

17952

2001

CO24  
DEV  
E

THÈSE  
présentée

A L'UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE  
pour l'obtention  
DU DOCTORAT DE 3ÈME CYCLE

Spécialité : Océanographie  
Mention : Biologie

par  
NICOLE DEVAUCHELLE

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE SUR LA REPRODUCTION,  
LES OEUFS ET LES LARVES DE :

BAR, *DICENTRARCHUS LABRAX*  
DAURABE, *SPARUS AURATA*  
MULLET, *LIZA RAMADA*  
ROUGET, *MULLUS SURMULETUS*  
SOLE, *SOLEA SOLEA*  
TURBOT, *SCOPHTHALMUS MAXIMUS*

Soutenue le 1er Juillet 1980 devant la Commission d'Examen

Mme J. LAHAYE	Présidente
M. M. GIRIN	
M. J. GUILLAUME	
M. L. LAUBIER	Examineurs
M. A. LUCAS	





## AVANT PROPOS

---

Cela fait déjà 7 ans que j'ai franchi pour la première fois les portes du Centre Océanologique de Bretagne : en été 1973, à l'occasion d'un stage d'initiation à l'aquaculture. Je cherchais alors à m'orienter. Et je remercie vivement la Direction du C.O.B. ainsi que M. LAUBIER, alors Directeur du Service Aquaculture, de m'avoir confiée à Michel GIRIN avec lequel j'ai eu l'occasion, plus tard, d'effectuer d'autres stages, en particulier, en 1976, celui du D.E.A. de BREST dirigé par M. le Professeur A. LUCAS.

Je dois dire que chaque fois, des sujets très intéressants m'ont été proposés, chaque fois j'ai reçu des conseils, des encouragements ou de sévères critiques, tous toujours constructifs. M. GIRIN m'a ensuite confié un travail de recherche ; je lui en suis très reconnaissante ; là encore j'ai pu profiter de ses qualités d'informateur, en ce qui concerne l'évolution des techniques d'élevage françaises ou étrangères. Je le remercie enfin d'avoir tant insisté pour que je rédige ce travail.

Depuis le début jusqu'à la fin de sa réalisation, la gentillesse et les vifs encouragements de Mme le Professeur J. LAHAYE, m'ont aussi grandement réconfortée aux périodes les plus délicates.

De plus, j'ai eu la chance de profiter des expériences de biologistes et de rédacteurs : Mme LAHAYE, M. GIRIN, M. GUILLAUME et M. LAUBIER. Leurs conseils m'ont été très utiles.

Mais c'est aussi toute l'équipe d'Aquaculture que je salue ici. En effet, il n'est pas un chercheur ou un technicien de l'équipe qui n'ait participé à la constitution des stocks de reproducteurs ainsi qu'à la collecte des oeufs. En particulier, il a fallu pendant près de 8 ans guetter le frai des poissons, qui n'ont jamais su distinguer les dimanches ou les jours fériés, des jours ouvrables. A cette occasion, je remercie particulièrement Pierre-Yves GUENOLE, Annick LE ROUX et Jacqueline NEDELEC pour leurs efforts soutenus.

Toutes ces contributions n'ont cependant pas permis de transformer un manuscrit trop souvent illisible en un travail soigné. Ceci a nécessité la patience et l'adresse de Jocelyne LE GALL et Annie CORLAY, et de Sylvie GROS. Je les admire et leur promets de faire mieux la fois prochaine !



# SOMMAIRE

---

	Pages
<u>INTRODUCTION GENERALE</u> .....	1
 <u>PREMIERE PARTIE : LES REPRODUCTEURS</u>	
INTRODUCTION.....	5
I - MATERIEL et METHODES.....	7
1. L'APPROVISIONNEMENT EN REPRODUCTEURS.....	7
2. LA MAINTENANCE.....	9
2.1. <i>Alimentation en eau de mer</i> .....	9
2.2. <i>Description des bassins</i> .....	9
2.2.1. <i>Matériaux et volumes</i> .....	9
2.2.2. <i>Fonds de sable</i> .....	11
2.3. <i>Nourriture</i> .....	14
2.3.1. <i>Nourriture naturelle</i> .....	14
2.3.2. <i>Régime artificiel</i> .....	16
3. LES INTERVENTIONS SUR LES REPRODUCTEURS.....	16
3.1. <i>Manipulations</i> .....	16
3.1.1. <i>Pesées</i> .....	16
3.1.2. <i>Détermination du sexe</i> .....	16
3.1.3. <i>Marquage</i> .....	17
3.1.4. <i>Traitements sanitaires</i> .....	17
3.2. <i>Elevage en conditions thermiques et photopériodiques contrôlées</i> .....	19
4. LES TECHNIQUES DE RECUPERATION ET D'INCUBATION DES OEUFS	21
4.1. <i>Récupération</i> .....	21
4.2. <i>Incubation</i> .....	22
4.3. <i>Evaluations numériques</i> .....	22

4.3.1. Evaluation du nombre d'oeufs d'une ponte.....	23
4.3.2. Diamètre des oeufs.....	23
4.3.3. Pourcentage d'oeufs viables.....	24
4.3.4. Durée d'incubation et taux d'éclosion.....	24
4.4. Fiabilité des mesures.....	25
4.4.1. Nombre d'oeufs pondus.....	25
4.4.2. Ponte.....	28
4.4.3. Taux de viabilité.....	28
5. LES CARACTERISTIQUES DES LOTS.....	28
5.1. Présentation et historique.....	28
5.1.1. Reproduction en température et éclairage naturels.....	29
5.1.1.1. Lot S.R.E. (Soles et Rougets).....	29
5.1.1.2. Lot B.E. (Bars).....	31
5.1.2. Expérience de décalage de ponte.....	31
5.1.2.1. Lots B.D.T.I. et B.D.T.E. (Bars, Daurades, Turbots).....	31
5.1.2.2. Lot S.I. (Soles).....	34
5.2. Présence de sujets murs et immatures dans un même lot - Conséquences.....	35
II - RESULTATS.....	37
1. LES BARS.....	39
1.1. Pontes naturelles de reproducteurs atlantiques (B.E.) en température et photopériode naturelles.....	39
1.2. Expérience de décalage de ponte.....	41
1.2.1. Température et photopériode naturelles B.D.T.E.	41
1.2.2. Température et photopériode contrôlées B.D.T.I.	43
1.3. Observations sur l'effet de différents régimes alimentaires.....	45
2. LES SOLES.....	47
2.1. Température et photopériode naturelles S.R.E.....	47
2.2. Température et photopériode artificielles S.I.....	49
2.3. Lots de soles nées en laboratoire.....	49
3. LES TURBOTS.....	51
3.1. Expérience de décalage de ponte.....	51
3.1.1. Température et photopériode naturelles B.D.T.E.	51
3.1.2. Température et photopériode contrôlées B.D.T.I.	53
3.2. Turbots nés au laboratoire.....	55

4. AUTRES ESPECES.....	57
4.1. Rougets.....	57
4.2. Daurades.....	59
4.3. Mulletts.....	60
III - DISCUSSION.....	61
1. LES METHODES.....	61
2. CARACTERISTIQUES DES PONTES ET DIFFERENCES SPECIFIQUES.....	63
2.1. Date d'obtention des premières pontes naturelles.....	63
2.2. Période de ponte et durée de la saison de reproduction en conditions naturelles de température et de photopériode.....	64
2.3. Caractéristiques des oeufs.....	68
3.2.3.1. Nombre d'oeufs pondus.....	68
3.2.3.2. Taille, viabilité et taux d'éclosion des oeufs.....	69
2.4. Mortalités des reproducteurs.....	71
3. ETUDE DE L'INFLUENCE DE DIVERS FACTEURS SUR LES CARACTERISTIQUES DES PONTES.....	72
3.1. Age des reproducteurs et caractéristiques des pontes.....	72
3.1.1. Influence sur les périodes de pontes.....	72
3.1.2. Influence sur la fécondité.....	73
3.1.3. Influence sur la taille des oeufs.....	73
3.1.4. Influence sur les taux de viabilité et d'éclosion.....	75
3.2. Facteurs externes accessoires.....	76
3.2.1. Influence des caractéristiques des bassins sur les pontes.....	76
3.2.2. Qualité de la nourriture.....	78
3.3. Thermopériode et photopériode.....	80
3.3.1. Influence de la température et de la photopériode sur la période de reproduction.....	81
3.3.2. Influence de la température et de la photopériode sur les caractéristiques des oeufs.....	86
3.3.2.1. Le nombre d'oeufs pondus.....	86
3.3.2.2. Les diamètres des oeufs.....	89
3.3.2.3. La qualité des oeufs.....	89
CONCLUSION.....	93

DEUXIEME PARTIE : INFLUENCE DE FACTEURS EXTERNES SUR L'INCUBATION D'OEUF  
PELAGIQUES ET LA SURVIE DES LARVES VESICULEES.

INTRODUCTION.....	97
I - LES MANIPULATIONS LIEES A L'AQUACULTURE.....	99
1. L'INCUBATION.....	99
1.1. <i>Matériel et méthodes</i> .....	99
1.2. <i>Etude de l'influence du débit d'alimentation en eau de mer sur les taux d'éclosion</i> .....	101
1.3. <i>Présentation d'une nouvelle technique d'incubation</i> .....	102
2. LES TRANSPORTS D'OEUF ET DE LARVES.....	104
2.1. <i>Matériel et méthodes</i> .....	105
2.2. <i>Les résultats</i> .....	108
2.3. <i>L'interprétation et la discussion</i> .....	110
II - ETUDES EN LABORATOIRE DE L'INFLUENCE DES CHOC THERMIQUES, MECANIQUES ET CHIMIQUES SUR LES OEUF ET LARVES DE POISSONS MARINS.....	113
1. CHOIX DES PARAMETRES BIOLOGIQUES.....	113
1.1. <i>Périodes d'expérimentations et températures de bases</i> .....	113
1.2. <i>Eléments techniques</i> .....	115
1.3. <i>Paramètres mesurés</i> .....	115
2. LES CHOC THERMIQUES.....	118
2.1. <i>Chocs thermiques progressifs</i> .....	118
2.1.1. <i>Matériel et méthodes</i> .....	119
2.1.2. <i>Résultats</i> .....	122
2.1.2.1. <i>Le bar</i> .....	122
2.1.2.2. <i>La sole</i> .....	124
2.1.2.3. <i>Le turbot</i> .....	126
2.1.2.4. <i>Le rouget</i> .....	128
2.1.3. <i>Discussion</i> .....	130
2.1.3.1. <i>Analyses statistiques</i> .....	130
2.1.3.2. <i>Influence des différentes composantes du choc thermique sur les oeufs</i> .....	131
2.1.3.3. <i>Influence des différentes composantes des chocs thermiques sur les larves</i> .....	133
2.1.3.4. <i>Réactions spécifiques</i> .....	136
2.2. <i>Chocs thermiques par immersion</i> .....	139
Conclusion.....	145



3. LA CHLORATION.....	147
3.1. Matériel et méthodes.....	148
3.2. Résultats.....	150
3.2.1. Le bar.....	150
3.2.2. La sole.....	151
3.2.3. Le rouget.....	152
3.3. Interprétation et discussion.....	153
3.3.1. Réactions spécifiques.....	156
3.3.2. Comparaison de l'association chloration-choc thermique avec le choc thermique.....	157
3.3.3. Conclusion.....	158
4. VARIATIONS DE PRESSION.....	161
4.1. Matériel et méthodes.....	161
4.1.1. Appareillage.....	161
4.1.2. Tests choisis.....	163
4.2. Résultats.....	166
4.2.1. Oeufs et larves de bar.....	166
4.2.2. Oeufs et larves de sole.....	167
4.2.3. Oeufs et larves de rouget.....	168
4.3. Interprétation et discussion.....	169
CONCLUSION.....	171
<u>CONCLUSION GENERALE</u> .....	175
<u>BIBLIOGRAPHIE</u> .....	180



# INTRODUCTION GENERALE





## INTRODUCTION

Les difficultés rencontrées par l'élevage des poissons de mer peuvent être divisées en quatre groupes, qui correspondent à quatre phases de développement : la reproduction, l'incubation, l'élevage larvaire et l'élevage du juvénile.

Il n'est pas indispensable de contrôler chacune de ces phases pour mener à bien une production de poissons : celle de la Sériole (*Seriola quinqueradiata*) au Japon, faite à partir de juvéniles, les élevages italiens ou "valliculture", ou ceux du poisson lait *Chanos chanos* en Asie, en témoignent depuis déjà plusieurs années (GIRIN, 1980).

Pourtant, si l'élevage des poissons marins reposait sur une production de juvéniles, en éclosérie, il pourrait bien plus se développer, ou s'étaler dans le temps, en culture intensive ou extensive. On tend donc actuellement à vouloir contrôler parfaitement tout le cycle de vie comme SHELBOURNE (1968) et GIRIN (1978) l'ont déjà expliqué en détail. C'est d'ailleurs aussi dans ce sens qu'a évolué la recherche sur l'élevage des poissons d'eau douce, particulièrement sur les Salmonidés et les Cyprinidés (NASH, 1977).

C'est le plus souvent sur l'élevage des larves que se sont concentrés les efforts de recherche, en France (GIRIN & al., 1976) ou à l'étranger (SHELBOURNE, 1968) ; KUO & al., 1973).

Les connaissances dans ces deux domaines sont comparables par certains côtés : en effet, on sait obtenir des oeufs viables de poissons marins captifs après maturation naturelle (JONES et al., in press ; GIRIN, 1978) ou par injections d'hormones (ALESSIO & al., 1974 ; ARIAS, 1976 ; BRASOLA, 1974 ; BARNABE, 1976 a). L'incubation peut se solder par près de 100 % d'éclosion (GIRIN, 1976, 1978). Cependant, dans les deux cas, les techniques employées sont loin d'être efficaces. Par exemple, faute de connaître les charges optimum d'élevage ou d'incubation, les charges par unité de volume restent faibles. D'autre part, l'aliment le plus distribué aux reproducteurs est l'aliment naturel, moins pratique qu'un granulé (poisson, chair de mollusques).

D'une manière générale, l'absence d'études précises sur le rôle des caractéristiques de l'animal et des facteurs externes rend l'interprétation des résultats difficile. Tant que les survies des larves restaient médiocres, au cours de l'élevage, il ne paraissait pas urgent de s'attaquer à ces problèmes.

Ce n'est plus le cas actuellement. Les progrès dans la mise au point de techniques d'élevage des jeunes larves ou le "sevrage" permettent même d'envisager la possibilité de tester, à court terme, des modules d'éclosion de plusieurs milliers d'individus. Devant cette évolution, il était tout à fait souhaitable de prendre en main les problèmes concernant la reproduction et l'incubation des oeufs, dans le but d'obtenir des résultats fiables et réguliers, toute l'année, malgré le caractère saisonnier de la ponte des poissons marins dont l'élevage est particulièrement étudié en France. Ceci éviterait de se heurter aux problèmes rencontrés pour l'élevage de la Sériole *Seriola quinqueradiata* ou de la Carpe *Cyprinus carpio* qui sont déjà économiquement rentables, mais dont le développement est freiné par l'impossibilité de contrôler la reproduction et donc de disposer à volonté de jeunes larves (CHAUDHURI et al., 1976).

Cependant, planifier la ponte et récolter de grandes quantités d'oeufs ne suffit pas à assurer une production de jeunes larves. Il faut en plus, s'assurer de la qualité des oeufs. Celle-ci peut être jugée le jour de ponte, à l'aspect extérieur, ou encore à la densité des oeufs (FABRE, 1979) au taux d'éclosion, mais aussi à des critères plus difficiles à définir :

+ Sevrage : adaptation d'un poisson à un aliment inerte.

la composition chimique de l'oeuf et la survie ou la croissance des larves. Bien des auteurs ont déjà essayé de répondre à ces questions, mais leurs résultats souvent contradictoires, démontrent bien l'ampleur du problème.

C'est pourtant en s'attaquant à la fois aux aspects quantitatifs et qualitatifs de la production des oeufs, que seront satisfaites les demandes sans cesse croissantes d'oeufs et de larves, et que pourra se développer un véritable marché de l'oeuf à l'image de ce qui s'est fait chez les Salmonidés.

Les problèmes étant ainsi posés, il fallait établir des priorités dans les axes de recherche. En ce qui concerne notre laboratoire, GIRIN (1978), en soulignant un certain nombre de points de blocages relatifs à la reproduction, introduit les questions auxquelles nous avons tenté de répondre ici :

*"L'époque où obtenir des oeufs pouvait être le principal problème de l'expérimentateur est révolue"...*

*... "Mais il n'est pas encore possible de préciser quel est le rendement normal de la ponte, quelle est l'importance de l'âge ou de l'alimentation d'un reproducteur, ni, a priori, quel peut être l'effet de l'induction hormonale d'une ovulation, ou, d'un décalage de la ponte, sur la qualité d'un oeuf. Il n'a pas été non plus établi de condition précise entre les conditions de l'incubation et les anomalies létales ou sublétales de la jeune larve".*

Le sujet est vaste et toutes les questions ne trouveront pas de réponses dans ce travail.

L'effort a surtout porté sur l'étude de l'influence de facteurs externes sur la reproduction naturelle, en captivité, ou sur l'incubation. L'influence des caractéristiques de l'animal est abordée plus spécialement dans le cadre de la reproduction. La production d'oeufs et de larves est jugée d'après les quantités, taille, taux de viabilité et d'éclosion des oeufs. D'autre part, les malformations de larves ont été estimées chaque fois qu'il était possible.

---

*Cette étude fut réalisée dans le cadre d'un programme CNEXO dont nous n'étions pas maîtres, ceci explique que l'enchaînement des travaux ne correspond pas toujours à des expériences rigoureuses s'enchaînant dans un ordre logique.*





# PREMIERE PARTIE

---

INFLUENCE DE FACTEURS INTRINSEQUES ET EXTERNES  
SUR LES CARACTERISTIQUES DE PONTES NATURELLES OBTENUES EN CAPTIVITE.



## INTRODUCTION

Les recherches expérimentales sur la reproduction des poissons marins concernent le plus souvent l'induction hormonale de la maturation et de la ponte (BARNABE, 1974-1976a ; ALESSIO, 1975 ; ARIAS, 1974 ; LUMARE, 1978 ; BRASOLA et al., 1979). Même si la maturation est naturelle, il est très courant que l'expérimentateur expulse les oeufs des femelles par massages abdominaux et pratique des fécondations artificielles (JONES, 1974 et in press ; BARNABE, 1976b). Pour une unité de production, ces techniques sont très appréciables car elles permettent de planifier les pontes et donc la mise en élevage des larves. De plus, alors que les premiers essais se soldaient par des mortalités importantes de reproducteurs et des oeufs de qualité aléatoire (BOULINEAU, 1974), les résultats actuels sont assez réguliers. Moyennant quelques précautions comme l'anesthésie et l'observation régulière des stades d'oeufs, les reproducteurs supportent très bien les manipulations (BEDIER, 1980).

Toutefois, les résultats ainsi obtenus ne renseignent pas sur les réelles potentialités du reproducteur en captivité, et plus particulièrement, sur leur évolution dans le temps. Or, pour comparer et éventuellement améliorer les performances de l'injection, il était nécessaire d'avoir des données de base et donc de laisser les poissons murer et pondre naturellement.

Pendant cette période, l'idéal eut été de réaliser de véritables expérimentations, en essayant de maintenir constants les principaux facteurs de l'environnement, et en assurant un contrôle régulier des caractéristiques des poissons. Mais un certain nombre de contraintes, en particulier la fourniture régulière de larves ne l'a pas toujours permis.

Lorsque les premiers lots de reproducteurs ont été constitués en 1972 (BOULINEAU, 1974 ; GIRIN, 1978), il était donc prématuré de considérer le reproducteur de poissons marins comme un véritable matériel expérimental. Les adultes étaient essentiellement destinés à fournir des larves qui servaient à mettre au point des régimes alimentaires (MENU et coll., in press ; PERSON-LE RUYET et coll., 1978 ; BARAHONA FERNANDEZ, 1978 ; GIRIN, 1978 ; FUCHS, 1979).\*

Dans une première tranche de travail, des Bars, des Soles et des Turbots, accessoirement des Rougets et des Daurades ont donc été installés dans des bassins extérieurs, soumis aux cycles naturels annuels de température et d'éclairement.

Les premières pontes naturelles furent obtenues dans ces conditions. Cependant, la courte période de reproduction de ces espèces limitait les expériences sur les larves ; en 1973-74, il fut décidé de l'étaler, en soumettant une partie des reproducteurs, à des conditions artificielles de température et de lumière. Ce fut en réalité la seule véritable expérience faite sur les reproducteurs. Par la suite, les besoins en oeufs augmentant, les expériences sur les conditions de stabulation ont été réduites au minimum et avec elles, les manipulations. Nous nous sommes contentés d'entretenir les différents lots et de suivre leur production d'oeufs, ce qui représente sans aucun doute, un handicap pour l'interprétation des résultats.

Toutefois, les données recueillies pendant 8 ans permettent de mieux connaître les caractéristiques des pontes des poissons étudiés et l'influence des facteurs du milieu sur la reproduction en captivité.

---

\* Une partie des résultats que nous présentons plus loin, ont déjà été mentionnés par ces différents auteurs, dans des publications traitant de l'élevage larvaire.

