dernière phase de pré-grossissement dure de quatre à six mois. Le taux de survie en baie de Saint-Brieuc est très satisfaisant, de 90 à 100%. Les juvéniles atteignent alors 30 mm, taille suffisante pour les semis

Les juvéniles sont semés sur des concessions en eau profonde. La récolte par dragage se fait deux à trois ans plus tard quand les coquilles devenues adultes atteignent la taille commerciale (102 mm). Le taux de recapture reste variable, de l'ordre de 20 à 50% si le site est convenable.

L'ensemble du cycle de production aquacole de la coquille Saint-Jacques paraît donc assez bien maîtrisé.

1.3. Les stries de croissance.

Deux types de stries de croissance sont visibles extérieurement sur la coquille Saint-Jacques:

- des stries visibles à l'oeil nu traduisant un arrêt hivernal de croissance et permettant la lecture d'âge,
- des stries fines, beaucoup plus nombreuses, que certains auteurs qualifient de stries quotidiennes. Ce sont ces dernières qui font l'objet de cette étude.

Les stries de croissance chez *P. maximus* se présentent en relief et se succèdent comme des vagues. La strie de croissance est **la trace d'une position ultime du manteau avant sa rétraction** (CLARK, 1976). C'est ce dernier qui, à intervalle régulier, secrète les stries. Selon ANTOINE (1979), l'accroissement linéaire de la

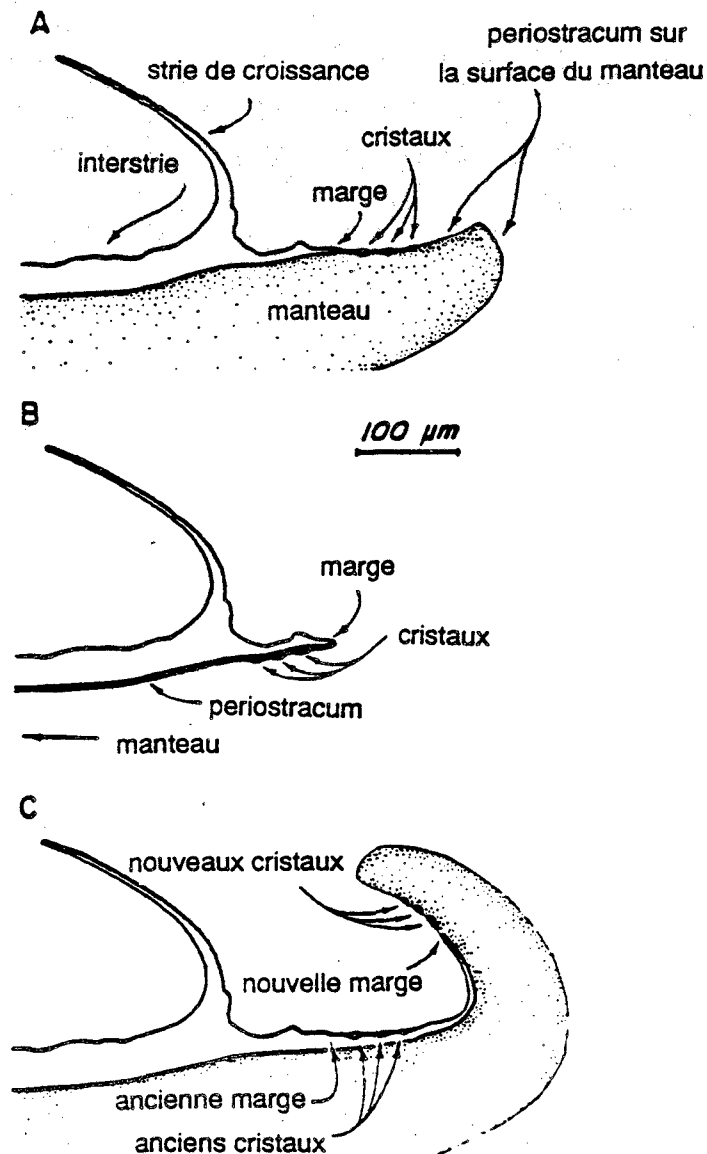


Figure 2. Schéma illustrant la calcification mettant en jeu le periostracum chez *Pecten diegensis*. Ici, le periostracum est exceptionnellement étroit et élastique. La direction de la croissance est vers la droite. **A:** le manteau est étiré, des cristaux se forment sur sa surface supérieure, sous le periostracum, et se fusionnent éventuellement pour accroître la marge de la coquille. **B:** le manteau se rétracte temporairement dans la coquille mais reste en contact avec le periostracum; les cristaux ne sont pas encore incorporés et sont conduits sous la coquille par le periostracum. **C:** après plusieurs heures; les cristaux observés en A sont fusionnés pour former la phase solide de la coquille, et le manteau s'est étiré vers l'extérieur et vers le haut pour commencer à former une strie de croissance (d'après CLARK, 1974).

coquille se ferait le jour, manteau déployé et valves entrouvertes ; lors de la baisse de luminosité, l'animal étirerait au maximum son manteau vers le haut, recherchant la lumière. Lorsque la luminosité devient trop faible, le manteau se rétracte et les valves se ferment. Le principe le plus élaboré de la formation des stries chez *Pecten diegensis* est illustré par la **figure 2** (d'après CLARK, 1976). Ce schéma met en jeu le periostracum. Ce dernier est défini par CLARK (*op. cit.*) comme étant une fine couche de matériel organique qui est elle-même secrétée dans un pli du manteau et étirée d'une manière continue autour du bord de ce dernier jusqu'à sa position finale (**Figure 3**). D'après WHEELER *et al.* (1975) et WRENN (1972), la strie achève de se former chaque jour en fin de journée chez *Argopecten irradians*. Chez *Placopecten magellanicus*, les stries de croissance apparaissent chez les larves à partir de la prodissochonque II, le troisième ou quatrième jour après la fertilisation.

La présence de stries d'accroissement quotidien chez les Pectinidae a été évoquée par de nombreux auteurs (**Tableau 1**). Si la périodicité journalière des stries ne présente parfois aucune ambiguïté (WRENN, 1972 ; WHEELER *et al.*, 1975 ; JOLL, 1988), plusieurs auteurs en revanche émettent quelques réserves et recommandent une certaine prudence.

Pour BROOM et MASON (1978) chez *Chlamys opercularis* et ANTOINE (1978) chez *Pecten maximus*, le dépôt des stries est **réellement journalier uniquement en période estivale**. De plus, le rythme endogène nycthéral est respecté seulement **jusqu'au premier ou deuxième hiver** vécu par l'individu chez *Pecten maximus* (ANTOINE, 1979 ; FRANKLIN & PICKETT, 1980).

Pour BROOM et MASON (1978) chez *C. opercularis*, une strie est probablement déposée durant un cycle nycthéral, mais une strie n'est pas forcément déposée tous les jours. Ces stries sont formées de façon régulière lorsque la température de l'eau est modérément élevée et que la disponibilité en nourriture est bonne. Température et concentration en phytoplancton agissent en synergie pour donner des conditions de croissance favorables.

Les **variables de l'environnement** jouent un large rôle sur l'influence de la formation des stries au niveau des coquilles de Bivalves. Pour GRUFFYD (1981), il semble que la température soit le facteur essentiel limitant la production des stries chez *Pecten maximus*. De relativement faibles différences de température peuvent provoquer des variations non négligeables dans la fréquence des stries. RHOADS et PANNELLA (1970) montrent que des facteurs variés tels que la nature du substrat, la turbidité et la température influencent la formation des stries journalières chez *Mercenaria mercenaria* L. HOUSE et FARROW (1970) démontrent chez *Cardium edule* que la largeur des stries quotidiennes varie avec l'âge (augmente juste après la fixation) et la saison (augmente en été). D'après GRUFFYD (1981), le taux de production des stries est relié à la taille de la coquille et à la vitesse de croissance à une période déterminée chez *Pecten maximus* en milieu contrôlé, ces deux facteurs étant bien entendu reliés. Chez *Argopecten irradians*, lorsque la vitesse de croissance de la coquille est lente, l'animal produit moins d'une strie par jour (HELM & MALOUF, 1983).

JONES (1981) et BOURGET *et al.* (1991) recommandent une grande prudence et une documentation sérieuse pour toute étude de croissance basée sur l'observation des stries sur les coquilles de Bivalves. BOURGET *et al.* (*op.cit.*) proposent également trois critères destinés à tester l'hypothèse des rythmes de formation des marques de croissance : "(1) que l'écart entre la fréquence individuelle et la fréquence attendue n'excède pas l'erreur maximale sur les mesures (l'erreur maximale de l'observateur dans le dénombrement des marques), (2) qu'en cas de violation de la condition précédente, l'origine des soi-disants marques "manquantes" ou "superflues" soit expliquée, (3) que les sources potentielles de variation (e.g. âge,

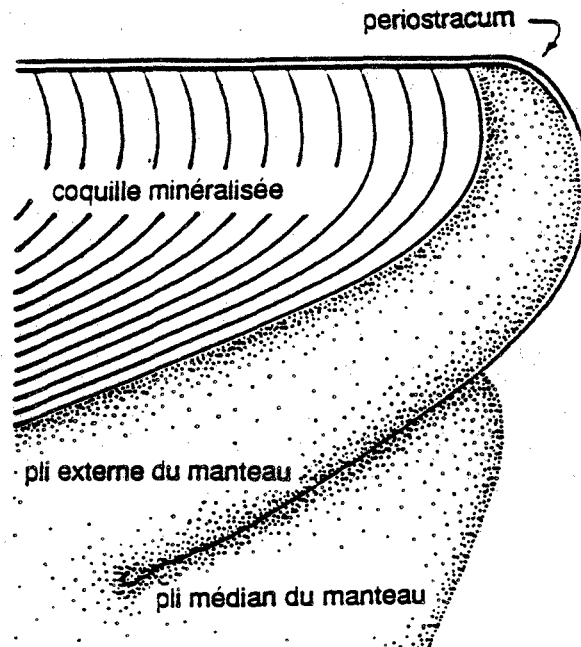


Figure 3 . Schéma illustrant la calcification marginale de la coquille mettant en jeu le periostracum chez un bivalve. La direction de la croissance se fait vers la droite (d'après CLARK, 1974).

Tableau 1. Liste non exhaustive de références faisant allusion aux stries de croissance journalières chez les Pectinidae.

AUTEUR, DATE	ESPECE	STADE	MILIEU	LIEU
DAVENPORT, 1938	<i>Pecten spp.</i>	fossile	-	-
CLARK, 1968, 1970a,b	<i>Pecten diegensis</i> <i>Pecten vogdesi</i>	adultes	contrôlé	U.S.A.
WRENN, 1972	<i>Argopecten irradians</i>	adultes	contrôlé naturel	-
WHEELER, 1975	<i>Argopecten irradians</i>	adultes	naturel	Caroline du nord (U.S.A.)
BROOM & MASON, 1978	<i>Chlamys opercularis</i>	adultes	naturel	Plymouth (G.B.)
ANTOINE, 1978, 1979	<i>Pecten maximus</i>	juvéniles	naturel	Manche
FRANKLIN & PICKETT, 1980	<i>Pecten maximus</i>	adultes	naturel	Manche
GRUFFYDD, 1981	<i>Pecten maximus</i>	juvéniles	contrôlé	Canada
HURLEY <i>et al.</i> , 1987	<i>Placopecten magellanicus</i>	larves	contrôlé	Canada
JOLL, 1988	<i>Amusium balloti</i>	juvéniles	naturel	ouest Australie
HELM & MALOUF, 1983	<i>Argopecten irradians</i>	juvéniles adultes	contrôlé	U.S.A.
SALAUN <i>et al.</i> , 1989	<i>Pecten maximus</i>	prodissoc.	contrôlé	Manche

habitat, localité, saison) n'influencent pas significativement la fréquence de formation des marques.

Faute de temps, la périodicité des stries observées sur les coquilles de *Pecten maximus* étudiées n'a pas pu être testée. Nous considérerons cependant cette périodicité comme étant journalière, les individus utilisés étant des juvéniles et la période d'observation ayant lieu en été.

Remarque : le laboratoire RA/PMDC de l'IFREMER utilise cette périodicité pour les coquilles en prégrossissement depuis les mesures faites à Sainte Anne en 1983, 1985, 1987 lors d'arrêts de croissance et de mortalités associées aux blooms de *Gyrodinium* (données non publiées).

1.4. Utilisation des stries comme indicateur de stress.

L'amélioration des survies au passage en mer, problème essentiellement zootechnique, paraît pouvoir à court terme, augmenter les chances de succès de ce nouvel élevage. Le problème du passage en mer a commencé à être abordé récemment avec des études sur l'**analyse des stress de défixation et d'émersion** ainsi que l'**essai de nouveaux modes de transfert**. Cette approche a été réalisée d'une part par les analyses zootechniques classiques d'observation de la survie, de la fixation et de la croissance (PHILIPPE, 1991), et d'autre part par l'analyse des stries de croissance, objet du présent travail.

Les **stress** divers comme le passage en mer se matérialisent en principe sur la coquille par une marque bien reconnaissable, généralement plus épaisse que les autres stries, résultant de la superposition du matériel minéral en l'absence d'une croissance linéaire en cas d'un stress important. Dans notre étude, l'analyse du stress est basée sur le calcul d'un **retard**, en nombre de jours, par rapport à une croissance standard d'une strie par jour, et l'estimation de son intensité.

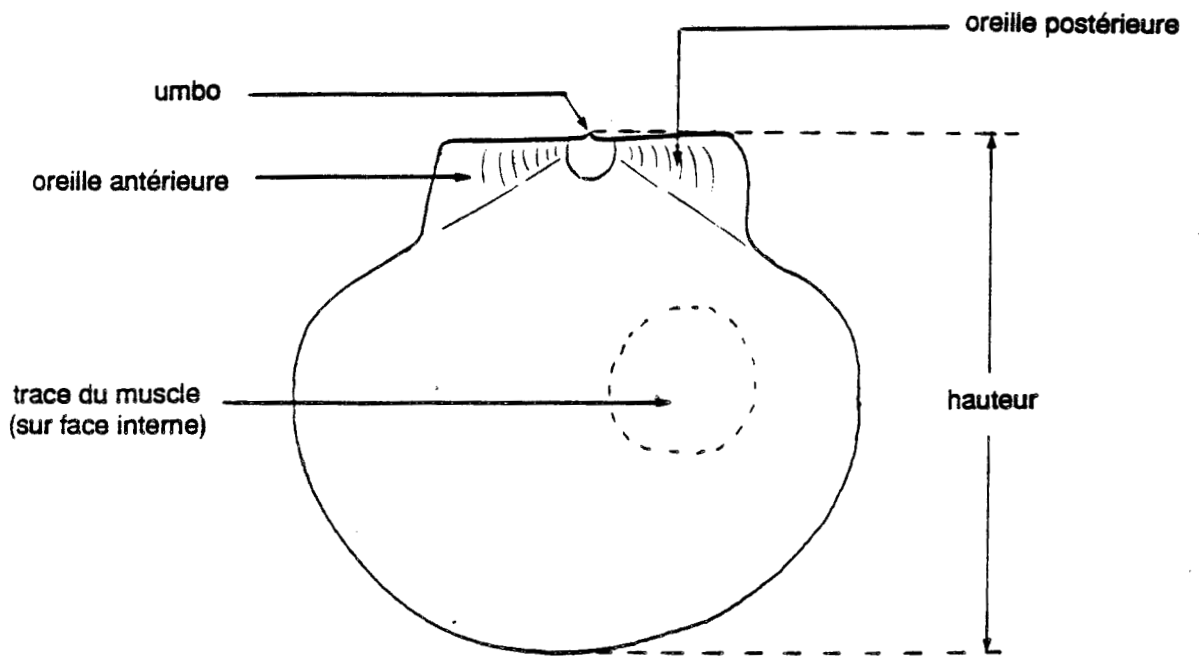


Figure 4 . Schéma de la valve gauche de la coquille de *Pecten maximus* vue face externe.

2. METHODOLOGIE.

2.1. Technique de lecture.

Après récolte, les coquilles sont conservées dans des pilluliers remplis d'alcool, celui-ci étant préférable au formol qui a tendance à décolorer et fragiliser les coquilles.

L'observation est effectuée sur la surface de la coquille, sur une seule des deux valves, la valve gauche (valve plate), sur laquelle les stries sont plus visibles que sur la valve droite (valve creuse). La séparation s'effectue délicatement en sectionnant le muscle à l'aide d'une lame de scalpel insérée entre les deux valves. Une fois lues, les valves sont numérotées et conservées à sec dans des enveloppes en papier.

Dans certains cas, en particulier pour les individus les plus âgés et passés en mer, les coquilles doivent être nettoyées afin de les débarrasser des impuretés déposées et des microorganismes fixés. Plusieurs méthodes de nettoyage sont possibles :

- exposition aux ultra-sons,
- immersion pendant quelques minutes dans une solution de peroxyde de sodium, dosée en fonction de l'état de propreté des coquilles (en général à 5%),
- immersion pendant quelques heures, voire une nuit dans une solution de potasse (KOH) à 5% ; cette technique est adoptée dans le présent travail.

Les coquilles sont examinées à la loupe binoculaire. Les mesures de hauteur (**Figure 4**) sont effectuées à l'aide d'un micromètre oculaire à Gx120 ou Gx240 et le comptage des stries est effectué à Gx500 ou Gx1000 en lumière transmise. Les stries étant en relief, il est important de jouer sur les contrastes en utilisant le miroir inférieur afin d'optimiser les conditions de l'observation. Le dénombrement s'effectue préférentiellement sur l'oreille postérieure (côté muscle) (**Figure 4**), sauf en cas d'illisibilité de cette dernière ; le comptage se fait alors sur l'oreille antérieure.

Remarques :. l'utilisation de la glycérine sur la surface de la coquille a été testée afin de clarifier cette dernière mais l'amélioration de la lisibilité n'était pas évidente,
 . le projecteur de profil n'offre pas une définition satisfaisante pour le comptage des stries.

