

ETUDE EXPERIMENTALE DES CHOCS THERMIQUES

APPLIQUES A DES OEUFs ET LARVES

DE POISSONS MARINS

par

Nicole DEVAUCHELLE

RAPPORT E.D.F. 1977

DU CONTRAT N° 75/1557/F

# P L A N

=====

## 1 - INTRODUCTION

## 2 - MATERIEL ET METHODES

### 2.1 - ELEMENTS BIOLOGIQUES

2.1.1 - *Rappels embryologiques*

2.1.2 - *Période d'expérimentation*

2.1.3 - *Choix des pontes*

2.1.4 - *Choix du stade expérimental*

a) les oeufs

b) les larves

2.1.5 - *Choix des températures de base*

2.1.6 - *Effets létaux*

2.1.7 - *Effets sublétaux*

### 2.2 - ELEMENTS TECHNIQUES

2.2.1 - *Echantillonnage*

2.2.2 - *Le choc thermique*

2.2.3 - *Paliers de refroidissement*

2.2.4 - *Appareils de contrôle*

2.2.5 - *Incubation*

2.2.6 - *Tests des chocs mécaniques dûs au système*

## 3 - RESULTATS

### 3.1 - RESULTATS BRUTS

3.1.1 - *Présentation*

3.1.2 - *Oeufs de bars*

3.1.3 - *Larves de bars*

3.1.4 - *Oeufs de soles*

3.1.5 - *Larves de soles*

- 3.1.6 - *Oeufs de Turbots*
- 3.1.7 - *Larves de Turbots*
- 3.1.8 - *Oeufs de Rougets*
- 3.1.9 - *Larves de Rougets*

### 3.2 - *SYNTHESE DES RESULTATS PARTIELS*

## 4 - DISCUSSION

### 4.1 - *LES OEUFS*

#### 4.1.1 - *Effet des facteurs ponte, palier et température*

- a) Effet de ponte
- b) Effet de palier
- c) Effet du  $\Delta t$
- d) Effet de la température maximum atteinte

#### 4.1.2 - *Analyse détaillée des résultats de chaque espèce*

- a) Bar
- b) Sole
- c) Turbot
- d) Rouget

### 4.2 - *LES LARVES*

- a) Effet de ponte
- b) Effet du  $\Delta t$  et de la durée de palier

## 5 - CONCLUSION

## 1 - INTRODUCTION

Les projets d'implantation de centrales nucléaires en estuaire ou en bord de mer ont suscité, il y a au moins vingt ans, des études, d'une part sur l'effet des réchauffements des eaux près de la centrale : études de biomasse, faune et flore (NEILL et MAGNUSON, 1974), projets d'aquaculture (GUERRA et GODFRIAUX, 1975), d'autre part, sur l'effet du passage dans le condenseur (réchauffement brutal) et dans les circuits de refroidissement (KERR, 1963 ; MARCY, 1973). L'interprétation des résultats n'est pas facile puisque trois facteurs interviennent : les facteurs chimiques, mécaniques et thermiques.

Pour essayer de dissocier l'effet de ces trois paramètres, de nombreux travaux en laboratoire ont été entrepris.

A ce jour, quelques-uns concernent les stress mécaniques (ULANOWICZ, 1975 ; LAUER, 1973 ; EMADI, 1973 ; MATLAK, 1970). Dans les centrales, leur influence est considérée comme prépondérante et beaucoup plus néfaste que celle des stress thermiques.

Les stress dus à la chloration ont fait l'objet de peu de recherches chez les poissons.

Beaucoup de travaux concernent déjà les tolérances thermiques des oeufs et larves de poissons marins ou d'eau douce acclimatés lentement à différentes températures et maintenus à ces températures (EDSALL, 1970 ; SHANNON, 1970 ; BRADFORD et al., 1968 ; FONDS, 1976 ; LAURENCE et ROFEE, 1975 ; MAY, 1974, 1975 ; IRVIN, 1974 ; HOKANSON, 1974). Ces tolérances varient d'ailleurs avec le stade d'oeuf ou de larve choisi. Elles renseignent sur les températures optimales des espèces mais non sur les effets des brusques variations de températures.

Les premiers travaux sur les chocs thermiques concernent les oeufs et les larves acclimatés aux températures de ponte. Les variations maximales de température sont en général, de 10°. Le passage dans les condenseurs est simulé par simple immersion des échantillons dans un bain chaud (SCHUBEL, 1974, 1975 ; CHERRY et DICKSON, 1975), ou par une montée lente de la température : 1°/mm (HOSS, 1974), 1°/jour (HOKANSON, 1974), 2°/heure (SYLVESTER et NASH, 1975).

Suite aux projets de centrales nucléaires en Europe et en particulier en France, EDF a commandé une série d'études en laboratoire, sur l'effet des augmentations brutales de température de 10° à 17° associées à différents temps de palier ou stations à température élevée, sur le refroidissement, suivant des cinétiques précisées dans le contrat et sur l'effet de la chloration.

Les oeufs et larves de Bar (BARNABE 1976), les oeufs de sardine (*sardina pilehardus*), de sprat (*sprattus*), d'anchois (*engraulis encrasicolus*), de soleidés ainsi que les post larves et juvéniles de Atherine (*Atherina hepsetus*), Bar (*Dicentrarchus Labias*), Sparidés, Muges (BATTAGLIA et COULET, 1976) ont déjà été soumis à divers chocs thermiques.

De tous ces travaux, il ressort quelques points essentiels :

- Les oeufs sont plus sensibles que les larves à des températures élevées (HOKANSON, 1974). Le niveau de sensibilité change avec le stade de développement de l'oeuf (SCHUBEL, 1974) et de la larve (BARNABE, 1976).

- Deux espèces répondent rarement avec la même intensité à un choc thermique. (SCHUBEL, 1974 ; HOSS, 1974 ; BATTAGLIA et COULET, 1976). Le Flet (*Paralichthys dentatus*) (HOSS, 1974) ainsi que le soleidé *Blugossisium luteum* (BATTAGLIA et COULET, 1976) sont particulièrement résistants aux variations thermiques importantes.

- Les oeufs et les larves exposées aux chocs thermiques ne répondent pas d'emblée par 100 % de mortalité.

En travaillant avec trois températures de base : 5, 10 et 15°, variations de température : 12, 15 et 18° et cinq durées de station à haute température, HOSS (1974) a remarqué sur les larves que généralement, trois stades de réponses se succédaient :

1° Forte résistance aux  $\Delta T$  minimum, quelle que soit la durée de station à haute température ;

2° Début de mortalité à un  $\Delta T$  plus fort, augmentant avec la durée du palier ;

3° 100 % de mortalité.

- L'aspect le plus important dans un choc n'est pas l'amplitude du  $\Delta T$ , mais la température atteinte (HOSS, 1974). Les auteurs ont tendance à parler de température préférentielle (CHERRY, DICKSON et CAIRNS 1977) de température optimum (HOKANSON 1974) ou de température critique (HOSS, HETTLER et COSTON 1974).

Le présent contrat prévoyait l'étude de chocs thermiques et dans la mesure du possible de chocs chimiques sur au moins trois espèces : sole, rouget, turbot et, accessoirement, le bar.

Les chocs chimiques n'ont pas été abordés, par contre, la grille de chocs thermiques a été réalisée pour les quatre espèces et tenant compte de l'information, nous nous sommes intéressés non seulement à l'aspect létal, mais aussi à l'aspect sublétal, c'est-à-dire aux malformations dues aux chocs thermiques.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1 - ELEMENTS BIOLOGIQUES

#### 2.1.1 - Rappels embryologiques

Le développement embryonnaire des oeufs de poissons ainsi que les stades de développement larvaire ont maintes fois fait l'objet de séries de photos ou de dessins. Citons pour les quatre espèces étudiées dans ce travail :

BARNABE, 1976 pour le Bar (*Dicentrarchus labrax*)  
ANTHONY, 1908 pour le Turbot (*Scophthalmus maximus*)  
FABRE-DOMERGUE et BIETRIX 1905 pour la Sole (*Solea solea*)  
MENU et GIRIN (sous presse) pour le Rouget (*Mullus surmuletus*).

La durée d'incubation, de la première segmentation jusqu'à l'éclosion de la larve, dépend de la température et, bien sûr de l'espèce.

La taille des oeufs de la Sole, du Turbot, du bar et du Rouget, est du même ordre, c'est-à-dire entre 0,9 mm et 1,4 mm. Ils sont tous pélagiques et leur temps d'incubation est grossièrement le même: 120 heures à  $13^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$  C.

L'oeuf de tout vertébré passe par plusieurs stades, bien définis (GRASSE, 1954). Les plus caractéristiques sont :

- le stade MORULA, après plusieurs clivages ou divisions, l'oeuf comporte de nombreuses cellules disposées en disque au pôle animal, opposé au pôle dit végétal où se groupent les réserves lipidiques, photo n° 1

- puis un interstice apparaît au sein de la morula. Il s'agrandit et forme une véritable cavité. C'est ce qu'on appelle ici BLASTULA. Ce terme est en fait impropre puisqu'il ne s'applique qu'aux vertébrés inférieurs, c'est-à-dire aux Dipneustes par exemple si on considère les poissons.

- le stade GASTRULA. Les groupes cellulaires de la blastula se déplacent et il se forme un complexe de feuillets emboîtés ou superposés aux dépends desquels vont s'individualiser les organes primordiaux de l'embryon (photo n° 2)

- des différents feuillets dérivent l'épiderme et les éléments nerveux. Ceci se traduit pour l'observateur par l'apparition de la corde dorsale, mince tige qui s'étend de la partie postérieure de la tête jusqu'à l'apex de la queue. On qualifie ce stade de NEURULA dans le texte (photo n° 3)

- la morphogénèse progresse en direction céphalo-caudale. Progressivement, on voit apparaître les somites ou empreintes des organes.

C'est ce que l'on désigne, dans le cadre de ce travail par le terme NEURULA AVANCEE (photo n° 4).

- lorsque l'embryon ressemble pratiquement à une larve, nous sommes en stade de PREECLOSION (photo n° 5).

En résumé, on retient donc six stades principaux du développement embryonnaire de l'oeuf ; à 13°, ils correspondent pour la Sole, le Bar, le Turbot et le rouget grossièrement au même nombre d'heures d'incubation.

L'incubation dure cinq jours pleins :

1° MORULA	1er jour
2° BLASTULA	1er jour
3° GASTRULA	2nd jour
4° NEURULA	3e jour
5° NEURULA AVANCEE	4e jour
6° Stade de PREECLOSION	5e jour

La larve naît avec une importante réserve vitelline qu'elle résorbe en 3, 4 jours (photo n° 6).

PHOTO n° 1 :

*Oeuf de bar.  
Stade morula.  
Les divisions apparaissent  
nettement.*

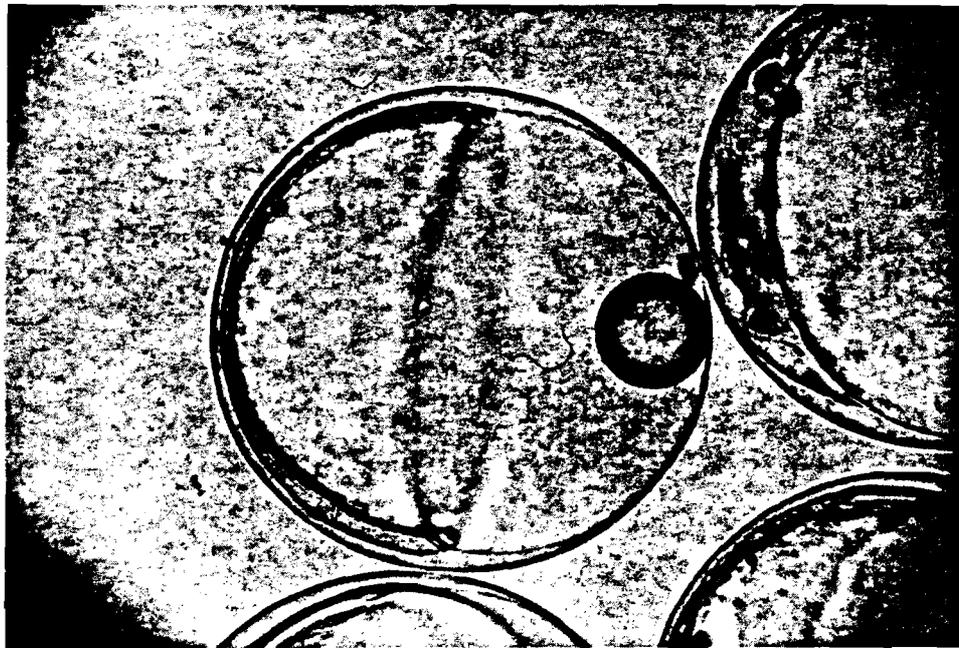
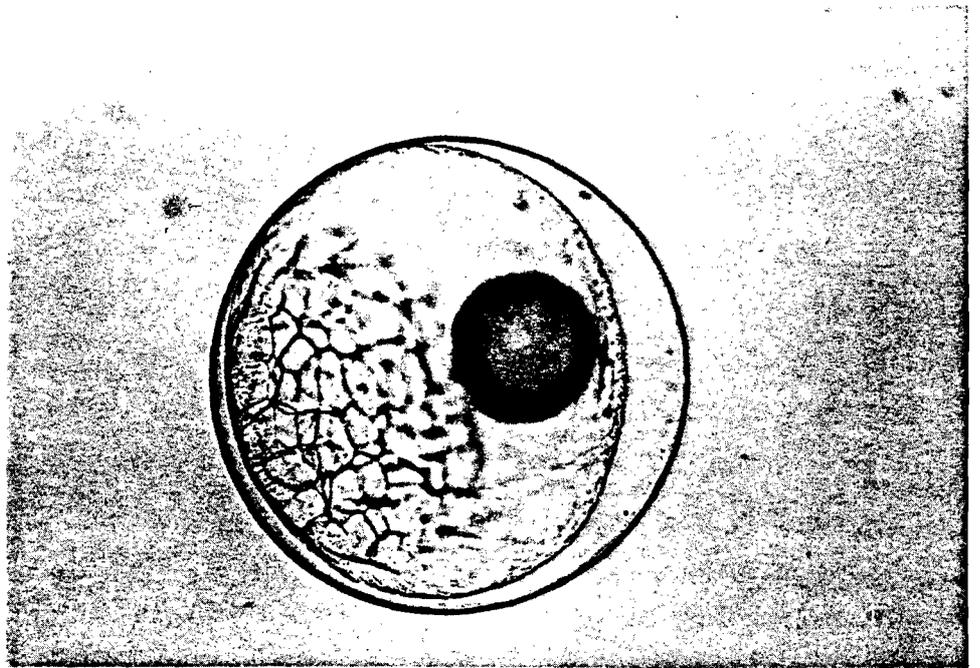


PHOTO n° 2 :

*Oeuf de bar.  
Stade "gastrula".*

PHOTO n° 3 :

*Oeuf de bar.  
Stade neurula.  
La corde dorsale  
apparaît et les  
contours de la tête  
se dessinent  
nettement.*

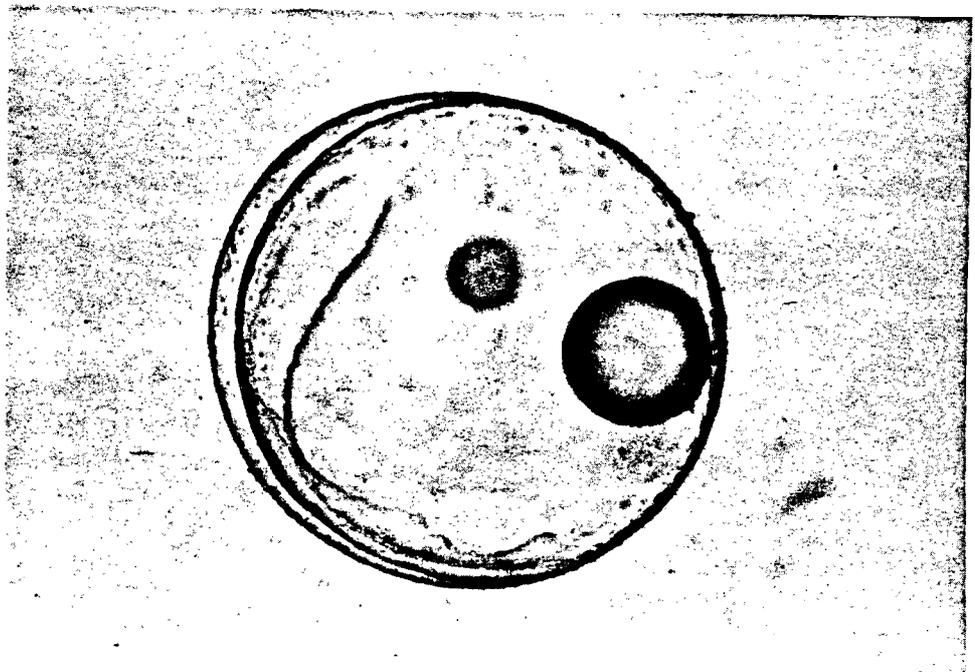


PHOTO n° 4 :  
*Oeuf de bar.*  
*Neurula avancée.*

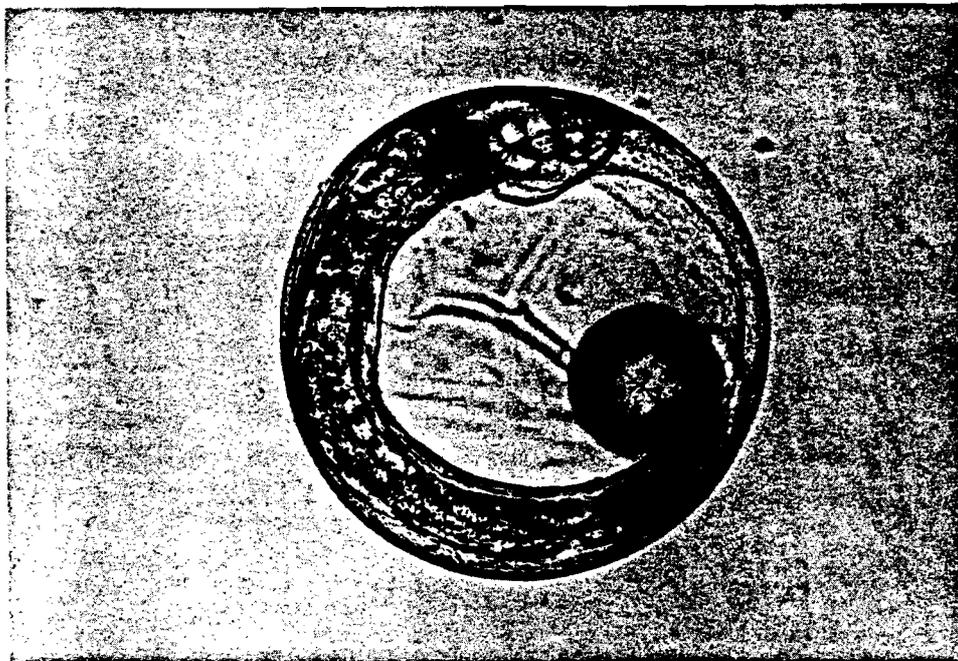
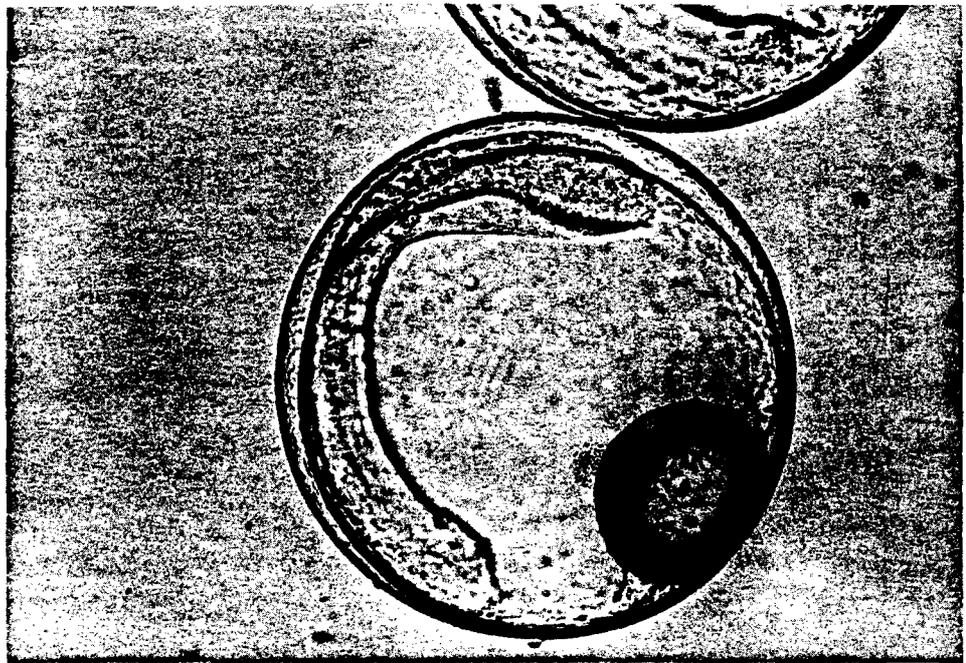
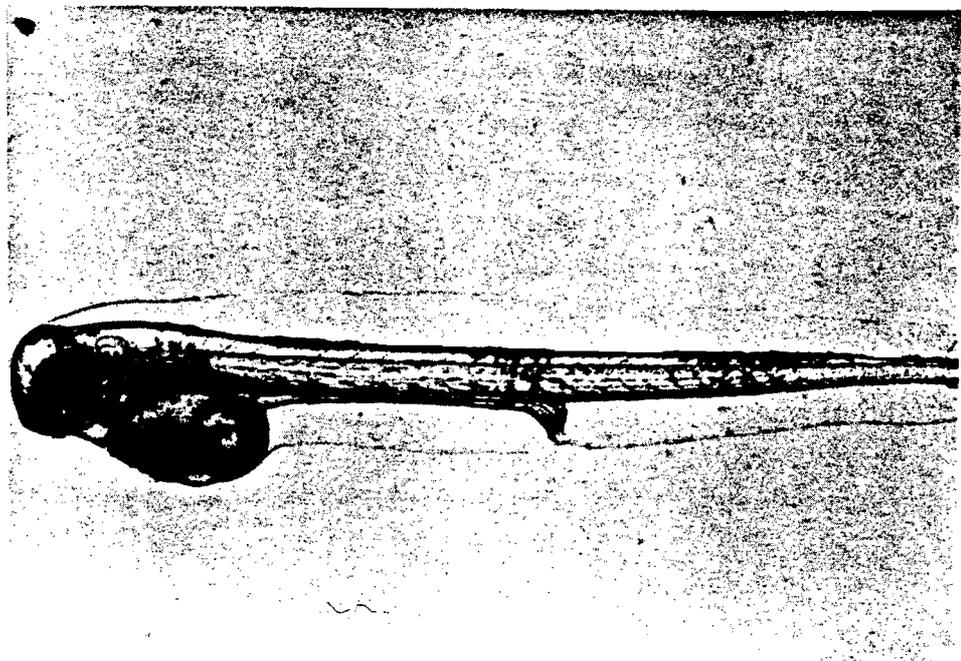