## I - MATERIEL et METHODES

### 1. L'APPROVISIONNEMENT EN REPRODUCTEURS

Une grande partie des reproducteurs auxquels nous faisons référence au cours de ce travail : Bars, Soles, Turbots, Daurades et Rougets, ont été pêchés en mer entre 1970 et 1974 ; les plus jeunes (entre 50 et 300 g ) à la senne de plage , les adultes à la ligne, au chalut, à la capêchade ou encore au filet maillant (GIRIN, 1978). Les taux de survie ont varié selon le mode de pêche et à l'époque, GIRIN estimait qu'il était préférable de pêcher le Bar et la Daurade à la ligne, le Turbot au chalut et la Sole à la capêchade. Tous les Rougets ont été pêchés à la senne en étang à marée.

Du fait de mortalités pathologiques ou accidentelles en cours d'étude, il a fallu ajouter de nouveaux reproducteurs dans les premiers lots constitués et parfois même les remplacer entièrement. Ce problème s'est posé de façon très aigue pour les Soles et les Turbots, pour lesquels les conditions de stabulation semblent apparemment mal adaptées, car il y a chez ces deux espèces une plus forte mortalité. Leur recherche a mobilisé une grande part de notre énergie, d'autant plus qu'elles ont tendance à se raréfier dans nos régions. Tous les engins de pêche par l'intermédiaire des professionnels ont donc été sollicités.

Toutefois, en plus des Soles et des Turbots, des groupes de jeunes Mullots ont été pêchés à la senne en étang et des jeunes Bars pris au chalut.

L'ensemble de ces essais d'approvisionnement en reproducteurs nous permis de constater que :

- La pêche des adultes matures est difficile. L'engin le plus efficace du point de vue survie, reste le chalut (traicts de 1 à 2 heures) pour le Turbot.

et la capêchade pour la Sole. Dans les deux cas, moins de 10 % des animaux sont abîmés et plus de 80 % survivent. Les autres engins de pêche, en particulier le filet maillant pour le Turbot et le chalut pour la Sole, permettent d'obtenir un plus grand nombre d'adultes. Même si en moyenne 50 % des animaux pêchés meurent, il est peut être intéressant d'y avoir recours. Cela permet en outre de s'approvisionner toute l'année, puisque les différents "métiers" se relaient.

- les animaux les plus gros : Turbots de plus de 10 kilos, Soles de plus de 1,5 kilos, supportent mal la captivité et meurent souvent après un an de stabulation. Il est préférable de ce fait de constituer des stocks d'animaux immatures. Ceux-ci sont, de surcroît, plus faciles à pêcher dans les eaux peu profondes, en particulier dans les étangs, (Daurades - Mulletts) sur les plages (Turbots), ou en zones d'estuaires (Bars) où ils se concentrent et survivent bien à la pêche :

- . Turbots de 500 g à 2 kilos : 100 % de survie au chalutage d'une heure ;
- . Bars de 50 à 300 g : 50 % de survie au chalutage d'une demi-heure ;
- . Mulletts de 50 à 500 g : 80 % de survie (pêche à la senne en étang).

Dans tous les cas, la constitution de lots de reproducteurs ou de futurs reproducteurs est un travail de longue haleine, puisque l'expérimentateur dépend, à la fois des professionnels, des dates d'ouverture de pêche et du travail de laboratoire. La maturation de poissons, nés en laboratoire, représente certes une attente de plusieurs années, mais pourrait résoudre ce problème. Un certain nombre de laboratoires utilisent déjà les pontes de poissons nés en captivité, qu'il s'agisse de Bars (BEDIER, Comm. pers.), ou de Turbots (JONES et al., in press). Cependant, ils n'ont pas encore cherché à comparer les fécondités de populations d'élevage et "sauvages".

Du point de vue expérimental, il nous a paru important de le faire, avant de baser une production d'oeufs uniquement sur des lots d'animaux d'élevage. C'est pourquoi, à côté des stocks de reproducteurs pêchés en mer, nous entretenons deux lots de Turbots et un lot de Soles, nés au Centre Océanologique de Bretagne.

## 2. LA MAINTENANCE

### 2.1. *Alimentation en eau de mer*

L'eau de mer qui alimente les bassins de reproducteurs passe par le circuit général d'approvisionnement du centre, décrit par MICHAUX (rapport inédit).

Le pompage est effectué en rade de Brest sous le niveau des plus basses eaux. Trois pompes refoulent  $100 \text{ m}^3$  par heure d'eau de mer vers un décanteur circulaire de 14,5 m de diamètre, d'où elle s'écoule, déchargée des boues, vers un bassin de réception. Grossièrement filtrée et à nouveau pompée; elle alimente 50 m plus haut, deux réservoirs qui totalisent  $350 \text{ m}^3$  et surplombent les structures d'élevage de 27 m environ.

Il n'y a aucune filtration supplémentaire avant la distribution gravitaire aux bassins de reproduction, dont 1/10 du volume est renouvelé toutes les heures. Certains bassins équipés de "fond de sable" ont en plus de cette alimentation en circuit ouvert, un recyclage d'eau par "air-lift" (GIRIN, 1978).

### 2.2. *Description des bassins*

#### 2.2.1. *Matériaux et volumes*

Nous disposons de trois types de bassins qui peuvent être aménagés ou non d'un fond de sable.

- Type 1 : C'est un bassin circulaire de  $20 \text{ m}^3$  (5 m de diamètre et 1,20 m de hauteur) que GIRIN (1978) a déjà décrit en détails.

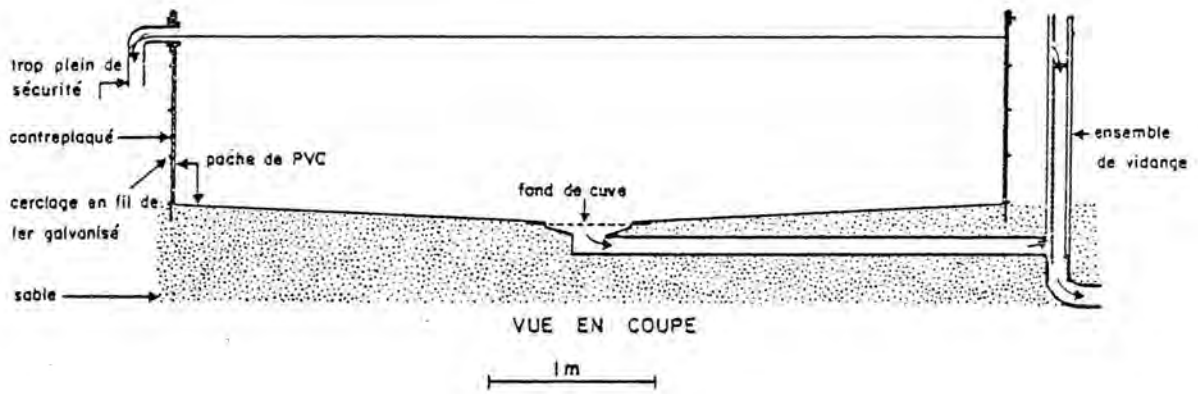


FIGURE 1 - Schéma d'un bassin en contreplaqué garni de PVC (d'après GIRIN, 1978).



- Type II : Il s'agit de bassins rectangulaires en polyester (largeur : 4 m - longueur : 6 m - hauteur : 2 m). Le volume d'eau utilisable est de  $40 \text{ m}^3$ . L'évacuation de l'eau se fait par le fond et en surface. Un système de trop-plein par vases communicants de hauteur réglable fixe le niveau d'eau.

- Type III : Ce sont des bassins circulaires de même fabrication que les précédents. Ils sont constitués de 3 couronnes superposables de 3,10 m de diamètre et 1 m de hauteur. La partie inférieure est équipée d'un fond en polyester et de 4 bouches d'évacuation, la partie supérieure d'une seule sortie.

Selon l'usage que l'on veut faire de ces bassins, la hauteur peut être diminuée d'1/3 ou de 2/3 réduisant ainsi le volume d'eau de  $20 \text{ m}^3$  à  $13$  ou  $6 \text{ m}^3$ . Les "rondelles" démontées et équipées de fonds en contreplaqué de 10 mm ou en polyester plan<sup>+</sup>, constituent chacune des bassins de  $6 \text{ m}^3$ , dont l'étanchéité est assurée dans le premier cas par un fort boulonnage, dans le second cas, par l'application de résines synthétiques. Les nouveaux fonds sont équipés d'une évacuation centrale de même principe que celui des bassins du type I.

Ces trois types de bassins peuvent accueillir, sans autre aménagement, des poissons ronds ou des poissons plats nés au laboratoire, habitués à se reposer sur un substrat dur.

### 2.2.2. Fonds de sable

Les poissons plats "sauvages" sont au contraire installés sur substrat meuble. Cela évite d'une part, que des poissons fraîchement pêchés se blessent en tentant de s'enfouir et permet d'autre part de simuler le milieu naturel des Turbots ou des Soles : bancs de sable ou gravières, ce qui, a priori, est un atout pour obtenir des cycles complets de reproduction en milieu confiné.

Les fonds de sable aménagés dans tous les types de bassins sont conçus pour éviter l'envasement, un encroûtement de surface ou la réduction du sable. GIRIN (1978) décrit le premier système (Fig. 2) installé dans un bassin de  $20 \text{ m}^3$  (texte ci-après) puis dans deux bassins rectangulaires de  $40 \text{ m}^3$  qui disposent de quatre air-lifts (un à chaque coin).

---

<sup>+</sup> Marque SCOBALIT

### VUE DE DESSUS DES DIFFERENTES COUCHES

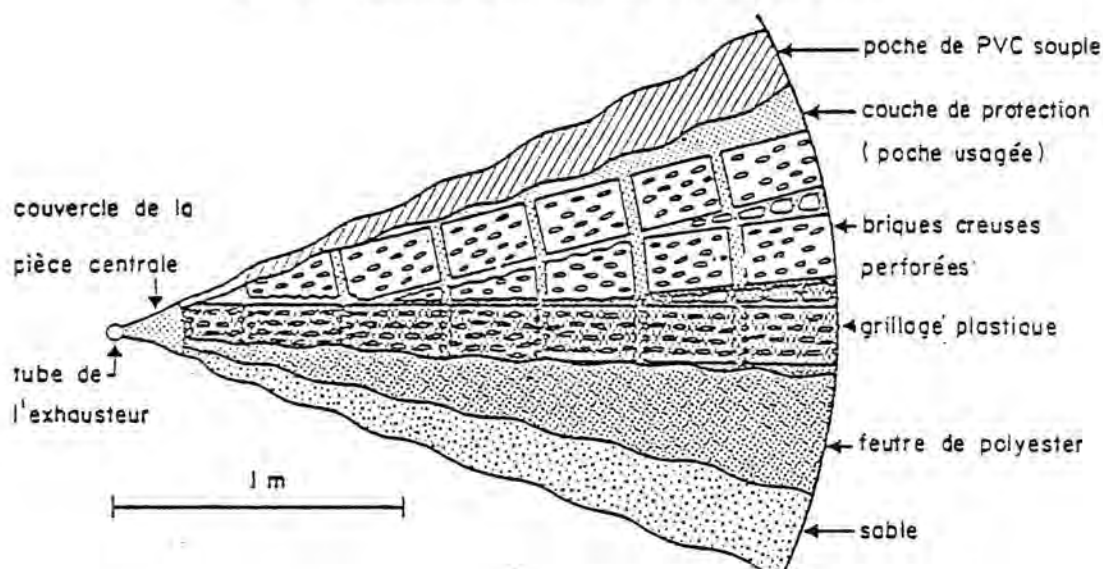


FIGURE 2 : Aménagement d'un lit de sable sur le fond d'un bassin en contreplaqué et PVC (d'après GIRIN, 1978).

A partir de 1976, un autre système est testé : de mise en œuvre plus simple, il ne nécessite aucun changement fondamental dans la fabrication de la pièce centrale décrite par GIRIN (1978). Il s'agit d'un réseau de drains inspiré d'aménagements japonais, testé par L'HERROUX (1974), noyé dans du gravier et recouvert de sable fin.

Des tuyaux de drainage agricole (Fig. 3) sont encastrés dans la pièce centrale et partent, à la manière des branches d'une étoile, rejoindre les parois du bassin. Toutes les branches sont reliées entre elles par des traverses en drain. Le réseau prend alors l'aspect d'une toile d'araignée (Fig. 4). L'ensemble gravier et sable fin qui le recouvre fait environ 20 cm d'épaisseur. L'air comprimé, injecté dans la pièce centrale, force l'eau à percoler le sable de haut en bas.

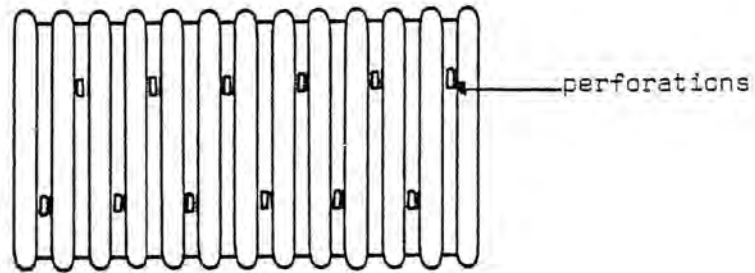


FIGURE 3 : Drain agricole.

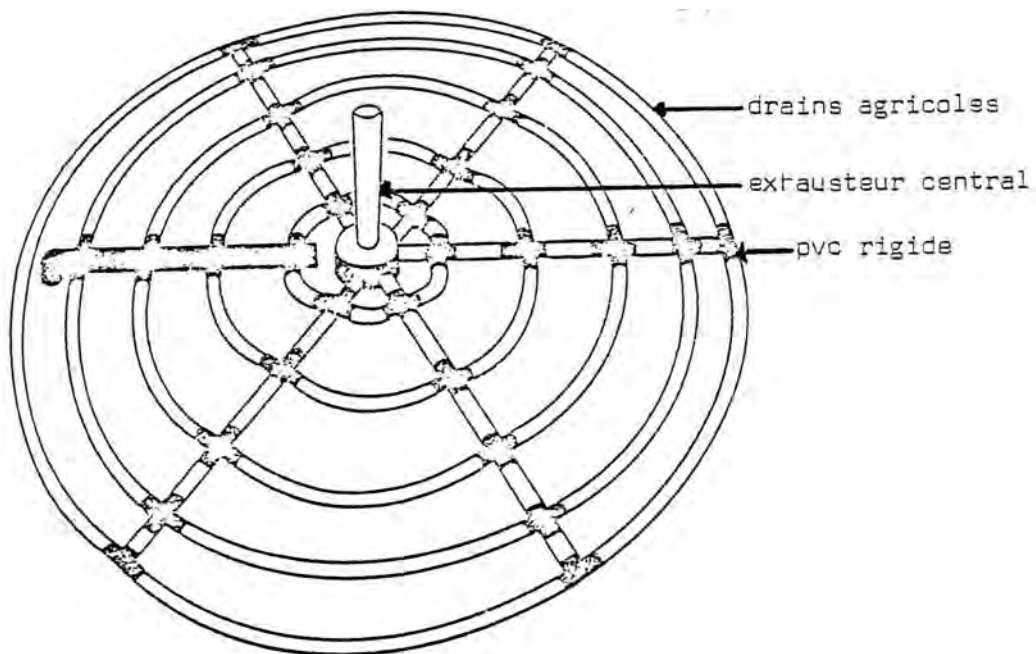


FIGURE 4 : Disposition des drains dans des bassins circulaires

Dans le premier cas (briques + BIDIM<sup>\*</sup>), le sable ne montre aucun signe réduction, 6 ans après son installation. Cependant, ayant servi de filtre, il s'est tassé et est devenu compact : les poissons ne peuvent plus s'y enfouir.

Dans le second cas (drains), au bout de un an, la partie centrale du bassin ne fait plus office de filtre. La succion étant plus forte que sur le pourtour, le sable est entraîné à travers les graviers et colmate les trous d'aspiration des drains. Ce phénomène gagne peu à peu la périphérie, accompagné d'encroûtement et de réduction de sable.

Ce handicap a été surmonté en plaçant une toile à ombrage ou un feutre de polyester entre les drains et le sable. Mais l'installation se complique et n'est pas plus avantageuse que le premier montage réalisé par GIRIN (1978) dont on pourrait augmenter la durée de vie en injectant régulièrement de l'eau sous pression dans l'"exhausteur". Cela remettrait en suspension les particules prisonnières du sable qui le rendent compact.

ce cas, le feutre de polyester emprisonnerait l'air contenu dans l'eau et devrait donc être remplacé par un autre matériau.

D'autre part, un autre système pourrait être testé sur grands bassins: celui que décrit ALAYSE (1979) sur petits volumes, avec percolation de l'eau dans le sable, de bas en haut .

## 2.3. Nourriture

### 2.3.1. Nourriture naturelle

La plupart des reproducteurs ont connu un régime alimentaire naturel. Pour le définir, nous nous sommes basés sur les études de contenus stomacaux qui montrent que toutes les espèces étudiées, à l'exception des Mulletts, sont carnivores.

Les Turbots consomment surtout des petits poissons blancs et des Clupeidae (DENIEL, 1973). Les Bars et surtout les Daurades apprécient en plus, les Crustacés (BOULINEAU, 1969 ; BARNABE, 1976<sub>b</sub> ; LUMARE, 1978).

\* Bidim : feutre de polyester.

Les Mulletts, n'ont pas de régime très spécifique. A l'âge adulte, ils seraient essentiellement herbivores SHEHADEH & al., 1972, mais ne dédaignent pas les Mollusques (CASSIFOUR, 1975). Les Mulletts captifs, peu nombreux, s'accomodent très bien du poisson distribué aux Bars avec lesquels ils sont associés.

Du fait des difficultés d'approvisionnement en nourriture fraîche, les Bars, Turbots, Daurades et Mulletts, soumis essentiellement au régime poisson, ont connu les changements suivants :

- . en mars 1977, le Maquereau (*Scomber scombrus* L.) est remplacé par du Merlan bleu (*Micromesistius poutassou* R.) et du Tacaud (*Trisopterus luscus* L.) ;

- . pendant l'été 1978, les animaux reçoivent moitié poissons blancs, moitié Chinchard (*Trachurus trachurus* L.) frais ou congelé (durant I à 6 mois)

- . à toute période, des Crabes verts (*Carcinus maenas* L.) sont distribués à l'attention des Daurades.

La consommation moyenne hebdomadaire se situe entre 5 et 10 % du poids frais des différents lots de poissons

Les Rougets se nourrissent d'Annélides, de Crustacés et de Mollusques (BOUGIS, 1954 ; HAIDAR, 1970) ; les Soles, de Mollusques ou de Polychètes divers (FLUCHTER et al., 1974 ; QUINIDOU, 1978). Jusqu'en 1974, ils reçoivent uniquement de la chair de Mollusques (*Laevicardium crassum*, *Callista chione*) (GIRIN, 1978), complétée par la suite, par des Polychètes (*Nereis diversicolor*, *Nephtys hombergii*) dont les protéines, selon FLUCHTER (1974) renferment des acides aminés indispensables (en proportion particulièrement favorable) à la réalisation du cycle complet de maturation des Soles. Les Rougets et les Soles consomment surtout des Mollusques : 10 % du poids frais du poisson par semaine. Les Polychètes représentent seulement en poids frais 2 % de la nourriture consommée.

### 2.3.2. Régime artificiel

Les régimes "aliment composé" sont exceptionnels. Et c'est à titre expérimental que nous avons conservé le régime artificiel de deux lots de Bars et Turbots habitués très jeunes aux granulés.

Les Bars (pêchés en mer) reçoivent un aliment sec contenant 45 % de protéines et 10 % de lipides ou un aliment humide contenant pour moitié l'aliment précité et du filet de poisson haché (METAILLER, Comm. pers.). Les Turbots nés en 1974 au Centre Océanologique de Bretagne consomment une pâte humide (45 % de protéines et 10 % de lipides) (METAILLER, Comm. pers.).

A la fin de 1976, alors que les Turbots grossissent peu et que l'on accuse les Bars de pondre des oeufs de qualité médiocre, l'aliment composé est abandonné pour un régime naturel.

Quel que soit le régime adopté (artificiel ou naturel), la nourriture est distribuée, *ad libitum*, deux fois par semaine entre novembre et avril, trois à quatre fois par semaine le reste de l'année.

## 3. LES INTERVENTIONS SUR LES REPRODUCTEURS

### 3.1. Manipulations

Bien que nous ayons choisi au départ de réduire les manipulations, des transferts ou des soins sont parfois inévitables.

Nous profitons de ces opérations pour peser, sexer, marquer et parfois traiter les poissons selon les techniques expliquées ci-dessous.

#### 3.1.1. Pesées

Turbots et Soles sont des poissons calmes que l'on pèse sans anesthésie alors que les poissons ronds, Bars, Mulletts ou DAurades, sont systématiquement endormis au MS222<sup>\*\*</sup> ou à la quinaldine<sup>\*\*\*</sup> (1ml/100 litres d'eau de mer).

#### 3.1.2. Détermination du sexe

Aucun caractère morphologique externe ne permet de différencier les mâles des femelles pour les espèces étudiées, à l'exception du Mullet (LAM HOAI THONG, 1969). Cette question a particulièrement été étudiée sur le Bar, chez qui la détermination du sexe, en dehors de la saison de reproduction, n'est possible qu'en observant les gonades, c'est-à-dire en sacrifiant le poisson (CAPORICCIO, 1976 ; BARNABE, 1976b), ce qui dans notre cas est exclu.

\*\* Marque Sandoz

\*\*\* Quinaldine

En attendant de pouvoir sexer les poissons marins par analyse de vitellogénine dans le sang, comme cela se fait chez les Salmonidés (LE BAIL, sous presse), la seule façon de procéder reste d'observer les gamètes en pleine période de reproduction.

### 3.1.3. Marquage

Le marquage des poissons est pratiqué depuis le 17<sup>e</sup> siècle (KONSTANTINOV, 1976) surtout sur les Salmonidés et certaines espèces de poissons marins migrateurs comme les fhons.