2.2. Qualification d'un stress.

Nous avons tenté de définir le "stress" selon trois critères :

- la **quantification d'un retard de croissance**, par soustraction du nombre de stries (comptées à partir de la marque correspondant au stress jusqu'au bord de l'oreille) au nombre de jours d'élevage ; par convention, nous avons choisi d'attribuer aux coquilles ne présentant aucune "marque de stress" apparente un retard nul, ce dernier étant pris en compte dans les moyennes.
- la **qualification de l'intensité du stress**, basée sur l'observation de la "marque de stress", plus ou moins visible ou affectant plus ou moins la coquille. Cette intensité est caractérisée par un gradient chiffré de 0 à 5 :

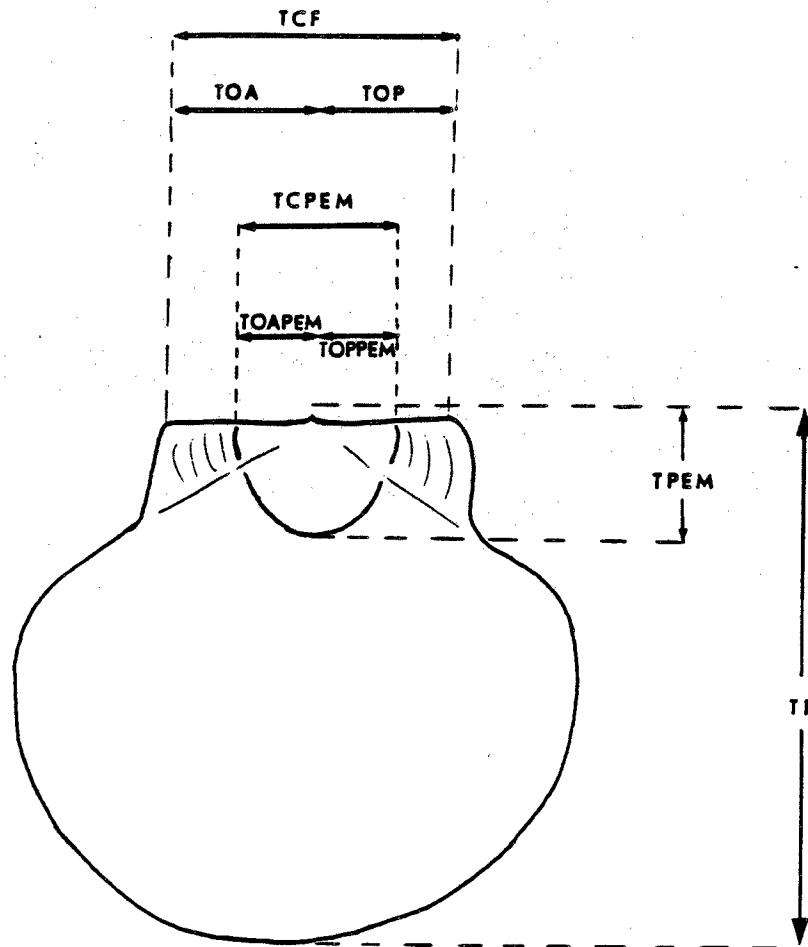


Figure 5 . Mesures effectuées sur les coquilles (valve gauche) de *Pecten maximus* en vue de l'établissement des relations d'allométrie (pour la légende, voir tableau 2)

Tableau 2 . Paramètres des relations d'allométrie chez le naissain de *Pecten maximus*.

	TF = a TCF + b			TF = a TOA + b			TF = a TOP + b			TPEM = a TCPEM + b			TPEM = a TOAPEM + b			TPEM = a TOPPEM + b		
	a	b	R	a	b	R	a	b	R	a	b	R	a	b	R	a	b	R
B1	1,6	0,4	0,9	0,3	0,03	0,9	0,3	0,3	0,9	1,2	0,3	0,9	2,3	0,9	0,8	1,9	-0,1	0,9
B2	1,8	1,4	0,9	3,8	0,4	0,9	3,2	-2,0	0,9	1,2	-0,4	1,0	3,2	-0,4	1,0	1,9	-0,2	0,9
SB	1,8	-1,8	1,0	4,0	-0,1	1,0	3,3	-2,7	1,0	1,2	-0,1	1,0	3,1	-0,1	0,9	1,8	-0,04	1,0

TF = taille finale de la coquille; TCF = taille finale de la charnière; TOA = taille de l'oreille antérieure; TOP = taille de l'oreille postérieure;
TPEM = taille observée de la coquille au passage en mer; TCPEM = taille de la charnière au passage en mer;
TOAPEM = taille de l'oreille antérieure au passage en mer; TOPPEM = taille de l'oreille postérieure au passage en mer.
a = pente; b = ordonnée à l'origine; R = coefficient de corrélation ($\alpha=5\%$).

- 0 – marque de "stress" inexistante,
- 1 – marque de "stress" difficilement repérable, très ténue,
- 2 – marque de "stress" repérable assez facilement mais étroite,
- 3 – marque de "stress" repérable facilement, un peu plus épaisse sans pour cela déformer l'oreille,
- 4 – marque de "stress" très visible, parfois à l'oeil nu, correspondant nettement à la superposition de plusieurs stries,
- 5 – marque de "stress" affectant profondément, voire déformant la coquille.

Le pourcentage de coquilles présentant chacun de ces types de stress est noté et un **indice moyen** de stress est alors calculé pour chaque échantillon. Il convient toutefois de garder à l'esprit que cette qualification, liée uniquement à l'appréciation de l'observateur, reste purement subjective. Elle n'a pas été adoptée pour toutes les analyses effectuées dans cette étude.

– Le calcul de la **croissance journalière moyenne** après le stress, défini par :

(taille finale – taille observée au stress) / nombre de jours d'élevage.

Cette croissance est une croissance **moyenne**, incluant les jours immédiatement consécutifs au stress et les jours suivants durant lesquels une croissance redevenue "normale" (200 à 300 μm par jour) est supposée. Il convient de garder à l'esprit que cette valeur doit donc être interprétée avec prudence car elle ne tient pas compte des événements indépendants du passage en mer. Cette croissance n'a notamment pas été notée entre les stress successifs.

2.3. Problèmes.

La **lisibilité** des stries est variable selon les individus mais elle est en général très acceptable (88% à 94 %) après la marque du passage en mer (il est par contre impossible de distinguer les stries avant cette dernière marque). Cependant, il existe un certain nombre de problèmes induisant des hésitations lors de l'interprétation.

. Fréquemment, juste après la marque de stress, les stries sont "effacées", difficilement repérables même au plus fort grossissement, sauf par la présence éventuelle d'un "bourrelet" au niveau de la charnière. La largeur de cette zone illisible reste cependant relativement faible. Le nombre de stries est estimé dans cette zone par extrapolation, compte tenu de la largeur des stries dans la partie bien lisible qui suit immédiatement. Lorsque la zone est trop étendue et qu'elle existe au niveau des deux oreilles, la coquille est qualifiée d'illisible.

. Quelquefois, une sorte d'épaississement du matériel minéral à la surface de la jeune coquille, à proximité de l'umbo, rend le repérage des marques de stress difficile sur la valve. Ces marques se repèrent alors souvent mieux sur les oreilles. La hauteur de la coquille au moment du stress (mesuré de l'umbo jusqu'à la marque de stress) peut alors être estimée grâce à des relations d'allométrie reliant la taille finale (hauteur) (TF) ou la taille (hauteur) au passage en mer (TPEM) de la coquille, à la longueur finale (TOA et TOP) ou la longueur au passage en mer (TOAPEM ou TEPPEM) de chaque oreille ou de la charnière (TCF ou TCPEM). Ces différentes mesures sont illustrées par la **figure 5**. Ces relations d'allométrie ont été établies pour les lots B1, B2 et SB (voir chapitre suivant). Les coefficients de corrélation sont significativement différents de zéro ($\alpha = 5\%$). Les résultats obtenus sont reportés dans le **tableau 2** à titre d'indication.

Il est possible d'observer sur une même coquille plusieurs "marques de stress", indépendantes du passage en mer et d'origine inconnue, traduisant des stress incontrôlés par l'expérimentateur et pouvant être liées aux conditions de stabulation comme à des variations des facteurs de l'environnement. Ces marques sont en général assez proches l'une de l'autre et plus rares chez les coquilles plus âgées. La présence de telles marques surnuméraires pose deux problèmes essentiels :

- le choix de la marque à prendre en compte est difficile et devient subjectif ; en règle générale, la marque correspondant à la taille de la coquille la plus proche de la taille au passage en mer est choisie ;

- un artefact dans le dénombrement des stries car on ne connaît pas l'influence de ces stress sur le nombre de ces dernières ainsi que le retard de croissance qu'ils sont susceptibles d'occasionner.

Une difficulté apparaît dans le dénombrement des stries, due à la présence de stries "subjournalières", plus fines et plus ténues, entre les stries "journalières" plus épaisses et espacées régulièrement. Par convention, nous avons dénombré uniquement les stries "complètes", c'est à dire celles que l'on peut suivre sur toute la hauteur de l'oreille. Il convient toutefois de préciser que cette lecture, basée sur l'allure générale des stries, reste assez subjective.

Le dénombrement des stries sur les coquilles issues de la première expérimentation a été effectué sur les deux oreilles pour chaque individu. Le nombre de stries n'étant pas toujours égal pour les deux oreilles, nous avons voulu tester si cette différence était significative. Les variances ne différant pas significativement au seuil $\alpha = 5\%$, un test t de comparaison de deux moyennes fut appliqué pour les lots B1, B2 et SB :

$$t = \frac{m_A - m_B}{\sqrt{\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_P^2}{n_P}}}$$

avec m_A = moyenne du nombre de stries sur l'oreille antérieure,
 m_B = moyenne du nombre de stries sur l'oreille postérieure,
 n_A = nombre de lectures sur l'oreille antérieure,
 n_B = nombre de lectures sur l'oreille postérieure,
 S_A^2 et S_P^2 = variances estimées.

La différence du nombre de stries entre les deux oreilles est significative dans chacun des trois lots. Le nombre de stries comptées sur l'oreille postérieure est supérieur dans 80 % à 96 % des cas au nombre de stries dénombrées sur l'oreille antérieure. Cette différence varie de 1 à 9 stries. Nous avons choisi de conserver le nombre de stries le plus élevé, plus représentatif que la moyenne (CLARK, 1968), et par conséquent d'effectuer les comptages ultérieurs préférentiellement sur l'oreille postérieure.

Le problème de la **taille de l'échantillon** à adopter se pose également. Celui-ci doit être suffisamment grand afin de pouvoir utiliser correctement les moyens statistiques et obtenir une précision acceptable, sans toutefois que le comptage soit excessivement consommateur de temps (un observateur entraîné peut traiter une coquille en moins de 5 minutes). La pratique, pour un travail en routine, impose un maximum de 30 coquilles lues (2 heures pour un lecteur entraîné). Nous avons

calculé, pour les lots passés en mer (voir § 3.1), la précision (E) sur le retard que l'on aurait obtenue pour un échantillon de **30 coquilles lisibles (n)** :

$$E = \frac{X s}{m n}$$

avec $X = 1,96$ pour $\alpha = 5 \%$
 m = retard moyen
 s = écart type du retard moyen

Cette précision est de 5% à 19% ; elle est considérée comme acceptable.

Remarque : la lisibilité étant de 88% à 94%, il faut, pour avoir 30 coquilles lisibles, prélever un échantillon de $30 \pm 20\% = 36$ coquilles, soit 40 coquilles en pratique.

Pour chaque expérience évoquée dans cette étude, **seules les coquilles vivantes ont été examinées**, ce qui cause un biais dans l'interprétation de l'intensité du stress. En effet, les coquilles mortes sont sans doute celles ayant été les plus stressées et qui présentant les stress les plus marqués, qui ne sont donc pas pris en compte dans le calcul de l'indice moyen de stress.

La technique de lecture et le procédé de qualification d'un stress décrits dans ce chapitre ont été utilisés dans l'étude du stress du passage en mer des juvéniles de coquille Saint-Jacques, en tenant compte des problèmes évoqués.

3. ESSAIS D'APPLICATION A L'ANALYSE DU STRESS DE PASSAGE EN MER.

Trois séries d'expériences ont été envisagées. La première est consacrée à une étude du stress global du passage en mer sur des lots transférés de la manière classique (§ 1.1.). Les deux autres expériences ont été réalisées en parallèle avec des travaux zootechniques mis en oeuvre par PHILIPPE (1991) et axées sur l'analyse des "stress élémentaires" émergence et défixation.

3.1. Etude de lots passés en mer.

3.1.1. Matériel et méthodes.

6 lots de juvéniles ont été étudiés ; l'historique de chacun d'eux est résumé dans le **tableau 3**.

Tableau 3 : historique des lots passés en mer

Echantillon	Site de prégros TM	nurserie	tf	dPEM	nb	type de casier	densité /m ²	dc ou sortie*	tc (mm)
B1	Brest (Ste Anne)	Tinduff	1h	21/05/91	380000	casiers Colas	20000	11/07/91*	16.2*
B2	Brest (Ste Anne)	Argenton	1/2h	31/05/91	30000	caisses en bois	30000	18/07/91*	14.8*
SB	St Briec	Tinduff	2h	07/05/91	1700000	casiers Colas	20000	17/07/91*	12.9*
M1	Morlaix	Argenton	1h	11/04/91	40000	caisses en bois	16000	31/05/91 13/08/91*	8.7
M2	Morlaix	Argenton	1h	31/05/91	25000	caisses en bois	16500	13/08/91*	12.8*
Q1	Quiberon	Argenton	3h	05/06/91	32000	casiers Colas	16000	02/08/91*	8.0*

tf = temps de transfert;

dPEM = date de passage en mer;

nb = nombre d'individus au passage en mer;

dc = date du changement de casier ou de sortie (*);

tc = taille moyenne au changement de casier ou à la sortie(*).

Les individus des lots utilisés ici sont étudiés en fin de première phase, excepté le lot M1 qui a subi un changement de casier.

3.1.2. Résultats zootechniques (FLEURY, 1991).

Le lot M1 fait partie d'un ensemble de post-larves passées en mer mi-avril 1991 et provenant de la ponte n° 91.01 d'Argenton. La refixation du naissain sur les casiers a été très mauvaise, induisant des survies très médiocres, de 0 % à 10 %. La

Tableau 4 . Résultats des mesures des coquilles et du dénombrement des stries de croissance sur les lots de *Pecten maximus* passés en mer.

Codes échantillons		B1	B2	SB	M1	M2	Q1
Effectif		50	50	50	20	27	6
Nombre de coquilles lisibles		47	45	44	10	14	6
Taille observée au stress (mm)	P.E.M.	4.7 (1.0)	2.6 (0.5)	2.6 (0.7)	3.0 (0.7)	1.9 (0.5)	3.1 (0.8)
	C.C.	-	-	-	9.0 (2.4)	-	-
Taille finale (mm)		16.2 (2.1)	14.8 (2.1)	12.9 (2.5)	18.5 (3.2)	12.5 (2.5)	25.4 (1.9)
Durée d'élevage en mer (jours)	P.E.M.→C.C.	51	47	72	51	74	82
	C.C.→fin	-	-	-	73	-	-
Croissance journalière ($\mu\text{m/j}$)	P.E.M.→C.C.	228 (0.03)	263 (0.03)	143 (0.03)	125 (0.02)	147 (0.03)	275 (0.03)
	C.C.→fin	-	-	-	130 (0.03)	-	-
Survie (%)	phase 1	16	3	25	10	4	0
	phase 2	-	-	-	100	-	-
Retard (jours)	P.E.M.→C.C.	8.6 (3.1)	5.1 (2.7)	29 (6.1)	27.2 (3.9)	30 (4.5)	8 (5.0)
	C.C.→fin	-	-	-	31 (6.3)	-	-

P.E.M. = passage en mer

C.C. = changement de casier (passage en phase 2) ou prélèvement pour étude.

Les chiffres entre parenthèses donnent les écarts-types.

généralité du phénomène sur tous les sites incriminerait la qualité initiale des post-larves. La taille des post-larves montre que les mortalités ont été consécutives au transfert.

Les lots B1, B2 et M2 font partie d'un ensemble de postlarves passées en mer fin mai 1991 et provenant de la ponte n° 91.04 d'Argenton. La refixation sur les caisses a paru correcte. Les résultats sont cependant décevants, incriminant encore la qualité initiale des postlarves. La mortalité a eu lieu peu après le transfert.

Le lot SB provient de l'écloserie-nurserie du Tinduff et montre une survie médiocre (25 % en fin de phase 1 au lieu de 40%).

3.1.3. Dénombrement des stries.

Les résultats issus des mesures des coquilles et du dénombrement des stries de croissance sont reportés dans le **tableau 4**. La taille observée au stress est la hauteur de la coquille, mesurée de l'umbo à la marque traduisant le stress sur la valve gauche.

Les résultats portant sur le retard font en premier lieu apparaître deux groupes de lots :

(1) ceux dont le retard peut être qualifié de raisonnable (**B1** avec 8,6 jours, **B2** avec 5,1 jours et **Q1** avec 8 jours).

(2) ceux dont le retard est beaucoup plus conséquent (**SB** avec 29 jours, **M1** avec 27,2 jours en phase 1 et 31 jours en phase 2, **M2** avec 30 jours). Le lot **SB** provenant de Saint-Brieuc montre un retard important accompagné d'une croissance moyenne journalière faible (la croissance moyenne journalière de *P. maximus* à cette saison et à cet âge est de 200 à 300 μm par jour). On retrouve fréquemment sur les coquilles de ce lot une autre "marque de stress", antérieure à la marque considérée comme la trace du passage en mer, pour une hauteur de la coquille de 1,8 mm. Ce stress n'a cependant pas pu être expliqué par une perturbation survenue durant l'élevage à l'écloserie du Tinduff. On ne connaît pas le retard de croissance qu'il a pu occasionner et par conséquent son influence sur la taille au passage en mer. D'autre part, les coquilles du lot **SB** révèlent fréquemment d'autres marques de stress, postérieures à la marque du passage en mer, et dont le nombre et la position sont variables suivant les individus. Ces perturbations, non contrôlées par l'expérimentateur, restent d'origine inconnue. Rappelons toutefois que ce lot a été immergé en mer le 7 mai 1991, puis émergé le 22 mai, soit 15 jours après, pendant 1/2 heure, avant d'être réimmergé dans un autre lieu. Cette manipulation pourrait expliquer un des stress surnuméraires observés.

Les retards importants affectant les lots **M1** et **M2** sont à relier avec les survies médiocres et sont sans doute attribués également à la mauvaise qualité initiale des postlarves. Les coquilles du lot **M1** présentent toutes des stress surnuméraires. Un de ces stress apparaît en moyenne à 9,0 mm et pourrait donc correspondre à une perturbation occasionnée lors du changement de casier. Les autres marques se situent généralement entre ces deux événements, au nombre de une ou deux (exemples : la coquille n°3 montre des marques à 3,0 mm, 4,5 mm et 9,5 mm ; la coquille n° 13 montre des marques à 3,1 mm, 4,7 mm et 9,5 mm ;). Leur présence n'a pas trouvé d'explication et leur influence sur la croissance est difficile à évaluer. D'autre part, les stries sont souvent illisibles entre ces stress successifs. Les coquilles du lot **M2** présentent également des marques surnuméraires très proches de la marque de passage en mer, ce qui rend le choix de cette dernière difficile.