PHOTO n° 5 :  
*Oeuf de bar.*  
*Stade de prééclosion.*

PHOTO n° 6 :  
*Larve de bar*  
*en milieu de*  
*résorption*  
*vitelline.*



### 2.1.2 - Période d'expérimentation

Le travail est limité dans le temps puisqu'au C. O. B., la production d'oeufs s'étale en tout sur 7 à 8 mois. La période de ponte de chaque espèce est en moyenne de deux mois. Tous les oeufs proviennent de pontes naturelles de géniteurs captifs.

Les premières pontes sont recueillies en novembre dans un bassin de 48 m<sup>3</sup> régulé en température et photopériode, contenant 30 bars, 30 daurades et 8 turbots (DEVAUCHELLE et GIRIN, sous presse).

Afin d'obtenir des pontes hors saison normale, ce bassin a fait l'objet d'un décalage progressif de la photopériode et de la température, en trois ans. Chaque année, le cycle normal est compressé en 10 mois, gagnant ainsi chaque fois 2 mois par rapport à l'extérieur.

Au bout de trois années d'expérience, le décalage atteint 6 mois, d'où l'obtention des premières pontes en novembre au lieu de mars.

Dans le cadre de la présente expérience, les pontes sont apparues comme suit :

Saison avancée	Bars	1976	De novembre (12°) à décembre (13°)
	Turbots	1976-1977	De décembre (13°) à février (17°)
Saison normale	Bars	1977	De mars (10°) à juin (15°)
	Soles	1977	De mars (10°) à mai (14°)
	Rougets	1977	D'avril (11°) à juin (15°)

TABLEAU I - ETALEMENT DES SAISONS DE PONTES

2.1.3 - Le choix des pontes

EDF proposait d'effectuer toutes les combinaisons " $\Delta t$ - temps de palier" correspondant aux oeufs et larves d'une même espèce, sur une seule ponte.

Or, les caractéristiques des oeufs changent selon les pontes, en particulier la taille tend à diminuer en fin de saison.

Afin d'éviter le problème des différences de réponses aux chocs thermiques, liées à l'origine de la ponte, nous avons préféré utiliser plusieurs pontes pour les tests.

Une série d'expériences comporte donc 24 lots d'oeufs ou de larves, 16 correspondant aux 4  $\Delta t$  avec chacun 4 durées de palier à haute température et 8 témoins, à raison de 2 par  $\Delta t$ .

$\Delta t^{\circ}C$	Durée du palier - mm				Témoins	
	5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
10	1 échan- tillon	1 échan- tillon	1 échan- tillon	1 échan- tillon	1 échan- tillon	1 échan- tillon
12	"	"	"	"	"	"
15	"	"	"	"	"	"
17	"	"	"	"	"	"

TABEAU 2 - GRILLE TYPE EXPERIMENTALE CORRESPONDANT A UNE PONTE D'UNE ESPECE

...

#### 2.1.4 - Choix des stades expérimentaux

##### a) Choix du stade oeuf

Deux points ont été pris en compte pour le choix du stade oeuf :  
- le jour de la récupération, les oeufs viables et non viables flottent dans l'incubateur. Puis les deux premiers jours d'incubation des oeufs meurent et sédimentent. A ce moment-là, on ne peut pas récupérer uniquement des oeufs en bonne voie de développement. Or, il est primordial pour comparer les lots d'oeufs qu'ils soient tous de même composition, donc indemnes de mélange.

Des travaux récents sur le Bar (BARNABE, 1976) et sur le Turbot (GIRIN et LEMERCIER, 1976) ont montré que l'oeuf aux stades NEURULA AVANCEE et PREECLOSION, est très sensible à de brusques réchauffements ou refroidissements. Ce phénomène existe aussi chez de nombreuses espèces euryhatines et d'eau douce, (SCHUBEL, 1974).

En conséquence, il nous a semblé opportun de travailler sur des oeufs en milieu d'incubation, en l'occurrence sur le stade NEURULA, stade résistant.

Les résultats présentés dans le travail ne peuvent donc qu'être optimistes.

##### b) Choix des stades de larves

La production de larves, comme celle des oeufs, est limitée dans le temps et étudier toutes les combinaisons  $\Delta t$ -palier sur deux stades larvaires n'étant pas envisageable, il a semblé préférable de se limiter à l'étude complète d'un seul stade.

Les larves sont observées 48 heures après le choc thermique. Au-delà de l'âge de 3-4 jours, il faut les mettre en élevage et les nourrir. Or, la température ambiante de la salle d'élevage du C. O. B. est fixée à 18°. Ne disposant pas de salle thermostatée, les larves ont été utilisées 12 à 24 heures après l'éclosion, on évite aussi la mise en élevage.

### 2.1.5 - Le choix des températures de base

Les températures de base correspondent le plus souvent aux températures de pontes.

Le tableau suivant regroupe les températures de base (To) utilisées dans les expériences sur les oeufs et les larves.

Espèce Gamme de températures de ponte ne °C dans les bassins du COB	To - oeufs (°C)	To - larves (°C)
Turbot 13° → 17°	17° 17° 16°	15° 16° 14°
Sole 12° → 15°	17° 12° 5 13°	17° 13° 13°
Bar 10° → 16°	12° 12° 12°	12° 5 12° 5 13°
Rouget 12° → 15°	12° 5 12° 5 13°	13° 13° 13° 5

TABEAU 3 - TEMPERATURES DE BASE UTILISEES DANS LES EXPERIENCES SUR LES OEUFS ET LES LARVES

Les dernières femelles Turbot des bassins extérieurs étant mortes en 1976, il fallait utiliser les oeufs recueillis dans les bassins décalés en température et photopériode.

Les oeufs des autres espèces sont recueillis dans des bassins extérieurs en conditions naturelles.

En 1977, les périodes de pontes décalées et de pontes normales se sont légèrement chevauchées. Nous avons été à ce moment, confrontés à un problème de température dans le système d'incubation. En trois semaines, elle a dû tomber de 17° (température de ponte du Turbot) à 12° (température de ponte de la Sole et du Bar). Le système d'incubation est alimenté par

réglage manuel en eau thermorégulée pour les pontes hors saison, en eau directement pompée dans le goulet de Brest, ou avec le mélange des deux eaux. C'est pourquoi certaines températures de base ne correspondent pas aux températures de pontes :

Oeufs de Sole : 17° au lieu de 12°

Larves de Turbot : 15, 16, 14° au lieu de 17°.

#### 2.1.6 - Effets létaux

Les oeufs viables qui ont subi un choc sont mis à incuber 12 à 24 heures après les premières éclosions, on distingue sous binoculaire :

- les oeufs morts en fin de gastrulation, début de neurulation,
- les oeufs morts embryonnés,
- les larves mortes pendant l'éclosion,
- les larves mortes après éclosion complète,
- les larves vivantes.

Contrairement à BARNABE (1976), il n'a pas été trouvé d'éléments caractéristiques permettant de dater à quelques heures près la mort d'un oeuf.

Les larves utilisées sont toutes vivantes au départ. 48 heures après le choc thermique, les larves sont observées sous binoculaire ; on distingue les larves vivantes des larves mortes.

### 2.1.7 - Effets sublétaux

Les larves écloses dans des incubateurs en PVC de grande taille (44 cm de côté, 17 cm de haut, fond de toile à plancton de 250 à 300  $\mu$ ) ont toujours présenté quelques malformations de la chorde en moyenne inférieures à 5 %.

Dès les premiers essais de chocs thermiques, le taux de ces anomalies a semblé anormalement élevé, les types de malformations restant les mêmes.

Elles se classent en quatre groupes :

1 - Les cassures de la chorde dorsale (en arrière de la tête, au milieu du corps et en arrière de l'anus) dans le même plan ou dans un plan perpendiculaire à l'axe du corps, (photos n° 9, 10, 11).

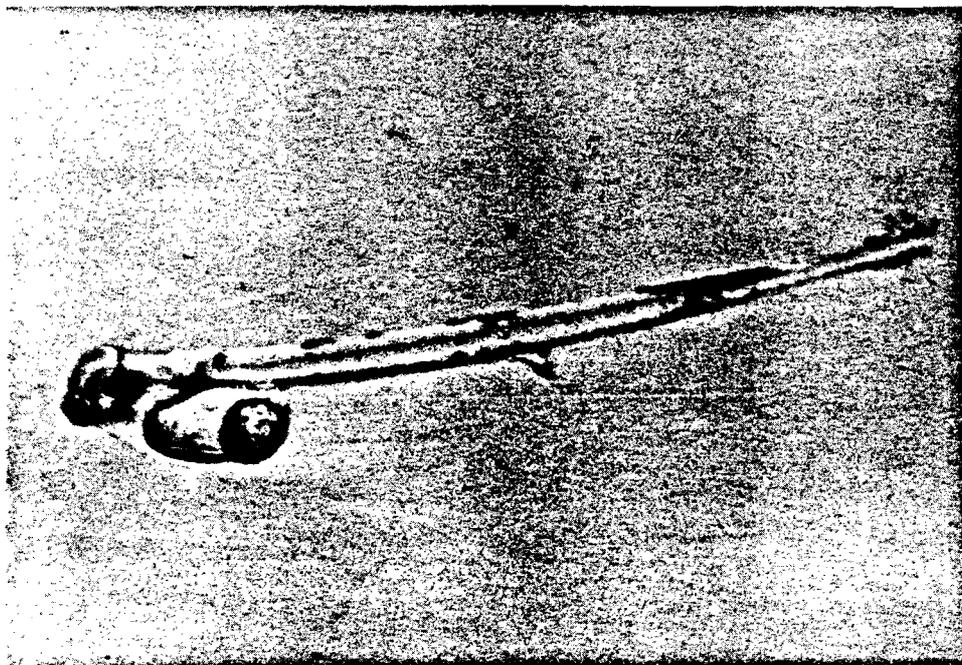
2 - Les malformations de la queue : enroulements dextres, senestres, inférieurs ou supérieurs (photo n° 12).

3 - La réduction de taille de la larve (photo n° 13).

4 - Divers, tel que l'absence de pigments, larves bicéphales (photo n° 14). Ces cas sont très rares.

Chaque lot de larves a fait l'objet de dénombrements systématiques de ces malformations.

L'observation de larves vivantes, donc mobiles, est souvent difficile. Une anesthésie au MS 222 facilite le travail sans provoquer de déformations.



PHOTOS n° 7 et 8 : *Larves de bar en milieu de résorption vitelline.*

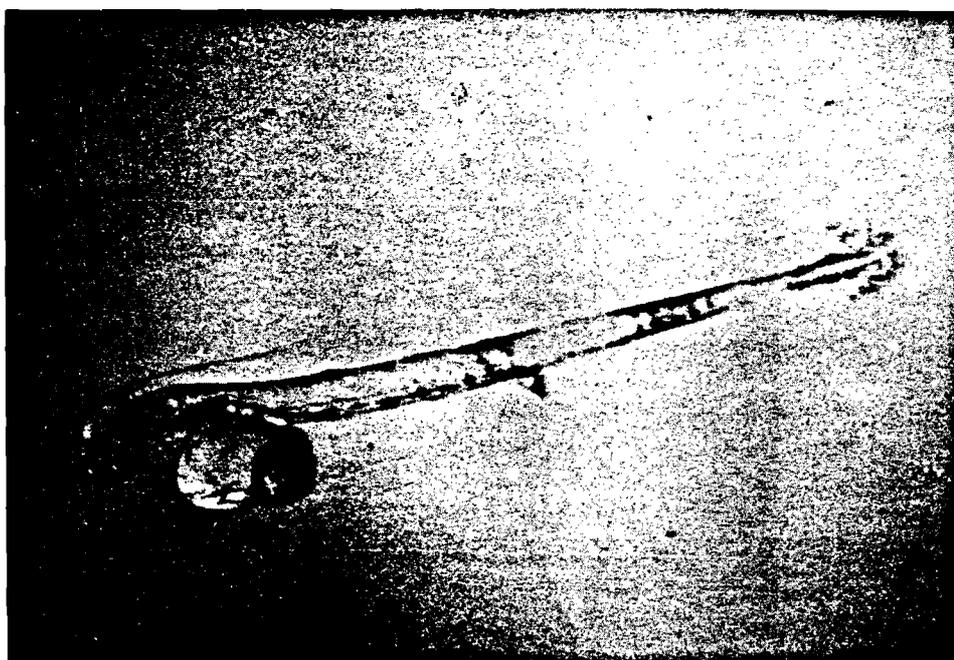


PHOTO n° 9 :

Larve de bar, le lendemain de l'éclosion. Il s'agit ici d'une courbure à 90°. La larve se trouve dans un seul plan.

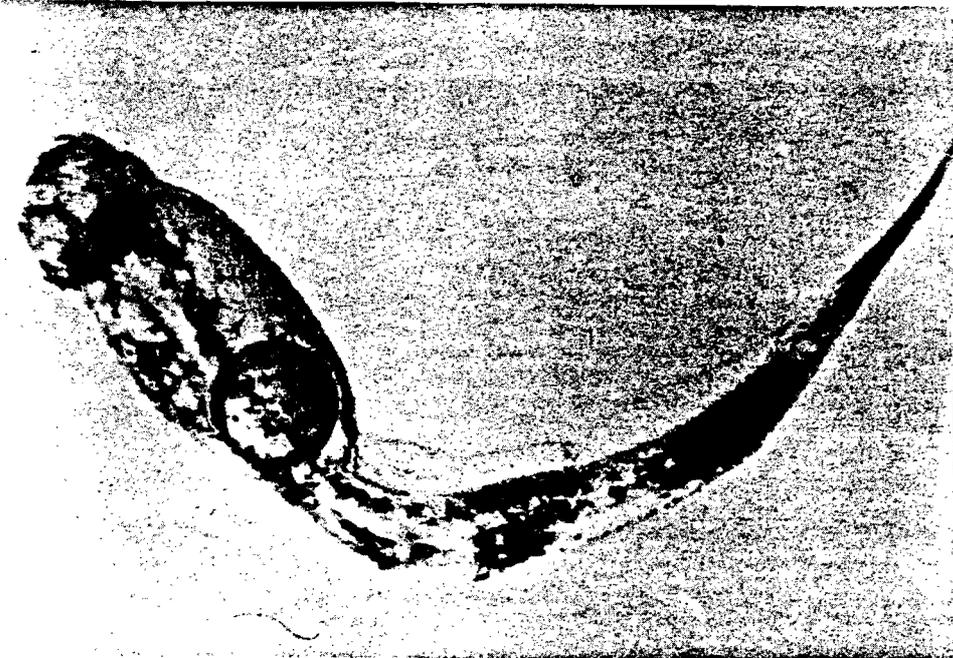
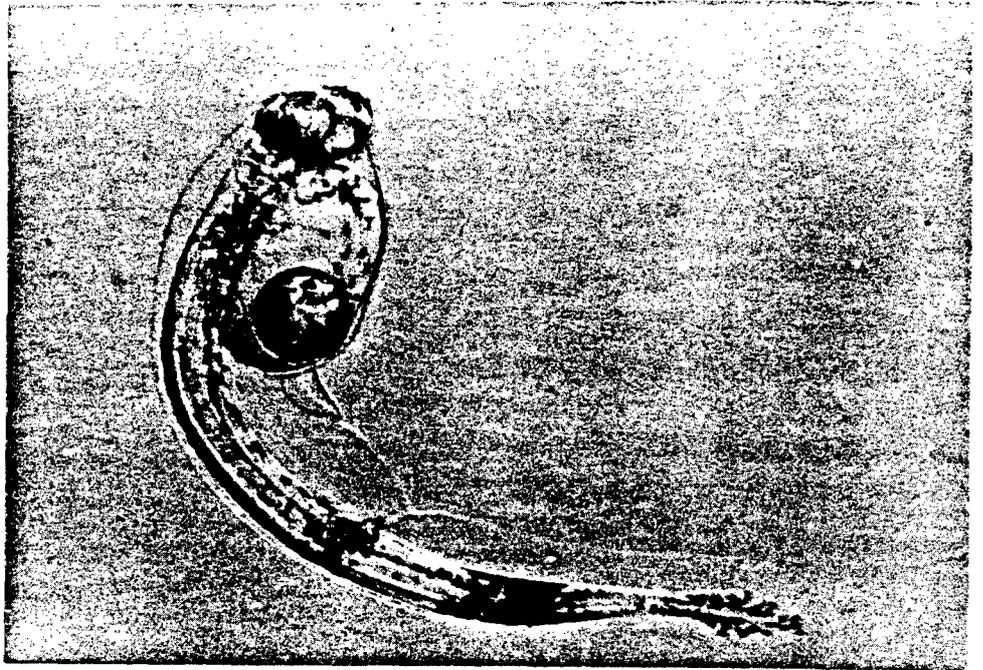


PHOTO n° 10 :

Larve de bar le jour de l'éclosion. Elle présente deux cassures : l'une à 90° vers la droite de la larve, l'autre moins nette en arrière de l'anus.

PHOTO n° 11 :

Larve de bar le jour de l'éclosion. Elle présente 2 cassures de même amplitude, d'abord vers la gauche, puis vers la droite de la larve.