Dans le cadre de l'élevage en bassin, il permet de suivre les prises de poids et la croissance de jeunes et de reconnaître des lots de poissons d'origine ou de sexe différents. Dans le cas de la reproduction, la marque la plus intéressante est celle qui permet de reconnaître par un numéro, chaque individu. Avant de généraliser l'emploi d'un type de marque, trois principes de marquage ont été testés sur des Bars (200 à 1 000 g), des Soles et des Turbots (de 400 à 4 000 g) : le marquage par bagues operculaires, le marquage par étiquettes<sup>+</sup> et le marquage par "Scoubidou"<sup>++</sup>.

Aucune n'est efficace pour le Bar. L'animal se frotte et les arrache en laissant une large plaie. La tenue dépasse rarement 1 mois. Par contre, plus de 75 % des poissons plats conservent les marques, quelles qu'elles soient, plus de 2 ans. La plus pratique à lire est la marque "Scoubidou" que l'on installe à l'aide d'un pistolet.

Elle a donc été adoptée, soit pour distinguer les mâles des femelles, soit pour suivre les croissances individuelles des Turbots nés au Centre Océanologique de Bretagne en 1974 et 1977 destinés à la reproduction.

### 3.1.4. Traitements sanitaires

Les maladies de poissons marins sont très mal connues. Chez les adultes, elles sont rares ; la mort est le plus souvent le résultat d'une manipulation brutale ou d'un transport provoquant des blessures et éraflures qui dégénèrent rapidement en nécroses et provoquent la mort du poisson.

---

+ Société PRESADOM

++ Société DENNISON

Pour y remédier, après une manipulation, les poissons sont placés, à titre préventif, dans un bain de formol vert malachite. Les doses employées, inspirées des traitements en eau douce (GERARD, 1973), sont de 3 g de vert malachite pour 1 000 ml de formol à 40 %. 200 ml de cette préparation sont versés dans 1 000 l d'eau de mer stagnante. Le bain dure une heure, puis le bassin est réalimenté normalement. Le produit disparaît 12 à 24 heures après, dans les volumes de 20 m<sup>3</sup> à 40 m<sup>3</sup>. Ainsi, le formol élimine d'éventuels agents pathogènes contenus dans l'eau de mer, tel que les parasites (PAPERNA et al., 1977) ; le vert malachite désinfecte les blessures. La solution de formol vert malachite est aussi connue pour détruire certains parasites internes de poissons (BULOW et al., 1977). Nous l'avons, pour notre part, utilisé pour enrayer les développements parasitaires externes, fréquents chez la Sole et les Mulletts (*Mugil chelo* et *M. capito*). En effet, il est courant qu'un monogène, *Endobtella solea*, se fixe sur la Sole, particulièrement du côté aveugle, à l'aide de trois crochets (KEARN, 1972) : il provoque en se déplaçant de petites blessures, ce qui favorise la chute des écailles et des attaques bactériennes (FLÜCHTER, 1979). Le nombre de parasites peut être très élevé (plus de 100 par Sole) surtout au printemps, lorsque l'eau se réchauffe (il en résulte un affaiblissement des reproducteurs qui meurent dans les cas les plus graves).

Pour lutter contre ce phénomène, nous avons recherché et testé avec succès un traitement chimique, plus simple que le traitement thermique préconisé par FLÜCHTER (1979) : les Soles sont placées pendant trois heures dans de l'eau de mer contenant 3/10 000 d'une solution formolée de vert malachite (concentration : de 3 g de vert malachite pour 1 000 ml de formol). Après ce bain, tous les parasites sont morts et tombent. Il est conseillé d'appliquer le même traitement au bassin avant d'y remettre les Soles. Ces manipulations n'ont jamais entraîné de mortalité chez les poissons.

Les mêmes doses de formol vert malachite tuent efficacement les Copépodes parasites du Mullet. Dans les deux cas, le traitement doit être renouvelé au moins une fois par an, car les stocks de parasites sont sans cesse reconstitués par les spores que transporte l'eau.



### 3.2. Elevage en conditions thermiques et photopériodiques contrôlées

Ces essais ont été partiellement décrits par GIRIN *et al.* (1978). Il est toutefois nécessaire de rappeler ici les méthodes de travail utilisées, d'autant plus que les premiers essais ont été complétés par une expérience sur les Soles.

"Le schéma expérimental visait à obtenir progressivement des pontes naturelles décalées de 6 mois chez des reproducteurs captifs, en prenant un minimum de risques expérimentaux. Température et photopériode n'ont donc pas été dissociées, mais les cycles annuels naturels de la région ont été comprimés sur 10 mois pendant 3 ans. A ce terme, le décalage voulu étant acquis, les cycles ont été ramenés à leur valeur normale, de 12 mois, pour le maintenir à niveau constant".

A partir de novembre 1973, ce schéma a été appliqué simultanément à trois espèces, le Bar, le Turbot et la Daurade. Les poissons sont installés dans deux bacs rectangulaires, en polyester armé, équipés de doubles fonds de sable percolé, avec des exhausteurs aux quatre coins. Pour des volumes utiles de  $40 \text{ m}^3$ , les débits de renouvellement sont fixés entre 3 et  $4 \text{ m}^3/\text{heure}$ .

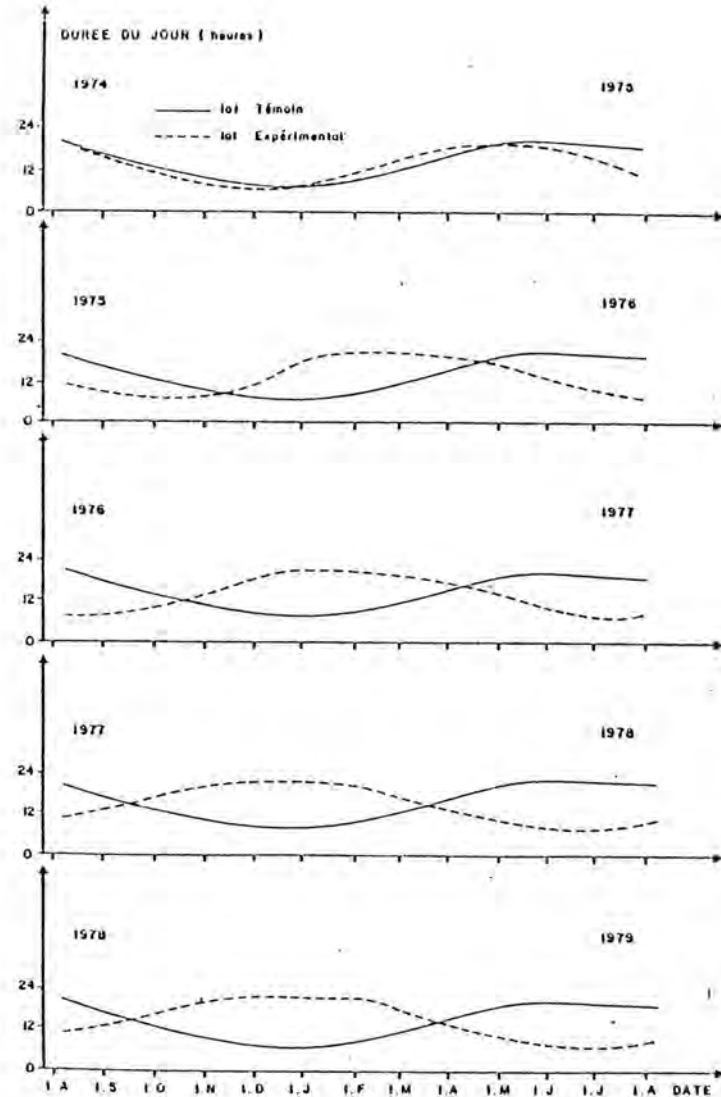
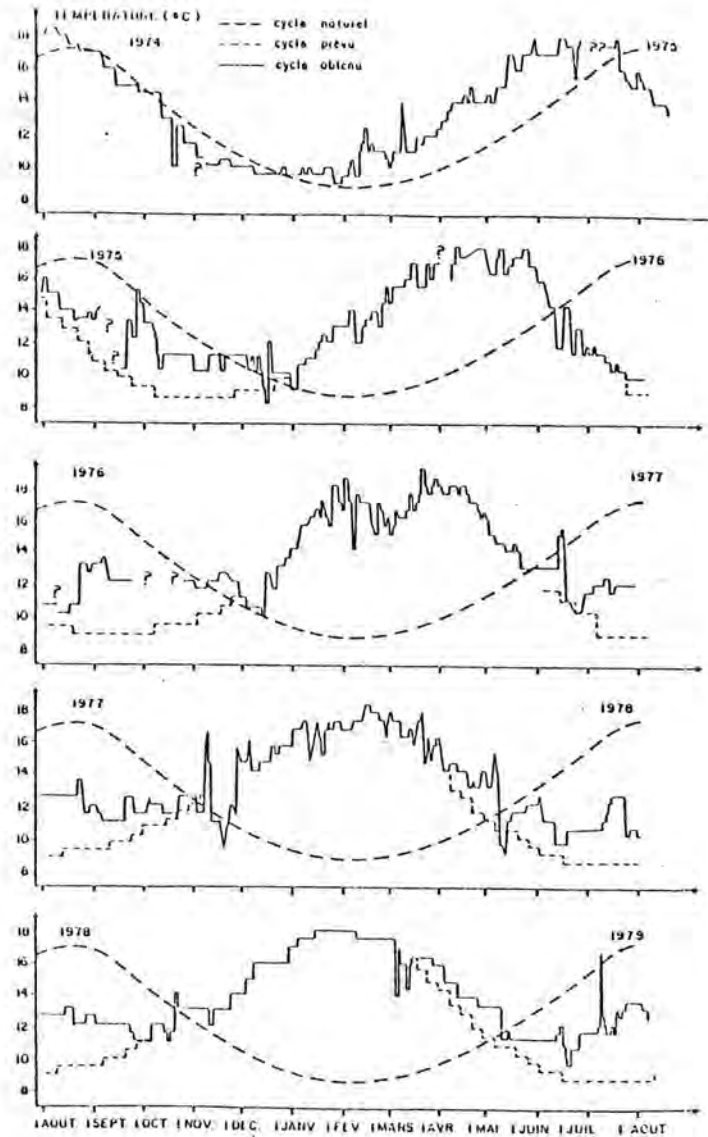
"Le bac témoin, placé à l'extérieur, est soumis aux cycles de température et de photopériode naturels de la région. Le cycle imposé au bac expérimental reproduit les mêmes variations (à partir d'une moyenne de 3 années précédentes pour la température) mais comprimées sur 10 mois (Fig. 5 et 6). Cette reproduction est très simplifiée : le cycle évolue par paliers, à partir d'un réglage hebdomadaire de température et de photopériode".

En octobre 1976, 8 Soles venant d'un bassin en conditions naturelles sont brutalement soumises à un décalage de 4 mois de température et photopériode. Les poissons sont installés dans un bassin cylindrique de  $20 \text{ m}^3$ , à fond de sable et exhausteur central. En novembre 1978, le volume est réduit à  $13 \text{ m}^3$ , la surface au sol restant de  $7 \text{ m}^2$ .

Les deux bassins expérimentaux ont subi le même type d'éclairage, dont l'intensité est constante, en période diurne comme en période nocturne. En période diurne, 17 tubes fluorescents de 40 watts chacun, <sup>+</sup> installés

---

+ Tubes Grolux, type lumière du jour.



FIGURES 5 et 6 : Ces deux figures représentent les variations thermiques et photopériodiques auxquelles ont été soumis des lots de Bars, de Daurades, de Turbots et de Soles, destinés à produire des oeufs en dehors de la saison normale de ponte.

au-dessus du bassin de 40 m<sup>3</sup>, 6 au-dessus du bassin de 20 m<sup>3</sup>, fournissent un éclairage moyen voisin de 1500 lux en surface et de 30 lux au fond. L'allumage des tubes se fait en deux temps, à 5 minutes d'intervalle. Leur extinction se fait en une seule fois et déclenche dans le bassin de 40 m<sup>3</sup>, l'allumage d'une veilleuse bleue de 25 watts destinée à faciliter les visites.

#### 4. LES TECHNIQUES DE RECUPERATION ET D'INCUBATION DES OEUFS

##### 4.1. Récupération

Les oeufs des espèces étudiées sont pélagiques. Si l'on veut contrôler les quantités et qualité des oeufs à la ponte, la récolte doit se faire chaque jour. Le ramassage à l'épuisette (MALARD, 1899 ; SHELBOURNE, 1968) a été abandonné en faveur d'appareils automatiques, basés sur l'installation de concentrateur en toile à plancton au trop-plein du bassin (BARNABE, 1976 ; ARTE, 1977 ; GIRIN, 1978).

Le modèle employé au Centre Océanologique de Bretagne depuis 1975 est celui que décrit GIRIN (1978).

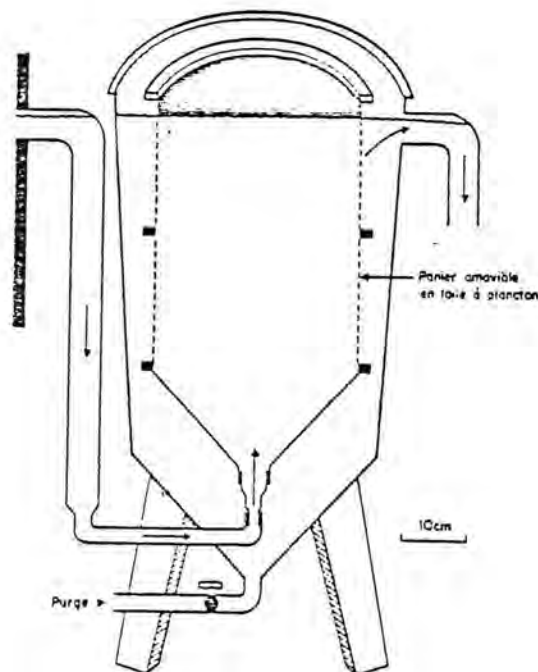


FIGURE 7 : "Collecteur pour oeufs pélagiques monté sur le trop-plein d'un bassin de ponte naturelle. Les oeufs sont arrêtés par la toile calibrée (250 à 300 u de vide de maille) et concentrés dans le panier (27 l.)" (d'après GIRIN, 1978).

Pour éviter un brassage trop intense dans les paniers, la vitesse d'évacuation de l'eau de surface et la hauteur d'eau du bassin sont contrôlées régulièrement.

Lorsque le séjour dans le récupérateur excède 12 heures, il arrive que les oeufs se déforment et meurent en grande proportion. Il est donc préférable de les récolter peu de temps après la ponte, c'est-à-dire dans la matinée pour les Bars, Rougets et Daurades, et en fin d'après-midi pour le Turbot et la Sole. Il faut noter que la Sole peut aussi pondre le matin. Pour ces différentes raisons, la récupération des oeufs a lieu la plupart du temps deux fois par jour.

#### 4.2. Incubation

Nous distinguerons ici l'incubation de grandes quantités d'oeufs destinées à produire des larves et l'incubation de petits échantillons dont le but est de fournir à l'expérimentateur des éléments de comparaison entre pontes et espèces, au cours d'une saison de reproduction ou sur plusieurs années.

Les grandes quantités d'oeufs sont incubées selon des techniques propres à chaque laboratoire : en eau stagnante (KUO et al., 1972 ; DUGGAN, 1977) ou en eau courante, comme c'est le cas au Centre Océanologique de Bretagne (GIRIN, 1978). L'incubateur de 25 l., que décrit GIRIN, est employé dans des conditions très différentes de charge et débit qui influencent les taux d'éclosion (voir p. 99). En conséquence, et contrairement à GIRIN (1978), nous ne tiendrons compte, que des résultats obtenus dans des incubateurs de 100 cm<sup>3</sup>, réalisés par LEMERCIER (1975) dont les charges sont toujours très faibles (entre 1 000 et 2 000 oeufs par litre). Après le comptage d'une ponte, un échantillon est prélevé et placé dans l'incubateur, flottant dans un bac rectangulaire (hauteur d'eau minimum : 15 cm), contenant de 50 à 100 litres dont l'eau est renouvelée en moyenne 4 fois par jour. Cette eau est filtrée sur filtre à sable.\*

#### 4.3. Evaluations numériques

Jusqu'en 1976, les observations ont surtout porté sur les dates de ponte, le nombre d'oeufs récoltés et les taux d'éclosion.

Nous les avons ensuite complétées par le diamètre et le taux de viabilité des oeufs.

---

\* Filtre Lacron.

#### 4.3.1. *Evaluation du nombre d'oeufs d'une ponte*

Les oeufs sont comptés dans une jarre cylindro-conique (GIRIN, 1978). Après élimination des détritux de grande taille (algues, morceaux de nourriture...), ils sont homogénéisés lentement, sans interruption pour permettre les prélèvements à la pipette. L'observation au microscope renseigne sur le nombre de pontes ou plus précisément le nombre de stades embryonnaires recueillis.

Il arrive en effet, qu'il y ait des mélanges: Dans un lot de poissons, il peut y avoir une nouvelle ponte chaque jour. Lorsque le bassin est grand ou le débit au trop-plein faible, la récupération d'une ponte s'étale parfois sur deux ou trois jours et interfère avec celle d'une autre ponte.

#### 4.3.2. *Diamètre des oeufs*

Le diamètre de l'oeuf sert, en reproduction artificielle, à connaître l'état de maturation des animaux (BARNABE, 1978b). De plus, il reflèterait selon WARES (1975), les caractéristiques du milieu extérieur au moment de la ponte, et selon BAGENAL (1971), l'âge ou le poids des femelles.

Dans le cas de reproduction naturelle en milieu confiné, il était donc intéressant d'en connaître l'évolution, dans le temps, au sein d'une même espèce. Certains laboratoires préfèrent peser les oeufs (KERR, 1975<sub>a</sub>; IRVIN, 1974), mais il était plus souhaitable, à notre avis, de mesurer les diamètres, car les poids font intervenir la notion de densité et donc de composition chimique de l'oeuf.

Dès les premières mesures, nous avons remarqué que le diamètre moyen varia sensiblement d'une ponte à l'autre. Nous avons donc effectué une mesure par ponte : un échantillon de 20 oeufs est prélevé au hasard le jour même ou le lendemain de la ponte (DEVAUCHELLE, 1976).

#### 4.3.3. Pourcentage d'oeufs viables

Cette valeur correspond au rapport :

$$\frac{\text{Nombre d'oeufs en bonne voie de développement}}{\text{Nombre d'oeufs observés}} \text{ le jour de la ponte.}$$

que nous avons établi systématiquement à chaque récolte. Elle permet de calculer, avec le taux d'éclosion, le rapport E/V (taux éclosion/taux de viabilité) qui, en ne tenant pas compte des oeufs morts le jour de récolte, établit les probabilités de bon développement des oeufs viables de chaque ponte.

Les bons oeufs ont été différenciés des mauvais selon les critères suivants :

- l'oeuf bon ou viable est translucide. Ses contours sont nets et circulaires. L'espace périvitellin y est régulier et bien délimité. Une heure après la fécondation, les divisions, partielles et égales, débutent (MENU et al., in press ; BARNABE, 1976<sub>p</sub>) . Il est rare que nous récoltions des oeufs viables non divisés. Dans ce cas, ils peuvent être confondus avec des oeufs non fécondés : les mesures doivent donc être reportées d'une heure ou deux.
- un oeuf non viable, fécondé ou non fécondé (photos 12 et 13)
  - . opaque, sans divisions cellulaires. (photo 14)
  - . déformé, à contours ondulés.
  - . d'apparence normale mais à divisions cellulaires anarchiques (cellules non regroupées ou de taille inégale. (photo 15)
  - . turgescents : le chorion est régulier, mais la membrane cytoplasmique est déformée, (photos 16 et 17)

#### 4.3.4. Durée d'incubation et taux d'éclosion

En incubation, l'oeuf viable passe par plusieurs stades qui ont été déjà décrits en détail par DALCQ et al., (1954) dans un traité sur l'embryogénèse des Vertébrés.

Nous rappelons ici les plus caractéristiques : (Planche 1) :

- Le stade morula. Après plusieurs clivages ou divisions, l'oeuf contient de nombreuses cellules disposées en disque au pôle animal, opposé au pôle végétal où se groupent les réserves lipidiques. (Photos 1 et 2)

- Le stade blastula correspond à la formation d'un disque de cellules mal distinctes. (photo 3)

- Le stade gastrula. Un interstice apparaît au sein de la morula. Il s'agrandit et forme une véritable cavité (Photos 4-5-6).

- Le stade neurula. Des différents feuilletts dérivent l'épiderme et les éléments nerveux. On observe alors 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 : c'est le début de la neurulation (Photos 7-8). La morphogénèse progresse ensuite selon un axe céphalocaudal puis les somites et ébauches d'organes apparaissent. C'est la fin de la neurulation (Photo 9).

- Le stade prééclosion. Il correspond au moment où l'embryon est complètement formé et s'anime de nombreux mouvements (Photos 10), avant d'éclore (photo **II**).

La durée du développement embryonnaire varie à l'inverse de la température (LEMERCIER, 1975 ; BARNABE, 1976b ; MENU et al., in press)

A 13°C, l'éclosion des oeufs de toutes les espèces étudiées apparaît entre 120 et 130 heures après la fécondation. Dans ces conditions, avec le troisième jour s'achève la neurulation. Mais le développement embryonnaire n'est pas quelque chose de figé et pour connaître la durée exacte de chaque stade, mieux vaut se rapporter aux travaux de BARNABE (1976b) et de MENU et al., (in press), sur la chronologie de l'embryogenèse du Bar et du Rouget.