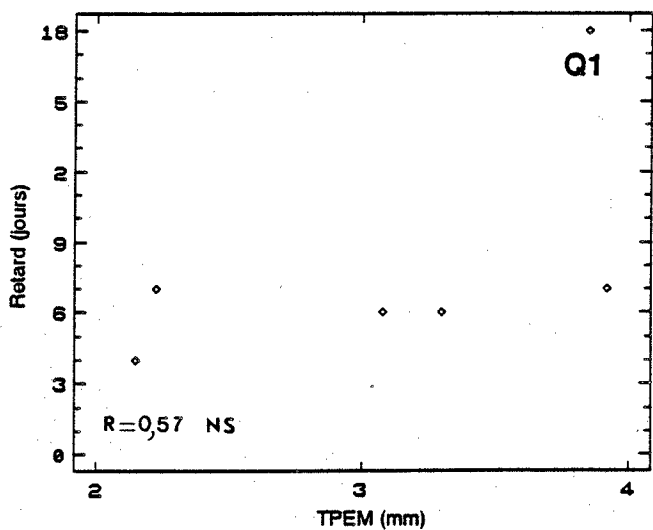
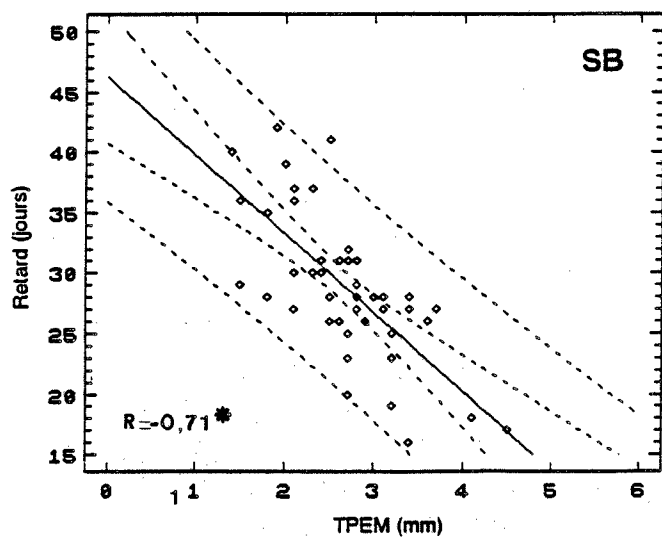
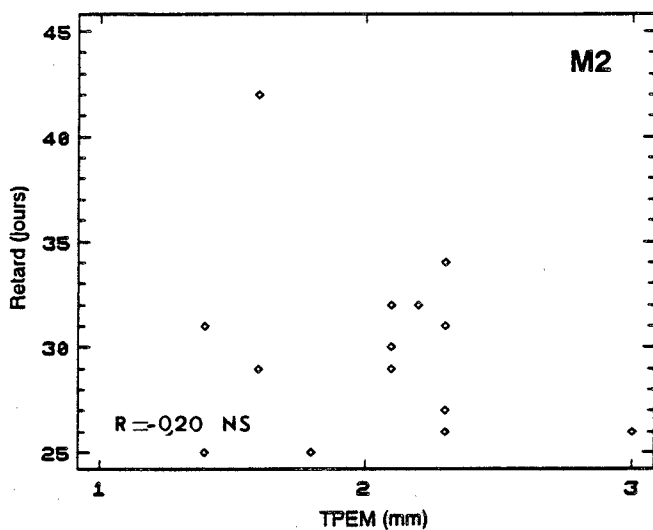
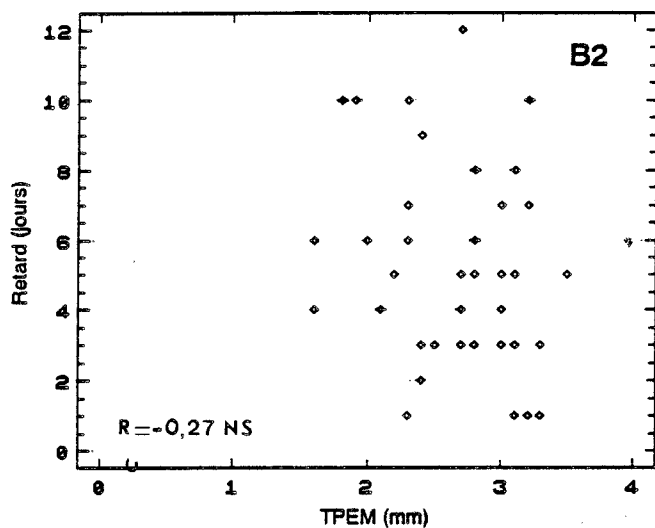
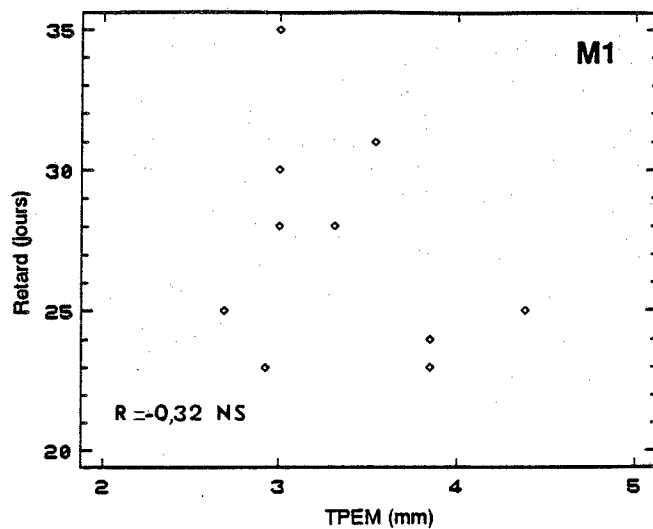
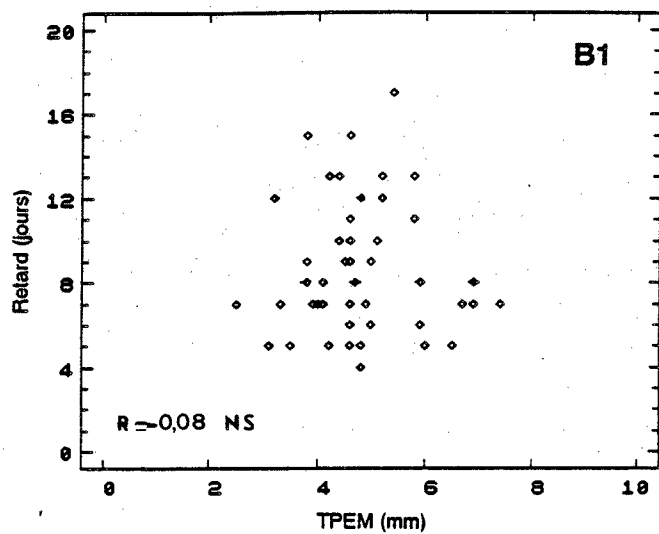


Figure 6 . Retard de croissance (en nombre de jours) en fonction de la taille observée au passage en mer (TPEM) chez *P. maximus*.

3.1.4. Influence de la taille au passage en mer.

LE MESTRE (1990) a tenté de définir une variation de la résistance des post-larves au passage en mer en fonction de la **taille moyenne** du lot. Ses expériences ont porté sur des animaux de 1,8 mm, 2,4 mm, 3,0 mm et 4,6 mm de hauteur. Les conclusions tirées, bien qu'à confirmer, semblent être une mortalité qui diminue quand la taille des post-larves augmente. Il ne faut cependant pas dépasser la taille de 4 mm au delà de laquelle la refixation est mauvaise et la mortalité augmente.

Sur les graphes de la **figure 6** sont reportés pour chaque échantillon les retards (en jours) par rapport à la taille de passage en mer mesurée. La corrélation n'est pas significative au seuil de 5 %, sauf pour le lot SB sur lequel on peut observer une diminution du retard de croissance lorsque la taille au passage en mer augmente, ici jusqu'à 4,8 mm.

3.1.5. Discussion et conclusions.

Le retard observé sur les survivants les moins stressés, dont les individus ne présentent pas un nombre important et fréquent de stress supplémentaires est de 5 à 8 jours. Faute de référence, nous ne pouvons juger si ce retard est "normal". Cette référence devrait être calculée sur un lot dit "standard", de bonne qualité, avec une survie de 40 % en phase 1. Il ne fut pas possible de disposer d'un tel lot cet été. Il convient de remarquer que ce retard "raisonnable" correspond cependant à des survies médiocres et qu'il faut donc relativiser les résultats.

Les retards importants, jusqu'à 30 jours, se rencontrent avec ou sans accentuation de la mortalité. Le retard du lot M2 en phase 2 est particulièrement étrange compte tenu que cette phase est ordinairement la moins problématique du prégrossissement avec des survies de 90 % à 100 %.

Remarque : Le changement de casier (passage de la phase 1 à la phase 2) occasionnerait un stress supplémentaire affectant la croissance. Il serait peut-être bon de pouvoir supprimer cette opération ou d'en améliorer les conditions. Il convient cependant de remarquer que cette dernière n'affecte pas la survie des coquilles qui est toujours très satisfaisante en phase 2.

3.2. Etude des stress élémentaires d'émersion et de défixation.

Cette approche est réalisée en parallèle avec les travaux zootechniques de PHILIPPE (1991). Afin de mieux cerner les problèmes survenant lors du passage en mer des post-larves, ce stress complexe est décomposé en plusieurs **stress élémentaires**. Dans le **tableau 5** sont listés les stress élémentaires occasionnés lors du transfert des post-larves de la nurserie, à terre, à la station de prégrossissement, en mer (PHILIPPE, 1991). De nombreux facteurs peuvent influencer sur le bon déroulement de cette opération, notamment :

- le facteur humain,
- la santé des post-larves et leur nourriture,
- les températures (chocs thermiques),
- les durées d'émersion,
- la défixation ou non des post-larves.

Au lieu de réaliser une comparaison complexe de tous ces stress, nous avons préféré nous limiter à une analyse des conséquences de la défixation et de l'émersion qui semblent être les causes principales de mortalité.

Tableau 5 . Liste des stress élémentaires d'un passage en mer (d'après PHILIPPE, 1991)

Stress élémentaires	Facteurs aggravants
Défixation au pinceau	- opérateur plus ou moins novice - pressé
Emerision	- durée - choc thermique eau/ air
Mise en filtre à café	- densité variable - entassement, blessure
Mise en glacière	- entassement des filtres (?)
Transport	- durée - température - chocs
Réimmersion en casiers (en bassin à terre)	- choc thermique air/ eau - oxygénation de l'eau
Refixation	- faiblesse des animaux - état du byssus
Réalimentation	- changement de nourriture
Séjour d'une nuit en bassin	- amplitude thermique jour/nuit
Nouvelles manipulations : émersion, bateau, ...	- délicatesse des opérateurs - choc thermique eau/ air - durée émersion
Immersion en mer et risque de défixation	- choc thermique air/ eau - clapot - descente plus ou moins brusque - refixation du byssus plus ou moins solide.
Nouvelle alimentation	- phytoplancton dans le milieu

3.2.1. Données antérieures, physiologiques et zootechniques.

Peu de renseignements sont disponibles sur le fonctionnement de l'appareil byssogène de *Pecten maximus*. Des études à ce sujet ont été effectuées sur d'autres Pectinidae, tel *Chlamys varia* ("pétoncle noir"), espèce restant fixée à l'âge adulte. D'après MAHEO (1968, cité dans PHILIPPE, 1991), la racine du byssus est maintenue dans le pied par une contraction permanente des fibres musculaires qui ceinturent la cavité lamelleuse du pied. Si l'animal veut se déplacer, les muscles pédieux se relâchent, le byssus est rejeté et l'animal immédiatement libéré. Pour OHEIX (1990, cité dans PHILIPPE, 1991), la partie organique qui semble parfois arrachée avec le byssus correspond en fait à la racine. Il est également remarquable que lorsque le byssus est sectionné au niveau des points d'attache, l'animal l'expulse entièrement puis en régénère un nouveau. Cette mutilation naturelle, ainsi que l'absence de lésions tissulaires nous amènent à conclure que le détachement ne devrait pas entraîner de blessure importante, mais qu'il peut fatiguer l'individu.

En ce qui concerne *Pecten maximus*, il n'est pas sûr que l'animal ait le même pouvoir de régénération du byssus et il est possible que les défixations successives en nurserie finissent par épuiser cette faculté de régénération (PHILIPPE, *comm. pers.*).

LE MESTRE (1990) a essayé différents transferts expérimentaux en étudiant les paramètres suivants :

- la taille du passage en mer,
- la durée d'émersion,
- la température durant l'émersion.

Malgré le faible nombre d'expériences et la variabilité inter-lot, certaines conclusions peuvent être retenues :

- . la mortalité baisse en partie si la taille des post-larves avoisine 3 à 4 mm ; en revanche, la refixation des animaux est délicate à de telles tailles ;
- . la mortalité diminue avec le temps d'émersion, le seuil apparaissant nettement aux environs de 4 h. ;
- . la survie des animaux s'avèrerait meilleure s'ils sont émergés à une température avoisinant 10°C, plutôt que 4°C ou 17°C.

3.2.2. Matériel et méthode.

Toutes les manipulations ont eu lieu à l'écloserie-nurserie de l'IFREMER à Argenton (30 km au nord de Brest). L'eau utilisée provient d'un vivier qui se remplit à marée haute. Elle est pompée puis acheminée vers la station en passant par un filtre à sable retenant les particules supérieures ou égales à 50 µm. Une production de microalgues, en salle thermostatée (18,5 °C) puis sous serre, respectivement en petits et grands volumes, est utilisée pour nourrir les animaux.

Deux élevages de post-larves ont été utilisés issus de :

- une ponte du 03 juin 1991 (n° 91.08) de souche brestoïse (**Lot 1**),
- une ponte du 1^{er} juillet 1991 (n° 91.09), croisement de souches brestoïses et briochines (**Lot 2**).

Les animaux du lot 1 ont été soumis aux stress aux tailles de 1 et 2 mm et les animaux du lot 2 à 1 mm seulement.

Des "pincées" d'environ 50 post-larves ont été placées dans des petits tamis carrés à paroi en PVC et fond de maille de 350 μm . Les stress expérimentaux appliqués aux différents échantillons sont résumés ci dessous :

N0 : pas de défixation, pas d'émersion (témoin)
N4 : pas de défixation, émersion 4 heures
D0 : défixation, pas d'émersion
D3 : défixation, émersion 3 heures
D4 : défixation, émersion 4 heures
D5 : défixation, émersion 5 heures

La défixation a été réalisée de façon mécanique au pinceau. Les coquilles non défixées avaient été fixées au préalable sur des morceaux de nappe de filet de maillage 400 μm afin de permettre leur transfert direct des barquettes dans les petits tamis.

L'émersion fut effectuée dans une salle d'algues thermostatée à 18,5°C. Après l'émersion, chaque petit tamis a été remis en eau dans des "raceways" alimentés en phytoplancton par le circuit d'algues général de l'écloserie.

3.2.3. Résultats zootechniques (PHILIPPE, 1991).

Les critères identifiant l'état biologique des animaux sont la **refixation** et la **survie**.

Lot 1 ; 1 mm : ce lot a subi une forte mortalité après 10 jours d'expérimentation, la cause de cet incident étant probablement due à l'augmentation brutale de la température de l'eau de mer survenue au 8^{ème} jour. Les résultats néanmoins obtenus sont illustrés par les graphes des **annexes 1 et 2**. Ils indiquent que les juvéniles, bien qu'étant défixés, peuvent se refixer rapidement en 3 jours, mais en nombre plus ou moins important selon les durées d'émersion qui leurs sont infligées. Les pourcentages de refixation montrent bien un seuil de tolérance situé entre 3 et 4 heures d'émersion.

Lot 1 ; 2 mm : les résultats obtenus sont illustrés par les graphes **des annexes 3 et 4**. Le seuil de tolérance de 4 heures à l'émersion n'apparaît pas. Un gradient d'environ 15% par heure d'émersion supplémentaire est observé pour les taux de refixation comme pour les pourcentages de survie. Une défixation spontanée des individus non défixés au départ est également notée. Dans l'ensemble, les animaux non défixés ont le meilleur taux de survie, même après une émersion de 4 heures.

Lot 2 ; 1 mm : les résultats obtenus sont illustrés par les graphes des **annexes 5 et 6**. La défixation spontanée des animaux non défixés au départ est également observée et caractérise en fait un lot de post-larves de mauvaise qualité, ce qui se retrouve au niveau de la survie. Les survies montrent une nette différence entre les animaux défixés (quasiment tous morts en 18 jours) quels que soient les temps

Tableau 6 . Résultats des mesures des coquilles et du dénombrement des stries de croissance chez les individus de *P. maximus* du lot 1 "stressés" à 2 mm.

Codes échantillons	D0	D3	D4	D5	N4	
Stress {	Défixation	OUI	OUI	OUI	OUI	NON
	Emersion (heures)	0	3	4	5	4
Effectif	30	30	29	8	30	
Nombre de coquilles lisibles	28	29	26	7	28	
Taille moyenne observée au stress (mm)	3.4 (0.5)	3.5 (0.6)	3.5 (0.6)	3.7 (0.9)	3.7 (0.8)	
Taille finale (mm)	10.4 (1.3)	12.2 (1.5)	12.3 (1.5)	11.2 (2.8)	13.1 (2.1)	
Durée d'élevage (jours)	41	41	41	41	41	
Croissance moyenne journalière ($\mu\text{m/j}$)	170 (0.03)	216 (0.03)	214 (0.03)	198 (0.04)	230 (0.04)	
Survie (%) à 18 jours	70	38	22	6	74	
Nombre de stries	36.7 (2.4)	38.3 (4.8)	37.8 (3.2)	34.4 (6.2)	37.4 (2.9)	
Retard (jours)	4.3 (2.4)	2.6 (4.8)	3.2 (3.2)	6.6 (6.2)	3.6 (2.9)	
Intensité du stress (%) {	indice 0		3	0	0	0
	indice 1		30	3	0	27
	indice 2		37	41	43	63
	indice 3		7	0	14	3
	indice 4		17	38	43	7
	indice 5		7	17	0	0
Indice moyen de stress		2.2 (1.3)	3.2 (1.2)	3.0 (0.9)	1.9 (0.7)	

Les chiffres entre parenthèses donnent les écarts-types.

d'émersion, et les animaux non défixés qui montrent 40% de survie malgré la mauvaise qualité générale du lot.