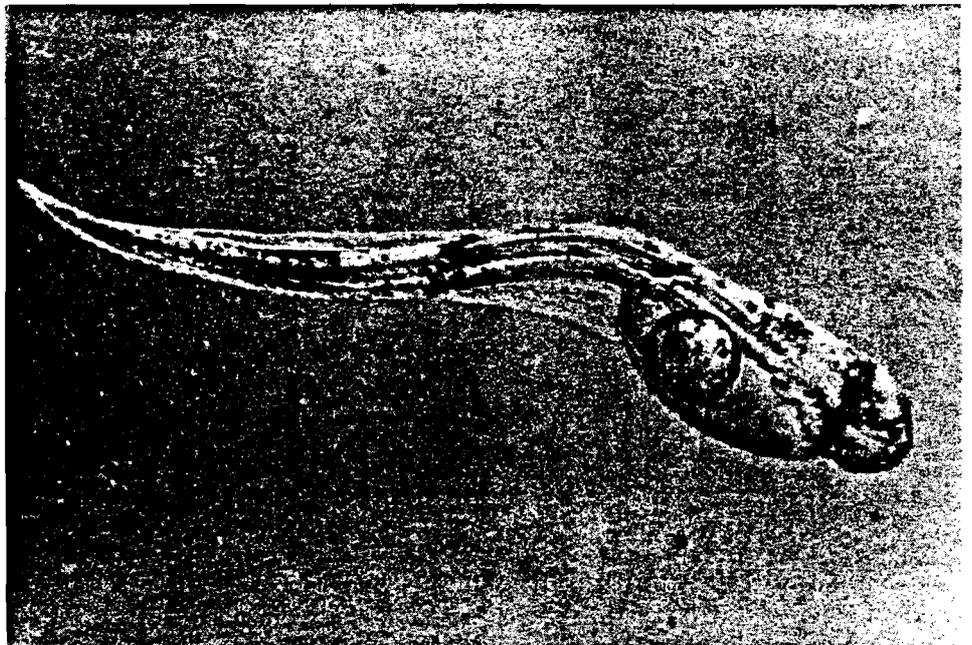


PHOTO n° 12 :

Larve de bar de 2 jours  
après l'éclosion. Noter  
la cassure du bout de  
la queue sur le côté  
gauche de la larve.

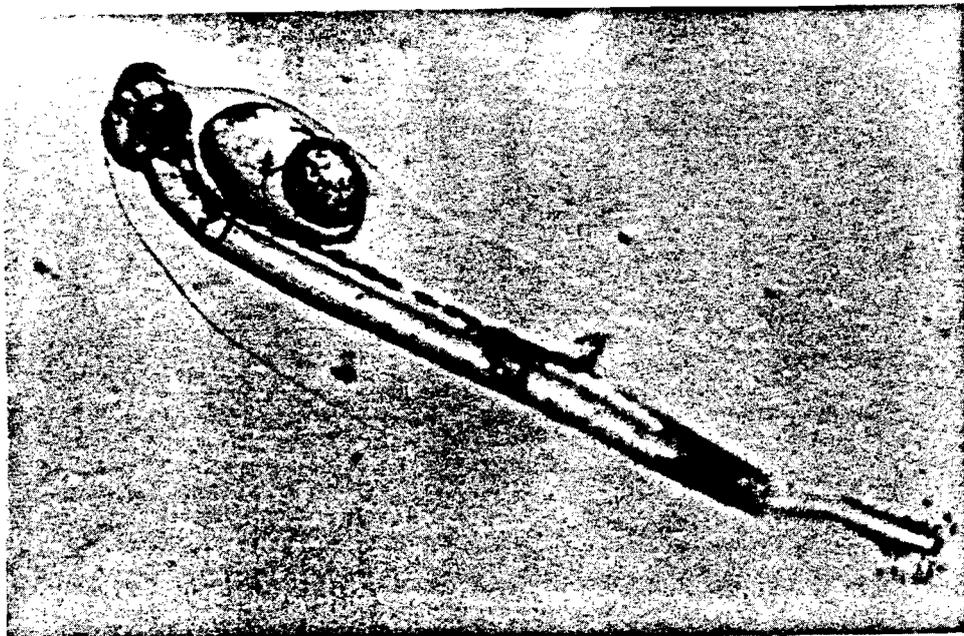


PHOTO n° 13 :

Larve de bar le jour de l'éclosion. Le sac  
vitellin de taille normale semble énorme  
auprès de la larve de taille réduite.

PHOTO n° 14 :

Larve de bar bicéphale  
l'âge de 2 jours.



## 2.2 - ELEMENTS TECHNIQUES

### 2.2.1 - L'échantillonnage

Au début, les prélèvements se font à la pipette, après homogénéisation des oeufs ou larves viables dans un cristalliseur.

Ceux-ci sont déposés dans un petit incubateur à parois pleines et fond en toile à plancton (GIRIN et LEMERCIER, 1976), Ce genre d'incubateur nous a déjà donné satisfaction depuis deux ans. Contrairement à ce qui se passe dans un incubateur à parois en toile et à fond plein, (BATTAGLIA et COULET, 1976), les oeufs pélagiques ne peuvent adhérer aux côtés.

Ce sont donc des cylindres en PVC : hauteur 4 cm, diamètre 9 cm. Le fond est constitué de toile à plancton de 250 à 300  $\mu$  de vide de maille. (photos n° 15 et n° 16).

Les flotteurs sont en polystyrène expansé.

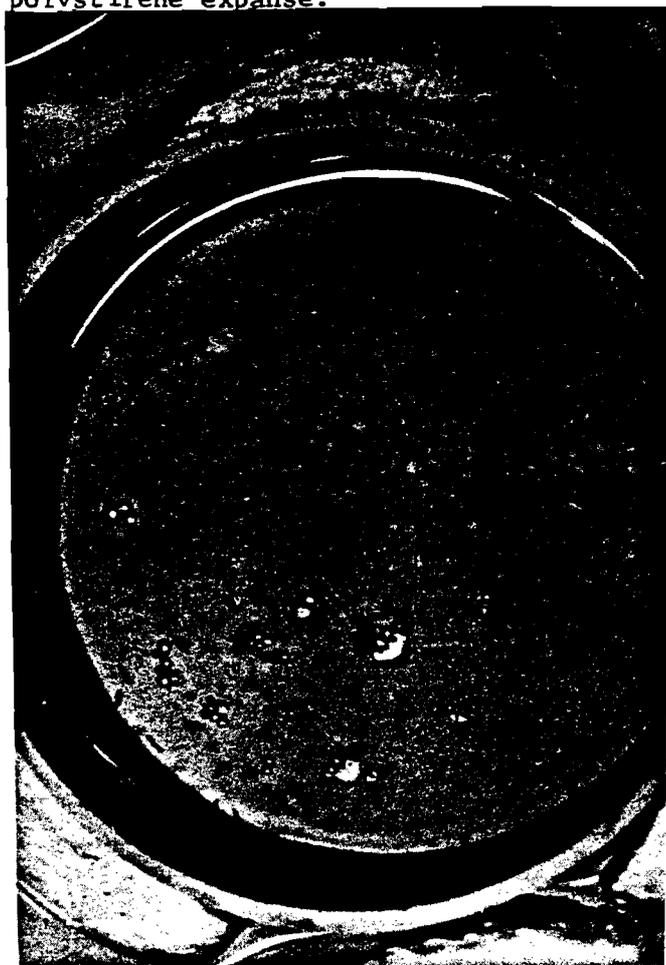
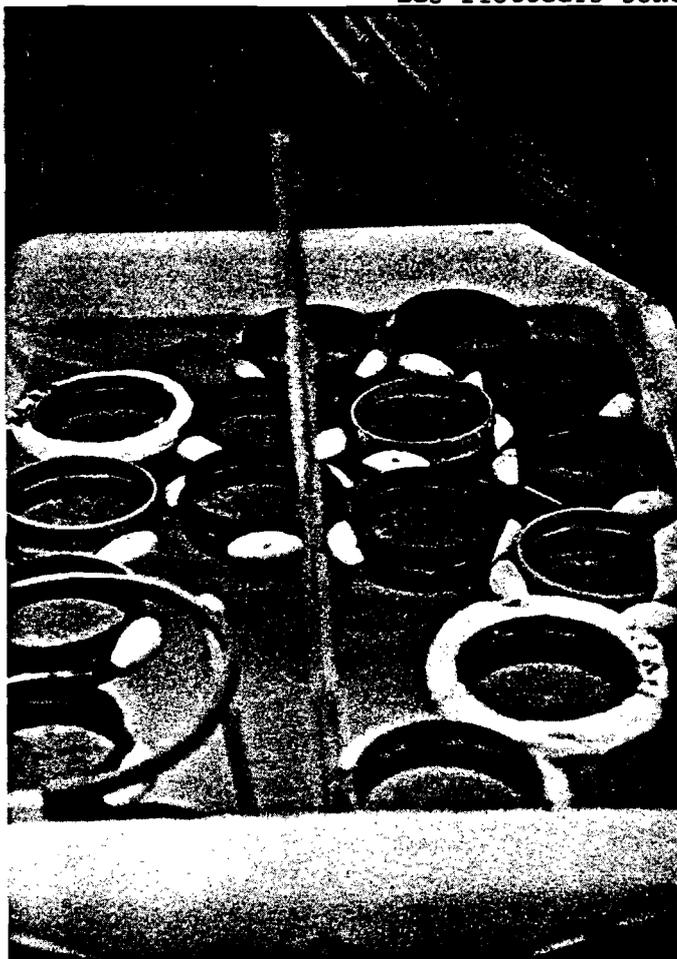


PHOTO n° 15 : Série de petits incubateurs en PVC ( $\varnothing$  : 9 cm - H : 4 cm).

PHOTO n° 16 : Détail d'un petit incubateur. Le fond est en toile à plancton, les flotteurs sont en polystyrène.

Suite à une vérification de l'effet de comptage à la pipette, sur les taux d'éclosion et d'anomalies d'oeufs de bar, on peut craindre une augmentation des malformations.

	% taux d'éclosion	% taux d'anomalies
Pipettage	96	74
	98	32
Prélèvement au verre de montre	97	48
	95	24

TABLEAU 4 - INFLUENCE DES PRELEVEMENTS A LA PIPETTE SUR LES TAUX D'ECLOSION ET DE MALFORMATIONS DE LARVES DE BAR.

Au lieu de faire un comptage précis, il faut donc estimer la charge dans les incubateurs. Entre 50 et 200 oeufs, elle n'a aucune incidence sur les éclosions (DEVAUCHELLE, 1976) ni sur les malformations. Ce dernier point sera vérifié dans les premiers essais de chocs thermiques.

Une fois les lots préparés, on les fait passer dans trois unités :

- 1 - Unité de choc thermique A
- 2 - Unité de palier et refroidissement B
- 3 - Unité de développement à température de base C

Le passage d'une unité à l'autre se fait à l'aide d'un panier rigide en PVC contenant de l'eau de mer sur une hauteur de 2 cm (photo n°

### 2.2.2 - Le choc thermique

Il est réalisé généralement par simple immersion dans un bain chaud (BATTAGLIA et COULET, 1976 ; SCHUBEL, 1974 ; BARNABE, 1976 ; BUCAILLE et KIM, 1976).

Le passage en 7 secondes dans un tube en acier, plongé dans une eau à température élevée peut simuler un condenseur (MAGGI-LASSUS, 1977). Malheureusement, ce genre d'appareil élaboré, applicable aux diatomées, risque de soumettre les oeufs et larves de poissons à des chocs mécaniques importants. En optant pour un choc thermique basé sur des mélanges d'eau froide et d'eau chaude, ce risque est évité.

L'unité choc thermique est donc composée de deux récipients en PVC décalés de 1 m en hauteur (photo n° 17). Le récipient supérieur a la forme d'un cylindre à fond conique (hauteur : 15 cm ; diamètre : 20 cm). Un simple tuyau en vinyle (diamètre : 15 mm int) le relie à la base du récipient inférieur, cylindrique (hauteur : 23 cm ; diamètre : 20 cm ).

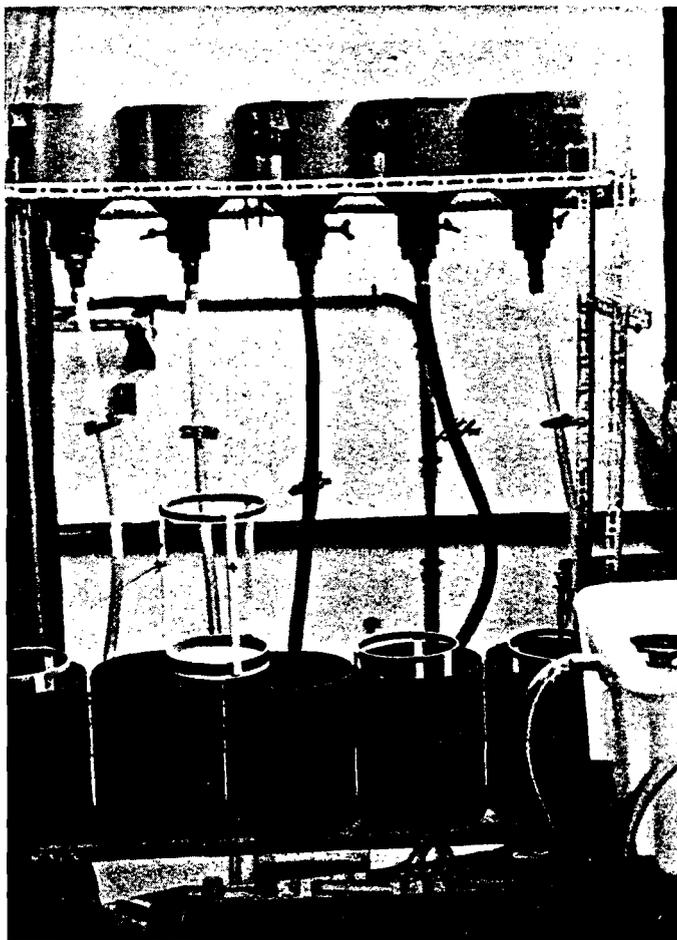


PHOTO N° 17

*Unité choc thermique*

*Remarquer les paviers en PVC utilisés pour les transports de petits incubateurs d'une unité à l'autre.*

Réalisation du choc : le lot expérimental, dans le récipient inférieur, baigne dans deux litres d'eau de mer à température de base. L'eau de mer chauffée est placée dans le récipient supérieur obturé d'un bouchon en caoutchouc. La différence de niveau de 1 mètre permet de réaliser le mélange en 7 secondes.

### 2.2.3 - Palier et refroidissement

Aussitôt après le choc thermique, les petits incubateurs sont transférés dans des récipients de 5 litres chacun (20 cm de hauteur ; 31 cm de diamètre), en PVC (photo n°18), isolés de polystyrène expansé : la température du hall d'aquaculture étant de 20°, il est nécessaire d'éviter tout refroidissement de l'eau. Pendant le palier, chacun des récipients contient 5 litres d'eau à température de base +  $\Delta T$  (10, 12, 15, 17°)

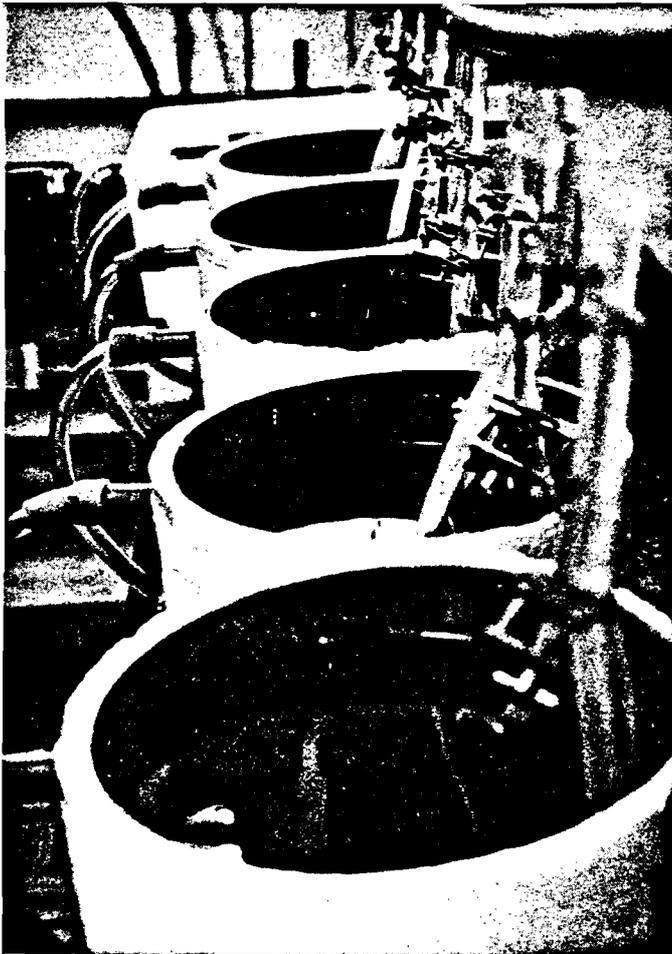


PHOTO N° 18

*Unité palier et refroidissement*

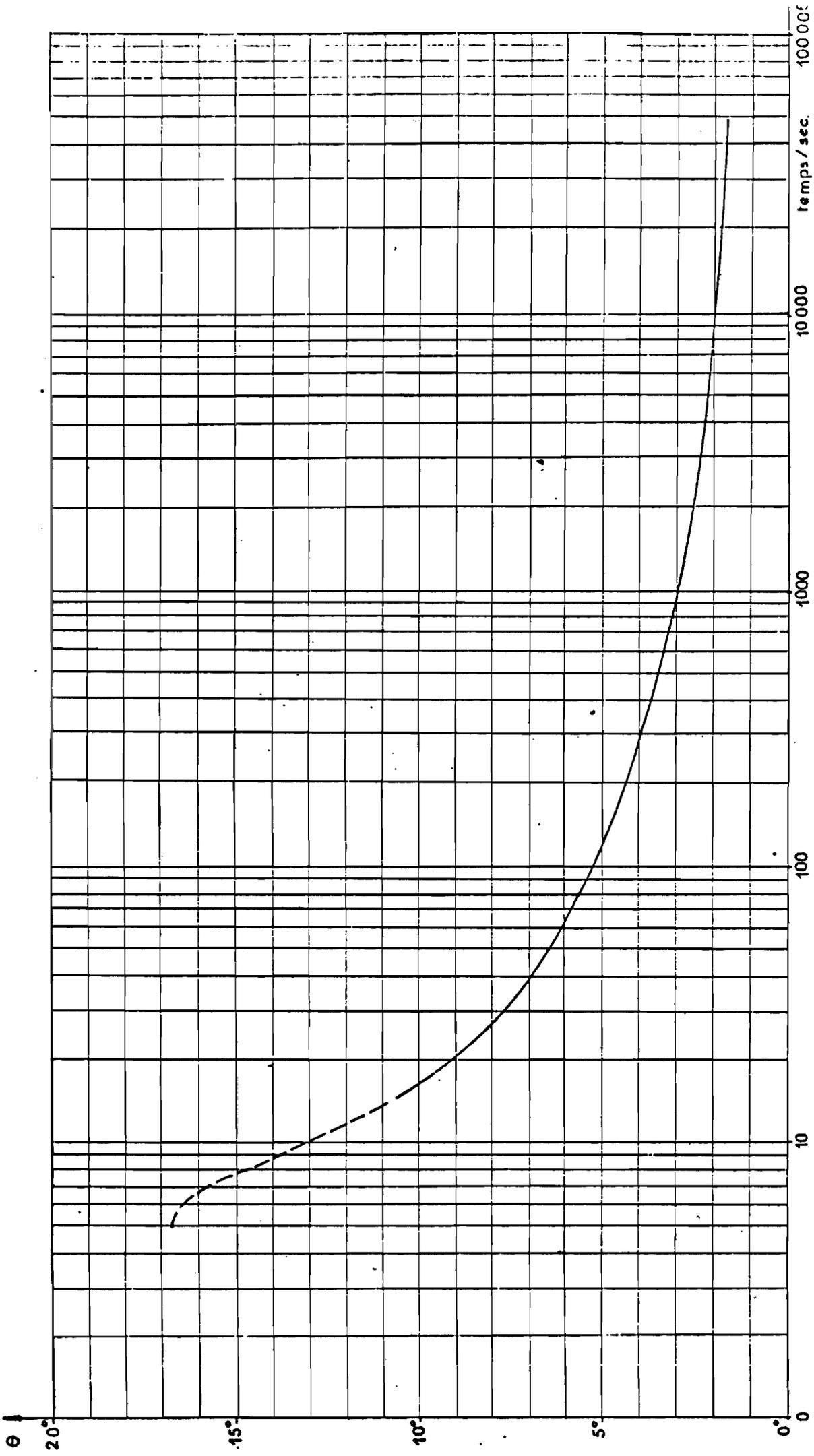
1-

Le temps de palier écoulé, la température de l'eau doit chuter en suivant le plus près possible la courbe de refroidissement fournie par EDF (fig. n° 1).