#### 4.4. Fiabilité des mesures

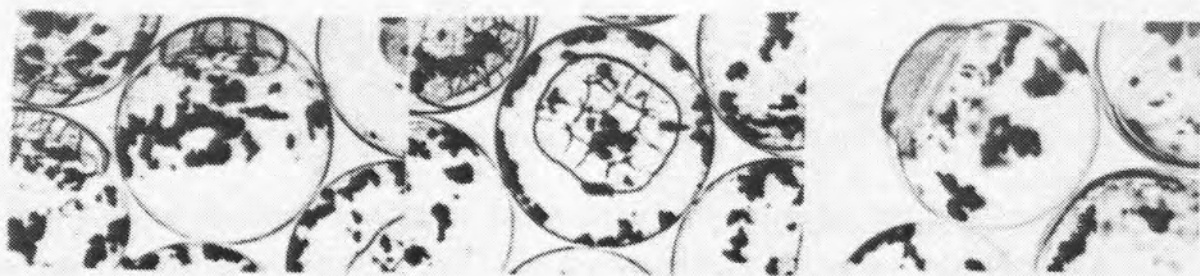
Les résultats du nombre d'oeufs pondus, du nombre de pontes et du taux de viabilité, ne peuvent être utilisés sans quelques restrictions.

##### 4.4.1. Nombre d'oeufs pondus

Le nombre total d'oeufs est estimé à partir de la moyenne de 3 à 6 comptages volumétriques. L'écart absolu de chaque comptage à la moyenne est dans la majorité des cas de  $\pm 5\%$ . L'erreur de comptage est estimée à 10%. Elle provient :

. des caractéristiques des oeufs. En effet, pour des raisons que nous n'avons pas élucidées, quelques pontes présentent des oeufs à tendance benthique, viables ou non. Dans ce cas, les détritits éliminés avant le comptage emportent un pourcentage inconnu d'oeufs, induisant une erreur dans l'estimation de la récolte ;

. des changements d'expérimentateur :



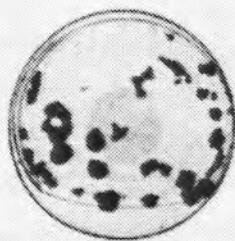
1

2

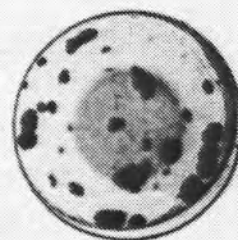
3



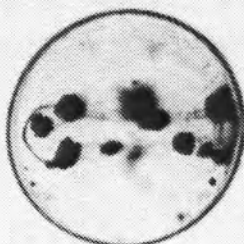
4



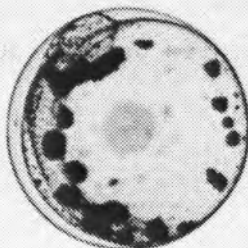
5



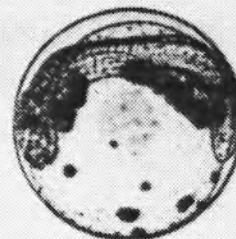
6



7



8



9



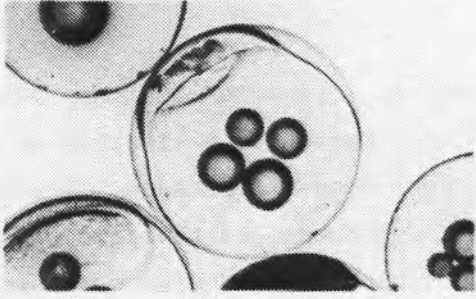
10



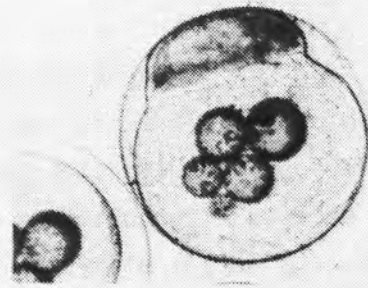
11

PLANCHE 1 : DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE DE L'OEUF DE SOLE.  
(voir légendes dans le texte page 24)

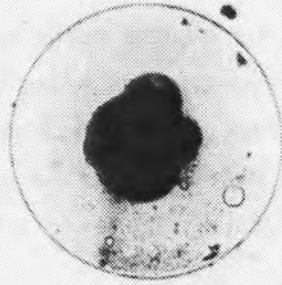




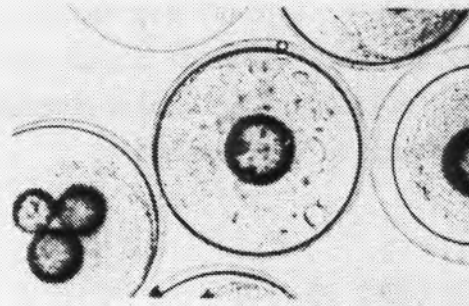
12



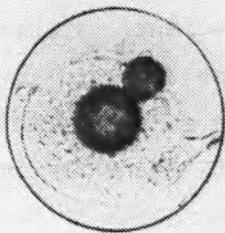
13



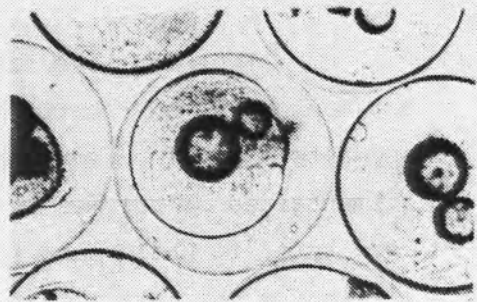
14



15



16



17

PLANCHE 2 : OEUFS NON VIABLES

Photo 12 : Oeuf de Bar non fécondé.

Photo 13 : Oeuf de Mulet non fécondé.

Photo 14 : Oeuf de Bar mort, opaque.

Photo 15 : Oeuf de Sole divisé inégalement.

Photo 16

et 17 : Oeufs de Bar dont la membrane cytoplasmique est décollée du chorion.

L'homogénéisation des oeufs est une opération délicate qui nécessite un certain entraînement. Quatre à cinq personnes habituées se sont relayées pour effectuer les mesures pendant 8 ans. Cependant, elles ont dû être occasionnellement remplacées et nous avons constaté que dans ce cas, les marges d'erreurs étaient souvent plus importantes, de l'ordre de 20 % ou plus, par rapport à la moyenne déterminée.

#### 4.4.2. "Ponte"

Le mot ponte correspond normalement à l'émission des oeufs d'une femelle. Or, dans ce travail, rien n'exclut qu'une "ponte" appartienne à deux femelles si leurs oeufs sont fécondés au même moment. Cela s'est d'ailleurs probablement produit chez la sole où un même lot d'oeufs contient parfois des oeufs de diamètre très différents, au même stade de développement.

#### 4.4.3. Taux de viabilité

Sans habitude, il n'est pas toujours facile de différencier le jour de la ponte, un oeuf viable d'un oeuf qui ne l'est pas. Certaines mesures ayant été faites par des expérimentateurs peu entraînés, l'erreur moyenne annuelle s'élève à 5 %.

### 5. LES CARACTERISTIQUES DES LOTS

#### 5.1. Présentation et historique

L'interprétation de résultats n'est possible que si l'on connaît l'histoire de chacun des lots de poissons étudiés.

Tous les lots de poissons qu'ils soient unis ou plurispécifiques ont connu des modifications au cours du temps : le nombre de poissons augmente ou diminue en fonction des apports ou des mortalités ; régimes alimentaires et volumes des bassins changent. Avant la présentation des résultats, il était donc indispensable de consacrer un paragraphe à l'histoire des lots les plus anciens.

lots d'animaux sauvages souvent plurispécifiques, pour qui, il n'est pas facile autrement qu'avec des graphes commentés, de décrire les changements de l'environnement (les estimations chiffrées y sont représentées par des flèches et des traits pleins.

Les lots constitués plus récemment : poissons de repeuplement nés au Centre Océanologique de Bretagne ou ceux destinés aux essais de régime alimentaire ne paraissent pas ici : leur histoire, plus simple sera brièvement mentionnée au chapitre "Résultats "

### 5.11 Reproduction en "température et éclairement naturels"

Les lots de poissons que nous présentons ici ont permis d'obtenir les données de base sur la reproduction naturelle des Soles, des Bars et des Rougets, maintenus en captivité dans des bassins où température et éclairement suivent les variations naturelles extérieures.

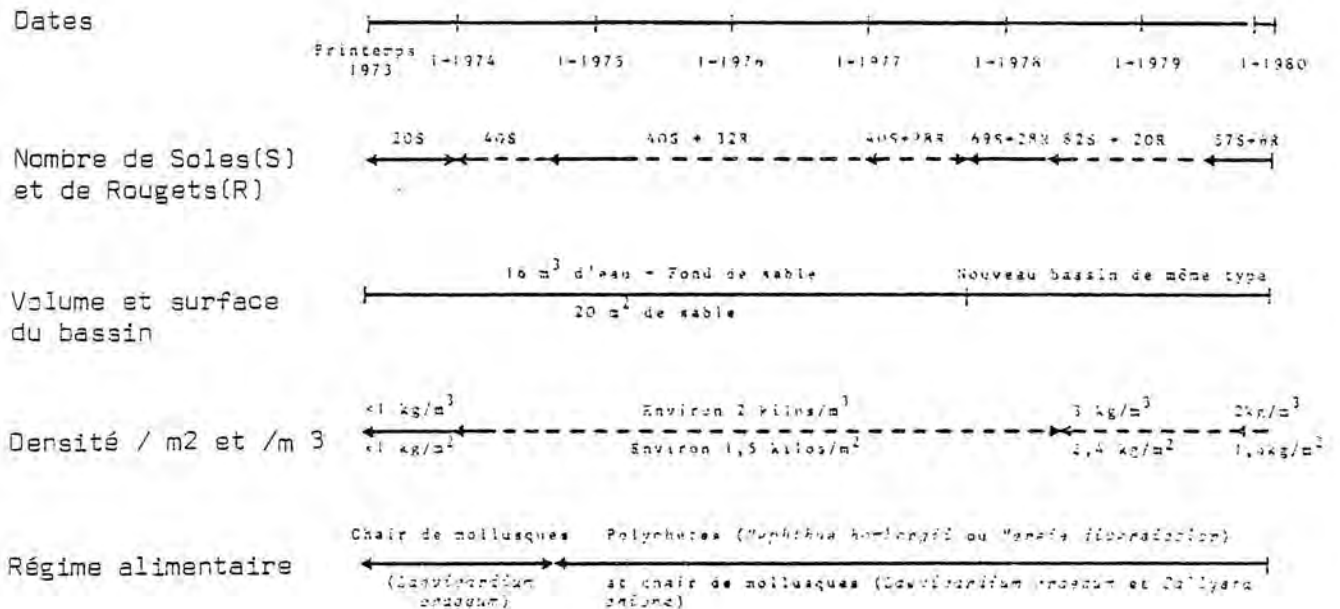
#### 5.1.11 Lot S.R.E. (Soles et Rougets)

Soles et Rougets cohabitent dans un bassin de 20 m<sup>3</sup>.

Au cours de cette période, leur nombre varie :

- Les Soles. Jusqu'en octobre 1977, il y a dans le bassin, 40 Soles de 800g à 1 kg. A cette date, 29 petites Soles (PM : 52 g) originaires de l'Ile Tudy s'y ajoutent. En mai 1978, il en reste 57 (PM : 635 ± 100 g) que nous avons arbitrairement classées en 3 groupes (Tableau 1 ).

- Les Rougets. Leur nombre passe de 32 en automne 1974 (de 200 à 500 g) à 7 en été 1979. Il n'y a eu que deux mortalités pathologiques (exophtalmie). Le reste, soit 23 poissons, a disparu par prédation (goélands) ou accidentellement (poissons ayant sauté hors du bassin).



**FIGURE 8** : Lot S.R.E. : Evolution dans le temps de certains facteurs de l'environnement. Le plus variable est, ici, le nombre de poissons. Le sable de ce bassin fut renouvelé 3 fois en 6 ans

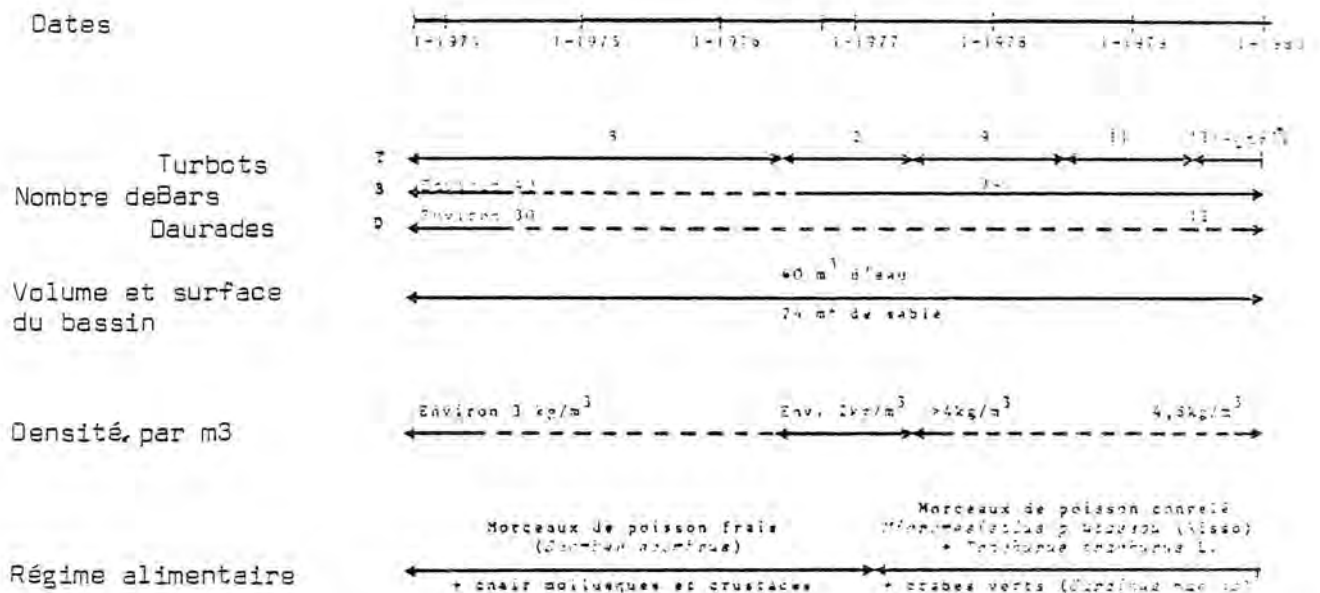
Groupe	Nombre	Poids moyen (grammes)	Limite inférieure (grammes)	Limite supérieure (grammes)
Grosses	11	1193 ± 77	1025	1355
Moyennes	16	736 ± 101	530	1000
Petites	25	324 ± 37	165	465

**TABLEAU 1** : Le lot S.R.E. contient des Soles de poids très différents que l'on peut arbitrairement classer en trois catégories : "Grosses" "Moyennes" et "Petites".

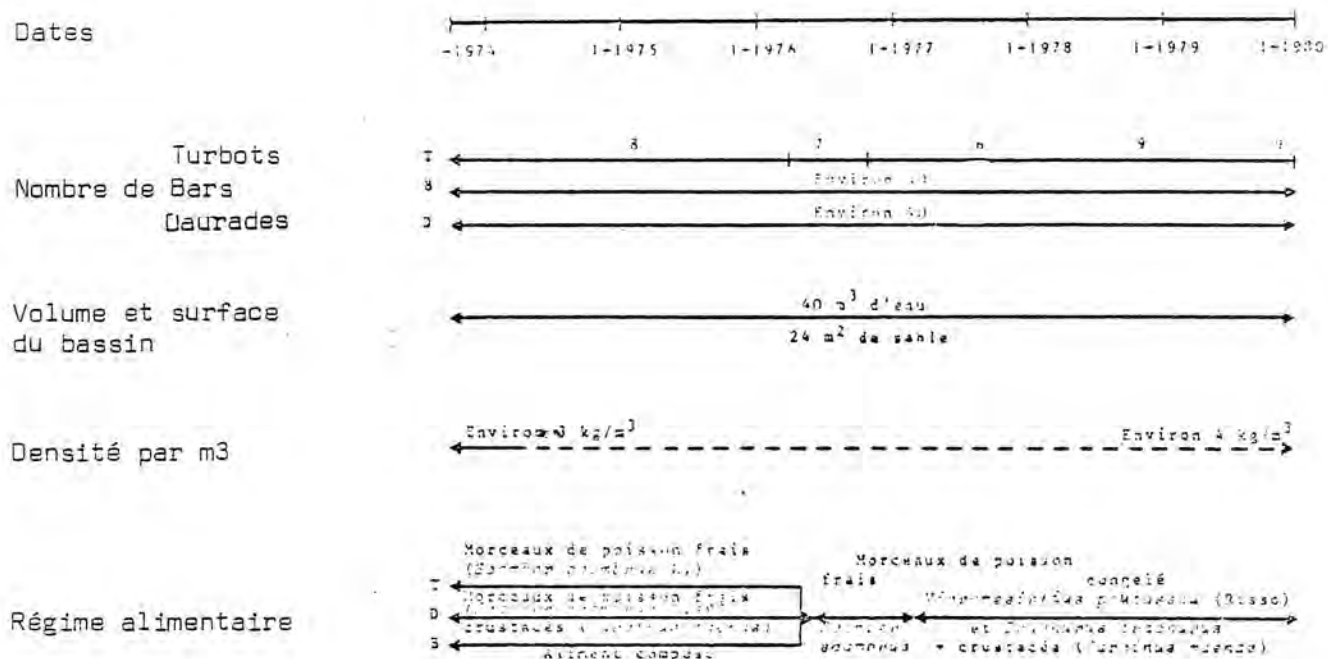


Les Turbots ont tous été pêchés à partir de 1971 sur les côtes du Finistère. Ils ont séjourné 1 ou 2 ans dans un bassin de 1 000 m<sup>3</sup> situé à l'île Tudy (station du CNEXO) avant d'être transférés au Centre Océanologique de Bretagne, en bassin de 10 à 40 m<sup>3</sup>. En 1974, les poissons pèsent entre 4 et 12 kg (GIRIN et coll., 1978).

Les Daurades d'origine atlantique, ont été comme les Bars, soumises à des essais d'alimentation artificielle (SABAUT et coll., 1974) avant de rejoindre les Bars et les Turbots au poids de 100-150 g.



**FIGURE 10** : Lot B.D.T.E. : Les caractéristiques de l'environnement concernant les trois espèces ensemble. Ceci complique l'interprétation de certains résultats, bien que le nombre de poissons de chacune d'elle soit connu.



**FIGURE 11** : Lot B.D.T.I. : Evolution dans le temps de certains facteurs de l'environnement. Les poissons de ce lot sont soumis à des températures et lumières artificielles. Depuis le début de l'expérience ils n'ont subi aucune manipulation : les nombres et charges indiqués ci-dessus, sont donc approximatifs. Le nombre de Daurades est probablement sous-estimé.

Espèce	Nombre de poissons	Poids moyen (kg)
Turbot <i>Scophthalmus maximus</i>	13	6,3 ± 7,2
Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	34	2,8 ± 1,3
Daurade <i>Spurus aurata</i>	12	1,3 ± 1,08

**TABLEAU 2** : Résultats d'une pesée effectuée en juillet 1979 sur les Bars, les Turbots et les Daurades du lot B.D.T.E.

5.1.2.2. Lot S.I. (Soles)

Huit Soles (1), pêchées en baie de Douarnenez, sont installées en octobre 1976 dans un bassin de 20 m<sup>3</sup> (type n° 3). Elles subissent un décalage brutal de 4 mois en température et photopériode. En janvier 1979, une femelle meurt, parasitée par *Endobtella solea* (cf. p 18 ).

En octobre 1979, 30 Soles (2) (PM = 68 g) originaires de l'Ile Tudy augmentent ce lot de poissons.

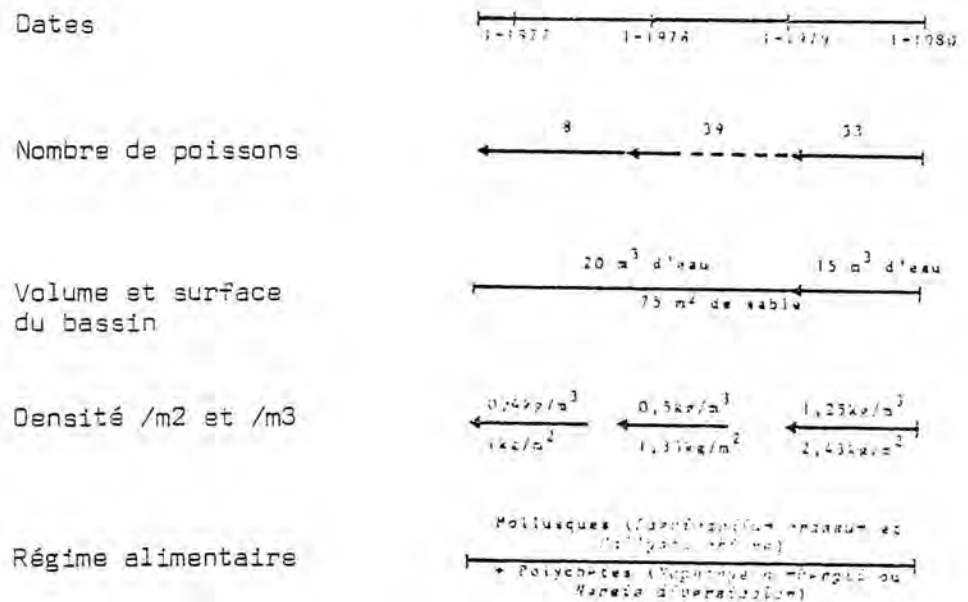


FIGURE 12 : Lot S.I. : Evolution dans le temps de certains facteurs de l'environnement. Les poissons ont été soumis à des conditions thermiques et photopériodiques artificielles à partir du printemps 1976.