Les deux lots n'étaient pas de bonne qualité. Les résultats obtenus permettent toutefois de conclure que la **défixation apparaît être le stress prépondérant affectant le pourcentage de refixation ultérieur et la survie.**

3.2.4. *Dénombrement des stries.*

Les résultats issus des mesures des coquilles et du dénombrement des stries de croissance sont reportés dans le **tableau 6**.

Lot 1 ; 1 mm : les coquilles, translucides et de trop petite taille, n'ont pas pu être exploitées pour le comptage des stries, illisibles dans ce cas.

Lot 1 ; 2 mm : les expériences "témoin" (N0) n'ont pas été réalisées. Le retard, l'indice moyen de stress et la croissance journalière sont reportés sur le graphe de la **figure 7**. Un problème apparaît au niveau de la taille moyenne observée au stress, qui, dans chaque échantillon, ne correspond pas à la taille donnée de 2 mm. Deux explications sont possibles :

- les coquilles ont été réellement stressées à une taille supérieure à 2 mm, et dans ce cas la taille donnée est fautive,
- le choix de la marque du stress expérimental visible sur la coquille est erroné,
- seules les plus grosses coquilles ont survécu; cette dernière hypothèse est la plus plausible.

Lorsque l'on considère le lot **D0**, toutes les coquilles présentent un à cinq stress supplémentaires indépendants du stress expérimental. Un premier stress est présent sur 15 coquilles vers 1,1 mm en moyenne mais la lisibilité des stries à partir de cette marque est nulle. Les stries ne sont visibles généralement qu'à partir de la troisième marque repérée, choisie comme la marque traduisant le stress expérimental. De plus, lorsque les stries sont comptées, quand elles sont visibles, à partir d'une marque antérieure, leur nombre est toujours supérieur au nombre de jours d'élevage. Par exemple, la coquille n° 5 montre 5 "marques de stress", à 1,3 mm, 3,7 mm, 6,1 mm et 9,2 mm ; 51 stries sont comptées à partir de 1,3 mm pour 41 jours d'élevage et 38 stries sont dénombrées à partir de la trace à 3,7 mm qui a été choisie comme la marque du stress expérimental. De même pour la coquille n° 10, avec 4 "marques de stress" à 1,1 mm, 3,6 mm, 6,4 et 9,2 mm, avec 60 stries à partir de 1,1 mm et 42 stries à partir de la marque à 3,6 mm, choisie comme étant la traduction du stress expérimental.

Le choix de la marque de stress expérimental n'est pas ambigu pour les échantillons **D3**, **D4** et **D5** dont les coquilles présentent rarement plusieurs stress au voisinage de la taille du passage en mer. Les coquilles de l'échantillon **N4** montrent quelquefois plusieurs stress mais ce phénomène n'est pas aussi systématique que pour **D0**.

Le retard n'est pas significativement différent quel que soit le nombre d'heures d'émersion. En revanche, la croissance moyenne journalière est la plus faible pour **D0**, ce qui peut être dû à la présence des stress surnuméraires, et la plus élevée pour **N4**, c'est à dire pour les individus qui n'ont pas été défixés. L'indice de stress ne présente pas non plus de différence significative entre les échantillons **D3**, **D4**, **D5** et **N4**, bien qu'il soit plus faible chez les coquilles non défixées.

Tableau 7 . Résultats des mesures des coquilles et du dénombrement des stries des individus de *P. maximus* du lot 2 "stressés" à 1 mm.

Codes échantillons	D0bis	N0bis	N4bis
Stress { Défixation Emersion (heures)	OUI	NON	NON
	0	0	4
Effectif	6	25	20
<hr/>			
Nombre de coquilles lisibles	1	25	20
Taille moyenne observée au stress (mm)	1.9 (-)	1.4 (0.2)	1.5 (0.2)
Taille finale (mm)	11.0 (-)	10.3 (1.3)	9.9 (1.3)
Durée d'élevage (jours)	47	47	47
Croissance moyenne journalière ($\mu\text{m/j}$)	193 (-)	188 (0.03)	184 (0.03)
Survie (%) à 18 jours	6	40	46
<hr/>			
Nombre de stries	50 (-)	48.7 (2.9)	49.6 (2.8)
"Retard" (jours)	-3.0 (-)	-1.7 (2.9)	-2.6 (2.8)
Intensité du stress (%) { indice 0 indice 1 indice 2 indice 3 indice 4 indice 5	0	10	17
	0	48	55
	100	34	28
	0	7	0
	0	0	0
	0	0	0
Indice moyen de stress	2.0 (-)	1.4 (0.8)	1.1 (0.7)

Les chiffres entre parenthèses donnent les écarts-types.

Remarque : en règle générale, la marque observée semble être la traduction d'un stress peu important car une superposition apparente de plusieurs stries est rarement observée ; de plus, à la suite de cette marque, les stries visibles restent bien nettes et espacées régulièrement, leur succession ne semblant pas être perturbée.

Lot 2 ; 1 mm : les résultats, issus des mesures des coquilles **survivantes** et du dénombrement des stries sont reportés dans le **tableau 7** . Le retard, l'indice moyen de stress et la croissance journalière sont reportés sur le graphe de la **figure 8** (rappelons que les animaux des échantillons D3, D4 et D5 sont tous morts en 18 jours et les coquilles mortes n'ont pas été conservées).

Dans l'échantillon **D0bis** , une seule des 6 coquilles examinées a pu être retenue, les stries étant illisibles ou le choix de la marque de stress trop ambigu sur les 5 autres. Par exemple, la coquille n°1 présente deux stress rapprochés, un à 1,7 mm, à partir duquel 54 stries sont dénombrées, et un à 2,1 mm, à partir duquel 50 stries sont comptées. Seule la coquille n° 4 a été retenue, avec une seule marque à 1,9 mm.

Pour chaque échantillon, le nombre de stries comptées à partir de la marque de stress est supérieur au nombre de jours d'élevage, ce qui conduit à des valeurs négatives du retard. Ce fait peut trouver une explication dans :

- une position erronée de la marque de stress,
- le dénombrement de stries "subjournalières" malgré la convention décrite dans § 2.3,
- certaines coquilles fabriquent réellement plus d'une strie par jour (signe d'une très bonne santé ?).

Il est actuellement difficile de préciser le facteur conduisant à de tels résultats.

Ni le "retard", ni la croissance journalière ni l'indice de stress ne diffèrent de façon très nette entre les échantillons.

3.2.5. Discussion et conclusion.

L'analyse des stries donne des résultats biaisés par l'absence d'observation sur les coquilles mortes qu'il aurait fallu conserver.

Le comptage des stries n'apporte pas vraiment d'information sur les rôles respectifs de l'émersion et de la défixation.

3.3. Essais de transfert sans défixation.

La méthode classique du passage en mer des post-larves (voir § 1) n'est que partiellement satisfaisante puisqu'elle cause 60 à 70 % de mortalité. D'après les résultats zootechniques, la défixation est un stress important pouvant occasionner la mort des post-larves. Il faut donc tenter d'éviter aux post-larves le détachement en nurserie, grâce à l'utilisation de différents supports, placés dans les barquettes lors de la métamorphose et transférés par la suite directement dans les casiers de prégrossissement en mer. De telles manipulations présenteraient un certain nombre d'avantages :

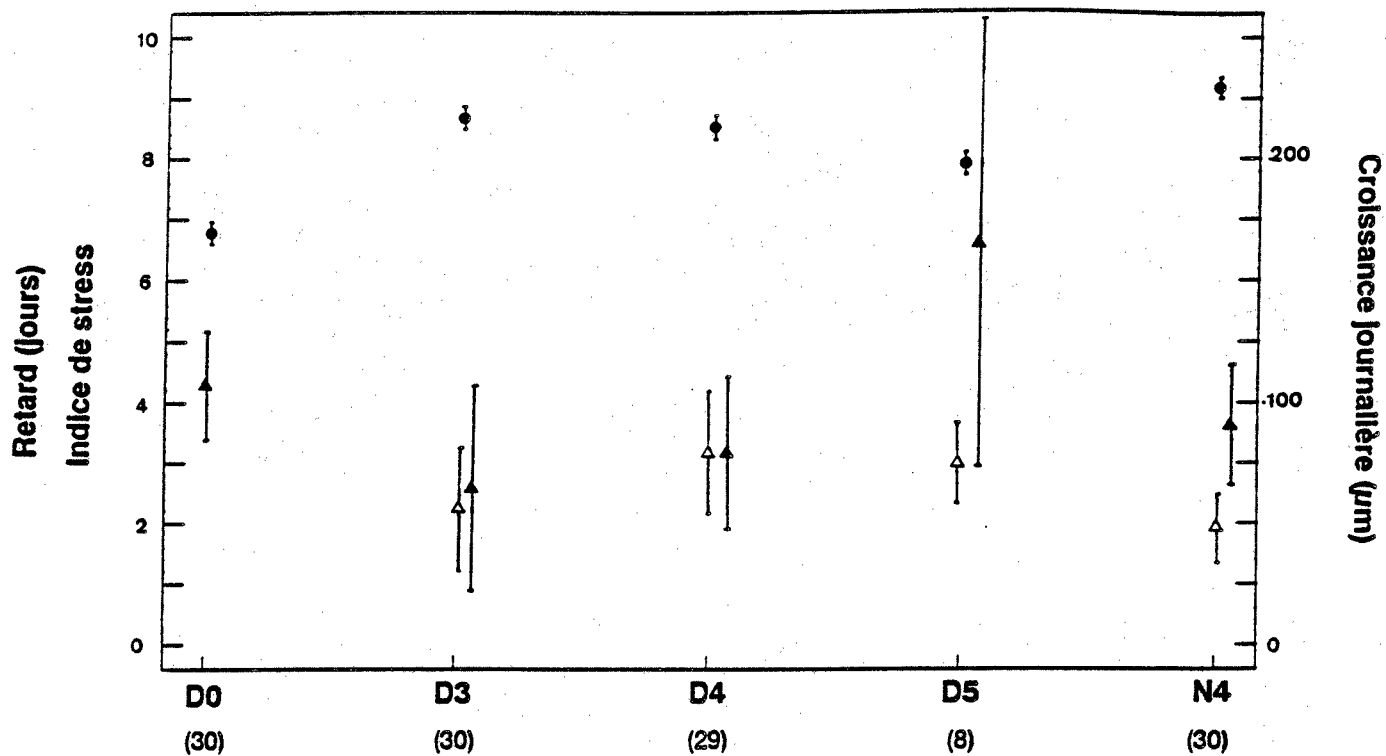


Figure 7 . Représentation graphique du retard (▲), de l'indice moyen de stress (△) et de la croissance journalière (●) pour le lot 1 ; 2 mm. Les barres verticales représentent les intervalles de confiance pour $\alpha = 5\%$. Les chiffres entre parenthèses donnent les effectifs de chaque échantillon.

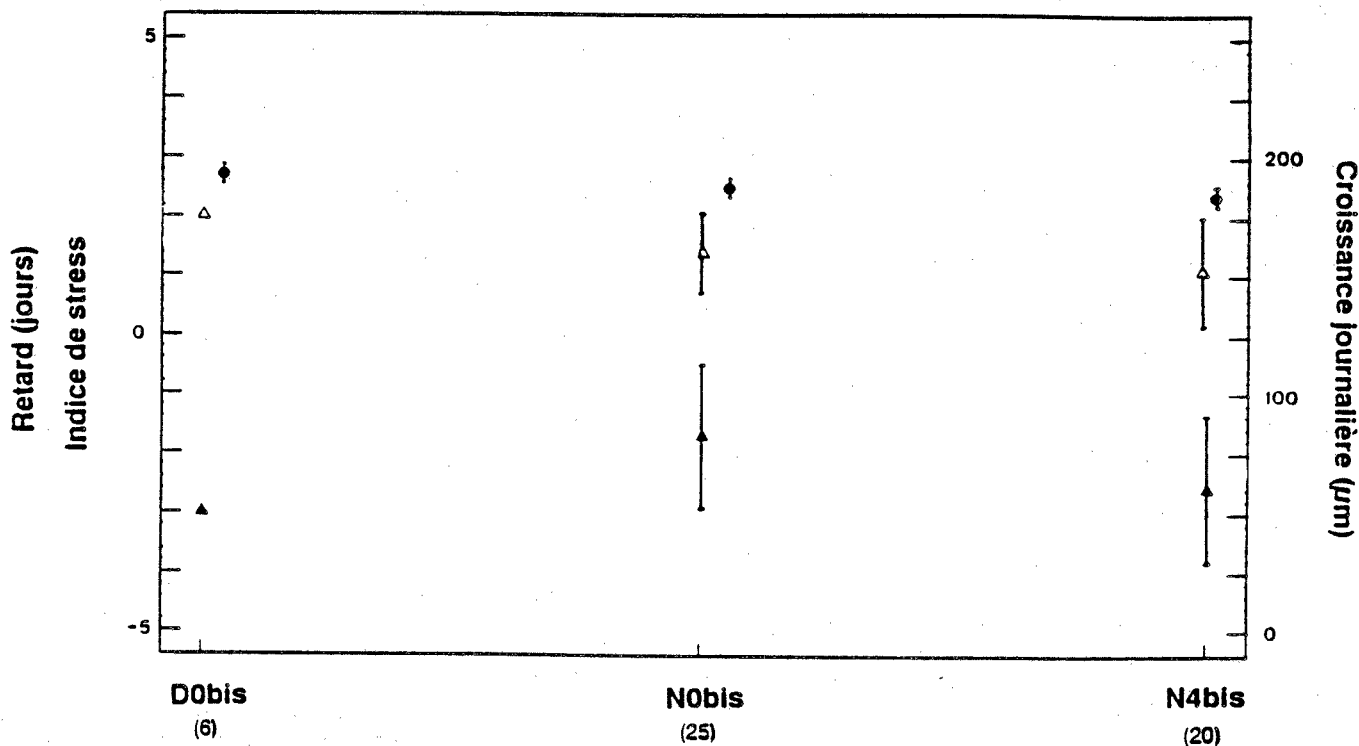


Figure 8 . Représentation graphique du retard (▲), de l'indice moyen de stress (△) et de la croissance journalière (●) pour le lot 2 ; 1 mm. Les barres verticales représentent les intervalles de confiance pour $\alpha = 5\%$. Les chiffres entre parenthèses donnent les effectifs de chaque échantillon.

- un gain de place en nurserie, grâce à une utilisation en volume et non plus seulement en surface (fond de barquette),
- un allègement de la biomasse en nurserie, dû au transfert plus précoce, d'où une baisse des coûts de productions (moins d'algues fourrages notamment),
- obtenir éventuellement une meilleure fixation,
- éviter le maillage de 500 μm dans les casiers "Colas" ; ces derniers se colmatent trop vite et nécessitent parfois une opération supplémentaire de changement de maillage.

3.3.1. Matériel et méthode.

Des lots issus des mêmes pontes que dans l'expérience précédente ont été utilisés. Plusieurs types de support ont été testés :

- **P.V.C.**, en référence à l'importante fixation des post-larves sur les parois des barquettes en P.V.C.,
- **Polyéthylène**, déjà utilisé comme collecteur à huîtres,
- **Grillage** en nylon de mailles 1,5 mm, permettant une meilleure circulation de l'eau,
- **Nidabeille**, structure en aluminium développant une surface très importante.

Les résultats zootechniques portent sur les expérimentations en nurserie, sur le passage et le prégrossissement en mer (fixation sur les supports, croissance, survie). L'analyse des stries ne concerne que le passage en mer et le pré-grossissement, les critères d'analyse étant ceux évoqués dans le § 2.1.

En nurserie, les post-larves ont été réparties dans les barquettes où étaient placés préalablement les différents supports (un lot témoin fut élevé selon la méthode classique) et le taux de colonisation a été noté (nombre d'animaux fixés sur les supports par rapport au nombre total d'animaux vivants dans les barquettes).

Pour le transfert en mer, les barquettes ont été transportées enveloppées dans des serpillères humides jusqu'à la station de prégrossissement. Les témoins, ainsi que les coquilles non fixées sur les supports (R), ont été placés dans des casiers "Colas" de maillages 500 μm et 1,5 mm. Par contre, la structure des supports n'étant pas adaptée aux casiers "Colas", ces derniers ont dû être fixés sur des intercalaires permettant également de diviser le casier en deux parties ; deux supports par casier ont donc été installés. Les casiers furent immergés une nuit dans des bassins, puis immergés en mer le lendemain après une observation de la refixation des post-larves sur la toile des "Colas". Les casiers ont été sortis après un mois et demi d'élevage, lorsque les coquilles mesurent environ 10 mm. Le taux de survie fut alors noté (**Tableau 8**).

3.3.2. Résultats zootechniques (PHILIPPE, 1991).

Les taux de colonisation des supports par les post-larves sont trop faibles (10-20%) pour une application pratique. 80 à 90 % des animaux se fixent sur les barquettes et nécessitent une défixation avant le passage en mer.

Tableau 8 . Résultats des mesures des coquilles et du dénombrement des stries pour les essais de transfert sans défixation chez *P. maximus*.

Codes échantillons *	PE	G	PVC	R	T
Stress **	ND puis E 1/2 h.	ND puis E 1/2 h.	ND puis E 1/2 h.	E 1/2 h. puis D	D puis E 1/2 h.
Effectif	30	15	15	45	30
Nombre de coquilles lisibles	22	15	15	20	22
Taille moyenne observée au stress (mm)	1.3 (0.3)	1.3 (0.3)	1.8 (0.2)	1.6 (0.7)	1.16 (0.3)
Taille finale (mm)	13.4 (3.0)	13.8 (2.4)	16.5 (2.2)	13.5 (2.5)	13.8 (2.2)
Durée d'élevage (jours)	51	51	51	51	51
Croissance moyenne journalière ($\mu\text{m}/\text{j}$)	267 (0.05)	255 (0.06)	309 (0.04)	253 (0.05)	264 (0.03)
Survie (%)	91	100	17	-	25
Nombre de stries	48.1 (4.2)	46.9 (6.5)	47.7 (2.6)	42.7 (5.8)	48.2 (1.6)
Retard (jours)	2.0 (3.7)	1.9 (4.8)	0.9 (1.9)	8.3 (5.8)	2.2 (1.8)
Intensité du stress (%)					
{ indice 0	23	53	73	44	18
{ indice 1	68	33	27	28	43
{ indice 2	9	13	0	25	32
{ indice 3	0	0	0	0	4
{ indice 4	0	0	0	2.8	4
{ indice 5	0	0	0	0	0
Indice moyen de stress	0.9 (0.5)	0.6 (0.7)	0.3 (0.4)	0.9 (1.0)	1.3 (0.9)

* PE = polyéthylène; G = grillage plastique; PVC = PVC; R = restants de fonds de barquettes.