Le refroidissement par mélange d'eau, de conception très facile dans les bacs de 15 l donnant de bons résultats, il est apparu inutile de recourir à des systèmes plus élaborés par bande magnétique de programmation (BATTAGLIA et COULET, 1976) ou par générateurs d'impulsion (MAGGI et LASSUS, 1976).

Pour atteindre la température de base au bout de 50 minutes, trois débits sont nécessaires :

- de 0 à 20 secondes : 15 l/mn
- de 20 à 80 secondes : 10 l/mn
- de 80 secondes à 50 minutes : 1,25 l/mn

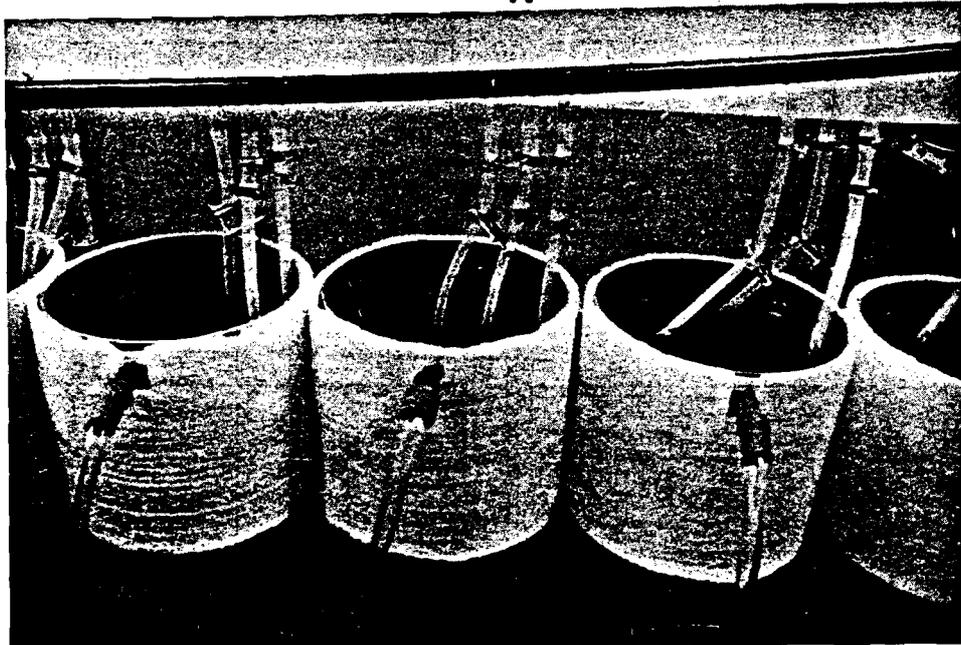


Cinétique moyenne de refroidissement pour un rejet en galerie en mer à marée

(température sur l'axe du jet  $\Delta t = 15^{\circ}\text{C}$ )

FIGURE N° 1

PHOTO N° 19 : Chaque bac de refroidissement est alimenté par trois arrivées d'eau : chacun correspond à un débit différent.



#### 2.2.4 - Appareils de contrôle

Un enregistrement à six voies, que commande une thermistance, nous permet de suivre les chocs thermiques et le refroidissement.

Le choc thermique est réalisé en 7 secondes  $\pm$  1 seconde. Le refroidissement correspond aux cinétiques imposées par EDF.

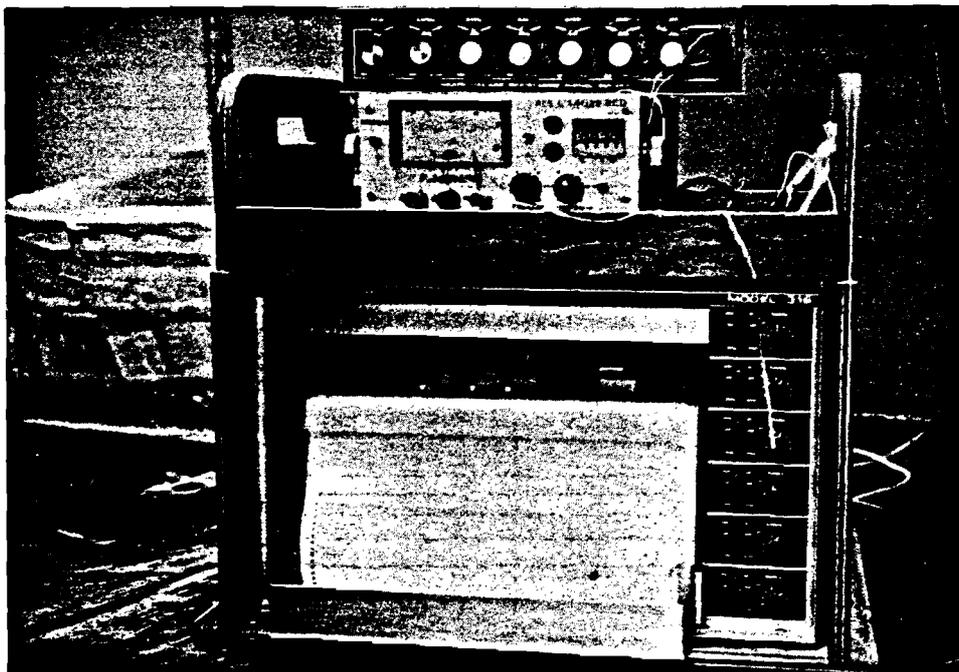


PHOTO N° 20 : Système d'enregistrement

### 2.2.5 - Incubation

Les incubateurs sont ensuite transportés dans un bac rectangulaire en polyvinyle, de 50 l (longueur : 60 cm ; largeur : 42 cm ; profondeur : 25 cm).

L'alimentation est en circuit ouvert. Le débit y est de 50 l/heure, soit 0,8 l/minute.

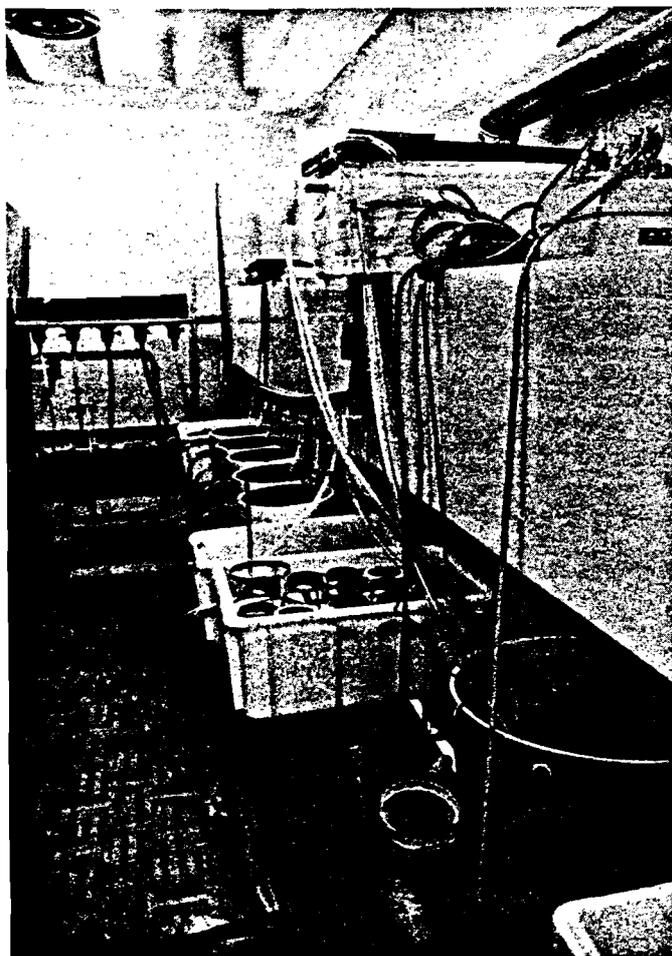


PHOTO N° 21: *Vue d'ensemble de l'installation avec le bac d'incubation puis les cinq récipients en PVC servant au palier et au refroidissement.*

*L'entrée choc thermique se remarque au dernier plan.*

### 2.2.6 - Tests des chocs mécaniques dus au système

Les étapes A (choc mécanique) et B (palier et refroidissement) ainsi que les transferts entre les différentes unités ont été testés sur :

- 5 stades de l'incubation chez le bar (Morula, gastrula, neurula, embryon et prééclosion) ;
- 2 stades de l'incubation chez le turbot (Morula et neurula) ;
- 1 stade larvaire de bar (12 heures après l'éclosion).

A chaque stade correspondent deux lots d'environ 100 oeufs :  
1 témoin et 1 essai.

Résultats : les taux d'éclosion des lots expérimentaux n'accusent pas d'écarts aux témoins, supérieurs à 10 %, excepté aux stades Morula et gastrula. De nouveau, ces résultats confirment la résistance du stade début de neurulation.

Plus loin, l'analyse de variance de tous les témoins du lot et témoins choc mécanique ne révèle aucune différence significative entre les deux types de lots formés d'oeufs au stade Neurula, et ceci quelle que soit l'espèce étudiée.

### 3 - R E S U L T A T S

#### 3.1 - RESULTATS BRUTS

##### 3.1.1 - Présentation

Les résultats sont regroupés par espèce. A chaque paire de tableaux correspond :

- soit les taux d'éclosion et les taux d'anomalies des larves issues d'oeufs qui ont subi un choc thermique 72 heures auparavant ;

- soit les taux de survie et d'anomalies de larves 48 heures après un choc thermique.

Un tableau de chiffres regroupe les résultats de douze témoins qui n'ont subi ni contrainte mécanique ni contrainte thermique (T) ; douze témoins qui ont subi les contraintes mécaniques dues au système expérimental (TM), et de quarante-huit lots expérimentaux correspondant à seize combinaisons  $\Delta t$  durée de palier.

En regard de ces tableaux figurent diverses observations, puis le résultat d'une première analyse de variance qui oppose les deux témoins entre eux en tenant compte des trois pontes concernées (Analyse de variance à deux facteurs avec replication, selon SOKAL et ROHLF, 1971).

Dans la mesure où elle ne met pas en évidence de différence entre les témoins, ce qui est systématiquement le cas, les données brutes des lots expérimentaux ont été rapportés à la moyenne des témoins du  $\Delta t$  étudiée.

Ces données relatives font l'objet d'une analyse de variance à trois facteurs ( $\Delta t$ , palier, ponte), sans replication (SOKAL et ROHLF, 1971) dont les résultats sont présentés dans les pages suivantes.

### 3.1.2 - Oeufs de bars

#### Observations :

Les résultats de taux d'éclosion des lots témoins et expérimentaux de la ponte B 35 sont en général plus faibles. Les oeufs ont été utilisés au stade NEURULA avancé, ce qui peut s'expliquer par une plus grande sensibilité aux manipulations.

La fragilité de la ponte B 35 ne se remarque pas au niveau des anomalies.

#### Taux d'éclosion :

##### Analyse de variance des témoins

			Seuil de 95 %	Seuil de 99 %
F 1/18	Témoins	0,089	NS (1)	NS (1)
F 2/18	Ponte	18,815	S (2)	S (2)
F 2/18	Témoins x ponte	2,035	NS	NS

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	1,856	NS	NS
F 3/18	$\Delta t$	6,820	S	S
F 2/18	Ponte	15,548	S	S
F 9/18	Palier x $\Delta t$	0,598	NS	NS
F 6/18	$\Delta t$ x ponte	3,248	S	S
F 6/18	Palier x ponte	0,545	NS	NS

#### Taux d'anomalies :

##### Analyse de variance des témoins

F 1/18	Témoins	4,243	NS	NS
F 2/18	Ponte	0,881	NS	NS
F 2/18	Témoins x ponte	0,126	NS	NS

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	1,811	NS	NS
F 3/18	$\Delta t$	4,447	S	S
F 2/18	Ponte	7,970	S	S
F 9/18	Palier x $\Delta t$	2,601	S	S
F 6/18	$\Delta t$ x ponte	3,805	S	NS
F 6/18	Palier x ponte	2,034	NS	NS

(1) NS = NON SIGNIFICATIF

(2) S = SIGNIFICATIF

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn %				Témoins %	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n°28	10	81	76	88	81	88	84
	12	91	81	81	87	85	83
	15	86	93	90	90	90	76
	17	88	92	85	70	97	86
Ponte n°29	10	87	81	81	76	95	98
	12	84	85	83	84	91	92
	15	82	60	57	67	88	92
	17	65	25	68	63	86	95
Ponte n°35	10	68	66	90	68	63	72
	12	69	61	68	71	71	96
	15	68	46	46	46	65	62
	17	51	48	39	35	68	62

TABLEAU N° 5 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES OEUFS DE BARS

RESULTATS BRUTS DES TAUX D'ECLOSION EN FONCTION DES DIFFERENTES COMBINAISONS "  $\Delta t$ -palier".

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn %				Témoins %	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n°28	10	5	43	12	9	15	15
	12	6	18	15	5	17	10
	15	7	12	11	11	12	32
	17	8	13	4	21	7	13
Ponte n°29	10	7	16	23	12	6	14
	12	10	7	10	6	4	8
	15	23	18	14	17	11	21
	17	13	23	25	39	10	10
Ponte n°35	10	5	3	6	5	11	8
	12	15	8	27	15	6	8
	15	26	28	12	38	7	27
	17	23	18	37	55	16	30

TABLEAU N° 6 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES OEUFS DE BARS

RESULTATS BRUTS DES TAUX D'ANOMALIES DES LARVES ISSUES DES OEUFS EN FONCTION DES DIFFERENTES COMBINAISONS "  $\Delta t$ -palier".

### 3.1.3 - Larves de bars

#### Observations :

Le choc thermique n'induit pratiquement pas de mortalité sauf peut-être dans le cas de la ponte n° 58, au  $\Delta 17^\circ$ .

Dans tous les cas, les taux d'anomalies sont remarquablement faibles.

#### Taux de survie :

##### Analyse de variance des témoins

			Seuil de 95 %	Seuil de 99 %
F 1/18	Témoins	0,24	NS (1)	NS
F 2/18	Ponte	0,50	NS	NS
F 2/18	Témoins x ponte	0,23	NS	NS

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	1,143	NS	NS
F 3/18	$\Delta t$	10,725	S (2)	S
F 2/18	Ponte	1,830	NS	NS
F 9/18	Palier x $\Delta t$	1,720	NS	NS
F 6/18	$\Delta t$ x ponte	2,823	S	NS
F 6/18	Palier x ponte	1,005	NS	NS

#### Taux d'anomalies :

##### Analyse de variance des témoins

F 1/18	Témoins	0,119	NS	NS
F 2/18	Ponte	0,558	NS	NS
F 2/18	Témoins x ponte	0,558	NS	NS

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	1,297	NS	NS
F 3/18	$\Delta t$	1,278	NS	NS
F 2/18	Ponte	1,816	NS	NS
F 9/18	Palier x $\Delta t$	0,905	NS	NS
F 6/18	$\Delta t$ x ponte	1,665	NS	NS
F 6/18	Palier x ponte	1,016	NS	NS

(1) NS = NON SIGNIFICATIF

(2) S = SIGNIFICATIF

...

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn				Témoins	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n° 30	10	99	96	98	99	96	98
	12	99	94	95	89	100	99
	15	98	97	96	99	98	97
	17	99	97	98	96	100	99
Ponte n° 41	10	99	98	99	99	95	97
	12	99	99	99	99	100	100
	15	99	99	99	98	99	99
	17	91	98	93	64	98	99,5
Ponte n° 58	10	97	95	99	97	97	95
	12	99	91	100	100	99	99
	15	99	99	96	98	98	99,5
	17	53	88	90	70	96	98

TABLEAU N° 7 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES LARVES DE BARS

RESULTATS BRUTS DES TAUX DE SURVIE EN FONCTION DES DIFFERENTES COMBINAISONS "  $\Delta t$ -palier".

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn				Témoins	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n° 30	10	2	8	1	3	1	0
	12	3	5	4	5	3	5
	15	6	3	5	8	3	3
	17	16	5	3	4	3	8
Ponte n° 41	10	2,5	4	4	7	3	3
	12	2	3	5	3	4	4
	15	3	2	4	5	2	1
	17	6	7	2	8	1	2
Ponte n° 58	10	2	0,5	0,7	4	0,5	5
	12	5	0,5	3	4	4	3
	15	6	3	5	4	4	4
	17	3	2	4	3	7	1

TABLEAU N° 8 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES LARVES DE BARS

RESULTATS BRUTS DES TAUX D'ANOMALIES EN FONCTION DES DIFFERENTES COMBINAISONS "  $\Delta t$ -palier".

### 3.1.4 - Oeufs de Sole

#### Observations :

La température de base de la ponte n° 3 est accidentellement de 17° soit 5° au-dessus de la température de ponte. Aux  $\Delta 15^\circ$  et  $\Delta 17^\circ$ , les bains dépassent 30°. Aux alentours de cette température, les taux d'éclosion chutent très rapidement. Sans aucun doute, on touche là à une température critique.

L'explication des taux d'anomalies très élevés dans la ponte n° 3 passe aussi probablement par l'hypothèse d'une température critique.

#### Taux d'éclosion :

##### Analyse de variance des témoins

			Seuil de 95 %	Seuil de 99 %
F 1/18	Témoins	0,703	NS (1)	NS
F 2/18	Ponte	1,786	NS	NS
F 2/18	Témoins x ponte	0,075	NS	NS

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	4,230	S (2)	NS
F 3/18	$\Delta t$	33,232	S	S
F 2/18	Ponte	19,951	S	S
F 9/18	Palier x $\Delta t$	1,708	NS	NS
F 6/18	$\Delta t$ x ponte	6,530	S	S
F 6/18	Palier x ponte	1,781	NS	NS

#### Taux d'anomalies :

##### Analyse de variance des témoins

F 1/18	Témoins	2,788	NS	NS
F 2/18	Ponte	120,222	S	S
F 2/18	Témoins x ponte	1,457	NS	NS

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	0,556	NS	NS
F 3/18	$\Delta t$	18,726	S	S
F 2/18	Ponte	44,212	S	S
F 9/18	Palier x $\Delta t$	0,740	NS	NS
F 6/18	$\Delta t$ x ponte	11,815	S	S
F 6/18	Palier x ponte	0,823	NS	NS

(1) NS = NON SIGNIFICATIF

(2) S = SIGNIFICATIF

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn				Témoins	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n° 3	10	98	99	98	98	96	99
	12	96	86	82	84	97	99
	15	92	70	38	15	100	99
	17	46	17	7	0	99	99
Ponte n° 13	10	99	99	100	99	97	100
	12	98	98	100	99	98	98
	15	97	97	94	79	99	100
	17	97	89	70	81	93	99
Ponte n° 20	10	100	99	100	100	100	97
	12	100	99	100	100	99	100
	15	100	97	98	99	98	100
	17	25	98	4	35	98	99

TABLEAU N° 9 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES OEUFS DE SOLE  
 RESULTATS BRUTS DES TAUX D'ECLOSION EN FONCTION DES  
 DIFFERENTES COMBINAISONS " $\Delta t$ -palier".

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn				Témoins	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n° 3	10	23	15	21	21	22	17
	12	22	39	20	24	13	15
	15	78	94	92	69	16	13
	17	44	71	100	100	16	15
Ponte n° 13	10	2	0	1	2,5	0	1
	12	1	3	1	1	0	0
	15	0	1	2	2	2	0
	17	4	2	12	3	0	3
Ponte n° 20	10	4	6	6	6	7	2
	12	6	4	2	2	3	2
	15	2	3	8	7	4	0
	17	36	8	50	12	6	4

TABLEAU N° 10 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES OEUFS DE SOLE  
 RESULTATS BRUTS DES TAUX D'ANOMALIES ISSUES DES OEUFS  
 EN FONCTION DES DIFFERENTES COMBINAISONS " $\Delta t$ -palier".

### 3.1.5 - Larves de Soles

#### Observations

Les valeurs des témoins et des essais correspondants sont très homogènes. Les trois pontes dont les températures de base sont strictement identiques ne réagissent pas aux chocs thermiques.