Groupe	Nombre	Poids moyen (g)
Soles Groupe (1)	7	950 ± 148
Soles Groupe (2)	19	517 ± 42

TABLEAU 3 : Résultats d'une pesée effectuée en janvier 1980 sur les Soles du lot S.I.



5.2 - Présence de sujets murs et immatures dans un même lot -

Conséquences

Estimer le nombre de reproducteurs d'un bassin suppose pouvoir distinguer les animaux mûrs des immatures, ce qui n'a pas été toujours possible ici. Dans tous les cas, et pour faciliter l'interprétation des résultats qui suivent, nous avons cherché à nous en approcher le plus possible, en confrontant nos données à celles de la bibliographie, qui précisent, pour les espèces étudiées, les poids, âge ou taille minimum des mâles fluents et des femelles mûres élevées en mer.

Ainsi, le Bar de Méditerranée maturerait à partir de 150 g pour les mâles et de 500 g pour les femelles (BARNABE, 1976b).

Aucune étude précise n'a été publiée sur le Turbot, mais HTUN HAN (Comm. pers.) situe la maturation des mâles vers 1 500 g et DENIEL (Comm. pers.) celle des femelles vers 2 500 g. Dans notre cas, la plus petite femelle qui ait donné des oeufs viables en captivité pesait 4 000 g.

Chez la Daurade, hermaphrodite protandre, le changement de sexe s'observe, en Mer Rouge, entre 15 et 16 mois. La femelle est fonctionnelle entre 17 et 24 mois (ZOHAR et al., 1978). Dans nos régions, les gonades femelles des Daurades captives ou pêchées en mer commencent à se développer lorsque l'animal pèse plus de 1 000 g (Tableau 4).

La sole pondrait à l'âge de 4 ans, lorsqu'elle mesure entre 30 et 35 cm et pèse de 270 g à 400 g (DENIEL, Comm. pers.). Les mâles mûrent, comme ceux des autres espèces, un an plus tôt. En captivité, un lot de 52 Soles nées au laboratoire en 1976 (PM =  $440 \pm 38$  g) commence à mûrir au printemps 1980, là aussi, à l'âge de 4 ans. Mais nous ne sommes pas encore en mesure de dire s'il pondra.

En ce qui concerne les Mulletts de la côte Bretonne, seules les limites de taille sont connues : 240 mm pour les mâles et 300 mm pour les femelles (LAM HOAI THONG, 1969).

Afin d'inscrire dans les tableaux qui suivent un nombre d'animaux le plus proche possible du nombre d'adultes, les animaux dont les tailles, poids ou âges sont très inférieurs aux limites précitées, ont été retranchés du nombre total de poissons contenus dans les différents lots.

STADE ORIGINE	Mâle immature	Mâle fluent	Hermaphrodite	Femelle
A	257	680	980	900
	278	750	1 046	1 092
	310	786	1 068	1 135
	330	800	1 173	1 187
	340	1 080		1 307
	750	1 135		1 340
				1 340
			1 500	
B	378	871	962	2 118
			1 030	1 297
			1 050	1 525
			1 240	

TABLEAU 4 : Poids individuels totaux (g) et stade de maturation de Daurades pêchées dans l'étang de l'Ile Tudy (A) (données GIRIN) ou captives (B).

## II - RESULTATS

Ce chapitre traite des données obtenues sur les lots de reproducteurs d'origine naturelle qui pondent presque tous depuis 1975, et sur les lots nés en laboratoire, qui ont montré les premiers signes de maturation, en juin 1979, mais n'ont pas encore pondu.

Les résultats sont présentés sous forme de tableaux et de graphes : Les tableaux renseignent sur les variations annuelles du nombre de reproducteurs, les dates de ponte, le nombre d'oeufs pondus, leurs diamètres, taux de viabilité et d'éclosion.

Les figures détaillent les résultats obtenus sur chaque ponte. Deux paramètres sont suivis : le nombre estimé à 10 % près et le diamètre moyen des oeufs de chaque ponte. Les mesures de diamètre étant peu dispersées, nous n'en avons pas mentionné les intervalles de confiance qui auraient alourdi inutilement les figures. Notons toutefois que chez la Sole, le Turbot, le Rouget, la Daurade et le Mullet, les diamètres d'une ponte varient quelque soit la date, de 1 à 2 %. Chez le Bar, la dispersion est plus forte : de 1 à 3 %, exceptionnellement une fois 4 %.

Les taux d'éclosion et taux de viabilité dont les résultats sont moins précis (voir p. 26) n'y figurent pas. Les variations saisonnières seront discutées plus loin.

Avant de présenter les résultats, nous avons résumé, pour chaque espèce, les connaissances antérieures sur la reproduction en mer et en laboratoire. Nous nous référons le plus possible aux travaux réalisés sur les côtes bretonnes, ce qui facilite les comparaisons avec nos données.

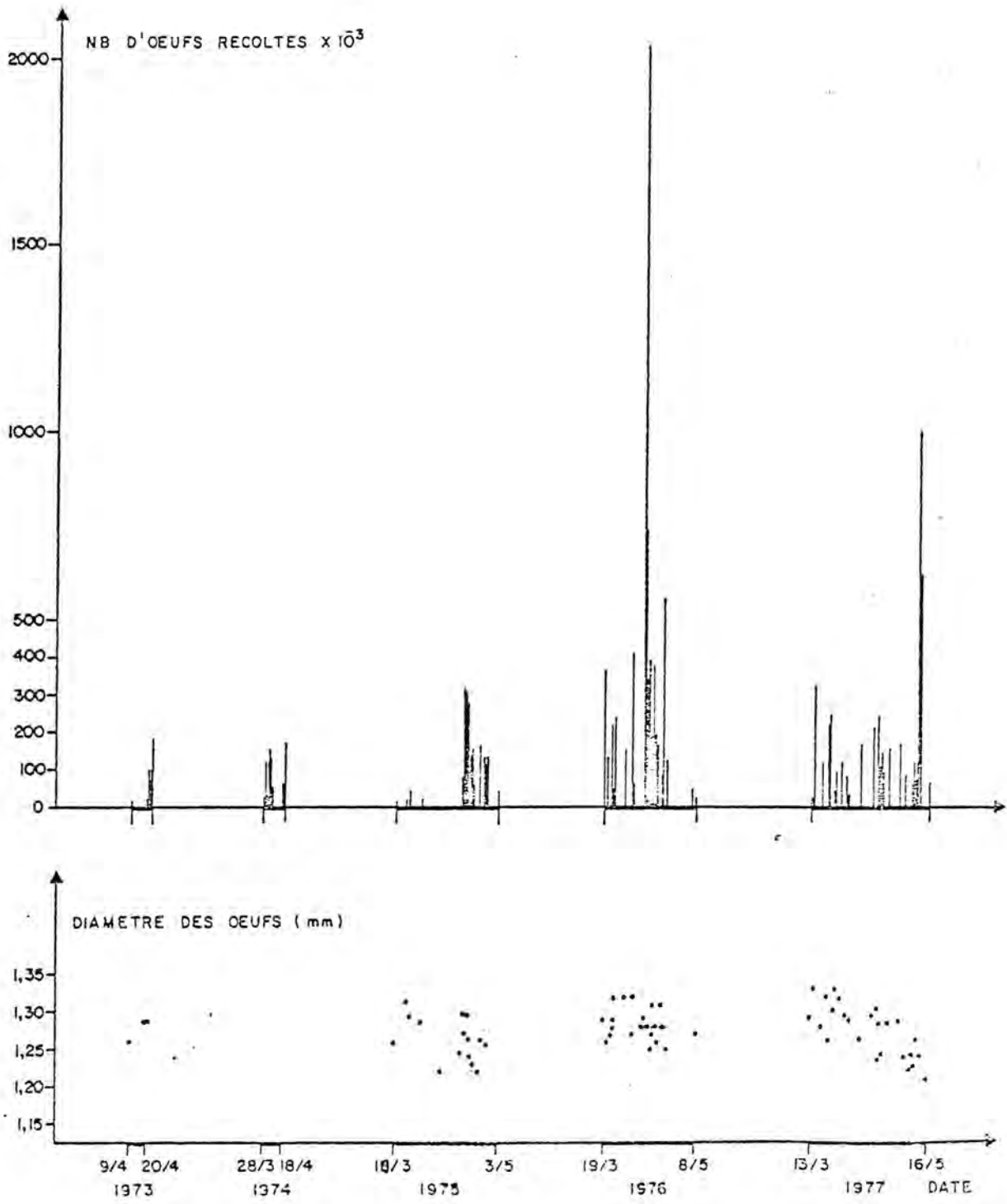


FIGURE 13 : Lot de Bars B.E. ; Détail des nombres et diamètres moyens des oeufs de chaque ponte.

## 1. LES BARS

Le Bar se reproduit en Atlantique pendant deux mois environ, de fin février au mois d'avril (BOULINEAU, 1969) : une femelle pond environ 300 000 oeufs/kilo (BOULINEAU, 1969) qu'elle émet en une ou deux fois (BOULINEAU, 1969 ; BARNABE, 1976b).

Le Bar mature et pond en captivité de nombreux oeufs dont le diamètre et la qualité sont en général supérieurs à ceux des oeufs obtenus par reproduction artificielle: par injections hormonales (BOULINEAU, 1974).

Le diamètre des oeufs varie de 0,99 mm (BOULINEAU, 1974) à 1,30 mm (BARNABE, 1976b) en ponte artificielle, de 1,07 à 1,32 mm en ponte naturelle (DEVAUCHELLE, 1976).

### 1.1. Pontes naturelles de reproducteurs atlantiques (B.E.) en Température et photopériode naturelles

- Durée de l'expérience : 5 ans
- Mortalité des reproducteurs : 12 %
- Obtention de pontes : 3 pontes ont été recueillies la première année de stabulation. Leur nombre a sans cesse augmenté jusqu'à la fin de l'expérience.
- Durée maximum de la saison de ponte : 64 jours (1977)
- Nombre moyen de pontes par femelle : 1,5 en 1976 ; 1,8 en 1977
- Nombre moyen d'oeufs par femelle : 100 000 oeufs en 1977 ; 150 000 environ en 1976
- Oeufs : Le diamètre se situe dans l'intervalle déjà cité par DEVAUCHELLE (1976) (1,20 - 1,32 mm). L'oeuf pondu a en moyenne 67 chances sur 100 d'éclore.

ANNEE	NOMBRE DE POISSONS	DATES DE DEBUT ET FIN DE PONTE	NOMBRE DE PONTES	NOMBRE D'OEUFS	DIAMETRE (mm)		TAUX DE VIABILITE		TAUX D'ECLOSION	
					PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT
1973	Environ 25	9 avril - 20 avril	3	377 000	1,284	1,275	ND	ND	ND	ND
1974		28 mars - 8 avril	9	840 000	-	-	ND	ND	ND	ND
1975		10 mars - 3 mai	16	1 910 000	1,268	1,267	ND	ND	ND	ND
1976	15 femelles + 7 mâles	19 mars - 8 mai	22	6 990 000	1,291	1,282	67	81	60	63
1977	15 femelles + 7 mâles	13 mars - 14 mai	26	4 600 000	1,269	1,274	94	95	77	72

TABLEAU 5 : Lot de Bars B.E. : Moyennes annuelles des principales caractéristiques des pontes.

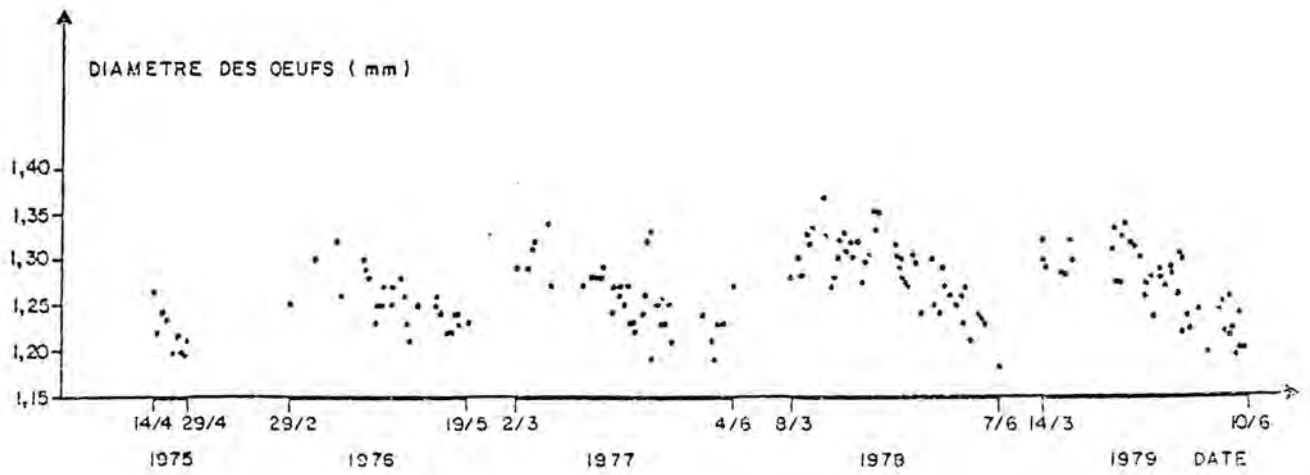
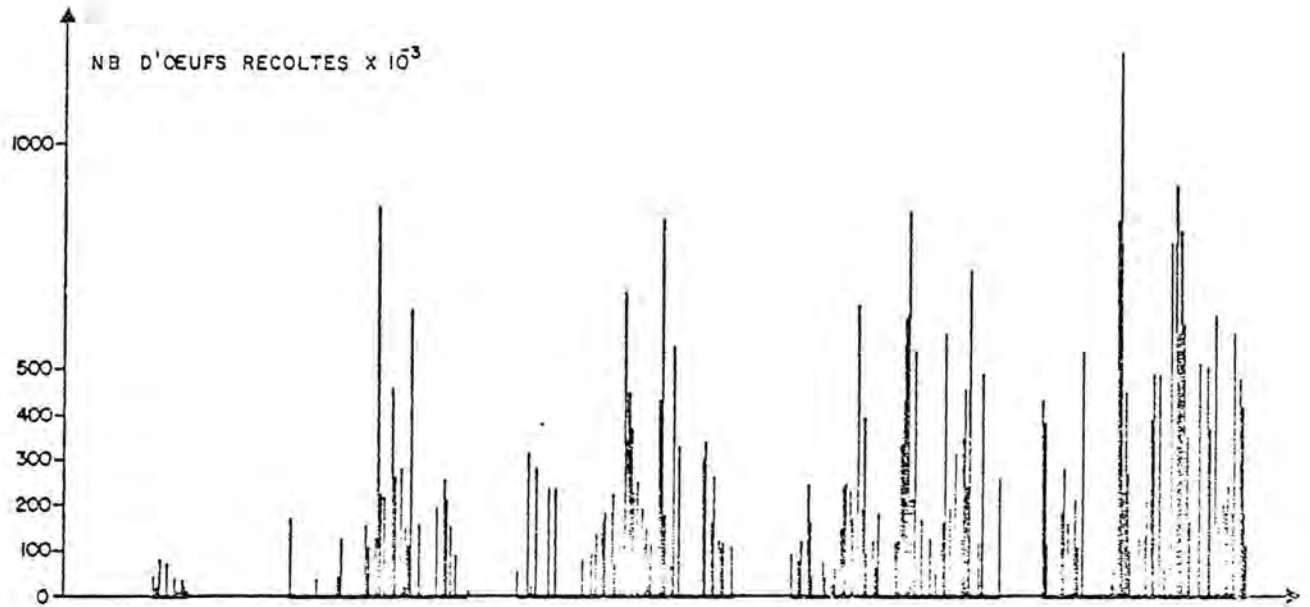


FIGURE 14 : Lot de Bars B.D.T.E. : Détail des nombres et diamètres moyens des oeufs de chaque ponte.

## 1.2. Expérience de décalage de ponte

### 1.2.1. Température et photopériode naturelles - B.D.T.E.

- Durée de l'expérience : 6 ans
- Mortalité des reproducteurs : 13 %
- Obtention de pontes : Les premières pontes sont recueillies un an et demi après l'installation en bassin de 40 m<sup>3</sup>. Leur nombre augmente et stagne comme celles du lot de Bars (B.E.).
- Durée maximum de la saison de ponte : 91 jours (1978).
- Nombre moyen d'oeufs par kilo de femelle : En 1979, le bassin contient au moins sept mâles, soit au maximum 27 femelles : la production minimum d'oeufs par femelle serait alors de 630 000 oeufs, soit environ 200 000 oeufs par kilo de femelle.
- Oeufs :
  - . Le diamètre (1,18 et 1,37 mm) se situe dans les normes décrites (p. 39). Les valeurs moyennes des oeufs d'une ponte diminuent tous les ans au cours de la saison de ponte, mais la moyenne annuelle augmente légèrement entre 1975 et 1978 ;
  - . Le taux d'éclosion est bas en 1976 : 49 %. Les autres années, il se situe entre 74 et 86 %. Sur les 38,5 millions d'oeufs recueillis, 28,6 millions se développent normalement et donnent naissance à des larves, ce qui représente une moyenne de 74 % d'éclosion ;
  - . Le nombre d'oeufs récoltés par ponte est très irrégulier, quelle que soit l'année considérée.

ANNEE	NOMBRE DE POISSONS	DATES DE DEBUT ET FIN DE PONTE		NOMBRE DE PONTES	NOMBRE D'OEUFS	DIAMETRE (mm)		TAUX DE VIABILITE		TAUX D'ECLOSION	
						PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT
1975	39	14 avril	29 avril	10	347 000	1,237	1,22	92	92	80	80
1976	34	29 février	19 mai	26	5 135 000	1,242	1,256	81	78	49	61
1977	34	2 mars	4 juin	39	8 993 000	1,233	1,257	100	97	86	84
1978	34	8 mars	7 juin	49	12 581 000	1,29	1,287	93	94	85	80
1979	34	14 mars	10 juin	46	16 979 000	1,273	1,274	92	93	74	74

TABLEAU 6 : Lot de bars B.D.T.E. : Moyennes annuelles des principales caractéristiques des pontes.

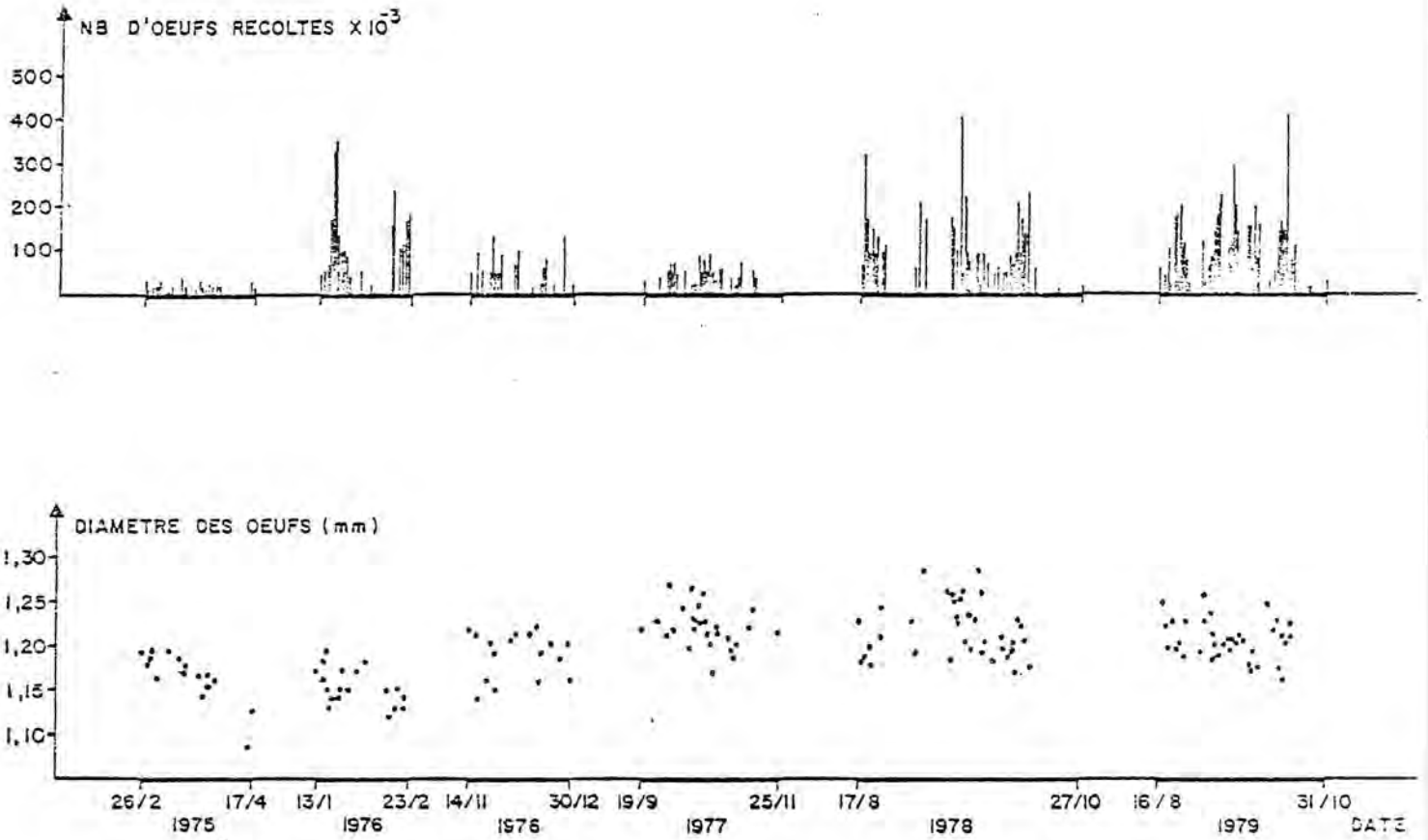


FIGURE 15 : Lot de Bars B.D.T.I. : Détail des nombres et diamètres moyens des oeufs de chaque ponte.