** ND = non défixé; D = défixé; E = émerision.

Les chiffres entre parenthèses donnent les écarts-types.

Les taux de survie des post-larves transférées en mer sur les supports sont cependant excellents (65 à 100%) et dépassent nettement ceux du lot témoin transféré classiquement (27%). Ces résultats sont reportés dans les tableaux de l'**annexe 7** et illustrés par les figures de l'**annexe 8**.

Une faible survie des animaux fixés sur PVC lors du passage en mer est observée et difficilement explicable.

3.3.3. Dénombrement des stries.

Les résultats issus des mesures des coquilles et du dénombrement des stries de croissance sont reportés dans le **tableau 8**. Le retard, l'indice moyen de stress et la croissance journalière sont reportés sur la **figure 9**.

Le lot des coquilles non fixées sur un support (**R**) se distingue nettement des autres échantillons avec un retard moyen supérieur. Ce retard est similaire à celui observé précédemment pour les lots B1, B2 et Q1 (§ 3.1). En revanche, le lot témoin (**T**), dont les coquilles ont été transportées de la manière classique (filtre à café,... ?), ne présente pas de différence significative avec les lots non défixés transférés sur supports pour lesquels le retard reste faible du même ordre de grandeur que celui du lot témoin transféré classiquement.

Aucune différence significative entre les types de support n'est observée.

3.3.4. Discussion et conclusions.

Le retard supérieur observé pour le lot **R** peut éventuellement s'expliquer par une certaine faiblesse des coquilles de fond de barquette, alors que les plus mobiles, en meilleure santé, se sont fixées sur les supports.

Le type de support ne semble pas influencer la croissance en mer.

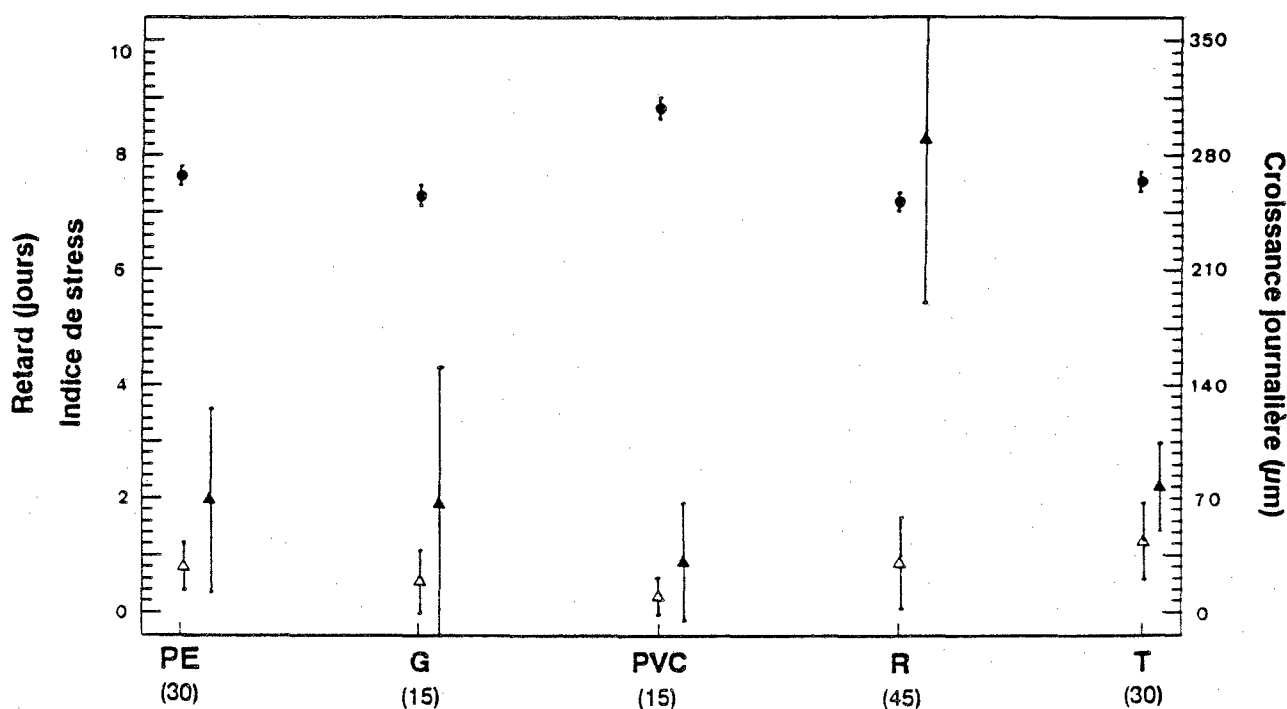


Figure 9 . Représentation graphique du retard (\blacktriangle), de l'indice moyen de stress (\triangle) et de la croissance journalière (\bullet) pour les essais de transfert sans défixation. Les barres verticales représentent les intervalles de confiance pour $\alpha = 5\%$. Les chiffres entre parenthèses donnent les effectifs de chaque échantillon.

4. PERSPECTIVES D'AMÉLIORATIONS ET D'APPLICATIONS.

A travers cette étude préliminaire consacré à l'analyse des stries de croissance sur les juvéniles de *P. maximus* en vue d'une meilleure compréhension des stress au passage en mer, nous avons pu constater que la lecture est possible, relativement aisée et facile à mettre en oeuvre pour un travail de routine. Cependant, certaines améliorations restent à apporter, au niveau de la lecture et de l'interprétation des stries elle-mêmes, au niveau de l'interprétation du stress, ainsi qu'au niveau des protocoles expérimentaux.

4.1. Validation de la périodicité des stries.

La périodicité des stries de croissance sur les coquilles de *Pecten maximus* et des Bivalves en général n'est pas toujours sans ambiguïté. Une étude basée sur le comptage de ces stries devrait, dans la mesure du possible, débiter par une procédure permettant la validation de la chronologie de la formation des stries. Les références à ce sujet sont plutôt rares pour les Bivalves. Les moyens utilisés pour vérifier directement la périodicité des stries de croissance journalière peuvent être inspirés de ceux utilisés pour les otolithes de poissons (BAILLON, 1991) ;

- l'examen de coquilles nées et maintenues en captivité : les post-larves et les juvéniles peuvent être examinés à intervalles réguliers. Le nombre de stries est alors comparé au nombre de jours de vie de l'individu. La méthode est pratique car elle nécessite peu d'investissement pour la coquille d'aquaculture. En revanche, cette approche nécessite la connaissance précise de la date de formation de la première strie.
- la méthode de l'accroissement marginal : les coquilles d'élevage sont collectées toutes les heures pendant une période de 24 heures, ce qui permet de suivre l'évolution de la dernière strie en cours de formation observable au bord de la coquille.
- l'utilisation de marqueurs chimiques : certaines substances comme l'alizarine, le bleu de calcéine, l'orangé de xylénol, la fluorescéine ou la tétracycline laissent sur le matériel calcique une marque fluorescente décelable par un éclaircissement en lumière ultraviolette. Cette trace constitue en quelque sorte l'empreinte dans le temps du moment du marquage. Ces composés chimiques peuvent être administrés par injection (procédé peu pratique pour les juvéniles de Mollusques), par incorporation à la nourriture ou encore par balnéation, le marqueur étant alors absorbé au niveau des branchies. DEY et BOLTON (1978) décrivent cette dernière méthode utilisée chez trois espèces de bivalves (*Crassostrea virginica*, *Mercenaria mercenaria* et *Mytilus edulis*) baignés dans une solution de tétracycline. HURLEY *et al.* (1987) ont utilisé des bains d'alizarine rouge pour des larves de *Placopecten magellanicus*. Mais ce marqueur affecte le comportement et la structure de la coquille de la larve. Cette méthode de validation par marqueur chimique est certainement la plus précise et présente un certain nombre d'avantages : facilité d'obtention des produits, absence d'effet secondaire quand les doses sont soigneusement calculées (du moins chez les poissons), présence tenace dans les tissus vivants ou morts.
- l'utilisation de marques "naturelles" ou "provoquées", traductions de variations physiques de l'environnement (milieu naturel ou contrôlé) ou d'un stress expérimental. La marque ainsi créée à date connue sert de point de référence pour le dénombrement des stries. Cette technique n'est

cependant pas recommandée dans le cas où d'autres discontinuités existantes, témoignages d'évènements survenus avant ou pendant l'expérience, risquent de bouleverser l'interprétation ultérieure. Il faut également veiller à ce que le traitement ne cause pas un trop grave préjudice à la coquille, de façon à ne pas altérer fondamentalement la croissance et la succession des stries.

Avant toute validation utilisant les marques provoquées par un agent chimique, stress ou autre facteur, des travaux préliminaires devront être consacrés à la détermination du temps écoulé entre le moment de l'exposition et sa manifestation au niveau de la coquille.

4.2. Test de reproductibilité des lectures.

Les lectures des stries de croissance et l'interprétation des marques de stress restent soumises à une certaine subjectivité des agents. Il serait bon de pouvoir multiplier les comptages et les lecteurs de façon à pouvoir comparer les différents résultats obtenus et tester la fiabilité des comptages. En ichthyologie, un "indice de pourcentage moyen d'erreur" ("index of average percent error") peut être calculé pour une série répétitive de détermination de l'âge (BEAMISH & FOURNIER, 1981 ; CHILTON & BEAMISH, 1982) de la façon suivante :

soit n le nombre de poissons dont l'âge a été déterminé,
 R le nombre de fois où l'âge de chaque poisson a été calculé,
 X_{ij} la i ème détermination de l'âge du j ème poisson,

$$X_j = 1/R \sum_{i=1}^R X_{ij}, \text{ l'âge moyen calculé pour le } j\text{ème poisson,}$$

l'indice moyen d'erreur s'écrit

$$1/n \sum_{i=1}^n [1/R \sum_{j=1}^R (X_{ij} - X_j) / X_j]$$

Multiplié par 100, il devient l'**indice de pourcentage moyen d'erreur** (i.p.E) et peut être utilisé pour comparer des déterminations de l'âge entre lecteur (plus sa valeur est faible, meilleure est la fiabilité de l'estimation). Cet indice, dans le cadre de la présente étude, peut être appliqué au retard, qui remplacerait l'âge dans la formule ci dessus.

4.3. Lecture des coquilles mortes.

Comme nous l'avons déjà signalé dans le paragraphe 3.2., seules les coquilles survivantes ont été examinées, ce qui constitue un biais d'échantillonnage. Lors d'expériences ultérieures, elles devront être prises en compte, dans la mesure où la mortalité n'est pas immédiatement consécutive au stress.

4.4. Répétition des expériences.

Une amélioration de la fiabilité des résultats et de leur précision peut et doit être obtenue grâce à une répétition des mêmes expériences, avec des lots de post-

larves provenant de pontes différentes de façon à pouvoir éliminer le facteur "qualité des post-larves".

4.5. Détermination d'un retard standard.

Le calcul d'un retard standard ("normal") pourrait être réalisé grâce à l'analyse des stries de croissance sur les individus de lots de post-larves de bonne qualité, passées en mer de façon classique, lors d'une année favorable et présentant une survie habituelle de l'ordre de 40 %. La valeur obtenue pourra être comparée à celles obtenues dans cette étude.

4.6. Tester l'importance de certains facteurs.

Dans ce travail, orienté sur le stress du passage en mer, seuls les facteurs émergence et défixation ont été étudiés. Or, d'autres événements agissent certainement en synergie (cf. **tableau 4**), la température et le régime alimentaire jouant sans doute des rôles majeurs. Ces deux dernières variables pourraient être prises en compte dans des travaux ultérieurs.

4.7. Application au stress du semis.

Après leur prégrossissement en casier, les jeunes coquilles sont semées en mer à la taille moyenne de 30 mm. Cette opération semble stressante pour les jeunes coquilles (la mortalité est variable, de 0 à 100 % selon la qualité des juvéniles ou du site) et une marque caractéristique, traduction de cet événement, est nettement repérable sur les coquilles. Après une détermination de la chronologie de la formation des stries de croissance à cet âge, ces dernières pourraient être utilisées afin de connaître et d'estimer le stress occasionné par le semis, grâce également au calcul d'un retard de croissance.

4.8. Mise en évidence de stress incontrôlés (facteurs de l'environnement).

Cette application peut par exemple trouver sa place dans le cadre du projet "Rade de Brest". La lecture des stries de croissance peut apporter des informations sur la qualité du milieu et être utilisées comme indice de croissance journalière. Un protocole peut être mis en place pour le suivi de la qualité du milieu, en définissant un rythme d'échantillonnage adéquat afin de pouvoir dater les différents stress grâce à la lecture des stries.

5. CONCLUSION GENERALE.

Les stries de croissance sur les coquilles des juveniles de *P. maximus* sont bien visibles et le pourcentage de valves lisibles est satisfaisant (88 à 94 %). Leur observation peut faire l'objet d'un travail de routine, avec un **matériel simple et peu coûteux** et un échantillon réduit (30) pour une précision acceptable du retard de croissance lié à un stress (5% à 20%).

Leur utilisation dans l'analyse du stress du passage en mer nécessite encore cependant des améliorations. La validation de la **périodicité des stries** est en particulier indispensable, et, au niveau protocolaire, la **lecture des coquilles mortes** est impérative afin d'éviter le biais d'échantillonnage. A l'heure actuelle, l'interprétation des stries est limitée par un manque de connaissance des phénomènes affectant la vie des post-larves et un protocole présentant des lacunes. Il serait notamment souhaitable de minimiser le temps écoulé entre le stress et la sortie de l'eau afin de réduire le nombre de stries à dénombrer.

Enfin, l'examen des stries a révélé des phénomènes insoupçonnés :

- la présence chez certains individus de nombreux stress incontrôlés, inconnus de l'éleveur,
- des retards de croissance conséquents, pouvant atteindre un mois, malgré des survies satisfaisantes, en particulier en deuxième phase de prégrossissement (cf. lot M1).

REFERENCES

- ANTOINE L., 1978. La croissance journalière chez *Pecten maximus* L.. *Haliotis*, 9(2).
- ANTOINE L., 1979. La croissance de la coquille St Jacques *Pecten maximus* (L) et ses variations en mer celtique et en manche. *Thèse de Doctorat de troisième cycle*, Université de Bretagne Occidentale, 148 p.
- BAILLON N., 1991. Otolithométrie en milieu tropical. Application à trois espèces de poissons de Nouvelle-Calédonie. *Etudes et Thèses, ORSTOM*, 350p.
- BEAMISH R.J. & FOURNIER D.A., 1981. A method for comparing the precision of a set of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sc.*, 38, 922-983.
- BOURGET E., BERARD H. & BROCK V., 1991. Testing the hypotheses concerning the formation of shell growth marks in marine Pelecypods. *Can. J. Zool.*, 69, 535-546.
- BROOM M.J. & MASON J., 1978. Growth and spawning in the pectinid *Chlamys opercularis* in relation to temperature and phytoplankton concentration. *Mar. Biol.*, 47, 277-285.
- CHILTON D.E. & BEAMISH R.J., 1982. Age determination methods for fishes studied by the Groundfish Program of the Pacific Biological Station. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60, 102 p.
- CLARK G.R. II, 1968. Mollusk shell : daily growth lines. *Science*, 161, 800-802.
- CLARK G.R. II, 1974. Calcification on an unstable substrate : marginal growth in the mollusk *Pecten diegensis*. *Science*, 183, 968-970.
- CLARK G.R. II, 1976. Shell growth in the marine environment : approaches to the problem of marginal calcification. *Amer. Zool.*, 16, 617-626.
- DAO J.C., FLEURY P.G. & PAQUOTTE P., 1991. Eléments de réflexion pour l'évaluation économique de la filière d'élevage de la coquille Saint-Jacques. *Rapports Internes DRV/IFREMER*, 58 p.
- DAVENPORT C.B., 1938. Growth lines in fossil *Pectens* as indicators of past climates. *Journal of Paleontology*, 12, 514-515.
- DEY N.D. & BOLTON E.T., 1978. Tetracycline as a bivalve shell marker. *Proceedings of the National Shellfisheries Association*, 68, 77.
- FLEURY P.G., 1991. Prégrossissement de naissain de Coquille St-Jacques : premier bilan des passages de printemps 1991. *Compte rendu interne IFREMER/DRV mollusques*, 3 p.
- FRANKLIN A. & PICKETT G.D., 1980. Shell growth increments in scallops (*Pecten maximus*) from the english channel. *International council for the Exploration of the Sea*, CM 1980/K : 13, 9p.
- GRUFFYDD LL.D., 1981. Observations on the rate of production of external ridges on the shell of *Pecten maximus* in the laboratory. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 61, 401-411.
- HELM N.E. & MALOUF R.E., 1983. Role of production of the external ridges in the bay scallop, *Argopecten irradians*. *Am. Zool.*, 23, 835. (résumé seulement).

- HOUSE M.R. & FARROW G.E., 1968. Daily growth banding in the shell of the cockle, *Cardium edule*. *Nature*, 219, 1384-1386.
- HURLEY G.V., TREMBLAY M.J. & COUTURIER C., 1987. Age estimation of sea scallop larvae (*Placopecten magellanicus*) from daily growth lines on shells. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 7, 123-129.
- JOLL L.M., 1988. Daily growth rings in juvenile saucer scallop, *Amusium balloti* (Bernardi). *J. Shellfish Res.*, 7, 73-76.
- JONES D.S., 1981. Repeating layers in the molluscan shell are not always periodic. *J. Paleontology*, 55(5), 1076-1082.
- LE MESTRE S., 1990. Transferts expérimentaux de *Pecten maximus* L.. *Rapport de stage*, IFREMER, Centre de Brest, DRV, PMDC Mollusques, 17 p.
- MAHEO R., 1968. Observation sur l'anatomie et le fonctionnement de l'appareil byssogène de *Chlamys varia* L.. *Cahiers de Biologie Marine*, 9.
- OHEIX J., 1990. Croissance et mortalité du pétoncle noir (*Chlamys varia*) en élevage intensif. *Rapport de stage Intechmer*.
- PHILIPPE R., 1991. Le stress du passage en mer de postlarves de coquilles Saint-Jacques (*Pecten maximus*) issues d'écloserie. IFREMER, *Rapport de stage CREUFOP Montpellier*, 60p.
- RHOADS D.C & PANNELLA G., 1970. The use of molluscan shell growth patterns in ecology and paleoecology. *Lethaia*, 3, 143-161.
- SALAUN M., LE PENNEC M. & PAULET Y.M., 1989. La prodissoconque de *Pecten maximus* : un indicateur de l'âge et de la croissance larvaire. *Haliotis*, 19, 237-249.
- WHEELER A.P., BLACKWELDER P.L. & WILBUR K.M., 1975. Shell growth in the scallop *Argopecten irradians*. I. Isotope incorporation with reference to diurnal growth. *Biol. Bull.*, 148, 472-482.
- WRENN S.L., 1972. Daily increments formation and synchronization in the shell of the bay scallop. *Am. Zool., Utica, N.Y.*, 12(3), 32 (American society of zoologists summer meeting, division of comparative physiology and biochemistry with the american physiological society).(résumé seulement).