#### Taux de survie :

##### Analyse de variance des témoins

			Seuil de 95 %	Seuil de 99 %
F 1/18	Témoins	5,823	S (2)	NS (1)
F 2/18	Ponte	0,566	NS	NS
F 2/18	Témoins x ponte	1,528	NS	NS

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	2,234	NS	NS
F 3/18	$\Delta t$	5,398	S	S
F 2/18	Ponte	1,550	NS	NS
F 9/18	Palier x $\Delta t$	1,554	NS	NS
F 6/18	$\Delta t$ x ponte	0,679	NS	NS
F 6/18	Palier x ponte	0,968	NS	NS

#### Taux d'anomalies :

##### Analyse de variance des témoins

F 1/18	Témoins	1,630	NS	NS
F 2/18	Ponte	8,711	S	S
F 2/18	Témoins x ponte	2,730	NS	NS

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/13	Palier	1,101	NS	NS
F 3/18	$\Delta t$	1,692	NS	NS
F 2/18	Ponte	0,116	NS	NS
F 9/18	Palier x $\Delta t$	0,926	NS	NS
F 6/18	$\Delta t$ x ponte	0,412	NS	NS
F 6/18	Palier x ponte	2,105	NS	NS

(1) NS = NON SIGNIFICATIF

(2) S = SIGNIFICATIF

...

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn %				Témoins %	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n° 14	10	95	99	98	95	99	100
	12	98	100	96	97	94	99
	15	98	97	98	98	100	100
	17	98	93	98	34	100	99
Ponte n° 19	10	99,5	99,5	98	100	100	100
	12	99	99,5	99	99	99	98
	15	99	99	99	91	98	99
	17	96	95	76	73	99	100
Ponte n° 22	10	98	100	100	100	98	99
	12	100	100	99	97	97	100
	15	100	100	99	100	98	100
	17	97	92	93	95	95	100

**TABLEAU N° 11 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES LARVES DE SOLE**

RESULTATS BRUTS DES TAUX DE SURVIE EN FONCTION DES DIFFERENTES COMBINAISONS "  $\Delta t$ -palier".

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn %				Témoins %	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n° 14	10	4	4	3	10	5	3
	12	6	7	11	4	9	4
	15	5	1	7	29	11	7
	17	5	0	7	11	10	6
Ponte n° 19	10	7	3	7	2	3	6
	12	4	3	3	0	3	3
	15	3	1	1	3	1	2
	17	3	4	1	7	4	4
Ponte n° 22	10	3	0	2	3	1	1
	12	2	3	5	2	3	1
	15	3	9	2	1	4	2
	17	0	4	1	1	5	7

**TABLEAU N° 12 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES LARVES DE SOLE**

RESULTATS BRUTS DES TAUX D'ANOMALIES EN FONCTION DES DIFFERENTES COMBINAISONS "  $\Delta t$ -palier".

### 3.1.6 - Oeufs de Turbots

#### Observations :

La ponte n° 31 semble plus résistante aux manipulations et aux chocs thermiques. Sa température de base est de 16° (contre 17° pour les pontes n° 22 et 28). Elle ne peut expliquer à elle seule cette résistance puisque même le témoin T (sans contrainte thermique ou mécanique) accuse de meilleures performances que ceux des pontes n° 22 et 28. Elle résulte probablement d'une synergie entre les deux facteurs : température de base et ponte.

#### Taux d'éclosion :

##### Analyse de variance des témoins

			Seuil de 95 %	Seuil de 99 %
F 1/18	Témoins	0,788	NS (1)	NS
F 2/18	Ponte	5,862	S (2)	NS
F 2/18	Témoins x ponte	1,381	NS	NS

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	3,001	NS	NS
F 3/18	$\Delta t$	74,689	S	S
F 2/18	Ponte	36,032	S	S
F 9/18	Palier x $\Delta t$	0,416	NS	NS
F 6/18	$\Delta t$ x ponte	13,666	S	S
F 6/18	Ponte x $\Delta t$	0,555	NS	NS

#### Taux d'anomalies :

##### Analyse de variance des témoins

F 1/18	Témoins	2,182	NS	NS
F 2/18	Ponte	7,135	S	S
F 2/18	Témoins x ponte	1,266	NS	NS

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	2,465	NS	NS
F 3/18	$\Delta t$	21,180	S	S
F 2/18	Ponte	1,573	NS	NS
F 9/18	Palier x $\Delta t$	0,871	NS	NS
F 6/18	$\Delta t$ x ponte	1,645	NS	NS
F 6/18	Ponte x $\Delta t$	0,521	NS	NS

(1) NS = NON SIGNIFICATIF

(2) S = SIGNIFICATIF

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn %				Témoins %	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n°22	10	93	79	92	68	89	52
	12	86	79	75	89	69	79
	15	61	63	66	80	69	84
	17	42	31	12	7	80	70
Ponte n°28	10	80	93	71	65	89	83
	12	91	87	74	72	90	65
	15	46	32	22	21	81	79
	17	26	8	14	10	91	84
Ponte n°31	10	96	96	92	92	71	94
	12	93	96	90	94	95	96
	15	89	98	88	81	92	95
	17	90	78	87	74	92	96

TABLEAU N° 13 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES OEUFs DE TURBOT  
 RESULTATS BRUTS DES TAUX D'ECLOSION EN FONCTION DES  
 DIFFERENTES COMBINAISONS " $\Delta t$ -palier".

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn %				Témoins %	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n°22	10	23	29	22	28	34	25
	12	24	27	36	12	11	22
	15	14	46	28	13	24	29
	17	50	100	100	100	27	26
Ponte n°28	10	7,4	3	11	8	21	4
	12	8	3	7	17	17	12
	15	11	10	25	38	27	9
	17	13	80	86	13	7	10
Ponte n°31	10	14	13	40	19	29	10
	12	11	13	13	13	13	15
	15	18	16	22	36	15	14
	17	41	41	28	34	8	8

TABLEAU N° 14 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES OEUFs DE TURBOT  
 RESULTATS BRUTS DES TAUX D'ANOMALIES DES LARVES VIVANTES  
 ISSUES DE CES OEUFs, EN FONCTION DES DIFFERENTES  
 COMBINAISONS " $\Delta t$ -palier".

### 3.1.7 - Larves de Turbot

#### Observations :

Les larves du lot n° 34 ont subi le choc thermique le 2e jour qui suit l'éclosion. Malgré cela, leurs taux de survie ne diffèrent pas significativement de ceux des autres lots. Cette remarque s'applique aux deux tableaux.

#### Taux de survie :

##### Analyse de variance des témoins

			Seuil de 95 %	Seuil de 99 %
F 1/18	Témoins	8,719	S (2)	S
F 2/18	Ponte	12,952	S	S
F 2/18	Témoins x Ponte	8,421	S	S

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/19	Palier	0,619	NS (1)	NS
F 3/18	$\Delta T$	2,277	NS	NS
F 2/18	Ponte	0,528	NS	NS
F 9/18	Palier x $\Delta T$	0,685	NS	NS
F 6/18	$\Delta T$ x Ponte	3,260	S	S
F 6/18	Palier x Ponte	0,730	NS	NS

#### Taux d'anomalies

##### Analyse de variance des témoins

F 2/18	Témoins	0,443	NS	NS
F 1/18	Ponte	1,354	NS	NS
F 2/18	Témoins x Ponte	0,817	NS	NS

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	0,444	NS	NS
F 3/18	$\Delta T$	1,919	NS	NS
F 2/18	Ponte	13,456	S	S
F 9/18	Palier x $\Delta T$	1,498	NS	NS
F 6/18	$\Delta T$ x Ponte	1,201	NS	NS
F 6/18	Palier x Ponte	0,424	NS	NS

(1) NS = NON SIGNIFICATIF

(2) S = SIGNIFICATIF

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn %				Témoins %	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n°34	10	97	94	47	58	93	96
	12	97	91	74	100	68	98
	15	94	98	88	98	81	100
	17	70	87	95	93	65	92
Ponte n°38	10	98	99	99	100	100	98
	12	100	98	100	100	100	100
	15	99	99	99	89	97	100
	17	98	79	88	60	97	99
Ponte n°42	10	98	98	98	98	100	99
	12	100	100	99	98	100	98
	15	100	99	100	95	97	98
	17	99	99	100	97	99	99

TABLEAU N° 15 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES LARVES DE TURBOT

RESULTATS BRUTS DES TAUX DE SURVIE EN FONCTION DES  
DIFFERENTES COMBINAISONS " $\Delta t$ -palier".

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn %				Témoins %	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n°34	10	30	21	26	11	30	40
	12	33	3	32	21	22	30
	15	27	23	19	25	40	24
	17	13	32	30	28	29	33
Ponte n°38	10	24	20	29	14	20	21
	12	29	28	32	33	17	39
	15	45	33	36	39	16	35
	17	30	38	37	53	41	28
Ponte n°42	10	12	26	28	22	26	24
	12	24	27	30	27	17	27
	15	31	26	17	24	28	22
	17	33	23	25	26	33	21

TABLEAU N° 16 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES LARVES DE TURBOT

RESULTATS BRUTS DES TAUX D'ANOMALIES EN FONCTION DES  
DIFFERENTES COMBINAISONS " $\Delta t$ -palier".

### 3.1.8 - Oeufs de Rouget

#### Observations :

La ponte n° 4 a subi les chocs thermiques dans des conditions strictement identiques aux pontes n° 11 et n° 20. Pourtant, les taux d'éclosion des essais chutent dès le  $\Delta 12^\circ$ . L'analyse statistique (page 44) mentionne que chez toutes les espèces, chaque ponte a des réactions particulières mais, généralement, elles ne varient pas aussi nettement que chez les Rougets.

Les témoins de la ponte n° 4 accusent un fort taux de malformations par rapport aux témoins des autres pontes. Le pourcentage de ces anomalies est accentué aux  $\Delta 15^\circ$  et  $\Delta 17^\circ$ .

#### Taux d'éclosion :

##### Analyse de variance des témoins

			Seuil de 95 %	Seuil de 99 %
F 1/18	Témoins	0,697	NS (1)	NS
F 2/18	Ponte	13,233	S (2)	
F 2/18	Témoins x Ponte	0	NS	NS

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	2,139	NS	NS
F 3/18	$\Delta T$	181,553	S	S
F 2/18	Ponte	18,532	S	S
F 9/18	Palier x $\Delta T$	3,785	NS	NS
F 6/18	$\Delta T$ x Ponte	6,218	NS	NS
F 6/18	Palier x Ponte	0,852	NS	NS

#### Taux d'anomalies :

##### Analyse de variance des témoins

F 2/18	Témoins	0,001	NS	NS
F 1/18	Ponte	20,976	S	S
F 2/18	Témoins x Ponte	0,195	NS	NS

##### Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	0,412	S	S
F 3/18	$\Delta T$	11,316	NS	NS
F 2/18	Ponte	1,439	NS	NS
F 9/18	Palier x $\Delta T$	0,211	NS	NS
F 6/18	$\Delta T$ x Ponte	0,685	NS	NS
F 6/18	Palier x Ponte	0,456	NS	NS

(1) NS = NON SIGNIFICATIF

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn %				Témoins %	
		5	10	15	20	T	T <sub>H</sub>
Ponte n° 4	10	88	95	92	75	94	97
	12	37	42	39	28	99	97
	15	11	1	5	4	98	94
	17	0	0	1	0	95	96
Ponte n° 11	10	100	100	100	100	98	100
	12	91	83	97	100	100	100
	15	79	14	7	15	100	96
	17	0	14	0	10	100	100
Ponte n° 20	10	95	94	82	74	100	99
	12	67	90	87	78	100	100
	15	55	4	11	26	100	100
	17	1	4	3	0	100	99

**TABLEAU N° 17** : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES OEUFS DE ROUGET  
 RESULTATS BRUTS DES TAUX D'ECLOSION EN FONCTION DES  
 DIFFERENTES COMBINAISONS "  $\Delta t$ -palier".

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn %				Témoins %	
		5	10	15	20	T	T <sub>H</sub>
Ponte n° 4	10	34	40	35	8	34	29
	12	19	32	37	44	37	33
	15	75	100	33	25	16	17
	17	100	100	100	100	10	8
Ponte n° 11	10	3	8	0	0	0	4
	12	4	15	0	0	0	3
	15	0	0	0	0	0	0
	17	100	0	100	0	0	0
Ponte n° 20	10	2	11	6	10	5	4
	12	34	4	15	9	5	5
	15	36	0	75	33	4	0
	17	100	100	0	100	4	9

**TABLEAU N° 18** : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES OEUFS DE ROUGET  
 RESULTATS BRUTS DES TAUX D'ANOMALIES DES LARVES ISSUES  
 DES OEUFS EN FONCTION DES DIFFERENTES COMBINAISONS  
 "  $\Delta t$ -palier".

3.1.9 - Larves de Rouget

Observations :

Les taux de survie varient énormément d'une ponte à l'autre, qu'il s'agisse des témoins ou des essais. Les pontes de rouget sont souvent très petites. Il a fallu, dans la plupart des cas, travailler avec des échantillons inférieurs ou égaux à 50 larves. De ce fait, ils sont moins représentatifs, d'où des taux d'éclosion fluctuants.

Etablir un taux d'anomalies sur une dizaine ou une vingtaine de larves paraît aberrant. Plusieurs cas de ce genre se sont présentés aux pontes n° 10 et n° 39. Leurs résultats ont donc simplement été rayés du tableau.

Taux de survie :

Analyse de variance des témoins

			Seuil de 95 %	Seuil de 99 %
F 1/18	Témoins	0,237	NS (1)	NS
F 2/18	Ponte	39,889	S (2)	S
F 2/18	Témoins x Ponte	1,346	NS	NS

Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	2,586	NS	NS
F 3/18	$\Delta T$	5,297	S	S
F 2/18	Ponte	3,704	S	S
F 9/18	Palier x $\Delta T$	0,954	NS	NS
F 6/18	$\Delta T$ x Ponte	2,002	NS	NS
F 6/18	Palier x Ponte	2,610	NS	NS

Taux d'anomalies :

Analyse de variance des témoins

F 2/18	Témoins	} Une série de données manquant, les analyses statistiques n'ont pu être faites.
F 1/18	Ponte	
F 2/18	Témoins x Ponte	

Analyse de variance des données relatives

F 3/18	Palier	} Une série de données manquant, les analyses statistiques n'ont pu être faites.
F 3/18	$\Delta T$	
F 2/18	Ponte	
F 9/18	Palier x $\Delta T$	
F 6/18	$\Delta T$ x Ponte	
F 6/18	Palier x Ponte	

(1) NS = NON SIGNIFICATIF

(2) S = SIGNIFICATIF

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn				Témoins	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n°10	10	0	0	30	44	30	23
	12	4	11	50	26	25	0
	15	17	9	50	75	32	50
	17	17	45	91	4	0	17
Ponte n°25	10	53	69	73	61	55	75
	12	50	72	65	42	59	68
	15	34	35	54	47	56	60
	17	62	49	51	45	24	64
Ponte n°39	10	100	93	83	60	100	100
	12	73	59	87	76	77	61
	15	100	98	78	98	98	98
	17	100	96	93	96	100	100

TABLEAU N° 19 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES LARVES DE ROUGET  
 RESULTATS BRUTS DES TAUX DE SURVIE EN FONCTION DES  
 DIFFERENTES COMBINAISONS "  $\Delta t$ -palier".

	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	Durée du palier - mn				Témoins	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Ponte n° 10	10						
	12						
	15						
	17						
Ponte n°25	10	10	4	7	2	0	6
	12	2	7	2	0	0	4
	15	4	7	8	4	0	2
	17	4	5	0	3	0	3
Ponte n° 39	10						
	12						
	15						
	17						

TABLEAU N° 20 : EXPERIENCES DE CHOCS THERMIQUES SUR DES LARVES DE ROUGET  
 RESULTATS BRUTS DES TAUX D'ANOMALIES EN FONCTION DES  
 DIFFERENTES COMBINAISONS "  $\Delta t$ -palier".

3.2 - SYNTHESE DES RESULTATS PARTIELS

Selon la ponte d'origine, les témoins réagissent parfois différemment. Il est possible d'attribuer ces variations, soit :

- à la différence entre température de ponte et température de base (ponte de soles n° 3) ;
- à l'utilisation d'oeufs plus âgés (ponte de bars n° 35) ;
- aux aléas de l'expérimentation.

Dans le but de cerner uniquement l'effet des trois facteurs à étudier, il est préférable de travailler avec les écarts aux témoins. Ces valeurs sont utilisées dans l'analyse et pour tracer les courbes (pages 49 à 52 )

Les résultats de l'analyse de variance aux seuils de 99 % ou de 95 %, pour les trois variables indiquées ci-dessus et les quatre espèces étudiées sont consignés dans le tableau n° 21.

Espèce	Facteurs	OEUFs		LARVES	
		Taux d'éclosion	Taux d'anomalies	Taux de survie	Taux d'anomalies
Turbot	$\Delta t$	99%	99%	0	0
	Durée du palier	0	0	0	0
	Ponte	99%	0	0	99 %
Sole	$\Delta t$	99%	99 %	99 %	0
	Durée du palier	95%	0	0	0
	Ponte	99%	99 %	0	0
Bar	$\Delta t$	99%	95 %	99 %	0
	Durée du palier	0	0	0	0
	Ponte	99%	99 %	0	0
Rouget	$\Delta t$	99%	99 %	99 %	Analyse manquante
	Durée du palier	0	0	0	
	Ponte	99%	0	95 %	

TABLEAU N° 21 : résultats de l'analyse statistique à trois facteurs :

$\Delta t$  : brusque variation de température

Durée du palier

Ponte

A première vue, les oeufs réagissent beaucoup plus que les larves aux chocs thermiques.

La différence entre les résultats des lots expérimentaux et ceux des témoins, lorsqu'elles existent, ont pour principale origine la variation de température en elle-même, et non la durée de station à haute température. Elle joue un rôle lorsque les températures atteintes sont élevées pour l'espèce considérée. Un cas s'est produit chez les oeufs de Sole.

L'effet de ponte est comme la variation de température, très marqué. Le niveau de réponse au choc thermique est plus ou moins fort selon l'origine de la ponte.

## 4 - DISCUSSION

### 4.1 - LES OEUFs

#### 4.1.1. - Effets des facteurs ponte, paliers et température

##### a) Effet de ponte :

Les taux de mortalité des quatre espèces suivent grossièrement le même schéma. A l'intérieur d'une espèce, les niveaux de réponses changent légèrement avec la ponte testée ; l'écart, faible aux basses températures (5 - 10 %) s'accroît aux températures élevées : 30 % chez le turbot, par exemple.

Le cas du Rouget est encore plus frappant : alors que deux des pontes réagissent à peine aux dT qui portent la température à 25°, la ponte n° 4 accuse une forte mortalité dès que la température de choc atteint 24°. C'est pourquoi la courbe de régression (Figure 17), tracée à partir des taux d'éclosion, et concernant cette espèce, ne suit pas le schéma habituel. Dans la première partie de la courbe, la pente est forte, puis elle devient faible.

Les anomalies ne font pas l'objet d'une telle diversité. Les écarts sont en moyenne de 5 à 10 %.

##### b) Effet de la durée du palier

En règle générale, une station longue à haute température n'aggrave ni les taux de mortalité, ni les taux d'anomalies.

Cependant, on remarque une exception chez la Sole.

Temps de palier (mn)	Taux d'éclosion %	Taux d'anomalies %
5	46	44
10	17	71
15	7	100
20	0	100

TABLEAU N° 22 : TAUX D'ECLOSION ET D'ANOMALIES DES LARVES DE SOLES ISSUES D'OEUFs QUI ONT SUBI S  $\Delta$  t DE 17° LA TEMPERATURE DE BASE ETANT DE 17°

La sole est une espèce relativement fragile puisque son point critique est de 28° 5. Le tableau montre très bien que lorsque la température s'élève et approche le point 100 % de mortalité, la durée de station à haute température joue alors un rôle déterminant dans la réponse des oeufs au choc thermique.

Ce phénomène se retrouve, certes un peu moins nettement, chez l'oeuf de Rouget (tableau n° 17).

c) Effet du  $\Delta$ t

L'ensemble des résultats (tableaux n° 5 à 19) montre que dans la plupart des cas, l'effet des pontes  $\Delta$ t est très marqué.

En règle générale :

- au  $\Delta$ 10°, on n'enregistre pas de différence entre les lots expérimentaux et les témoins. BARNABE a cependant obtenu chez l'oeuf de Bar 50 % de mortalité, 36 heures après  $\Delta$ t de 10° portant les échantillons à 26° le  $\Delta$  12° induit des mortalités et des anomalies uniquement chez le Rouget.

- au  $\Delta 15^\circ$ , toutes les espèces, sauf le Bar, commencent à réagir.

- au  $\Delta 17^\circ$ , les réponses sont nettes chez le Turbot, la Sole et le Rouget. On remarque chez le Bar un début de mortalité et d'anomalies.

Mais en analysant en détail les résultats, on s'aperçoit que lorsque les températures de base sont différentes, les oeufs d'une espèce ne réagissent pas de la même manière à  $1 \Delta t$ .