1.2.2. *Température et photopériode contrôlées - B.D.T.I.*

- Durée de l'expérience : 6 ans
- Mortalité des reproducteurs : environ 17 %
- Obtention de pontes : 6 mois après le démarrage de l'expérience,  
En 5 ans, il y a eu 6 saisons de pontes. Le nombre annuel de pontes stagne jusqu'en 1976, année qui correspond à un changement de régime alimentaire (p. 30 ) et à une médiocre production d'oeufs. Il augmente ensuite régulièrement
- Durée maximum des saisons de pontes : 102 jours (1978)
- Oeufs : Nombre d'oeufs par ponte, diamètres (1,08-1,29 mm) et taux d'éclosion sont en moyenne plus faibles que ceux du lot témoin que nous venons de décrire.  
Nous ne retrouvons pas ici de diminution du diamètre au cours de chaque saison de ponte
- Décalage de la saison de reproduction : Les Bars réagissent dès 1975, avec toutefois un léger retard par rapport au décalage prévu, retard qui n'apparaît plus en 1978 lorsque les cycles de 12 mois sont à nouveau soumis aux poissons (cf. p. 82).

ANNEE	NOMBRE DE POISSONS	DATES DE DEBUT ET FIN DE PONTE		NOMBRE DE PONTES	NOMBRE D'OEUFS	DIAMETRE (mm)		TAUX DE VIABILITE		TAUX D'ECLOSION	
						PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT
1975	Environ 10	26 février	17 avril	20	207 000	1,15	1,153	ND	ND	ND	ND
1976	35	13 janvier	23 février	20	2 330 000	1,139	1,152	68	72	45	39
1976	34	14 novembre	30 décembre	18	905 000	1,188	1,189	83	84	63	57
1977	33	19 septembre	25 novembre	27	1 040 000	1,222	1,229	72	71	46	47
1978	33	17 juillet	27 octobre	45	4 440 000	1,217	1,216	90	89	ND	ND
1979	33	16 août	31 octobre	40	3 300 000	1,20	1,207	89,5	86	52	50

Tableau 7 : Lot de Bars soumis à des températures et photopériodes contrôlées (BDTI) : Moyennes annuelles des principales caractéristiques des pontes.

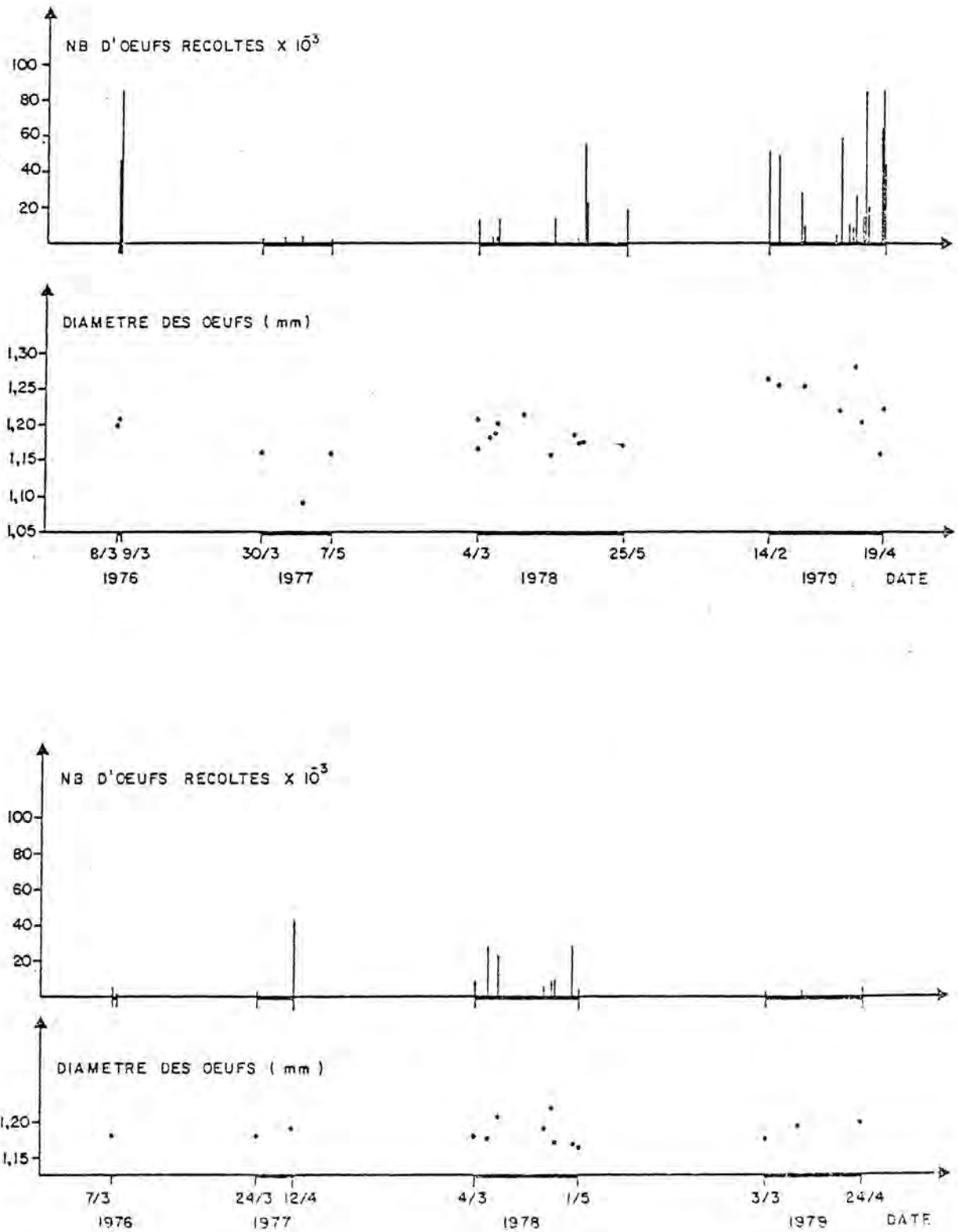


FIGURE 16 : Lot de Bars B.E. (a, b, c) : Détail des nombres et diamètres moyens des oeufs de chaque ponte.

### 1.3. Observations sur l'effet de différents régimes alimentaires

Rappel : Cette expérience avait pour but de tester l'influence d'aliments composés "croissance" existant sur le marché, sur la fécondité des Bars.

Les poissons ont été pêchés en Camargue et dans la zone de Dinan. Au printemps 1976, 90 Bars (PM : 700 g) sont répartis dans trois bassins de 20 m<sup>3</sup>. Les charges de 1,2 kg/m<sup>3</sup> en 1976 atteignent 1,5 kg/m<sup>3</sup> en janvier 1978.

Le lot a, le témoin, reçoit des morceaux de poissons, le lot b, un aliment composé sec (n° 48 Métailler), le lot c, un aliment humide contenant 50 % de granulé sec n° 48 et 50 % de filet de poissons frais haché.

L'expérience prend fin très tôt, en janvier 1978, avec la mort accidentelle du témoin a. Les aliments des lots b et c sont alors remplacés par du poisson.

- Durée de l'expérience : 2 ans (1976 et 1977)
- Mortalité des reproducteurs : Le lot a, meurt par asphyxie accidentelle. Les pertes enregistrées en 1978 et 1979 sur les lots b et c résultent de manipulations (injections HCG).
- Oeufs : Les manipulations fréquentes de ces lots rendent difficile l'interprétation des nombres d'oeufs pondus. Au cours de cette expérience, les taux de viabilité diffèrent d'un lot à l'autre : les reproducteurs nourris entièrement (lot a) ou partiellement (lot c) de poissons donnent des oeufs de meilleure qualité que le lot b nourri exclusivement d'aliment composé sec en 1976 et 1977.

LOT	ANNEE	NOMBRE DE POISSONS	DATES DE DEBUT ET FIN DE PONTE		NOMBRE DE PONTES	NOMBRE D'OEUFS	DIAMETRE (mm)		TAUX DE VIABILITE		TAUX D'ECLOSION	
							PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT
a	1977	100-130 <sup>g</sup>	12 mars	20 avril	5	81 000	1,232	1,226	89	89	79	80
b	1976	30	8 mars	9 mars	2	135 000	1,203	1,202	56	53	Non déterminés	
	1977	30	30 mars	7 mai	4	8 300	1,126	1,137	75	83		
	1978	70-200 <sup>g</sup>	4 mars	25 mai	11	150 000	1,176	1,183	91	85		
	1979	100-150 <sup>g</sup>	14 février	19 avril	12	640 000	1,219	1,231	67	69		
c	1976	30	7 mars		1	4 300	1,158	1,158	95	95	Non déterminés	
	1977	27-30	24 mars	12 avril	2	47 000	1,189	1,185	85	75		
	1978	27	4 avril	1er mai	9	111 000	1,205	1,184	95	84		
	1979	100-150 <sup>g</sup>	3 mars	24 avril	4	12 000	1,188	1,19	85	79		

Tableau 8 : Lots de Bars soumis à des régimes alimentaires particuliers : nourriture naturelle (a), nourriture composée sèche (b) et aliment mixte (c). Moyennes annuelles des principales caractéristiques des pontes.

ANNEE	NOMBRE DE POISSONS	DATES DE DEBUT ET FIN DE PONTE		NOMBRE DE PONTE	NOMBRE D'OEUF	DIAMETRE (mm)		TAUX DE VIABILITE		TAUX D'ECLOSION	
						PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT
1973	Environ 20	3 mars	4 mai	9	78 000	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1974		10 avril	3 mai	2	3 000	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1975		16 avril	28 avril	4	18 000	1,40	1,397	ND	ND	ND	ND
1976		7 mars	24 avril	18	770 000	1,39	1,399	77	70	69	63
1977	23	5 mars	9 mai	23	840 000	1,33	1,343	91	88	69	65
1978	16	9 mars	15 mai	24	1 990 000	1,38	1,383	91	81	65	--
1979	30	24 mars	12 mai	23	2 390 000	1,41	1,414	73	75	57	54

TABLEAU 9 : Lot de Soles S.R.E. : Moyennes annuelles des principales caractéristiques des pontes.

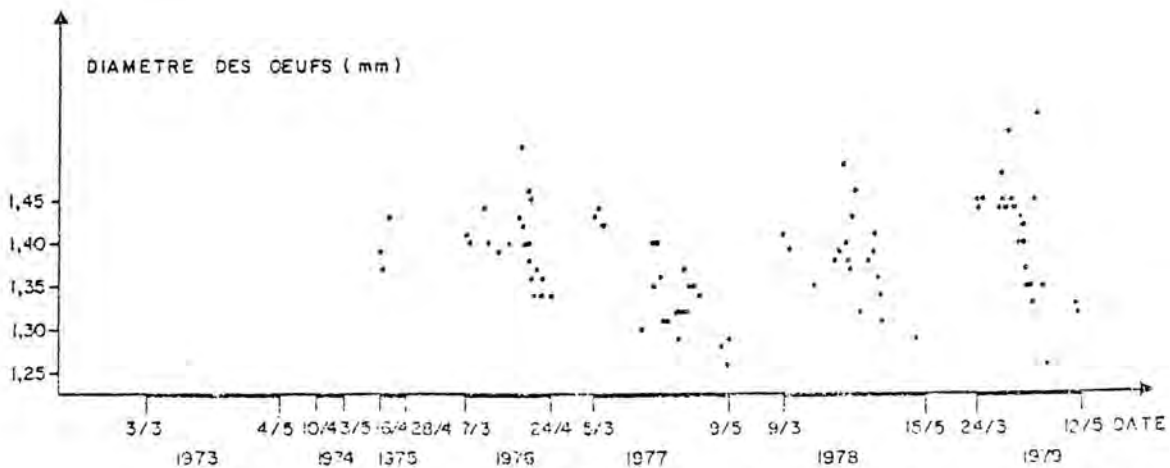
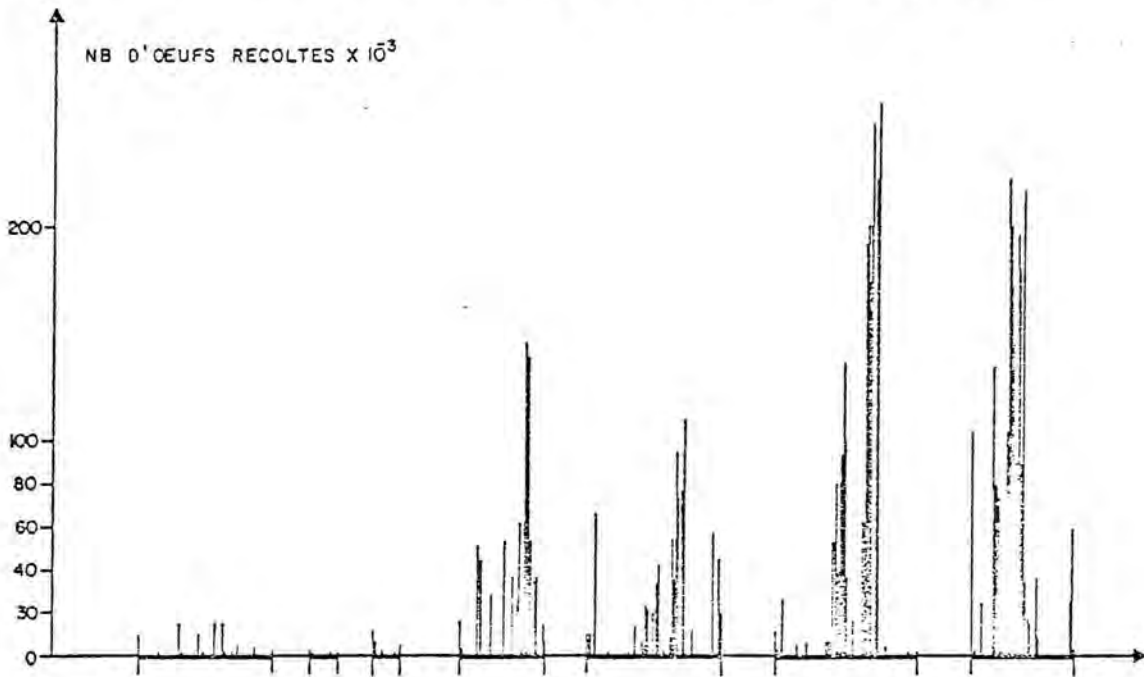


FIGURE 17 : Lot de Soles S.R.E. : Détail des nombres et diamètres moyens des oeufs de chaque ponte.

## 2. LES SOLES

Dans nos régions, la période connue de reproduction de la Sole est très étalée. En baie de Douarnenez, les femelles commencent à pondre vers le 15 décembre jusqu'à la fin mars (DENIEL et LAHAYE, Comm. pers.). En baie de Concarneau, pour FABRE-DOMERGUE et BIETRIX (1905), la ponte débute fin janvier et ne dure pas moins de 5 mois. Cela s'explique probablement par la maturation progressive des gonades qui se fait en plusieurs étapes, d'après LAHAYE (1972). Lorsque l'on compte tous les stades ovocytaires, la fécondité est estimée en moyenne à 500 000 oeufs/kg (ANTOINE, rapport inédit) et varie de 300 000 à 600 000 oeufs/kg (LE FOLL, 1979).

La taille de l'oeuf de Sole est très variable. Dans le Finistère, les plus gros 1,5 à 1,6 mm, ont été récoltés en mer (FABRE-DOMERGUE et BIETRIX, 1905). Alors qu'en captivité, dans la même région, les femelles pondent des oeufs de 1,34 à 1,50 mm (GIRIN, 1976). En Allemagne, les mesures sont tout aussi variables: 1,10 mm en bassin (FLUCHTER, 1970) ou 1,10 à 1,38 mm en mer (HEINCKE et EHRENBAUM (1900).

La reproduction naturelle en captivité, connue depuis le début du siècle (BUTLER, 1959), pose peu de problèmes lorsque le régime alimentaire des Soles est varié (Mollusques et polychètes). Ce poisson supporte en fait de mûrir et de pondre en faibles volumes (à partir de 145 litres (FLUCHLER et THORMSDORF, 1974]), mais sa fécondité est apparemment plus faible que celle des autres espèces : BROMLEY (1980) l'estime à 50 000 oeufs par femelle. Cependant l'oeuf est généralement d'excellente qualité, car les taux de viabilité atteignent souvent 100 % ; de plus l'oeuf, viable le jour de ponte, a couramment plus de 95 % de chances d'éclore (GIRIN, 1976).

### 2.1. *Température et photopériode naturelles (S.R.E.)*

- Durée de l'expérience : 8 ans
- Mortalité des reproducteurs : environ 50 %
- Obtention de pontes : la seconde année de stabulation
- Durée maximum de la saison de reproduction : 67 jours en 1978
- Nombre de pontes et d'oeufs par femelle : Les résultats de 1978 suggèrent que la ponte comporte plusieurs émissions. Cette année-là la production moyenne d'oeufs par femelle dépasse 100 000.
- Oeufs : Le diamètre est stable d'une année sur l'autre (1,2 - 1,54 mm) mais varie et diminue en cours de saison. Les taux de viabilité sont élevés mais en moyenne les chances d'éclosion d'un oeuf viable sont plus faibles que chez le Bar.

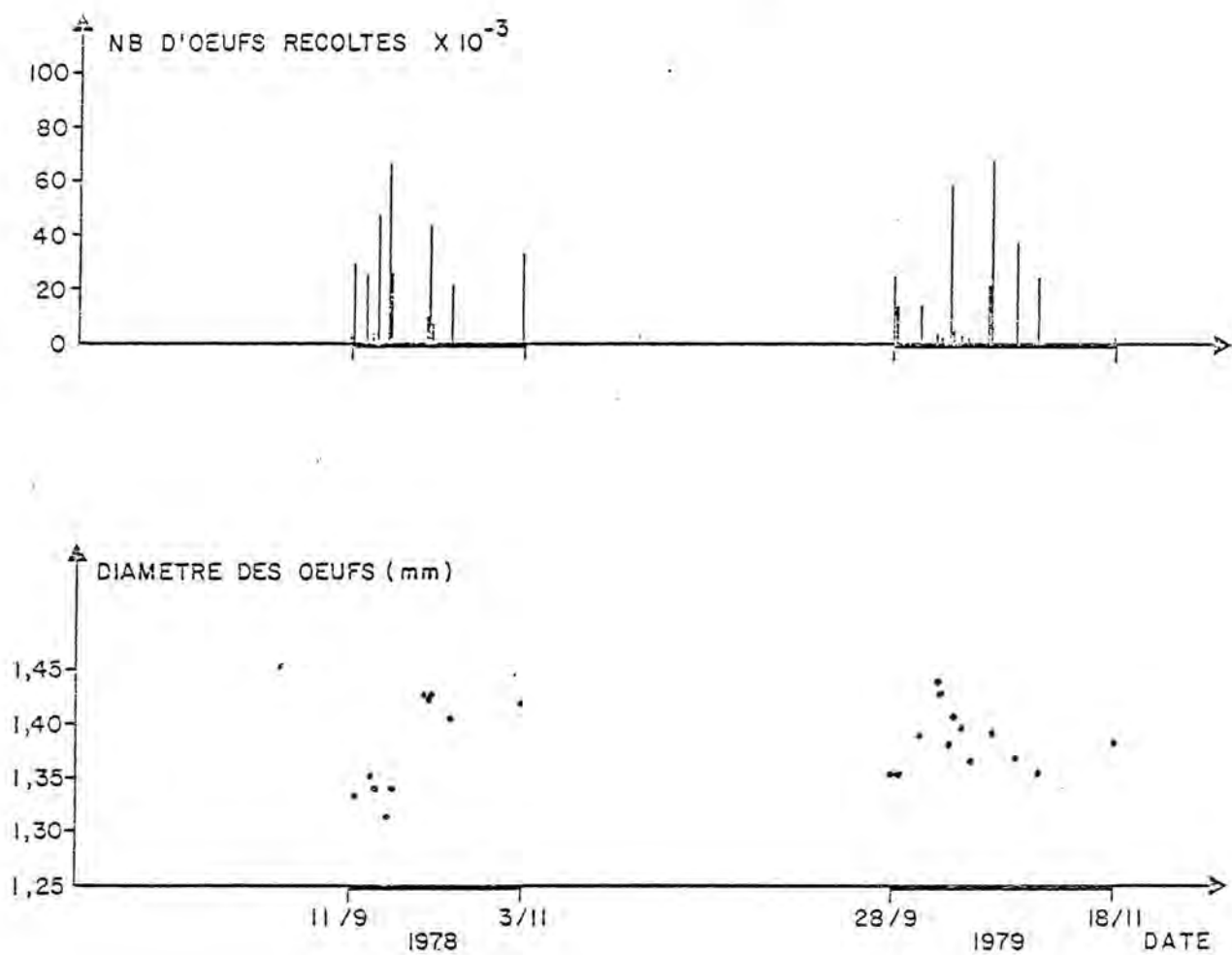


FIGURE 18 : Lot de Soles S.I. : Détail des nombres et diamètres moyens des oeufs de chaque ponte.