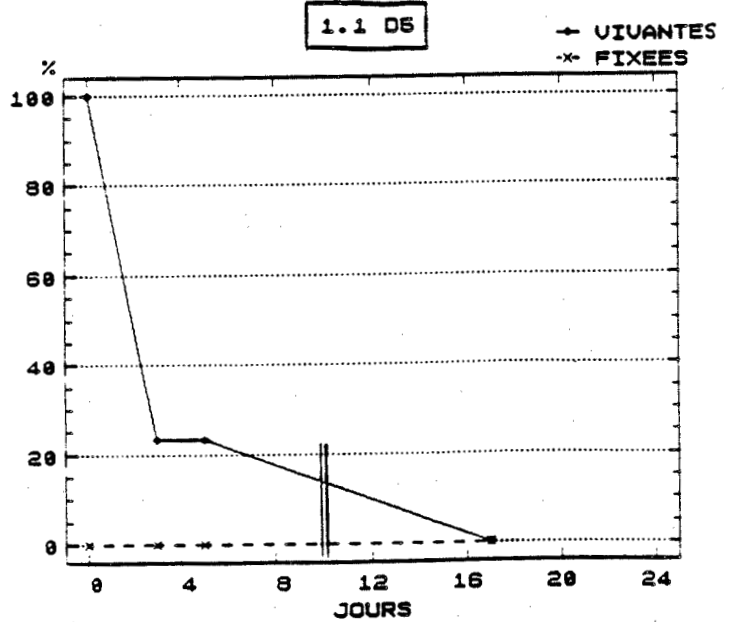
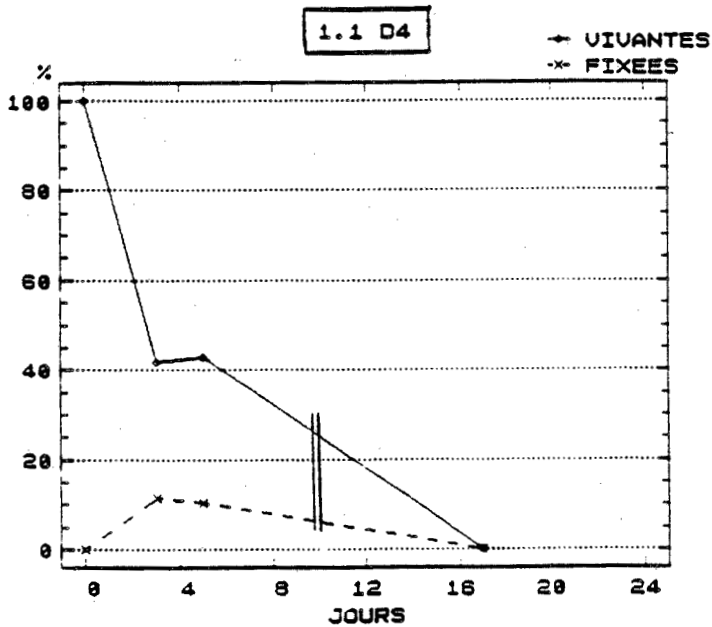
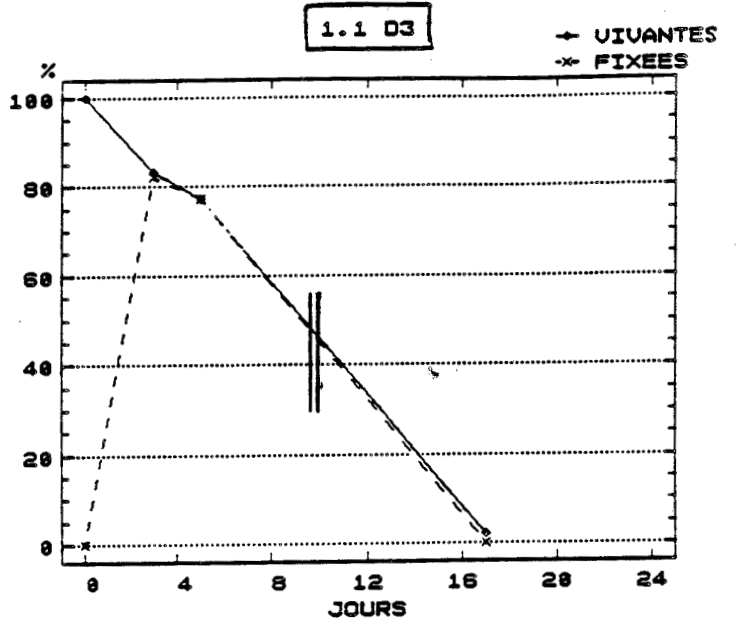
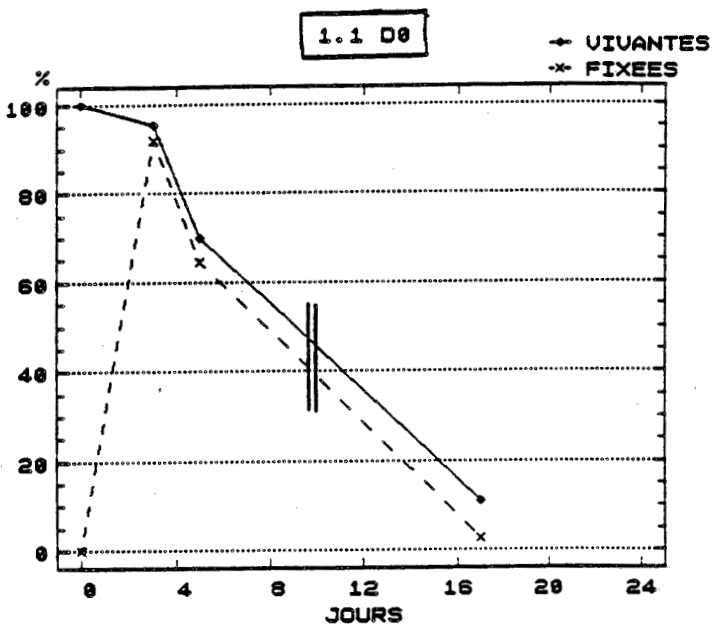
ANNEXES

Annexe 1 . Résultats des stress à 1 mm sur le lot 1 (d'après PHILIPPE, 1991).

Légende :

- D0 défixées - non émergées
- D3 défixées - émergées 3 heures
- D4 défixées - émergées 4 heures
- D5 défixées - émergées 5 heures

|| Problème en nurserie
 ---> mortalités finales
 non liées aux stress

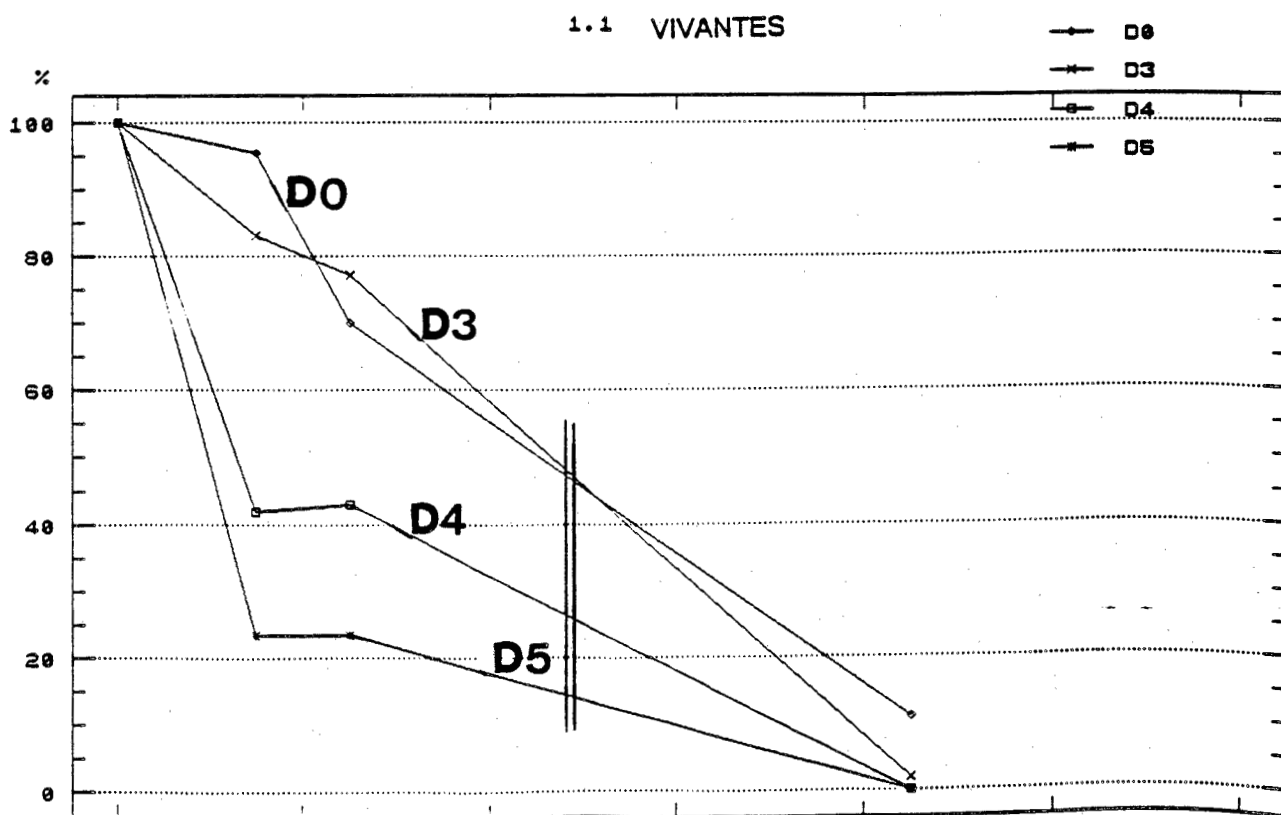
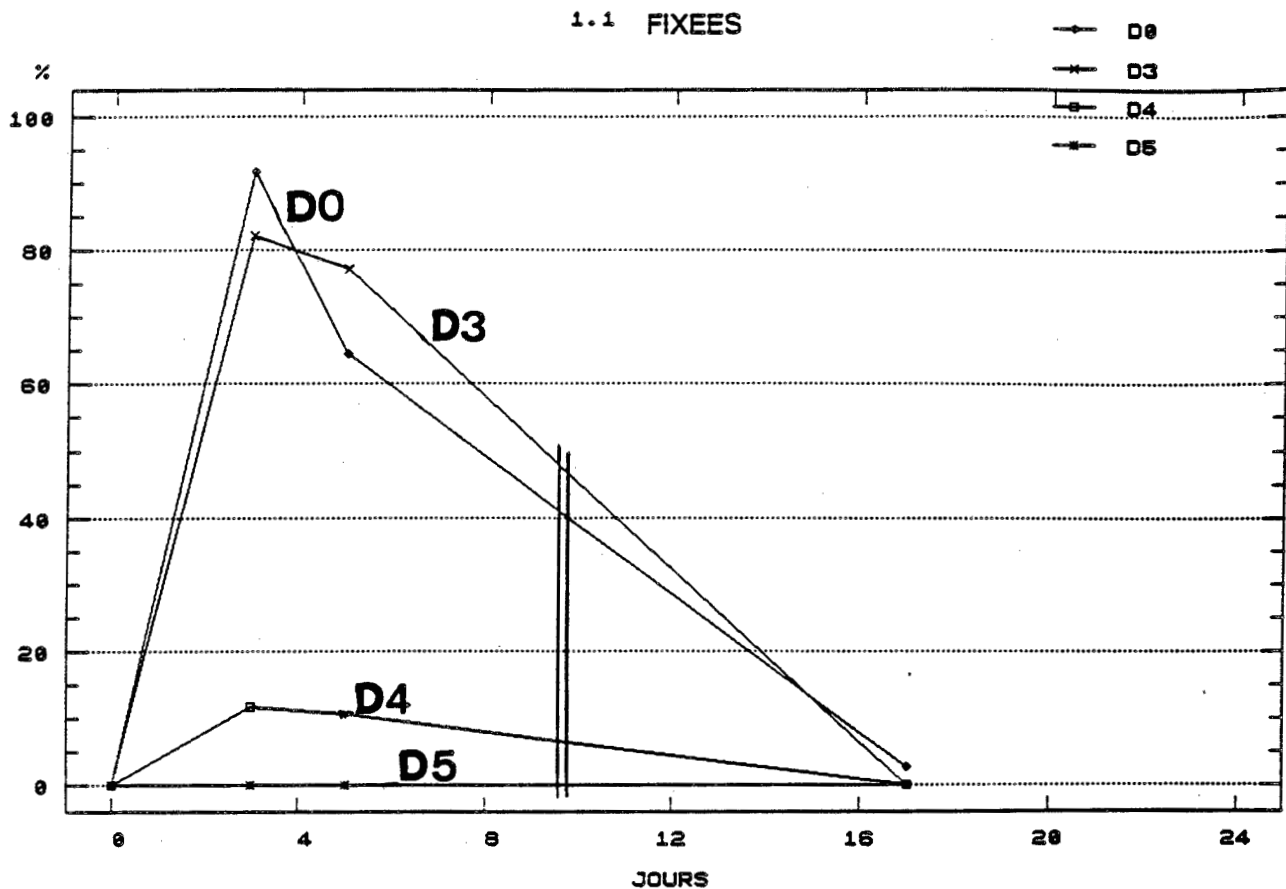


Annexe 2 . Comparaison des stress à 1 mm sur le lot 1 (d'après PHILIPPE, 1991).

Légende :

- D0 défixées - non émergées
- D3 défixées - émergées 3 heures
- D4 défixées - émergées 4 heures
- D5 défixées - émergées 5 heures

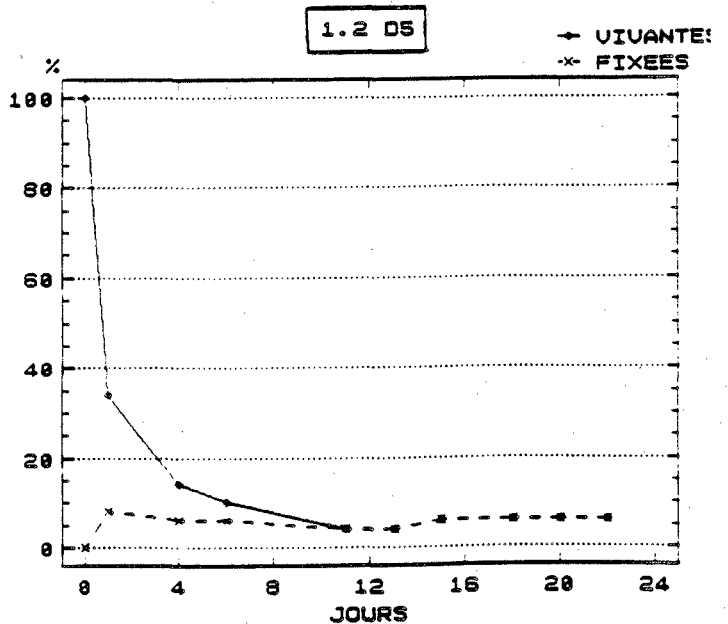
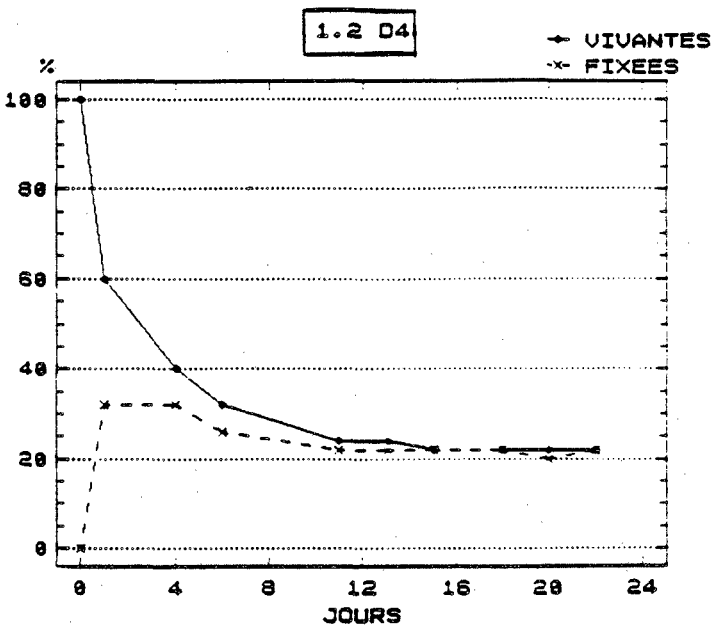
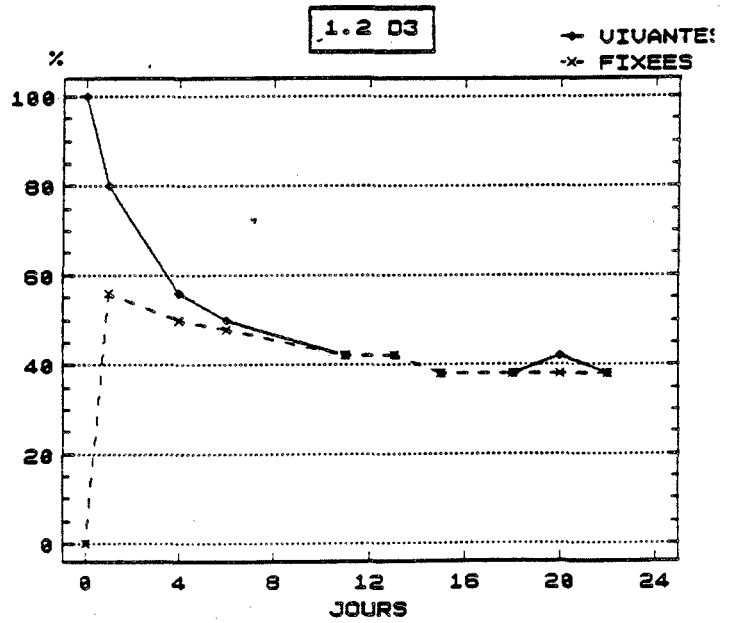
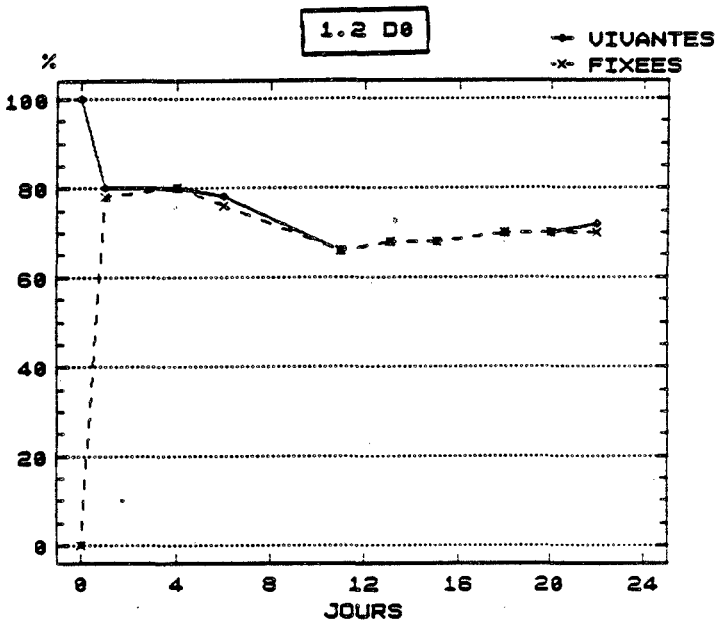
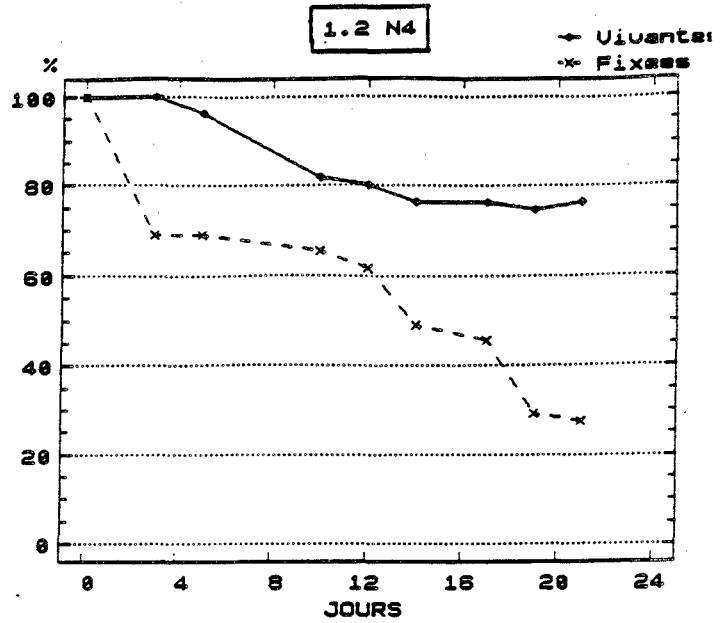
|| Problème en nurserie
 ---> mortalités finales
 non liées aux stress.