Ceci s'est produit chez la Sole. Lorsque la température de base est de  $12^\circ$ , les taux d'éclosion baissent fortement à partir du  $\Delta 15^\circ$ ; lorsqu'elle est de  $17^\circ$ , les mêmes baisses sont obtenues pour  $1 \Delta 12^\circ$ .

C'est pourquoi on aurait tendance à parler de température maximum atteinte plutôt que de  $\Delta t$ .

Ceci rejoint l'impression de nombreux auteurs : CHERRY, DICKSON et CAIRNS (1977) parlent de températures préférentielles HOKANSON (1974) de température optimum, HOSS, HETTLER et COSTON 1974, de température critique.

#### d) Effet de la température maximum atteinte (TMA)

Comme nous venons de le voir, la notion de  $\Delta t$ , semble peu importante par rapport à celle de température maximum atteinte.

D'autre part, l'effet de la durée de station à haute température est tout-à-fait secondaire dans ce travail où la température maximum atteinte ne dépasse jamais  $34^\circ$ .

Compte-tenu de ces observations, les résultats d'éclosion, de survie et d'anomalies ont été exprimés uniquement en fonction de la température maximum atteinte ou température de palier.

Sur les courbes (figures n° 2 à 16), des données relatives sont obtenues en soustrayant les résultats des lots expérimentaux de la valeur moyenne des deux témoins : T (témoin sans contrainte mécanique) et TM (témoin qui a subi les chocs mécaniques dus au système expérimental). Ces données se répartissent autour d'une ligne de 0 qui représente les témoins. On obtient ainsi une idée plus précise des effets dûs aux chocs thermiques.

Bien que l'effet de ponte soit ressenti dans tous les tests, nous avons groupé tous les résultats concernant une espèce, le but étant de donner une idée globale, moyenne des réactions de l'espèce pendant la saison de ponte.

...

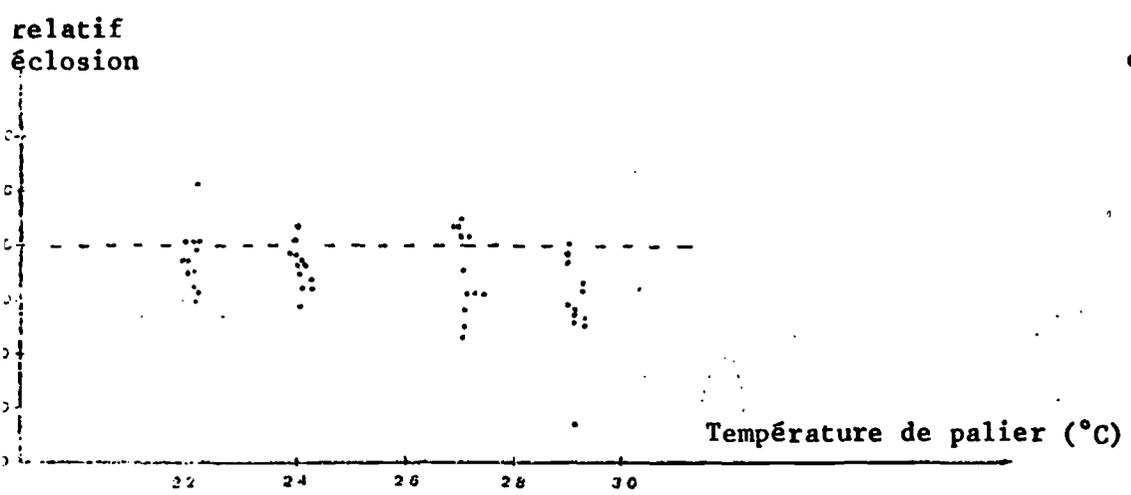


Fig. n° 2 : OEUFs DE BAR

Les pourcentages relatifs d'éclosion sont exprimés en fonction de la température maximum atteinte lors du choc ou température de palier (cf. texte p. 48).