2.2. *Température et photopériode artificielles (Lot S.I.)*

- Durée de l'expérience : 4 ans
- Mortalité : 14 %
- Obtention des premières pontes : En 1977, la seconde année d'expérience
- Durée des saisons de reproduction : 114 et 81 jours
- Nombre de pontes et d'oeufs par femelle : le nombre de récoltes d'oeufs nous fait penser qu'au cours d'une saison de ponte une femelle expulse ses ovules en plusieurs fois. En effet, si l'on considère que ce lot contient uniquement un mâle, le nombre moyen de pontes serait de 2 en 1978 et 2,8 en 1979. D'après ce même raisonnement, la production d'oeufs serait de 50 000 par kilo de femelle, soit une valeur très inférieure à la production du lot S.R.E.. Mais il s'agit ici aussi de minima.
- Oeufs : le diamètre des oeufs est comparable en moyenne à ceux du lot précédent (1,31 - 1,44 mm). Les taux de viabilité sont plus faibles surtout ceux des oeufs de petites pontes dont l'aspect à la récupération faisait penser à des oeufs immatures (0 % viabilité).
- Décalage : en moins de 2 ans d'expérience, les Soles pondent régulièrement des oeufs 6 mois avant la période normale de ponte.

ANNÉES	NOMBRE DE POISSONS	DATES DE DEBUT ET FIN DE PONTE		NOMBRE DE PONTES	NOMBRE D'OEUFS	DIAMÈTRE (mm)		TAUX DE VIABILITÉ		TAUX D'ÉCLOSION	
						PONDERS	BRUT	PONDERS	BRUT	PONDERS	BRUT
1978	8	11 septembre	3 janvier	12	512 000	1,36	1,376	62	55	ND	ND
1979	7	29 août	18 novembre	14	271 000	1,38	1,382	76	51	67	49

TABLEAU 10 : Lot de Soles S.I. : Moyennes annuelles des principales caractéristiques des pontes. Aucune mesure n'ayant été effectuée sur le millier d'oeufs récoltés en 1977 ; le tableau comporte seulement les résultats des années 1978 et 1979.

2.3 *Lot de Soles nées en laboratoire.*

Le lot de soles nées au Centre Océanologique de Bretagne en 1976, n'ayant toujours pas pondu en 1979 (PM = 440 ± 36g), il est probable que la maturation complète des soles captives, n'ait lieu, comme en mer, qu'au delà de 4 ans (DENIEL, c.pers.) .

ANNEE	NOMBRE DE POISSONS	DATES DE DEBUT ET FIN DE PONTE		NOMBRE DE PONTES	NOMBRE D'OEUFS	DIAMETRE (mm)		TAUX DE VIABILITE		TAUX D'ECLOSION	
						PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT
1975	10 [A]	1er mai	7 juillet	30	3 500 000	1,04	1,052	ND	ND	ND	ND
1976	7	23 avril	5 juin	16	4 210 000	1,08	1,087	67	72	61	60
1979	4 femelles 7 mâles [B]	21 juin	7 août	20	2 115 000	1,04	1,045	8	7	7	7

TABLEAU 11 : Lot de Turbots B.D.T.E. : Moyennes annuelles des principales caractéristiques des oeufs.

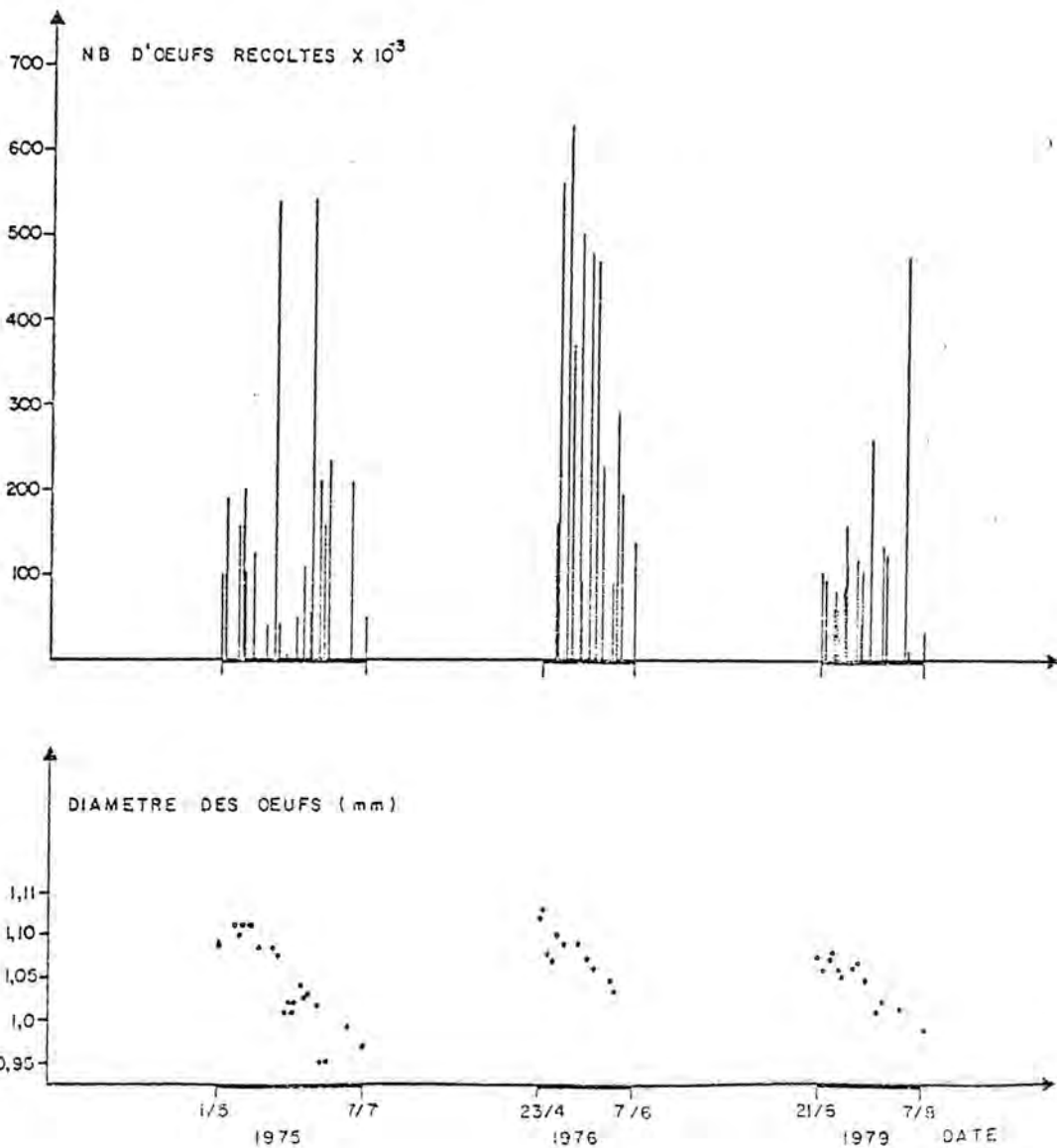


FIGURE 19 : Lot de Turbots B.D.T.E. : Détail des nombres et diamètres moyens des oeufs de chaque ponte.



Le Turbot pond sur nos côtes des mois de mai à juillet (LAHAYE, 1972) ; les femelles de cette espèce mûrissent au-delà de 3 kg et sont très fécondes : BUCKLAND (in MALARD, 1899) estime à 14 000 000 le nombre d'ovocytes que contient une femelle de 12 kg. Il arrive cependant qu'ils s'atrophient et dégèrent (LAHAYE, 1972) lorsque l'environnement est peu favorable à la reproduction. Ceci expliquerait la variabilité des quantités et qualité des oeufs pondus en captivité.

En effet, si la reproduction du Turbot a été obtenue avec succès (100 % d'oeufs viables) en bassins de plusieurs centaines de m<sup>3</sup> (MALARD, 1899 ; ANTHONY, 1910), le suivi des pontes en bassins de 30 à 40 m<sup>3</sup> montre que les résultats sont très aléatoires : les fécondations oscillent entre 90 et 10 % (GIRIN, 1976), et les oeufs pondus sont souvent immatures (JONES, 1972).

Lorsque pontes et fécondations sont artificielles, les résultats sont moins variables mais les taux d'éclosion d'oeufs viables restent faibles : 35 % (JONES, 1974). Dans ces conditions, une femelle pondrait environ 200 000 oeufs/kg (JONES, 1974).

Le diamètre des oeufs oscille entre 0,95 et 1,25 mm (GIRIN, 1976) par pontes naturelles et entre 0,9 et 1,25 mm (FLUCHTER, 1972 ; JONES, 1972) par pontes provoquées.

### 3.1. *Expérience de décalage de ponte*

Les deux lots ont pondus dès 1974 (date de constitution des lots B.O.T.E. et B.O.T.I.), mais leurs pontes ne furent pas différenciées. Les tableaux de chiffres débutent donc en 1975.

#### 3.1.1. *Température et photopériode naturelles (Lot B.O.T.E.)*

- Durée de l'expérience : 3 ans (1974, 1975 et 1976) avec un lot de poissons (A) ; 3 ans (1977, 1978 et 1979) avec un nouveau stock (B)
- Mortalité : 80 % en 3 ans (lot A) - 10 % en 3 ans (lot B)
- Obtention de pontes : Le lot A, habitué à la captivité depuis 1971-1972 pond dès 1974 (GIRIN, 1978). Le lot B pond après deux ans de captivité
- Durée maximum de la saison de reproduction : 67 jours (1976)
- Nombre d'oeufs et de ponte par femelle : En 1979, nous recueillons 5 pontes par femelles totalisent en moyenne 530 000 oeufs, soit 100 000 oeufs/kilo. Ces données concernent des pontes naturelles ou des pontes provoquées manuellement en 1976 et 1977. Le nombre moyen minimum d'ovipositions est estimé à 3,3 et 2,8 par femelle et par an.
- Oeufs : les diamètres varient peu (0,95 - 1,14 mm). En 1977, le taux de viabilité, excellent pour le Turbot, baisse considérablement en 1979. Pourtant, une fois fécondé et divisé, l'oeuf a un bon taux d'éclosion, soit environ 85 %.

ANNEE	NOMBRE DE POISSONS	DATES DE DEBUT ET FIN DE PONTE		NOMBRE DE PONTES	NOMBRE D'OEUFS	DIAMETRE (mm)		TAUX DE VIABILITE		TAUX D'ECLOSION	
						PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT
1975	7	25 avril	17 juin	22	1 173 000	1,039	1,059	ND	ND	ND	ND
1976	7	5 mars	26 avril	30	5 825 000	1,04	1,037	43	42	31	29
1976 1977	6	23 décembre	28 février	43	3 037 000	1,07	1,070	47	42	66* (16)	61
1977 1978	6	30 novembre	28 janvier	28	2 830 000	1,074	1,091	1	2	0	0
1978 1979	6	13 novembre	7 janvier	16	1 028 000	1,113	1,119	0	0	0	0
1979	9	19 novembre	7 janvier	20	2 270 000	1,10	1,094	16	18	6	ND

TABLEAU 12 : Lot de Turbots B.D.T.I. : Moyennes annuelles des principales caractéristiques des oeufs.

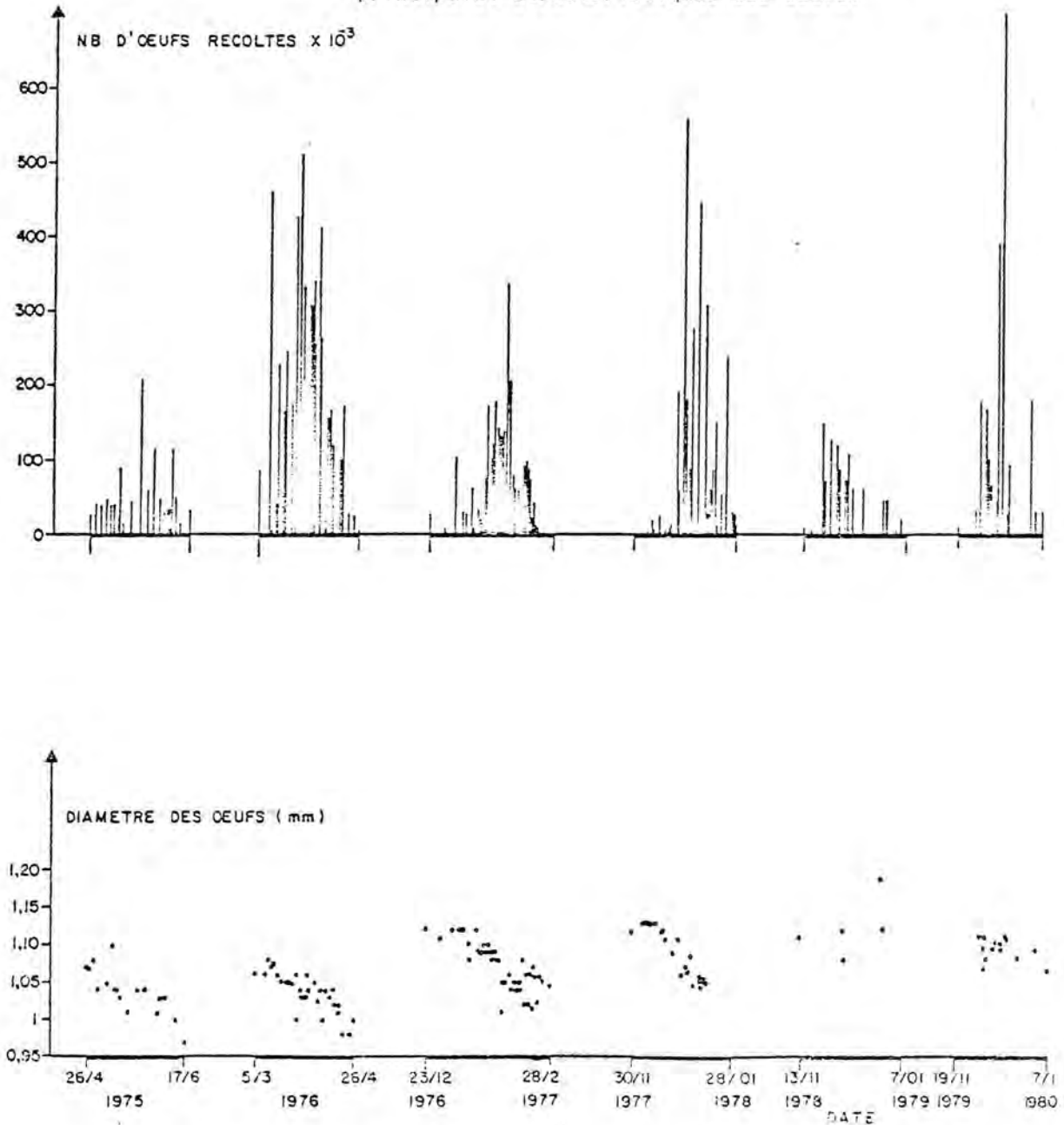


FIGURE 20 : Lot de Turbots B.D.T.I. : Détail des nombres et diamètres moyens des oeufs de chaque ponte.

3.1.2. *Température et photopériode contrôlées (B.D.T.I.)*

- Durée de l'expérience : 7 ans
- Mortalité : 60% en 6 ans
- Obtention de pontes : Les poissons habitués à la captivité depuis 1972 pondent 1 an après leur installation en bassin de 40 m<sup>3</sup>
- Durée maximum de la saison de reproduction : 69 jours (1977-1978)
- Nombre de pontes par femelle : En 1976-1977, 43 pontes sont recueillies. En supposant que le bassin contienne 5 femelles et un seul mâle, d'après les résultats, chaque femelle aurait pondu en moyenne entre 8 et 9 fois en 2 mois. En suivant le même raisonnement en ce qui concerne le sex-ratio, en 1976, la production d'oeufs par femelle aurait été au minimum de 1 000 000, soit entre 100 000 et 200 000 oeufs par kilo, ce qui correspond aux valeurs calculées pour le lot B.D.T.E.
- Les oeufs : Les diamètres sont comparables à ceux du lot précédent (0,97 - 1,18 mm). Ils augmentent chaque année. Le décalage de la ponte semble altérer très légèrement la qualité des oeufs à la récolte, comme pour les lots de Soles (S.I.) et de Bars (B.D.T.I.), à la différence qu'ici, le taux de viabilité diminue dès la saison de ponte 1977-1978, jusqu'à s'annuler en 1978-1979. A la suite de cet échec et à partir de l'été 1979, il est décidé de nourrir les reproducteurs uniquement de poissons frais. Fin 1979, la reproduction naturelle s'annonce meilleure : une première ponte est viable à 50 %, mais d'autres suivent, plus médiocres, puis toutes sont de qualité nulle. L'observation des reproducteurs montre que les mâles sont fluents. La motilité des spermatozoïdes, et leur comportement sont normaux. Les gonades femelles, par contre, contiennent la plupart du temps des oeufs surmatures et dans trois cas, des agglomérats d'oeufs isolés très compacts. En provoquant la ponte, nous avons pu récolter, en plus des oeufs surmatures, des oeufs matures dont la fécondation et l'incubation ne posent aucun problème particulier. Dans ces cas, les taux d'éclosion ont d'ailleurs plusieurs fois dépassé 60 %.
- Décalage de la ponte : En début d'expérience les poissons respectent mal le décalage imposé. Ils ne le suivent bien qu'à partir de 1978,

★ Dans le tableau ci-contre, en 1976-1977, le taux d'éclosion des oeufs de Turbots dépasse largement les taux de viabilité. Ceci témoigne incontestablement d'erreurs de mesure : à titre d'information, nous avons donc joint la valeur observée par GIRIN (1979) qui correspond aux résultats obtenus dans des incubateurs de 29 litres.

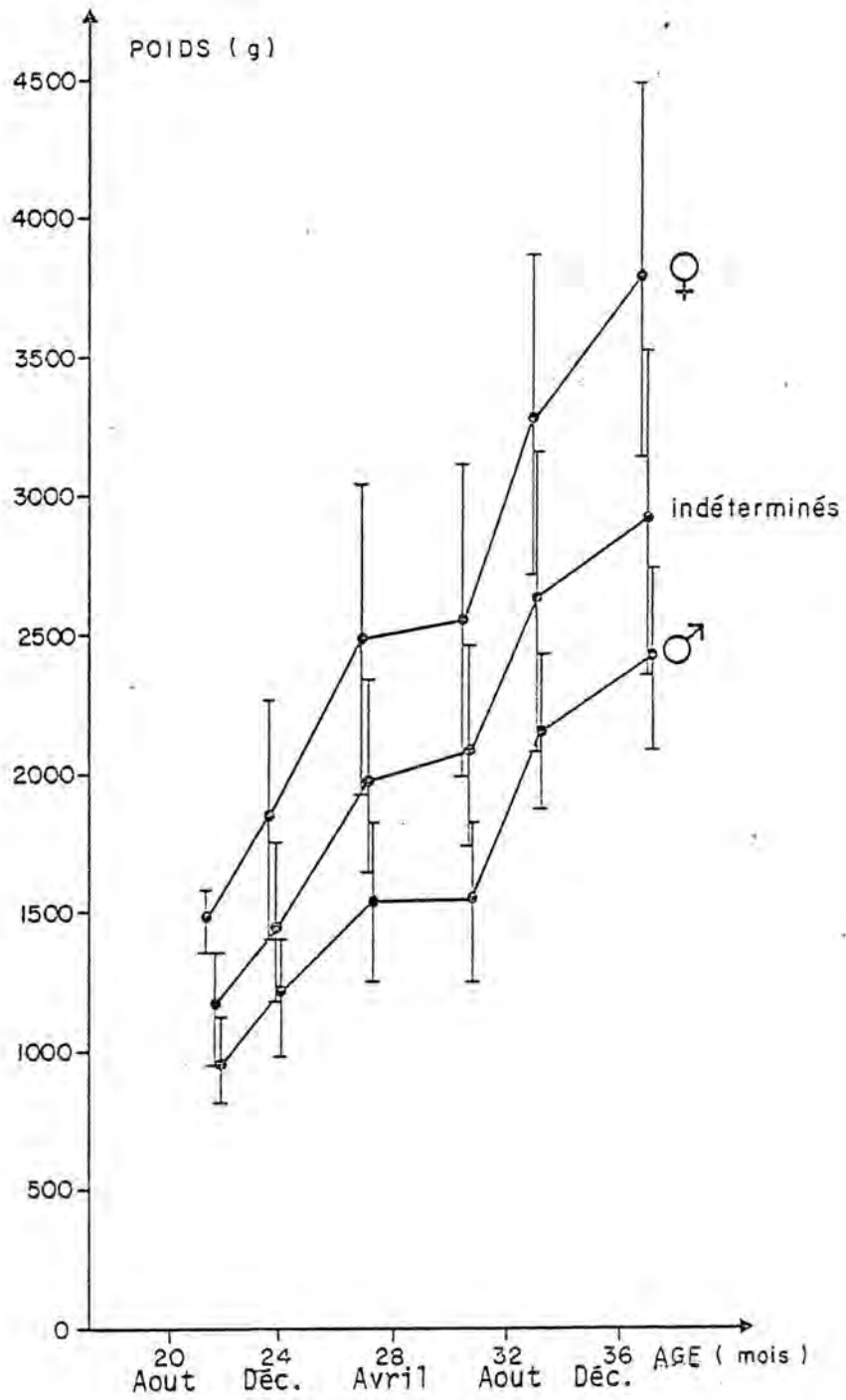


FIGURE 21 : Evolution et répartition des poids de Turbots nés au Centre Océanologique de Bretagne en janvier 1977, marqués au printemps 1978 et sexés en juin 1979.