Annexe 3 . Résultats des stress à 2 mm sur le lot 1 (d'après PHILIPPE, 1991).

Légende :

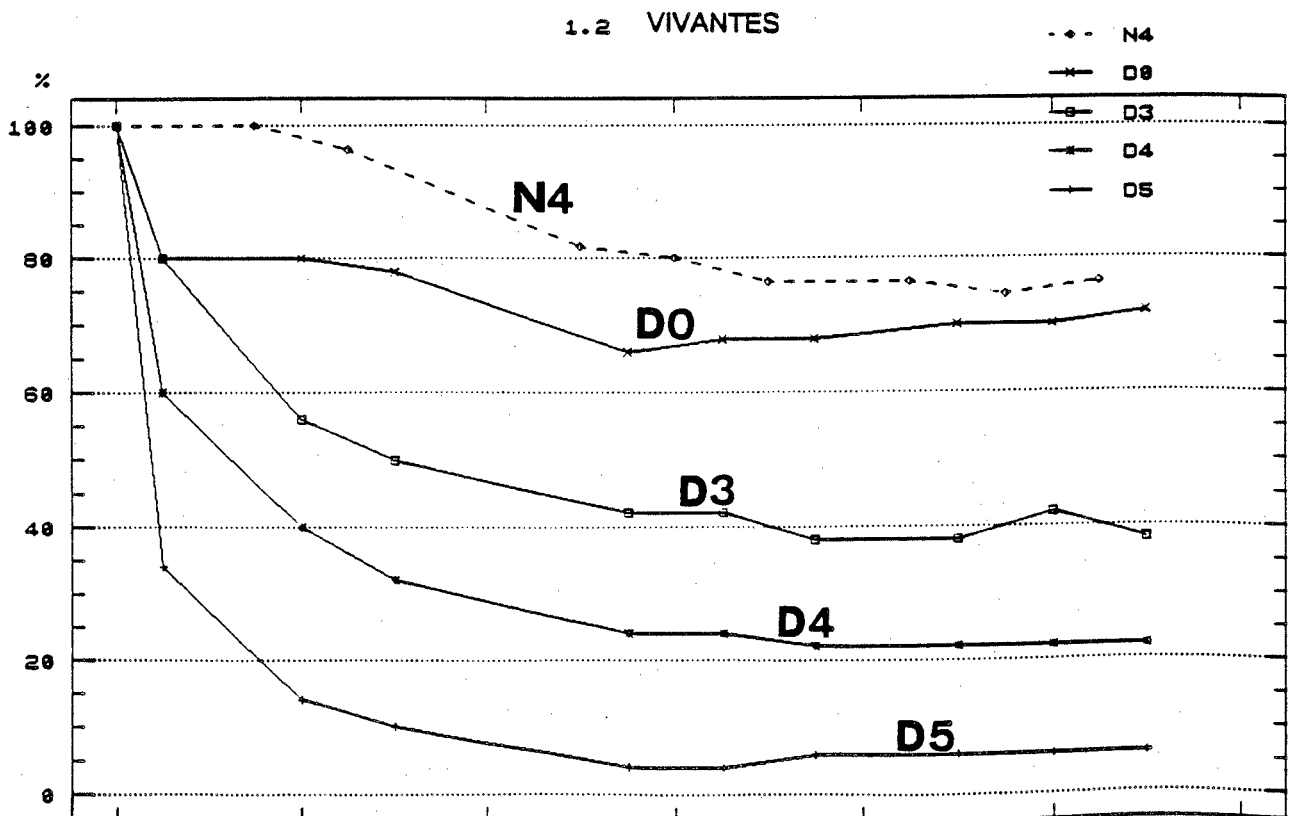
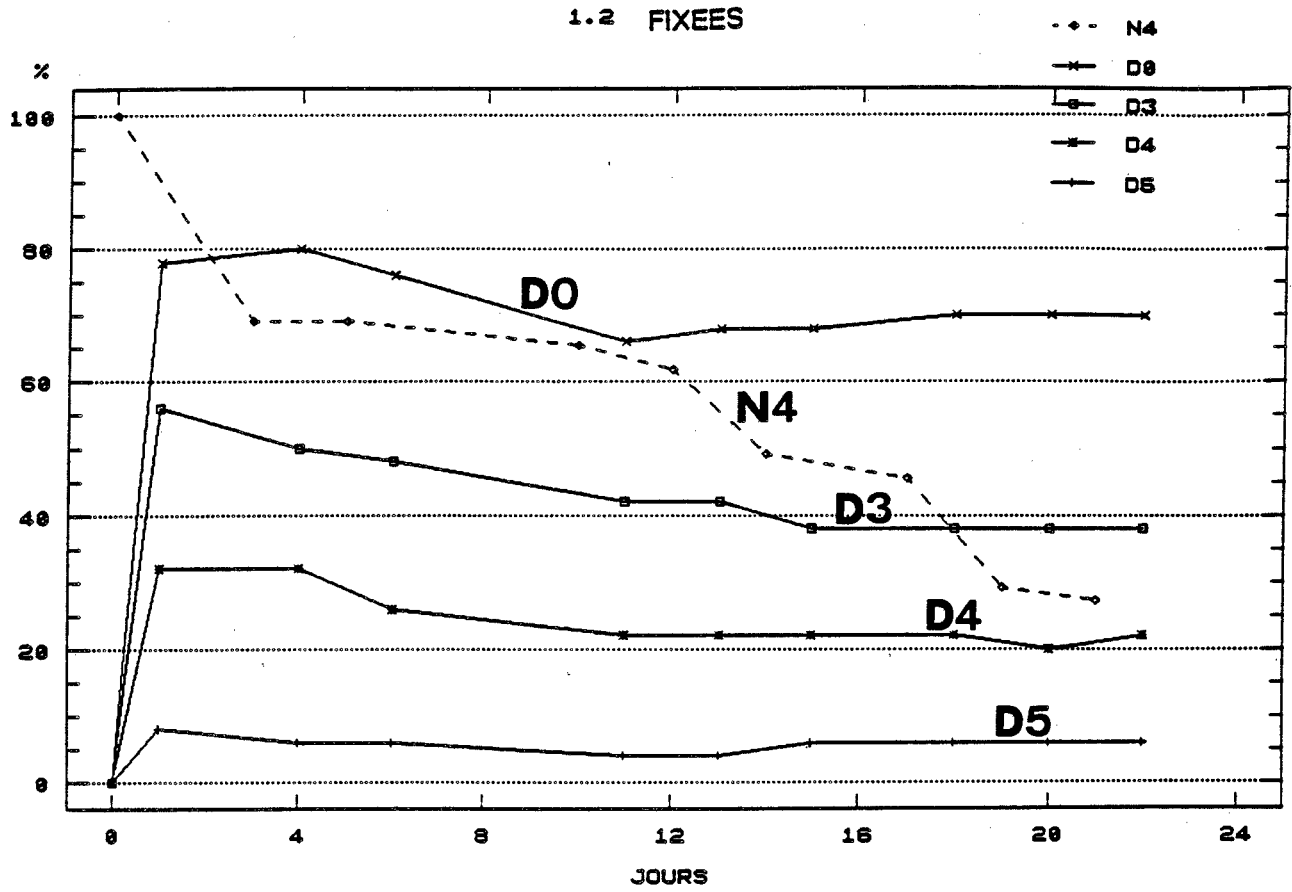
- N4 non défixées - émergées 4 heures
- D0 défixées - non émergées
- D3 défixées - émergées 3 heures
- D4 défixées - émergées 4 heures
- D5 défixées - émergées 5 heures



Annexe 4 . Comparaison des stress à 2 mm sur le lot 1 (d'après PHILIPPE, 1991).

Légende :

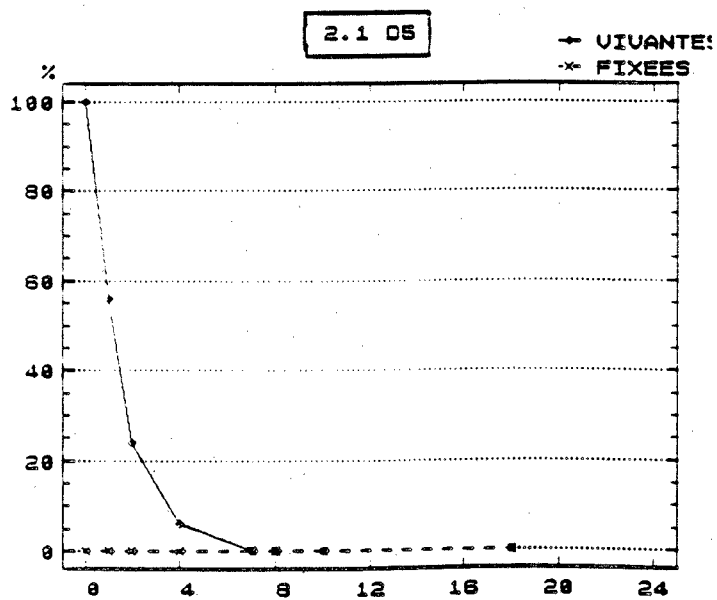
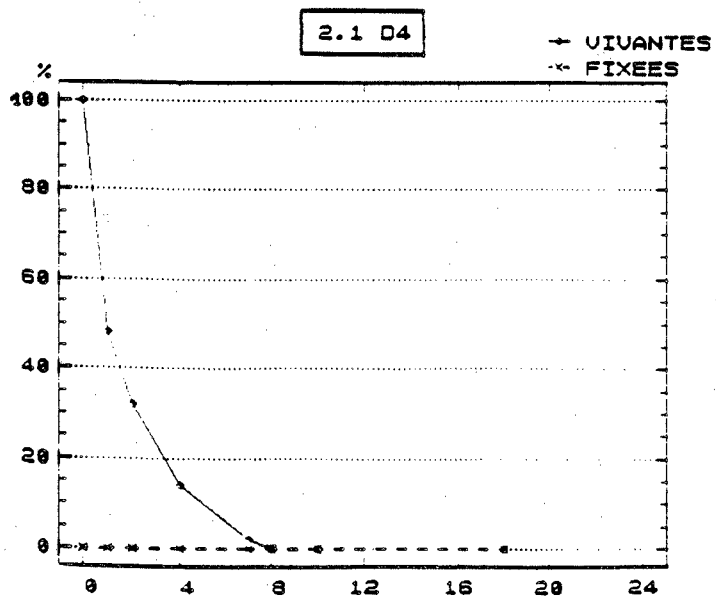
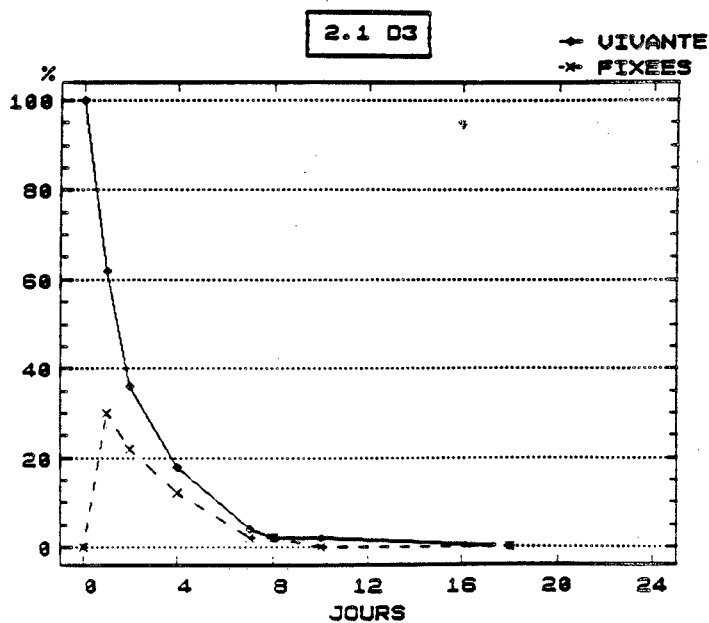
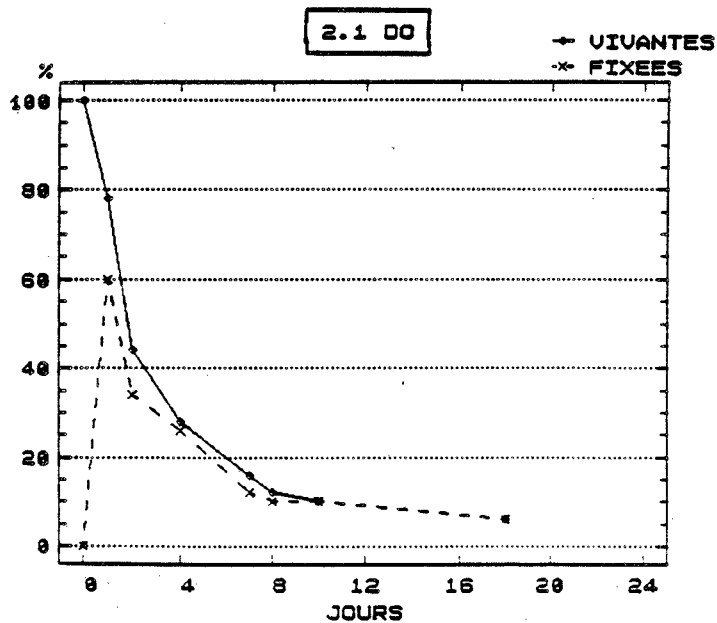
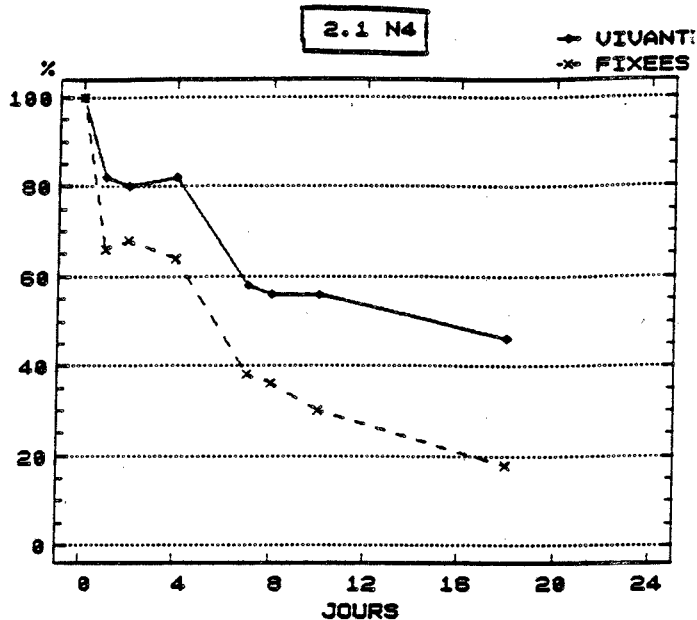
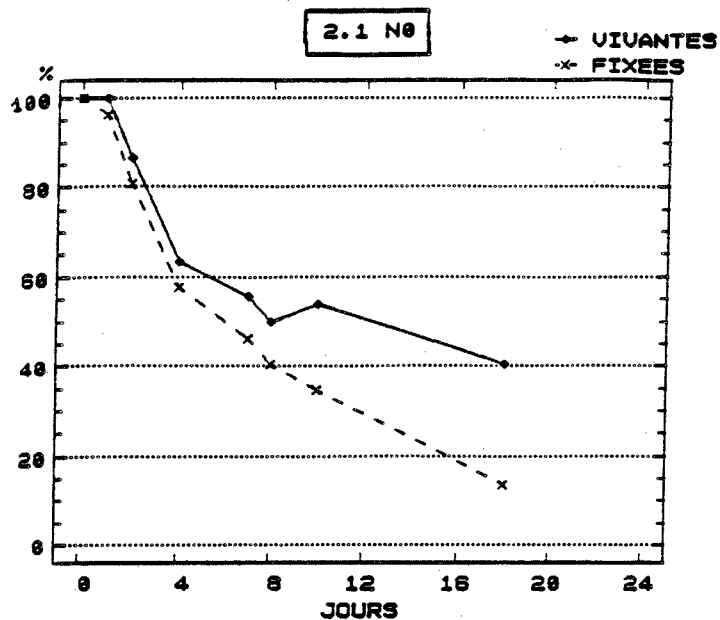
- N4 non fixées - émergées 4 heures
- D0 défixées - non émergées
- D3 défixées - émergées 3 heures
- D4 défixées - émergées 4 heures
- D5 défixées - émergées 5 heures



Annexe 5 . Résultats des stress à 1 mm sur le lot 2 (d'après PHILIPPE, 1991).