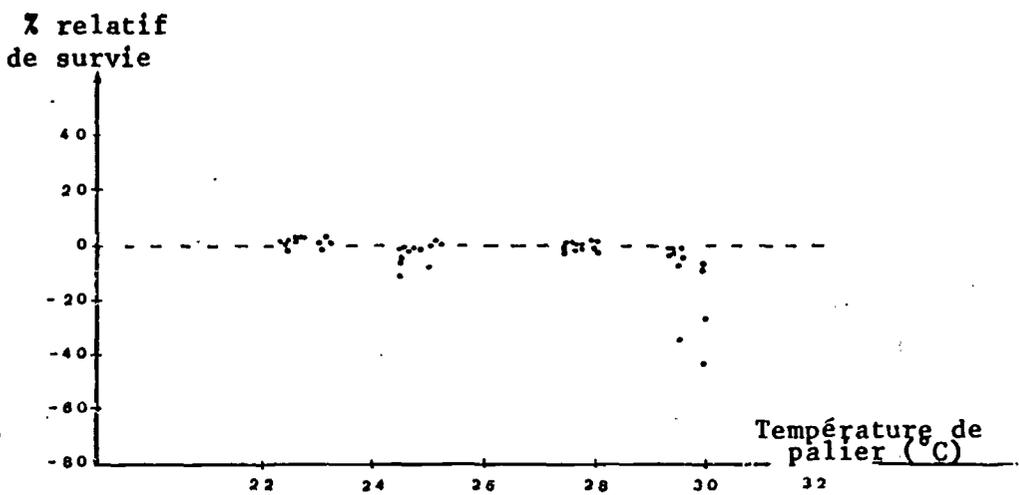


Fig. n° 4 : LARVES DE BAR

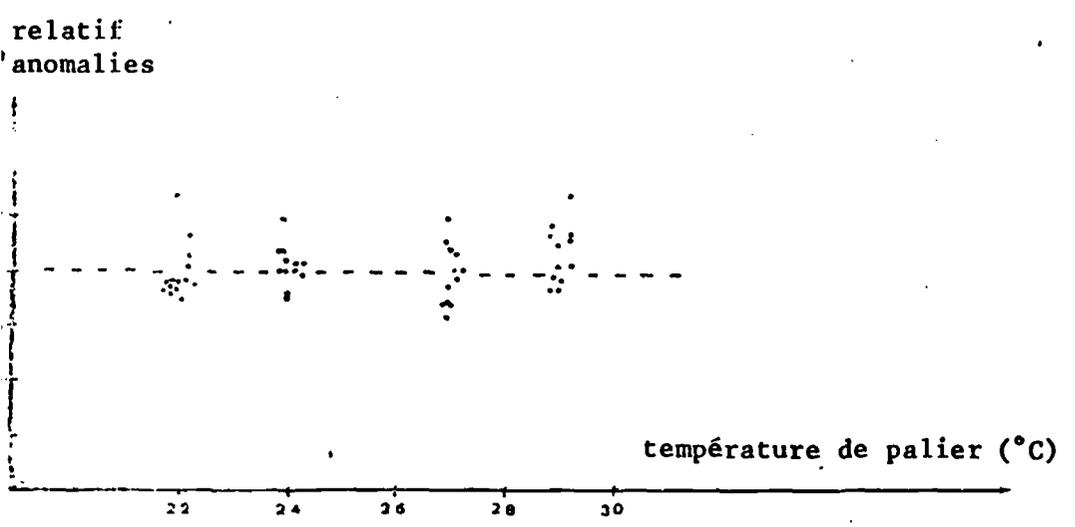


Fig. n° 3 : OEUFs DE BAR

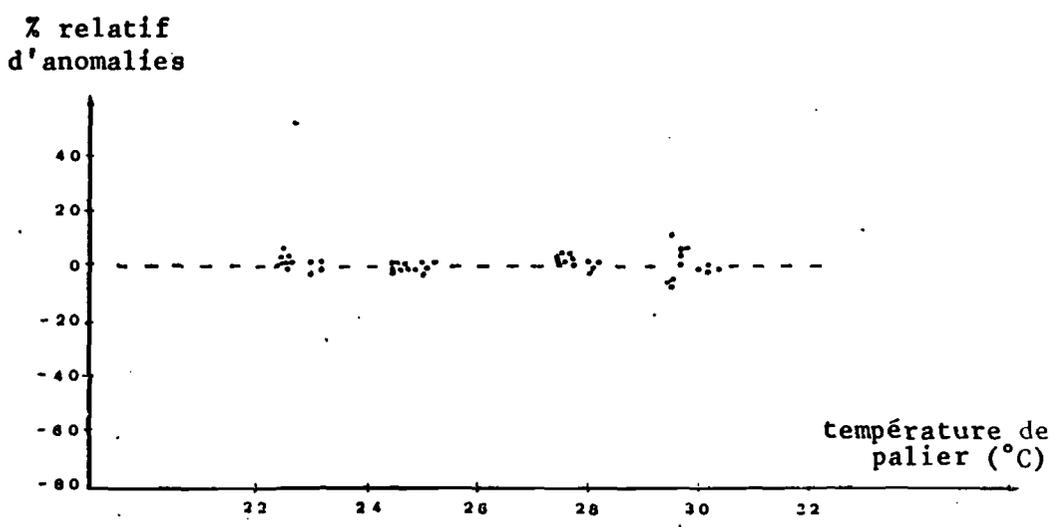


Fig. n° 5 : LARVES DE BAR

OEUFS DE SOLE

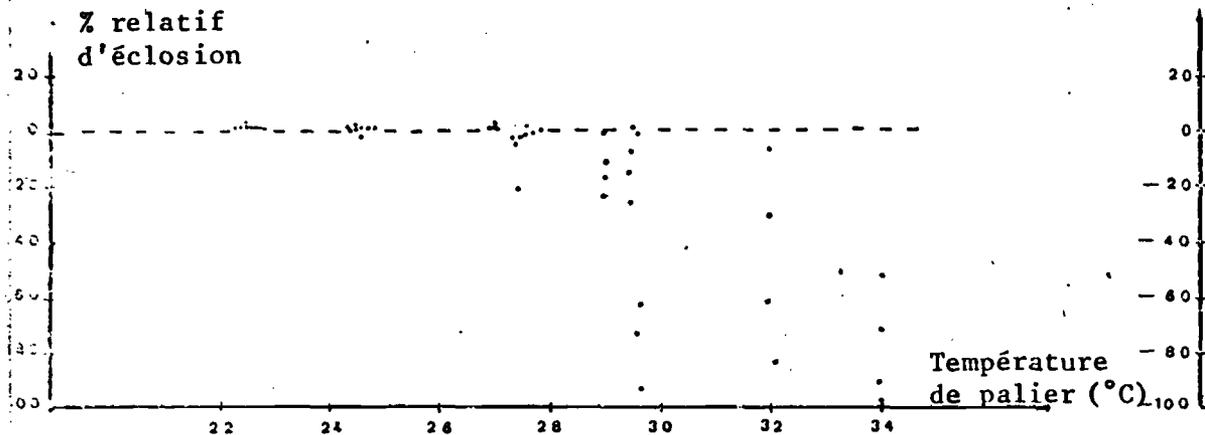


Figure n° 6 : Oeufs de sole

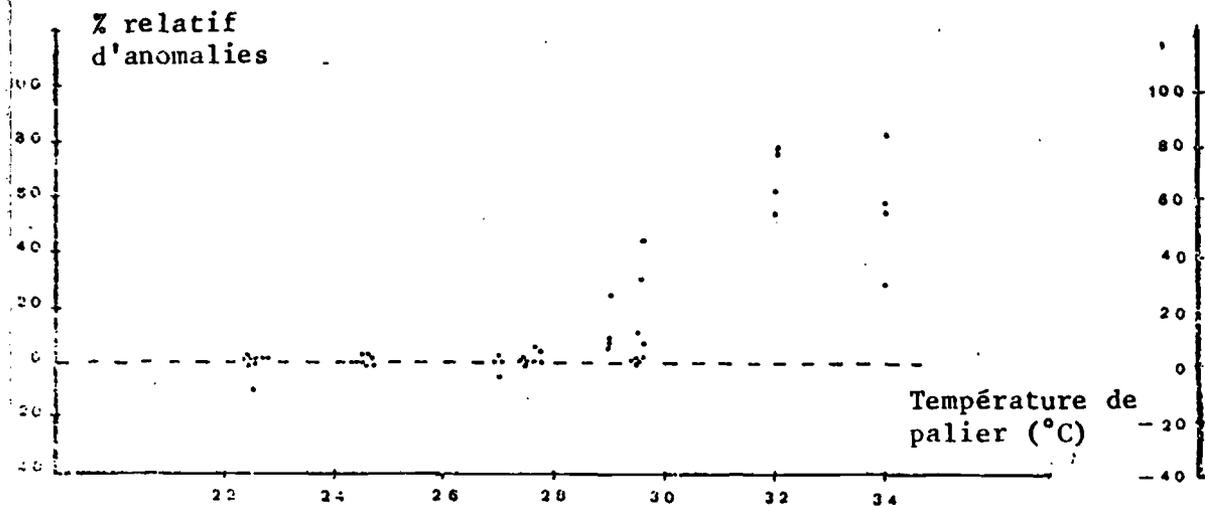


Figure n° 7 : Oeufs de sole

LARVES DE SOLE

% relatif  
de survie

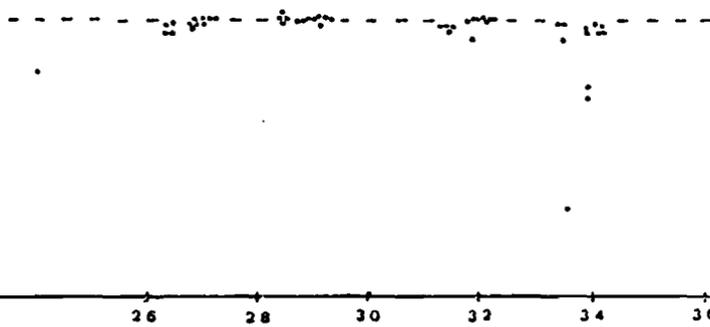


Figure n° 8 : Larves de sole

% relatif  
d'anomalies

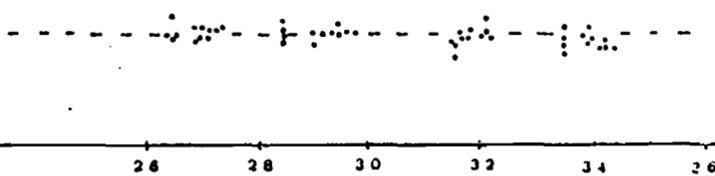


Figure n° 9 : larves de sole

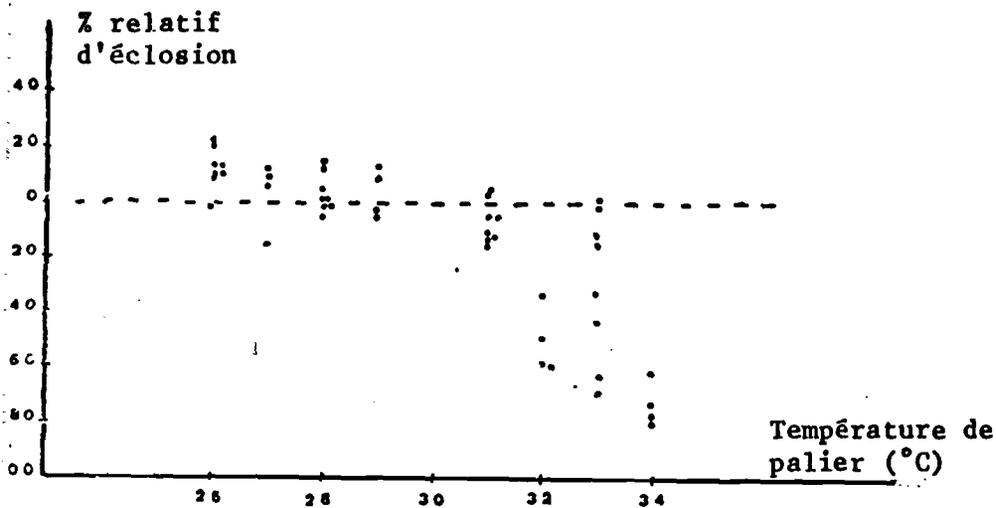


Figure n° 10 : Oeufs de turbot

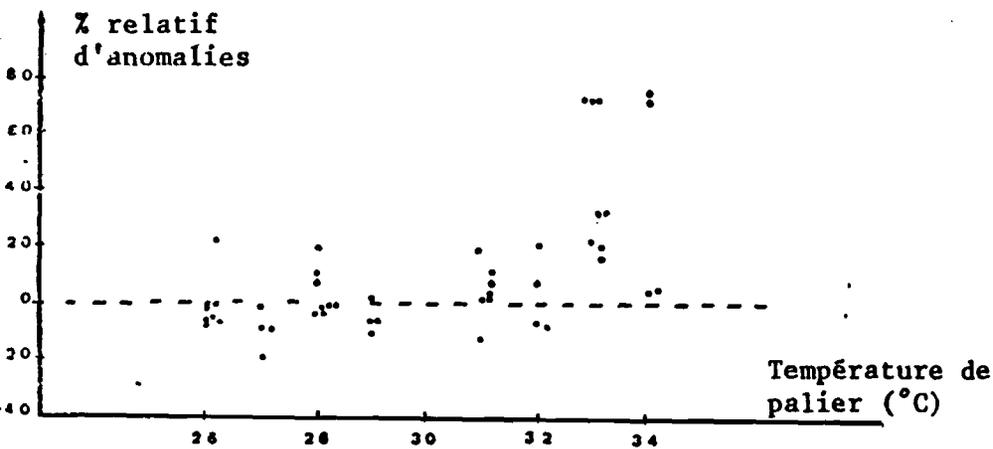


Figure n° 11 : Oeufs de turbot

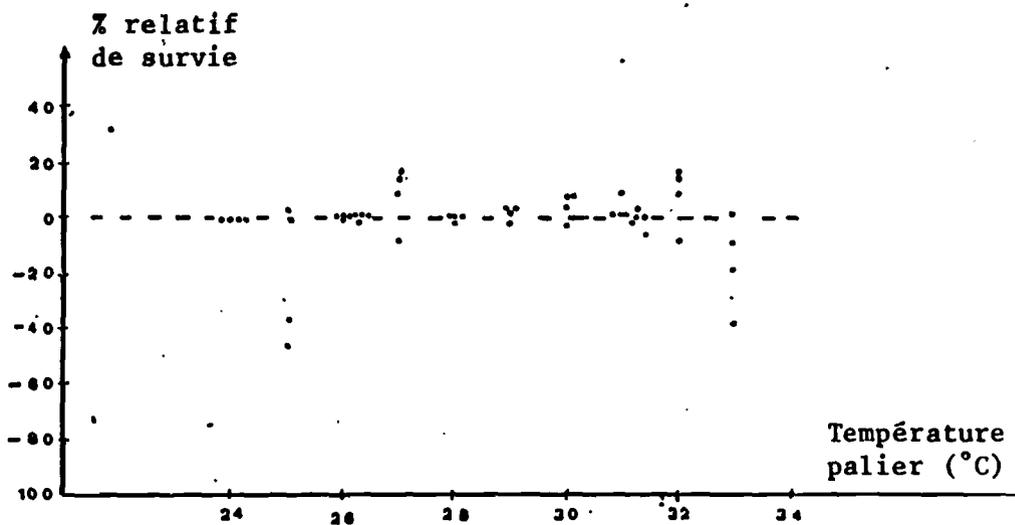


Figure n° 12 : Larves de turbot

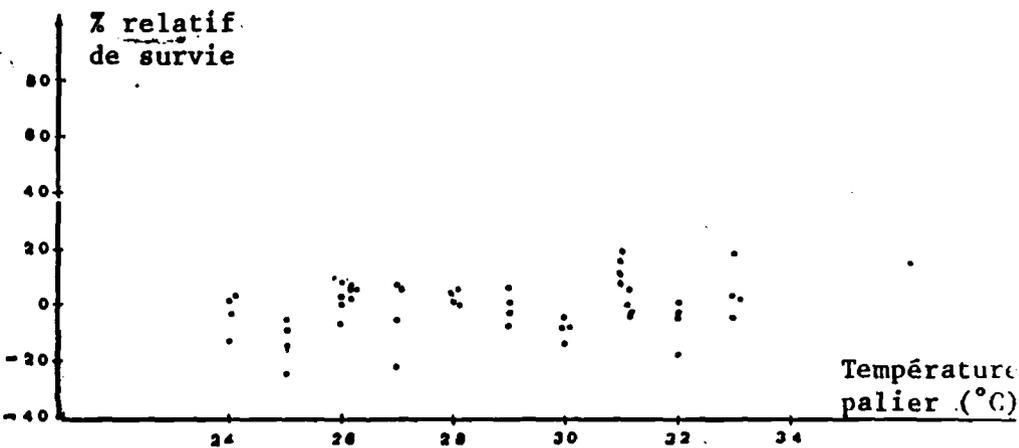


Figure n° 13 : Larves de turbot

# OEUFS DE ROUGET

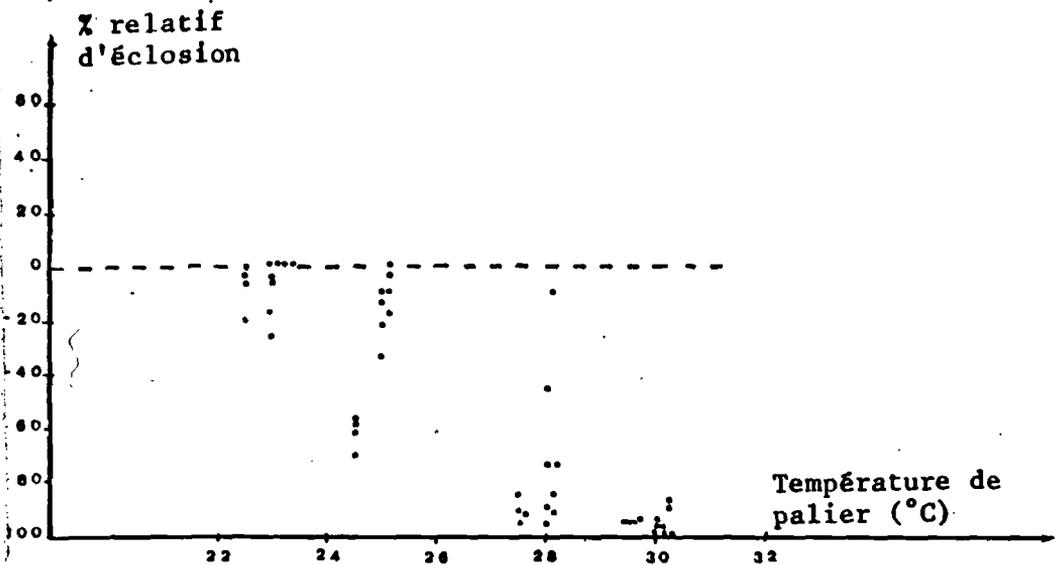


Figure n° 14 : Oeufs de Rouget

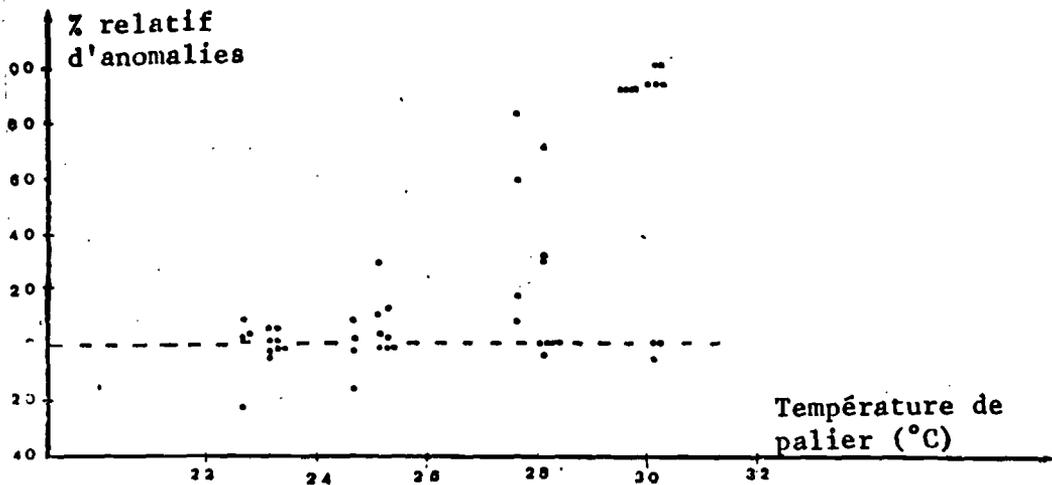


Figure n° 15 : Oeufs de Rouget

LARVES DE ROUGET ..

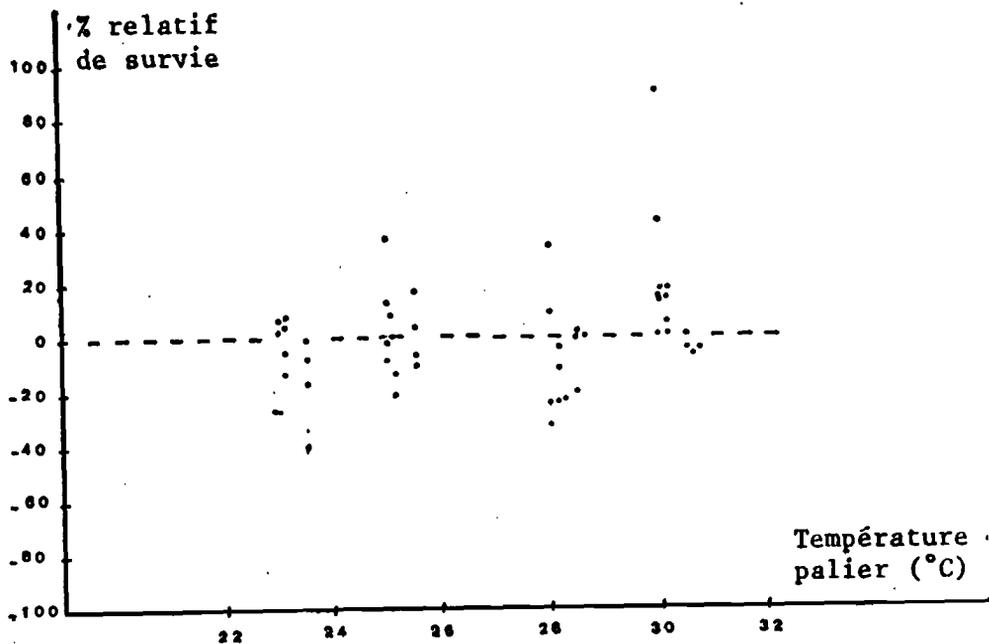


Figure n° 16 : Larves de Rouget

A partir de ces figures (n° 2 à n° 16) des droites de régression ont été tracées.

Elles sont regroupées sur quatre graphes (figures n° 17, 18, 19, 20). Les deux premiers (figure n° 17 et 18) concernent toutes les expériences de chocs thermiques sur les oeufs des quatre espèces; l'un exprime les pourcentages relatifs d'éclosion, l'autre les pourcentages relatifs d'anomalies des larves issues d'oeufs stressés en fonction de la température de palier.

Les résultats se groupent pour chaque espèce autour de deux droites, de pentes très différentes.

Sur les deux suivants, (figures n° 19 et 20), figurent l'ensemble des résultats des chocs thermiques sur les larves vésiculées des quatre espèces : l'un traite des pourcentages relatifs de survie, l'autre des pourcentages relatifs d'anomalies.

De cette façon, les réactions des quatre espèces sont facilement comparables.

...

% relatif  
d'éclosion

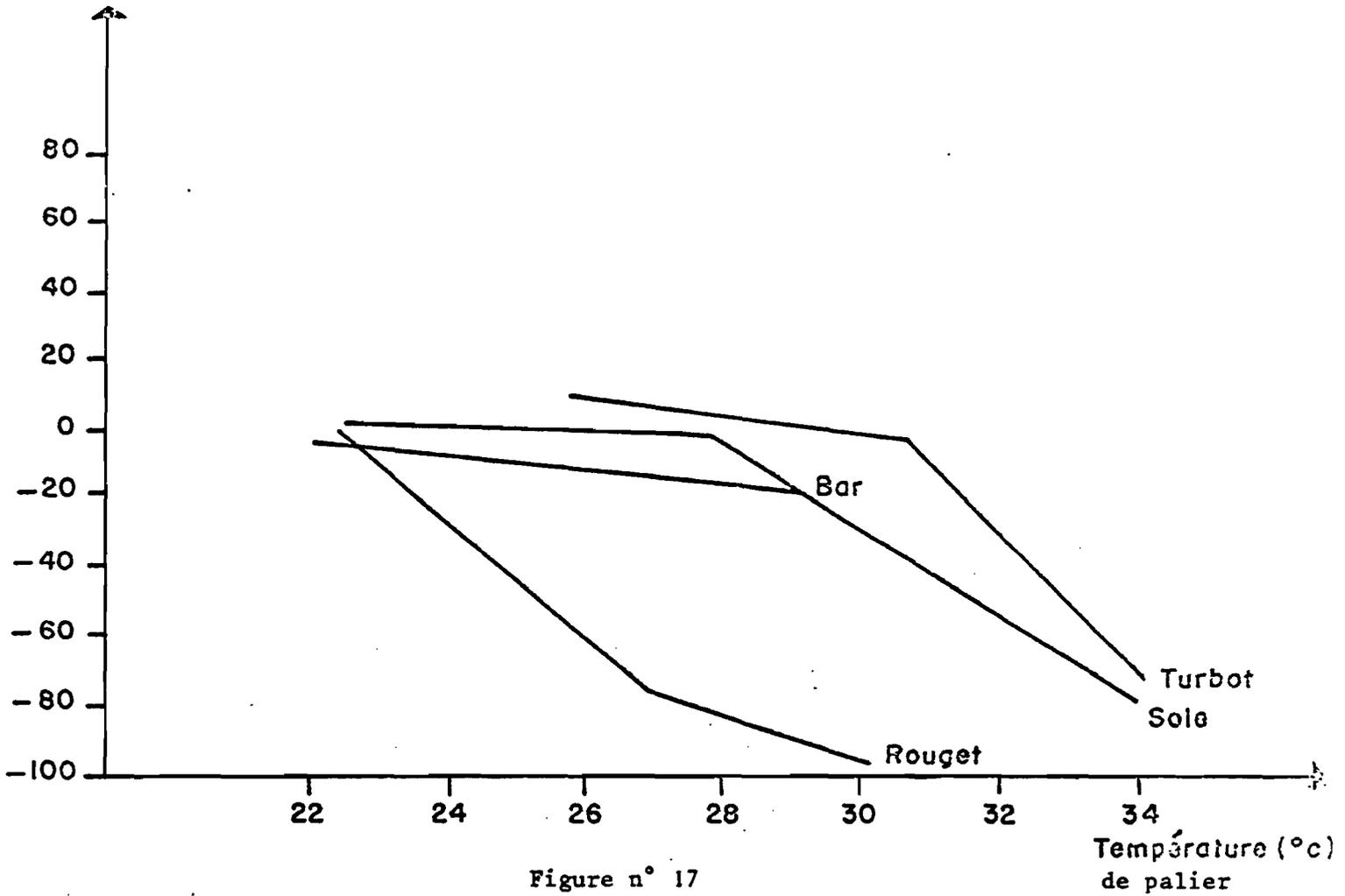
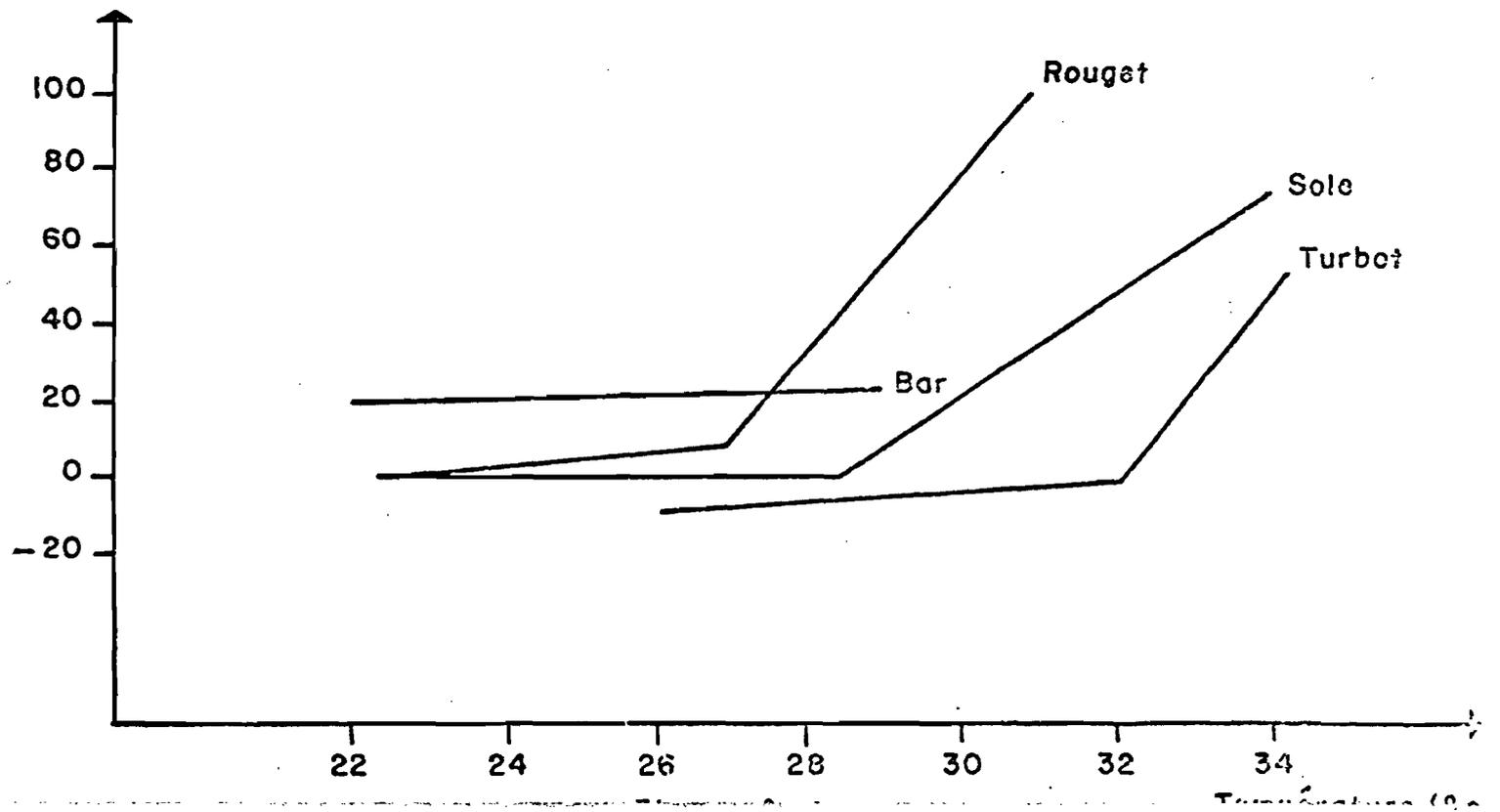


Figure n° 17

% relatif  
d'anomalies



RESULTATS DES CHOCS THERMIQUES SUR LES LARVES

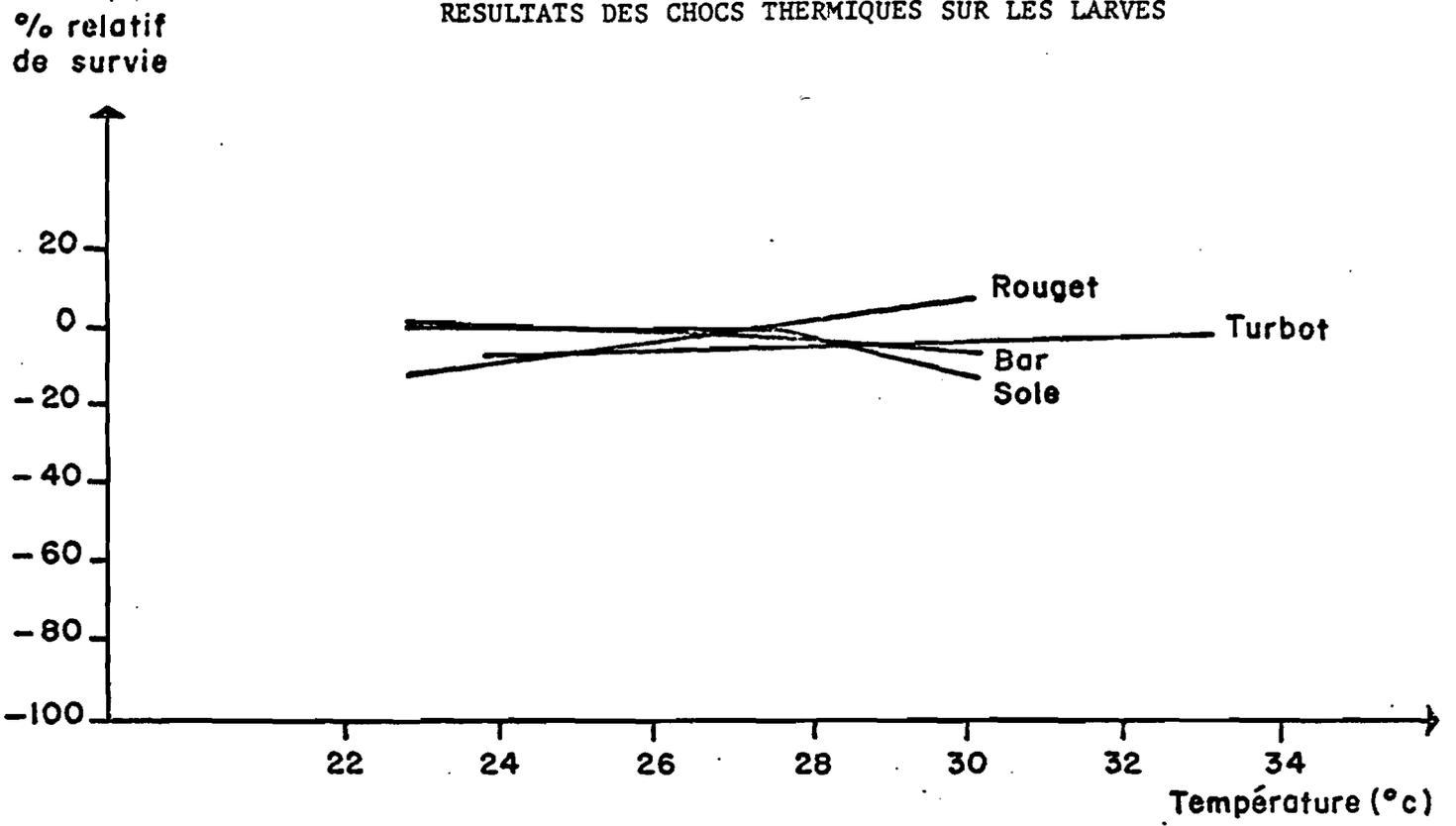


Figure n° 19

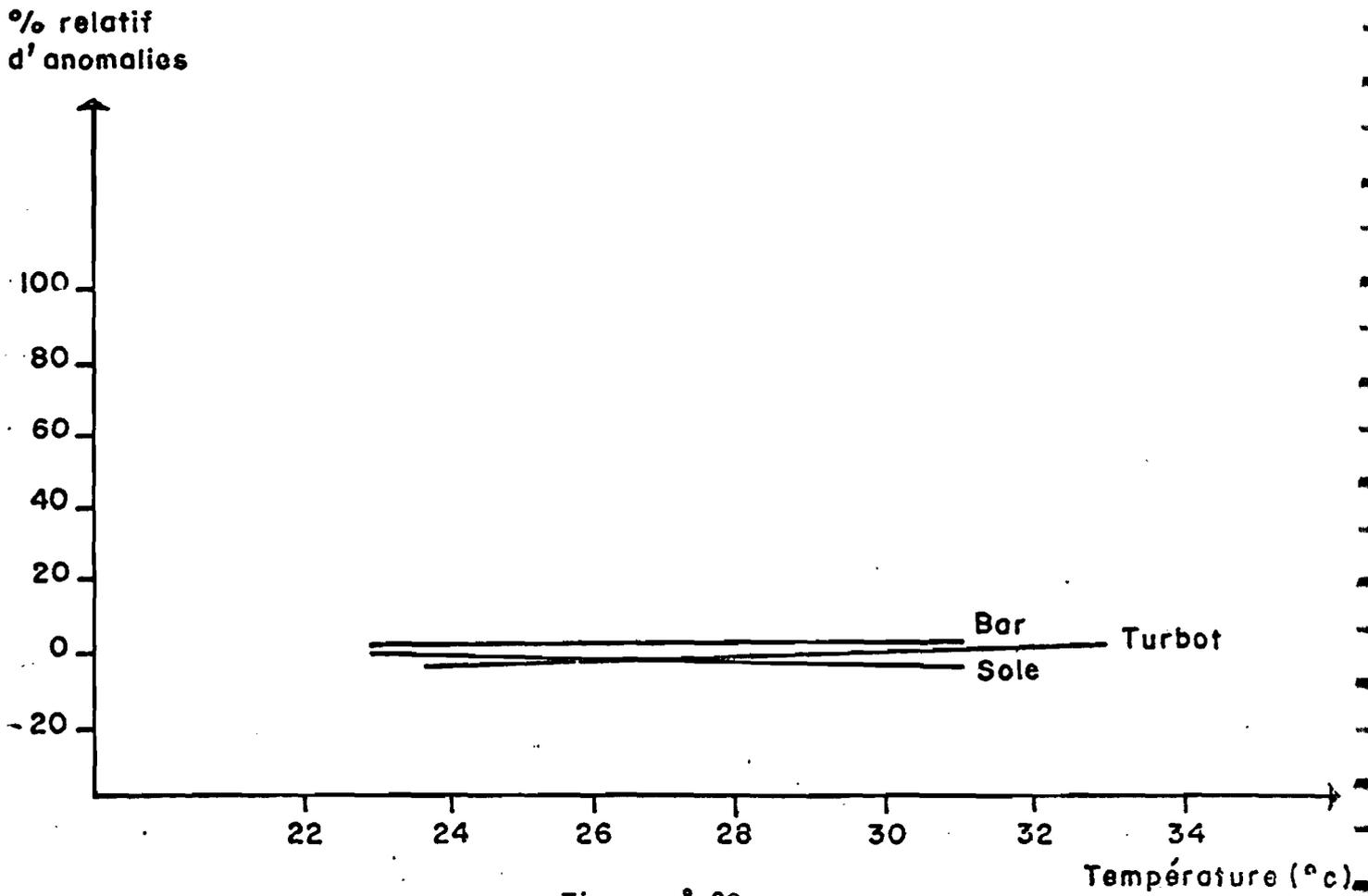


Figure n° 20

#### 4.1.2 - Analyse détaillée des résultats des quatre espèces

Les graphes n° 17, 18, 19 et 20 servent de support à cette analyse.