N0 non défixées - non émergées
 D0 défixées - non émergées
 D4 défixées - émergées 4 heures

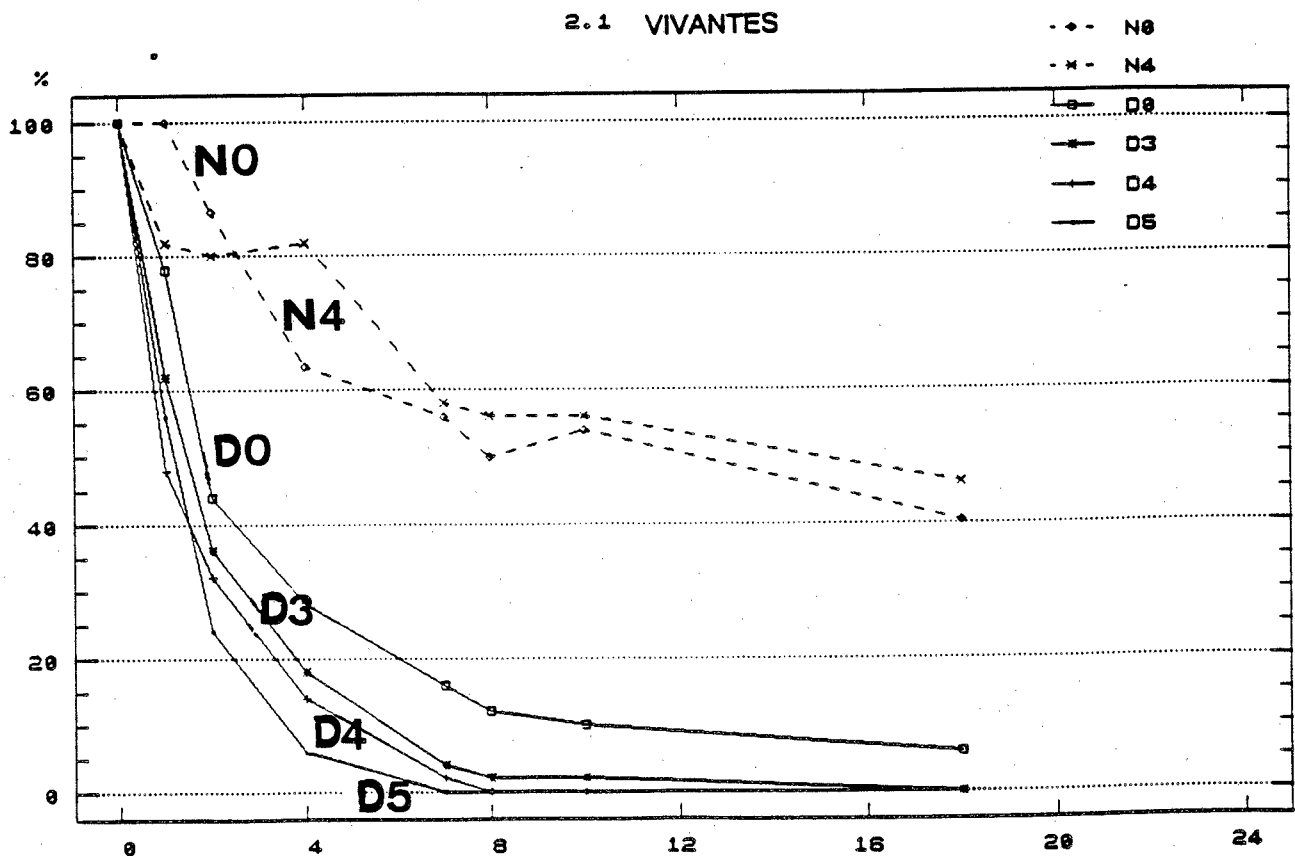
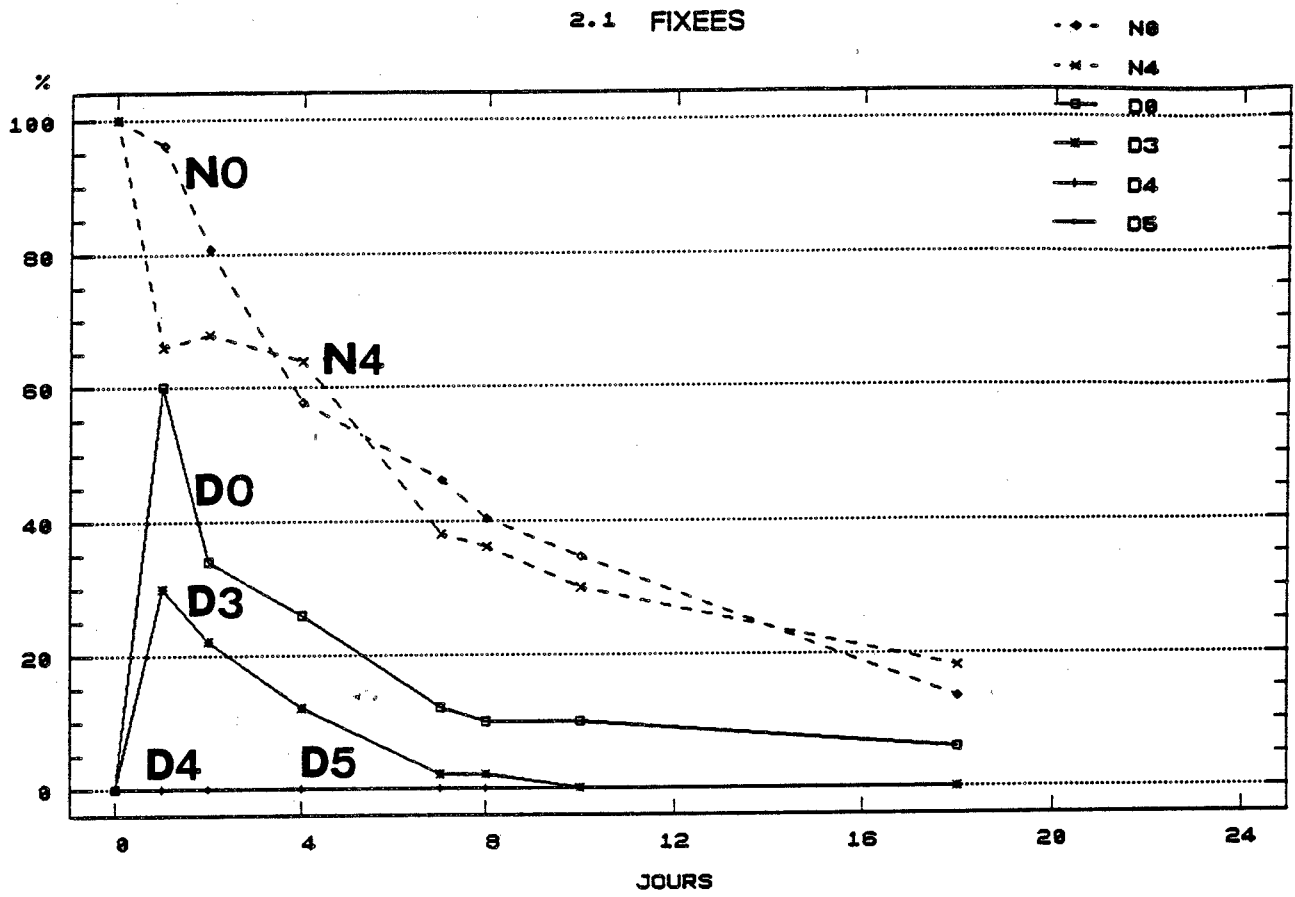
N4 non défixées - émergées 4 heures
 D3 défixées - émergées 3 heures
 D5 défixées - émergées 5 heures



Légende :

N0 non défixées - non émergées
D0 défixées - non émergées
D4 défixées - émergées 4 heures

N4 non défixées - émergées 4 heures
D3 défixées - émergées 3 heures
D5 défixées - émergées 5 heures



Annexe 7 . Tableau des résultats des essais de passage en mer de postlarves de *Pecten maximus* sur supports (d'après PHILIPPE, 1991).

Expérience N° 1

Supports	Métamorphose		Nurserie				Croissance en mer				Survie en mer	
	Nbl	NbV	SN (%)	NbFB	NbFS	Colo. (%)	TP (mm)	TF (mm)	Croiss.Cr.J. (mm) (µm/j)	NbC	SM (%)	
Témoins	80 000	42 980	54 %	42 980*	/	/	1,1	12,2	11,1	227	2 732	25 %
P.V.C.	80 000	37 540	47 %	30 700	6 840	18 %	1,1	15,0	13,9	284	1 134	17 %
Polyéthylène	80 000	28 608	36 %	24 560	4 048	14 %	1,1	11,7	10,6	216	3 678	91 %
Grillage plastique	80 000	27 497	34 %	23 025	5 090	18 %	1,1	11,6	10,5	214	5 090	100 %

* Répartis dans 4 casiers "Colas" à 10 000 /casier

Expérience N° 2

Supports	Métamorphose		Nurserie				Croissance en mer				Survie en mer	
	Nbl	NbV	SN (%)	NbFB	NbFS	Colo. (%)	TP (mm)	TF (mm)	Croiss.Cr.J. (mm) (µm/j)	NbC	SM (%)	
Témoin	19 443	19 443	100 %	19 443*	/	/	1,2	11,2	10,0	238	2 646	27 %
P.V.C.	12 152	12 152	100 %	10 012	2 140	18 %	1,2	11,4	10,2	242	1 365	64 %
	11 384	11 384	100 %	8 308	3 076	27 %	1,2	10,3	9,1	216	2 648	86 %
Polyéthylène	11 563	11 563	100 %	9 239	2 324	20 %	1,2	13,1	11,9	282	1 876	81 %
	12 152	12 152	100 %	10 992	1 160	10 %	1,2	12,7	11,5	273	803	69 %
Grillage plastique	11 563	11 563	100 %	11 333	460	4 %	1,2	14,6	13,4	319	417	91 %
	11 384	11 384	100 %	10 504	1 124	10 %	1,2	13,1	11,9	283	1 124	100 %

* Répartis dans 2 casiers "Colas" à 10 000 /casier.

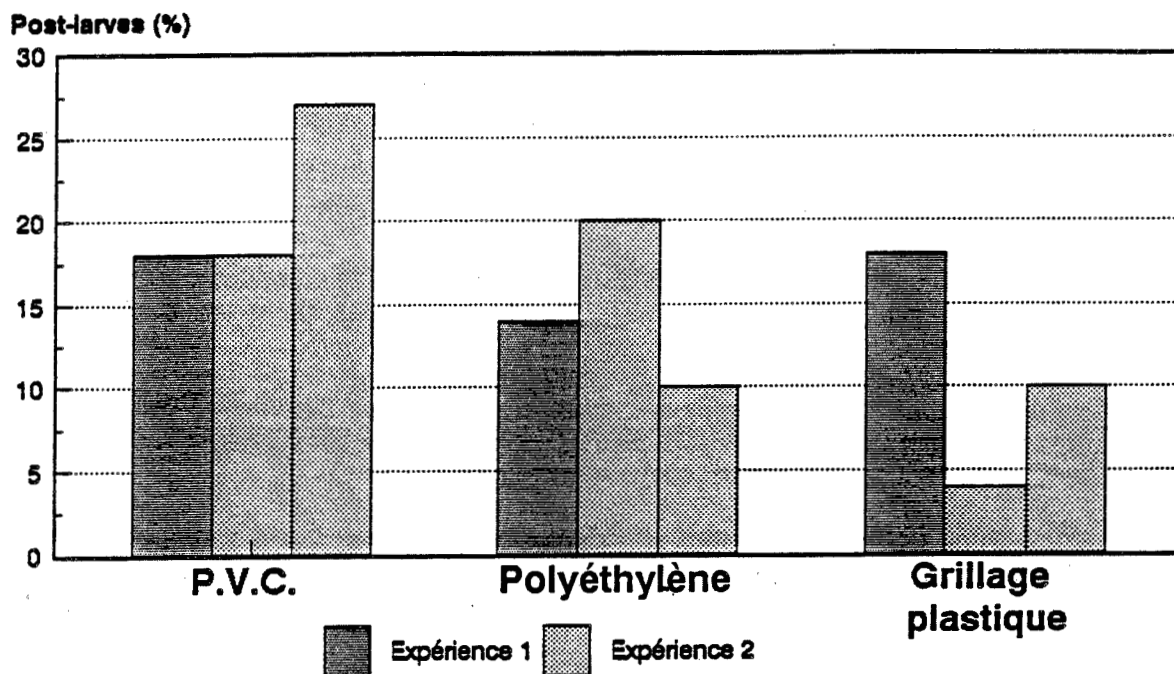
LEGENDE :

Nbl : Nombre initial dans la barquette
 NbV : Nombre de vivantes à 1 mm
 SN : Survie en nurserie après fixation sur les supports
 NbFB : Nombre de fixées sur la barquette
 NbFS : Nombre de fixées sur le support
 Colo. : taux de colonisation du support

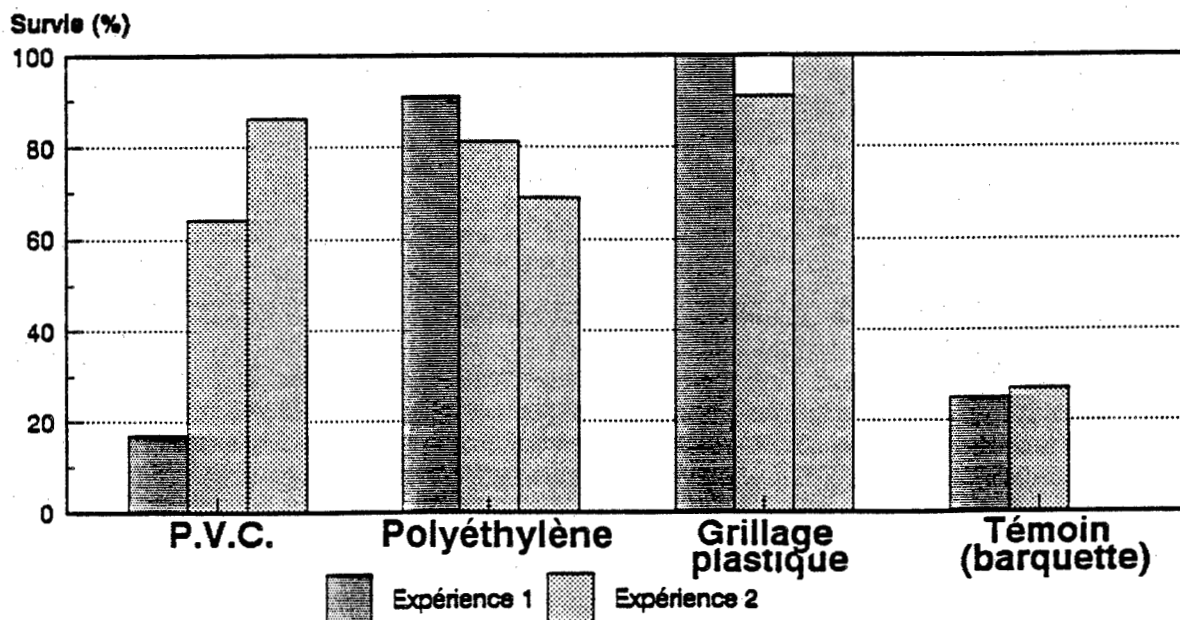
TP : Taille au passage en mer
 TF : Taille finale
 Croiss. : Croissance
 Cr.J. : Croissance journalière
 NbC : Nombre final en casier
 SM : Survie au passage en mer

Annexe 8 . Illustration de la fixation sur les supports et de la survie au passage en mer sur supports de postlarves de *Pecten maximus* (d'après PHILIPPE, 1991).

**Fixation sur les supports
(%)**



**Survie au passage en mer
(%)**



Annexe 9 . Planche photos.

Photo 1 . Marque de passage en mer bien nette (flèche noire). **u** = umbo; **op** = oreille postérieure; **oa** = oreille antérieure (coquille n° 46, 17,5 mm, lot B1).

Photo 2 . Succession des stries sur l'oreille postérieure à partir de la marque du passage en mer (flèche noire) (coquille n° 46, 17,5 mm, lot B1).

Photo 3 . Présence d'un deuxième stress, d'origine inconnue, après la marque du passage en mer, sur l'oreille postérieure. Flèche noire : stress du passage en mer; flèche évidée : deuxième stress (coquille n°22, 18 mm, lot B1).

Photo 4 . Présence d'un stress antérieur au stress du passage en mer. Flèche noire : stress du passage en mer; flèche évidée : stress antérieur au passage en mer.

Photo 5 . Présence de plusieurs stress d'origine inconnue. Flèche noire : stress du passage en mer ; flèches évidées : stress surnuméraires (coquille n° 11, 11,5 mm, lot SB).

Photo 6 . Présence de trois stress antérieurs au passage en mer sur l'oreille antérieure. Flèche noire: stress du passage en mer ; flèches évidées : stress surnuméraires (coquille n° 6, 22,8 mm, lot M1).