##### a) le BAR

Les températures maximales infligées à cette espèce n'ont pas dépassé 30°. La mortalité induite par des chocs thermiques de 10° et 12°, ou de TMA de 22° et 24°, ne dépasse pas en moyenne 10 %. Elle s'élève à 20 % lorsque les chocs sont de 15 et 17° soit des températures maximales de 27° et 29°.

Les anomalies des lots expérimentaux et des témoins diffèrent peu aux variations de 10°, 12° et 15°, soit aux températures de 22°, 24° et 27°. Au dT 17°, soit à 29°, on enregistre une augmentation de l'ordre de 10 %.

Le travail réalisé par BARNABE (1976) se distingue de celui-ci par plusieurs points :

Un seul  $\Delta t$  ( $\Delta 10^\circ$ ) est testé. La température de base est de 16°, et la choc provoqué par immersion, permet d'atteindre la température de 26°.

Malgré une variation de température assez faible, les oeufs accusent des mortalités de 50 %, 36 heures après le choc, même au stade Neurula.

Malheureusement, ces résultats sont bruts. On ne connaît pas les valeurs obtenues sur les témoins ni les éventuels chocs mécaniques dûs au système expérimental.

Il n'est donc pas possible de les comparer aux nôtres.

b) La SOLE

La température maximale infligée est de 34°. Malgré des températures de base différentes, les résultats sont groupés (figure n° 17) jusqu'à 28° 5 : les taux d'éclosion, les taux d'anomalies des témoins et des lots expérimentaux sont comparables.

Au-delà de cette température, les réactions sont très prononcées.

T° de base	dT	T° Maximum	Mortalité	Anomalies
12°	15°	27°		
17°	12°	"	5 %	5 %
12°	17°	29°		
17°	12°	"	17 %	15 %
17°	15°	32°	50 %	50 %
17°	17°	34°	80 %	70 %

TABLEAU N° 23 : Evolution des taux de mortalité et d'anomalies en fonction de la température maximum atteinte d'oeufs de sole ayant subi un choc thermique

A partir de 28° 5, la différence entre les lots expérimentaux et les témoins dépasse 10 %, les oeufs ont un comportement tout-à-fait différent. C'est pour l'espèce, une température critique.

BATTAGLIA et COULET (1976) ont travaillé sur les oeufs d'un soleidé : *Blugossidium luteum*.  $\Delta t$  de 12° et une durée de palier de 15 mn provoquent 50 % de mortalité, la température de base étant de 17°. Aux  $\Delta 17^\circ$ , il n'y a aucune survie. Les réactions de *Blugossidium luteum* sont très proches de celles de la sole. Leur appartenance à la même famille systématique peut être une explication.

c) Le TURBOT

Les températures de base utilisées pour le Turbot sont élevées : 16° - 17°. Comme le montre le tableau ci-dessous, l'espèce réagit fortement à partir d'un dT 15° qui porte les oeufs à la température de 32°.

T° de base	dT	T° Maximum	Mortalité	Anomalies
16°	15°	31°	5 %	2 %
17°	15°	32°	30 %	2 %
16°	17°	33°	50 %	20 %
17°	17°	34°	70 %	50 %

TABLEAU N° 24 : Evolution des taux de mortalité et des taux d'anomalies d'oeufs de turbot, après un choc thermique en fonction de la température maximum atteinte.

Au-delà de cette température, une augmentation de 1° de la température maximale induit des mortalités de 20 % et plus.

On remarque encore dans ce cas que la notion la plus importante est celle de la température maximale et non celle de dT.

Nous n'avons trouvé dans la littérature aucun travail concernant les oeufs de turbot ou d'espèces appartenant aux Bothidae permettant une comparaison avec nos résultats.

d) Le ROUGET

Dans ce cas, les courbes de taux d'éclosion et de taux d'anomalies ne sont pas symétriques. L'explication inhérente au caractère prononcé d'une ponte est donnée page 45.

T° de base	dT	T° maximum	Mortalité	Anomalies
12° 5	10°	22° 5	5 %	2 %
13°	10°	23°	10 %	5 %
12° 5	12°	24° 5	35 %	7 %
13°	12°	25°	40 %	10 %
12° 5	15	27° 5	80 %	20 %
13°	15°	28°	85 %	30 %
12° 5	17°	29° 5	90 %	70 %
13°	17°	30°	95 %	80 %

TABLEAU N° 25 : Evolution des taux de mortalité et d'anomalies des oeufs de Rouget en fonction de la température maximum atteinte.

Les points critiques de mortalité et d'anomalies sont de part cette assymétrie, différents, soit respectivement 24° et 27°.

Il ressort de ces observations que chaque espèce a ses propres réactions. Le Rouget est l'espèce la plus sensible, puis viennent la Sole et le Turbot. Le Bar résiste bien jusqu'à 29° 5, température maximum de choc thermique. Son point critique se situe donc au-delà.

Généralement, les courbes de taux d'anomalies sont symétriques par rapport aux courbes de taux d'éclosion, mais le point critique est toujours retardé de 1°. Les anomalies ne peuvent donc servir de sonnette d'alarme pour éviter les mortalités.

L'effet de choc thermique est dans tous les cas, et quelle que soit l'espèce, immédiat. Lors des comptages, le pourcentage des oeufs morts embryonnés ne dépassait jamais 5 %. On ne peut donc parler d'effet à retardement.

#### 4.2 - LES LARVES

##### a) Effet de ponte

Les remarques faites sur les oeufs peuvent s'appliquer aux larves. Cependant, les écarts des résultats des pontes atteignent au maximum 5 % et ceci quelle que soit la température, pour le Bar, la Sole et le Turbot. Le Rouget représente encore une exception, avec 10 % d'écarts.

##### b) Effet du $\Delta t$ et du temps de palier

La disparité des réponses (léger taux de survie pour le Rouget, faible pour le Bar et la Sole, aucune réaction chez le Turbot) et surtout leur faible amplitude par rapport aux témoins, nous mènent à conclure que les larves de ces espèces, 12 à 24 heures après l'éclosion ne sont pas sensibles aux variations de 10 à 17° dans la gamme de température utilisée, ceci quelle que soit la durée de palier.

Nous n'avons trouvé dans la littérature aucun travail portant sur des larves vésiculées, comme c'est le cas ici.

Par contre, des larves de Bar d'un mois, encore susceptibles de passer dans les grilles de filtration des centrales, de part leur taille et leur faible résistance aux courants d'aspiration de l'eau ont fait l'objet de deux études récentes (BARNABE 1976 ; BATTAGLIA et COULET 1976). BARNABE (1976) relève une forte mortalité dans les quelques heures qui suivent le choc thermique. Par contre, BATTAGLIA et COULET (1976) n'obtiennent jamais moins de 90 % de survie.

Ces résultats sont contradictoires, l'explication passe sans doute par le type de système expérimental utilisé. Dans le premier cas, les chocs mécaniques étaient importants (BARNABE 1976). Des larves âgées d'espèces estuariennes ont aussi fait l'objet d'études de chocs thermiques. A température de base de 12°, une augmentation de 18° à raison de 1°/mm provoque de fortes mortalités. Elles sont d'autant plus importantes que la durée du palier est longue (HOSS, HETTLER, COSTLOW, 1974).

Il est vraisemblable que pour les larves de Rouget, de Sole de Turbot et de Bar, il y ait des températures critiques, mais au-delà de celles étudiées.

## 5 - C O N C L U S I O N

Quelle que soit l'espèce, les larves vésiculées sont beaucoup plus robustes que les oeufs.

Cette remarque rejoint les observations de BATTAGLIA et COULET (1976) BARNABE (1976) HOSS et HETTLER et COSTOW (1974) HOKANSON (1974), quand ils comparaient les oeufs à des larves plus âgées.

Chez les larves, il existe aussi des stades critiques, mais leurs températures optimum d'élevage sont toujours supérieures aux températures optimum d'incubation des oeufs (HOKANSON 1974).

Dans tous les cas, c'est le  $\Delta t$  température ou plus exactement la température maximum atteinte qui la première, entraîne mortalités et malformations ; lorsqu'elle devient très nocive et induit 50 à 80 % de mortalité, l'effet de la durée de station à haute température se fait sentir.

Cette étude est limitée d'une part à des conditions de température de base et des  $\Delta t$  bien précis, d'autre part, uniquement à deux stades de développement des poissons : un stade embryonnaire et un stade larvaire (larve vésiculée).

Les résultats sont certainement optimistes puisque le stade d'oeuf étudié a été choisi pour sa résistance aux chocs thermiques ; les larves sont utilisées avant qu'il y ait des problèmes de recherche de nourriture.

A partir des résultats obtenus, on peut tout de même émettre quelques recommandations, en particulier éviter tout effet létal ou subléthal dus à la température, signifie réduire le  $\Delta t$  au maximum, les oeufs ou les larves peuvent alors supporter sans problèmes une longue durée de palier.

En ce qui concerne l'effet des chocs thermiques sur les oeufs et larves de poissons, il reste encore plusieurs points à élucider :

- l'effet du  $\Delta t$  sur les stades larvaires plus âgés ;
- les chances de survie des animaux anormaux.

Ces deux cas demandent une mise en élevage des poissons. L'installation d'élevage du C. O. B. fonctionne à la température de 18°, seule une salle thermostatée résoudrait ce problème.

Enfin, il reste aussi à vérifier l'hypothèse de température critique des oeufs. Il semble intéressant de travailler à des températures de base recouvrant pour chaque espèce toute la gamme de température de ponte. Celles utilisées ici se trouvent en général au bas de la gamme. Les quatre espèces peuvent pondre jusqu'à 16°, le Turbot 17°.

Bien entendu, la température n'est qu'une des origines de stress auxquelles sont soumis les organismes dans une centrale.

L'effet mécanique serait en particulier inquiétant (SCHUBEL 1974) Quant à la chloration, elle a le plus souvent été étudiée chez les mollusques (ARZEL, sous presse, BUCAILLE et KIM 1977).

B I B L I O G R A P H I E

ALESSIO G. e G. GANDOLFI - 1975

Riproduzione artificiale di crata, *Sparus aurata* (L.) IV  
Sviluppo embrionale e postnatale.  
Istituto Lombardo (Memorie Sc. Mat.) XXVI, 95-132

ANTHONY R. D. Sc, 1908

The cultivation of the turbot. Fourth International Fishery Congress held at Washington, U . S. A., september 22 to 26, 1908 - 859-870

BARNABE G. - 1976

Contribution à la connaissance de la biologie du loup.  
*Dicentrarchus labrax* (L.) (poisson, serranidae).  
Thèse Doctorat d'Etat, Université des Sciences et Techniques  
du Languedoc. 426 pp.

BARNABE G. - 1976

Etude de l'effet des chocs thermiques sur des populations planctoniques marines. Compte rendu des expériences réalisées à la Station de Biologie Marine et Lagunaire de Sète. Rapport E.D.F. 1976.

BATTAGLIA A., COULET J. L. - 1976

Etude expérimentale des effets des échauffements sur l'ichtyoplancton.  
Kontrat EDF et ISTPM (DN EN 4/57).

BRADFORD A. D., MILLER J. G. and BUSS K. 1968

Bioassays on eggs and larva stages of American shad, *Alosa sapidissima* p 52.60.  
In suitability of the Susquehanna River for restoration of shad.  
Appendix 2; U.S. Dept. of Interior, Washington, D. C.

BUCAILLE D. and NY KIM - 1976

Influence de la chloration et du choc thermique sur les larves de moules dans les circuits d'eau.  
Kontrat EDF, commande A. 0114.75.76.

CHERRY D. S., K. L. DICKSON, J. CAIRNS Jr. and J.R. STAUFFER - 1977

Preferred, avoided, and lethal temperatures of fish during rising temperature conditions. J. Fish. Res. Bd Canada, 34 (2) : 239-246

DEVAUCHELLE N. - 1976

Analyse quantitative et qualitative de pontes naturelles de Bar (*Dicentrarchus labrax*) en captivité.  
Rapport D. E. A. Fac. Sci. Brest.

DEVAUCHELLE, N. et M. GIRIN (sous-presse)

Déplacement de la saison de ponte naturelle en captivité par modification des cycles photopériodique et thermique, chez deux poissons marins, le bar (*Dicentrarchus labrax*) et le turbot (*Scophthalmus maximus*). Symposium on the reproductive physiology of Fish, Paimpont, France, Sept. 1977.

EDSALL T. A. 1970

The effect of temperature on the rate of development and survival of Alewife eggs and larvae.  
Trans. Amer. Fish. Soc. 99 - 376-380

FABRE-DOMERGUE P. et E. BIETRIX 1905

Développement de la Sole (*Solea vulgaris*). Introduction à l'étude de la pisciculture marine. Travail du laboratoire de Zoologie Maritime de Concarneau.  
Vuibert et Nony - Paris - 243 p.

FONDS M. 1976

The influence of temperature and salinity on growth of young sole, *solea solea* L.  
10th European Symposium on Marine Biology, Ostend, Belgium, sept. 1975, vol. 1 109-125

GIRIN M., LEMERCIER Ph. 1976

Expérience de transport et de refroidissement d'oeufs de turbot. Application à d'autres espèces de poissons marins.

GRASSE P. 1954

Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie.  
Tome XII : Fertchés : généralités, embryologie topographique.  
Anatomie comparée.  
MASSON 2 Cie Editeurs.

GUERRA C. R. and B.L; GODFRIAUX 1975

Aquaculture in thermal effluents from power plants.  
10th European Symposium on Marine Biology.  
Ostend, Belgium, 37 p.

GUENTER G. and J. W. WARD 1961

Some fishes that survive extreme injuries and some aspects of tenacity of life.  
Coperio (4) 454-462

HOKANSON K.E.F., and KLEINER Ch. F. 1974

Effects of constant and rising temperatures on survival and development rates of embryonic and larval yellow perche, *Perca flavescens* (Mitchell).  
In the Early life history of Fish, J.H.S. BLAXTER Ed.  
Springer Verlag 437 - 448

HOSS D.E., COSTON L.C., HETTLER W.F. - 1974

Effects of thermal shock on larval estuarine fish ; ecological implications with respect to entrainment in power plant cooling systems. In : The Early Life History of Fish, Ed. J.H.S. Blaxter, Springer Verlag.

IRVIN D. N. 1974

Temperature tolerance of early developmental stages of Dover Sole, *solea solea* (L.)  
In the early life history of fish, BLAXTER.

KERR J. E. 1953

Studies on fish preservation at the Centra Costa Steam Plant of the Pacific Gas and Electric Company. Fish Bull n° 92  
Calif. Dept Fish and Game.

LAURENCE G.C. and ROGER C. A. 1975

Effects of temperature and salinity on comparative. Embryo development and mortality of Atlantic cod (*caius morhua* L.) and hadoock (*Melanogrammus aeglefinus* L.).  
Journal du Conseil 36, 3, pp 9

MAY R. C. 1974

Effects of temperature and salinity on yolk utilization *Bairdiella icistia* (Jordan & Gilbert) (Pisces : Sciaenidae).  
J. exp. Mar. Biol. Ecol. vol. 16, pp 213-225

MAY R. C. 1975

Effects of temperature and salinity on fertilization, embryonic development, and hatching in *Bairdiella icistia* (Pisces : Sciaenidae), and the effect on parental acclimation on embryonic and larval salinity tolerance.  
Fishery Bulletin, vol. 73, n° 1, 22 p.

MAGGI P., LASSUS P., ABARNOU A. 1976

Influence des chocs thermiques sur la croissance d'une diatomée  
(*Phaeodactylum tricorutum*).  
Contrat EDF-ISTPM.

MARCY B. C. Jr. 1973

Vulnerability and survival of young Connecticut River fish  
entrained at a nuclear power plant.  
Fish Res. Bd Canada 30 (8) - 1195-1203

MATLAK O. 1970

Vorläufiger Bericht über Missbildung des Kopfes beim Karpfanstri.  
Acta Hydrobiol 12 (4) : 391-398

MENU B. and GIRIN M. (sous presse).

Ponte, incubation et développement larvaire du rouget de roche  
(*Mullus surmuletus*) en laboratoire. Vie et Milieu.

NEILL W.H., and J.J. MAGNUSON 1974

Distributional ecology and behavioral thermoregulation of fishes  
in relation to heated effluent from a power plant at Lake Monona,  
Wisconsin.  
Trans. American Fish Soc. 103 (4) 663-710

SCHUBEL J.R. 1974

Effects of exposure to time excess temperature histories  
typically experienced at power plants on the hatching success of fish  
eggs.  
Estuarine and Coastal Mar.  
Sci. 2 : 105-116

SCHUBEL J.R. 1975

Some comments on the thermal effects of power plants on fish  
eggs and larvae.  
In : Fisheries and energy production ; a symposium, edited by  
S. B. SAILA, Lexington books, Lexington MA, USA : 31-54

SHANNON E. H. 1970

Effect of temperature changes upon developing striped bass eggs  
and fry. Proceedings of the 23rd Ann.  
Conf. of Southeastern Assoc. Game & Fish comm. 19-22 October  
1969, p. 265-274.

SYLVESTER J.R., NASH C.E., 1975

Thermal tolerance of eggs and larvae of Hawaiian striped mullet,  
*Mugil Cephalus*.  
L. Trans. Am. Fish. Soc. 104 (1) : 144-147

SWARUP H. 1958

Abnormal development in the temperature-treated eggs of  
*Gasterosteus aculeatus* (L.)  
I. Cleavage abnormalities ? J; Zool. Soc. India 10- 108-113

SWARUP H. 1959 a.

Abnormal development in the temperature-treated eggs of  
*Gasterosteus aculeatus* (L.) Gastrulation abnormalities.  
J. Zool. Soc. India 11:1-6

SWARUP H. 1959 b.

Abnormal development in the temperature-treated eggs of  
*Gasterosteus aculeatus* (L.)  
III Twinning J. Zool. Soc. India II : 7-10

ULANOWICZ, R.E. 1975

The mechanical effects of water flow on fish eggs and larvae.  
In : Fisheries and energy production a symposium, ed. By  
S. B. Saila, Lexington Books, Lexington MA U.S.A. 77-87

VOLODIN V. M. 1960

Effect of the temperature on the embryonic development of  
the Picke, the Blue Bream (*Abramis ballarus* L.) and the White  
Bream (*Blicca bjoerkna* L.)  
Ipst ? Cat. N° 941 (Trans. from Russian.)