### 3.2. Turbots nés au laboratoire

La croissance de ces deux lots de poissons a été suivie depuis leur naissance. Les premiers signes de maturation sont apparus au même moment (printemps 1979), malgré des âges différents. Bien qu'elle ne soit pas à son terme, l'expérience nous apporte quelques renseignements supplémentaires sur les âges et poids minima de maturation ; il nous a donc semblé intéressant de les mentionner ici.

Les Turbots nés en 1974 sont parmi les premiers nés en écloserie. Ils ont, de ce fait, connu une histoire chaotique, marquée en particulier par de nombreux changements de régime alimentaire et de faibles croissances. Toutefois, en juillet 1979, sur 31 poissons, 15 sont des mâles fluents (PM :  $850 \pm 122$  g.), 6, des immatures (PM :  $1128 \pm 219$  g.), et 6 sont des femelles (PM :  $1390 \pm 334$  g.), dont les ovaires sont gonflés.

Les Turbots nés en 1977, après avoir été élevés jusqu'à 18 mois en eau chauffée à 18°C (PERSON-LE RUYET et al., 1978), sont installés en bassins de 5 puis 20 m<sup>3</sup>, à fond nu (types II et I) où les charges varient de 1,4 à 2,2 kg/m<sup>2</sup>. Dès l'âge de 4 mois, leur nourriture est exclusivement composée de poisson frais haché, ou en morceaux. En juillet 1979, ce lot pèse en moyenne 2 895 g. En juin 1979, il y a 10 mâles (PM :  $1\ 462 \pm 348$  g), 7 immatures (PM :  $2\ 092 \pm 442$  g) et 6 femelles (PM :  $2\ 380 \pm 446$  g) Sur les 23 survivants, 2 sont morts en 1978.

Plusieurs observations émanent de ces résultats :

- nous remarquons d'abord que les mâles des deux lots sont nettement plus légers que les femelles (Fig. 21). La différence n'est toutefois significative qu'en période de maturation et ne peut servir, à tout âge et à tout moment de l'année, à identifier les sexes ;

- maturation et ponte sont deux phénomènes qu'il faut dissocier. Des animaux de faible poids (900 g) nés en 1974 montrent en effet les premiers signes de maturation, mais nous n'avons recueilli aucune ponte naturelle de femelles, dont les poids varient en juin 1979 de 2 260 à 3 050 g (turbots nés en 1977).

Du fait de l'"histoire" de ces poissons, les résultats présentés ici, en particulier ceux qui concernent le lot de Turbots nés en 1974, ne peuvent être comparés aux observations réalisées en mer.

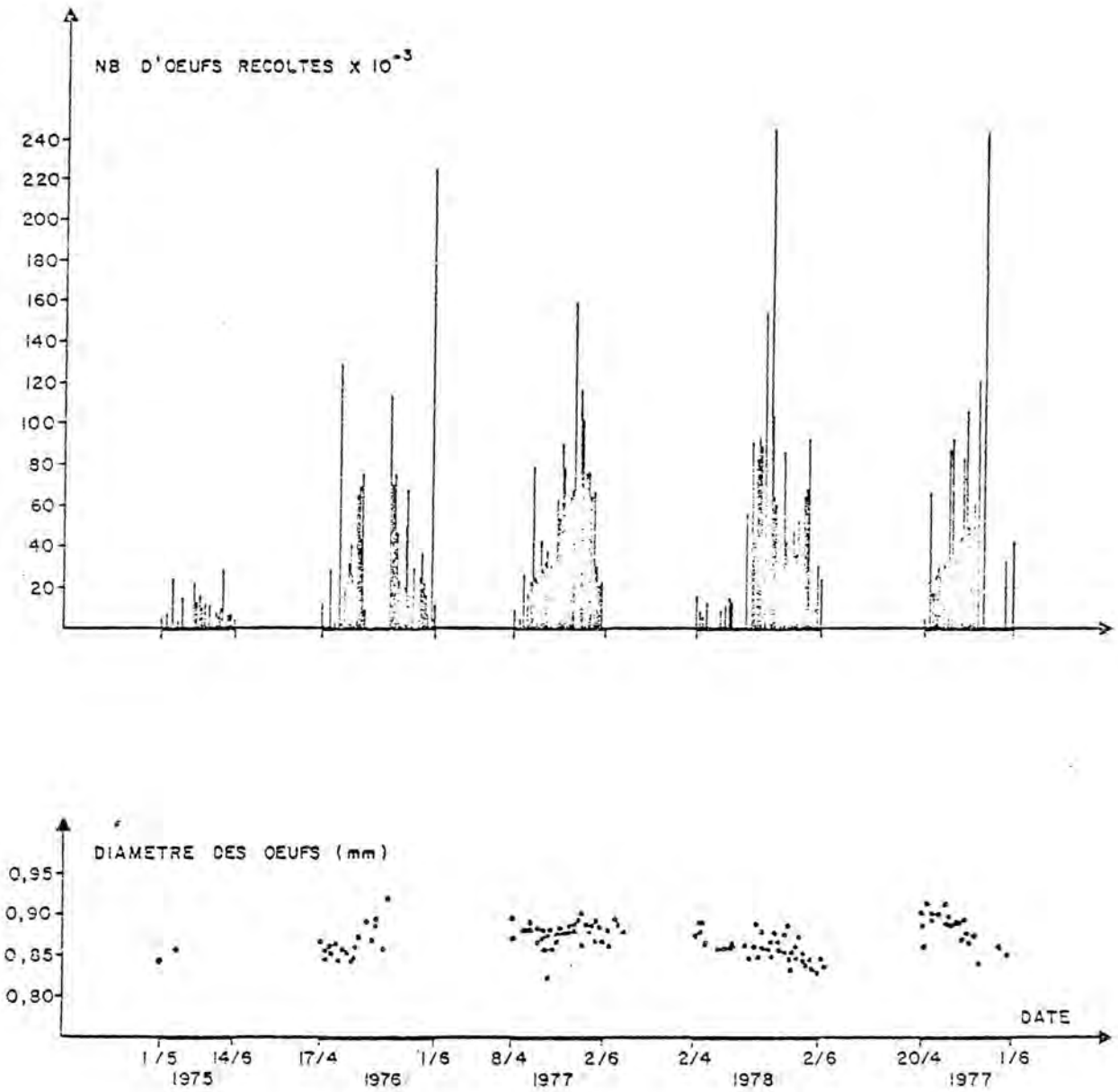


FIGURE 22 : Lot de Rougets S.R.E. ; Détail des nombres et diamètres moyens des oeufs de chaque ponte.

#### 4. AUTRES ESPECES

##### 4.1. Rougets

Le Rouget se reproduit à l'âge de deux ans ; les mâles sont fluents presque toute l'année ; les femelles par contre, ont une maturation courte (BOUGIS, 1952). Elles fraient de mai à juin en Atlantique Nord (DESBROSSES, 1933) et la ponte comporte plusieurs émissions selon les observations de BOUGIS (1952).

Cette espèce à une croissance très rapide et est donc intéressante à élever (DENIEL, 1970). C'est la raison pour laquelle un groupe de reproducteurs a été installé au Centre Océanologique de Bretagne, en 1972 (GIRIN, Comm. pers.

MENU et al., in press) décrit en détail le développement embryonnaire des oeufs obtenus naturellement en bassin.

L'oeuf fécondé mesure moins d'1 mm (0,86 selon JONES, 1972b),

#### Résultats de l'expérience en conditions naturelles :

- Durée de l'expérience : 6 ans
- Mortalité : 13 % (pathologique) - 69 % (par prédation, goélands) - ou accidentellement
- Obtention des pontes : Après un an de stabulation.
- Nombre de pontes et d'oeufs par femelle : La ponte est incontestablement séquentielle : elle comporte au moins 4 émissions en 1979. Le nombre d'oeufs est important : au moins 250 000 oeufs par femelle de 800 g environ, en 1979.
- Oeufs : Contrairement au Bar et à la Sole, le diamètre des oeufs de Rouget varie peu au cours d'une saison, ou d'une année sur l'autre (0,82 - 0,92 mm). Les taux de fécondation sont élevés (90 % en moyenne) et 80 % des oeufs viables éclosent.

ANNEE	NOMBRE DE POISSONS	DATES DE DEBUT ET FIN DE PONTE		NOMBRE DE PONTES	NOMBRE D'OEUFS	DIAMETRE (mm)		TAUX DE VIABILITE		TAUX D'ECLOSION	
						PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT
1975	32	1er mai	14 juin	23	199 000	-	0,851	ND	ND	ND	ND
1976	30	17 avril	1er juin	38	1 430 000	0,865	0,865	ND	ND	ND	ND
1977	28	8 avril	2 juin	41	1 709 000	0,881	0,875	92	90	67	70
1978	28	2 avril	2 juin	37	1 867 000	0,814	0,855	89	82	37	88
1979	6	20 avril	1er juin	22	1 264 000	0,874	0,860	87	77	24	57

TABLEAU 13 : Lot de Rougets S.R.E. : Moyennes annuelles des principales caractéristiques des oeufs.

ANNEE	NOMBRE DE POISSONS	DATES DE DEBUT ET FIN DE PONTE	NOMBRE DE PONTES	NOMBRE D'OEUFS	DIAMETRE (mm)		TAUX DE VIABILITE		TAUX D'ECLOSION	
					PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT	PONDERE	BRUT
1977	Environ 40 saimaux	22 juin - 22 août	16	36 000	0,99	0,99	73	75	ND	ND
1978		14 mai - 22 août	37	796 000	1,01	1,01	86	79	88	87
1979		19 juillet - 21 octobre	56	4 530 000	1,00	1,01	82	73	71	68

TABLEAU 14 : Lot de Daurades B.D.T.I. : Moyennes annuelles des principales caractéristiques des pontes.

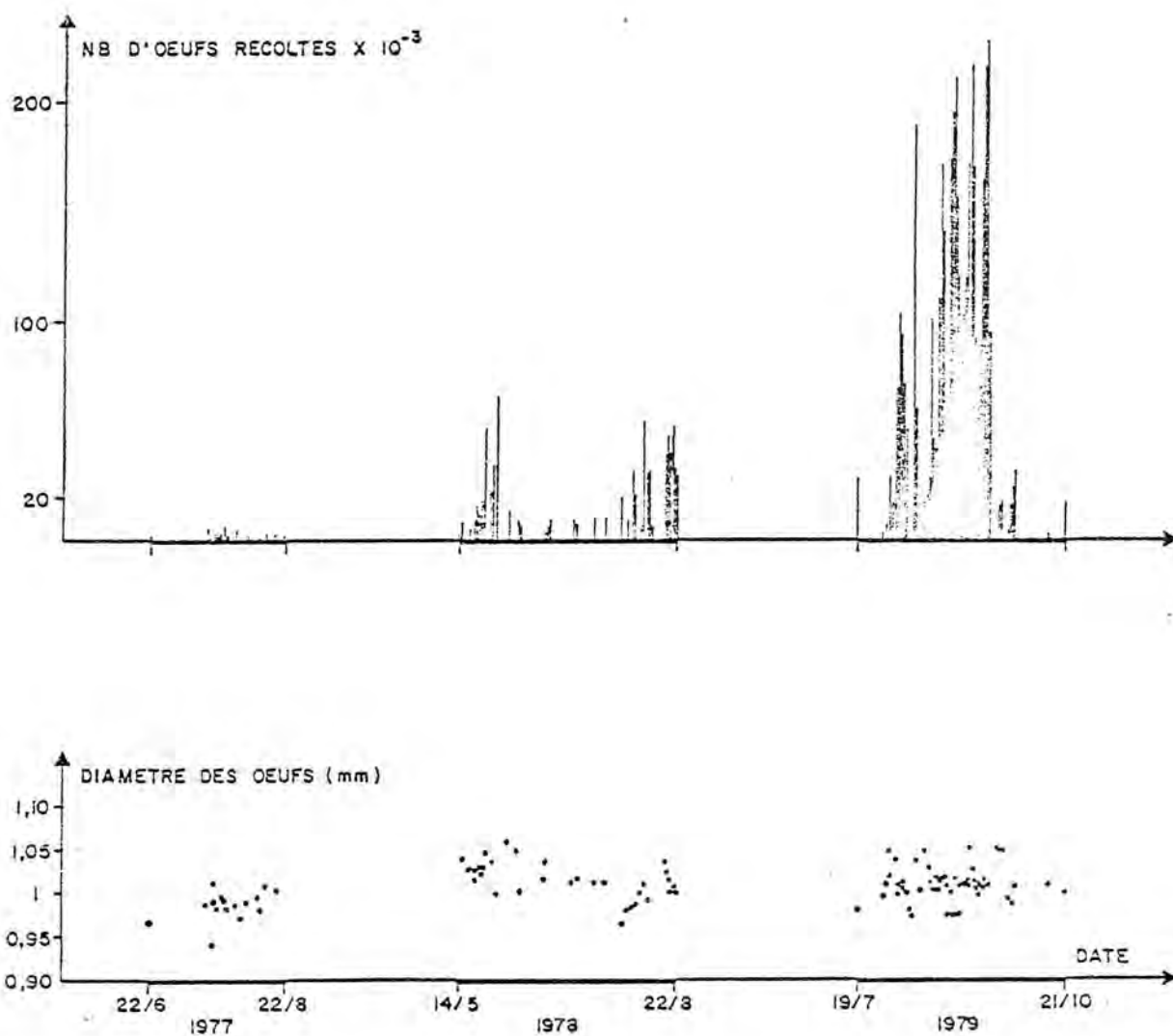


FIGURE 23 : Lot de Daurades B.D.T.I. : Détail des nombres et diamètres moyens des oeufs de chaque ponte.



#### 4.2. Daurades

Bien que présente sur nos côtes, la Daurade a surtout été étudiée et élevée en Méditerranée, où, elle pond entre octobre et décembre (LUMARE, 1978). Elle est caractérisée par un hermaphrodisme successif protandrique. Les gonades femelles deviennent fonctionnelles vers la seconde année (ZOHAR et al. 1978 ; BEN TUVIA, 1979).

En laboratoire, la ponte fut jusqu'à présent induite par injections de HCG. Une femelle pond 50 000 oeufs par kilo selon ALESSIO et al. (1974), qu'elle émet en plusieurs fois (BARNABE, 1976<sub>a</sub> ; ARIAS, 1976). Les résultats d'expériences récentes montrent que la production d'oeufs peut atteindre plusieurs centaines de milliers par femelle, lorsque les animaux sont peu manipulés et pondent naturellement à la suite de une ou deux injections d'hormones (ZOHAR et al., 1979). Dans ce cas, les bassins de ponte peuvent être très petits: quelques centaines de litres (ZOHAR, C. pers.) à quelques m<sup>3</sup> (BEDIER, c. pers.)

Le diamètre de l'oeuf se situe entre ceux des oeufs de Rouget et de Turbot: 0,90-1 mm (GIRIN, 1976). Les taux d'éclosion peuvent atteindre 96% pour des oeufs viables (BARNABE, 1976<sub>a</sub>).

Un seul des deux lots que nous possédons a pondu : le lot en température et photopériode contrôlées. L'absence de pontes dans le lot témoin ne peut s'expliquer ni par le poids (800 g à 2 kg), ni par le régime alimentaire ou la taille des bassins, identiques dans les deux cas, mais plus probablement par la température (voir page 83).

#### Le lot en conditions contrôlées. (BDTI)

- Durée de l'expérience : 8 ans
- Mortalité : 0 %
- Obtention de pontes : Après 4 ans d'élevage (1977). Il faut rappeler qu'en 1974, les Daurades pesaient de 50 à 100 g et étaient donc loin de la reversion de sexe.
- Durée maximum de la saison de reproduction : 101 jours (1978)
- Nombre de pontes : Malgré l'augmentation régulière du nombre de pontes dans le temps, la durée de la saison de reproduction est constante. Elle semble particulièrement liée à la température : en effet, au-dessous de 12,5° - 13°, nous n'avons jamais récolté de pontes de Daurades
- Fécondité : D'après les résultats de 1979, une Daurade pondrait au moins 100 000 oeufs, mais il nous faut attendre 1980 pour connaître les fécondités relatives.
- Oeufs : Les moyennes de diamètre dépassent ce qui a été jusqu'à présent enregistré après les inductions de ponte. Les moyennes annuelles sont très proches de 1 mm, les mesures saisonnières varient entre 0,94 et 1,05 mm.

#### 4.3. Mulletts

LAM HOAI THONG (1969) a recensé sur les côtes Nord-Atlantique 3 espèces de Mulletts (*Mugil chelo*, *M. capito*, *M. auratus*) dont il a étudié la biologie.

Parmi les mullets captifs, seuls quelques poissons de l'espèce *Mugil chelo* sont en âge de se reproduire : cette espèce pondrait aux mois de mars et avril, en Atlantique Nord (LAM HOAI THONG, 1969) ou en Atlantique Sud (CASSIFOUR, 1975). A maturité, les gonades contiennent entre 400 000 et 500 000 ovocytes par kilo de femelles (LAM HOAI THONG, 1969) qui mesurent entre 1,250 et 1,300 mm (CASSIFOUR, 1975).

Jusqu'à présent, aucune ponte naturelle de cette espèce n'avait été recueillie en bassin (LUMARE, 1978).

Il est donc intéressant de signaler celles qui ont été obtenues en 1979 dans un bassin de 100 m<sup>3</sup> (charge de 1 kg/m<sup>3</sup>) où cohabitent depuis janvier 1977, 200 Bars, 4 Daurades et 6 Mulletts (*M. chelo* et *capito*) dont deux femelles de *M. chelo*, tous nourris de morceaux de poissons, et en 1980, dans un bassin de 20 m<sup>3</sup> (type I), dans les mêmes conditions de stabulation.

Les caractéristiques de ces pontes (tableau 15) concordent avec celles des oeufs observés sur des animaux mûrs pêchés en mer (LAM HOAI THONG, 1969)

Bien que les oeufs récoltés soient mûrs (photo 13), ils ne sont pas fécondés. L'explication réside probablement dans le fait que les bassins contiennent seulement des mâles *Mugil capito* et aucun mâle *Mugil chelo*.

Date de ponte	Nombre approximatif d'oeufs	Nombre de pontes	Diamètre moyen des oeufs (mm).
15 mai 1979	300 000	1	1,36
14 mai 1980	300 000	1	1,33

TABLEAU 15 : Caractéristiques de pontes naturelles de Mullet (*Mugil chelo*) récoltées dans des bassins circulaires de 100 et 20 m<sup>3</sup>.

### III - DISCUSSION

#### 1. LES METHODES

Dès l'introduction, il est expliqué que l'obtention des larves est la principale raison pour laquelle les stocks de reproducteurs furent constitués. On comprend donc aisément que le nombre d'espèces étudiées ait été important. Malheureusement le nombre de bassins était très faible. Cette restriction en moyens de stabulation, le désir d'observer chez toutes les espèces le comportement des reproductions sans que l'homme ne manipule le poisson, explique d'une part que des lots de poissons sont le plus souvent plurispécifiques, et d'autre part que certains facteurs du milieu aient considérablement varié au cours du temps. De ces conditions de travail, qui, certes nous ont permis d'obtenir un nombre important d'informations, découlent des lacunes qu'il faut bien définir pour discuter les résultats.

Les plus remarquables concernent les caractéristiques des reproducteurs et en premier lieu, leur origine.

En effet, pour surmonter l'énorme difficulté que représente l'obtention de poissons adultes vivants, des animaux pêchés en différents lieux ont été utilisés. Les Soles, Turbots, Daurades, Rougets et Mulletts viennent des régions de DINAN, QUESSANT, de la baie de DOUARNENEZ et de l'étang à marée de l'Ile TUDY. Dans ce cas, nous n'avons pas à craindre l'existence de races locales. Il n'en est pas de même pour les lots de Bars. En effet, les deux bassins de 48 m<sup>3</sup> qui constituent en grande partie l'expérience de décalage de ponte contiennent, l'un, des Bars d'origine méditerranéenne (BDTI), l'autre, des Bars d'origine mixte atlantique et méditerranéenne, en proportion inconnue (BDTE). Les périodes de ponte, comme les conditions thermiques et photopériodiques de la saison de reproduction diffèrent dans les deux régions. Il est probable que la date de ponte dépende de l'environnement ; toutefois, nous ne pouvons pas exclure l'éventualité de deux races différentes, bien que cela n'ait jamais été démontré.

L'absence de données sur le sex ratio constitue la seconde grande lacune en ce qui concerne les caractéristiques des reproducteurs. Les informations à ce sujet sont tout à fait sporadiques. En début d'expérience, la proportion des mâles et femelles est totalement inconnue. En cours d'expérience, les animaux morts et les nouveaux apports n'ont pas été comptés et sexés régulièrement. L'absence de comptages est liée au fait que le reproducteur n'était pas toujours considéré comme matériel expérimental, l'absence de la détermination de sexe, par impossibilité, en dehors de la saison de ponte. La proportion de femelles d'un lot n'est vraiment connue que si l'ensemble des poissons de ce lot vient à disparaître.

Ces deux incertitudes, concernant l'origine et le sex ratio des reproducteurs, réduisent considérablement les possibilités d'estimation de la production d'oeufs par femelle. Pourtant, cette valeur représente pour l'éleveur une des informations les plus importantes. A défaut d'en connaître les valeurs absolues, nous avons donc essayé d'établir des fourchettes de variations de la "fécondité" pour chaque lot. D'autre part, sachant que le nombre d'émissions d'oeufs (pontes dans le texte), de deux femelles d'une même espèce est approximativement le même, l'évolution de la "fécondité" d'une année à l'autre, a été estimée par le rapport  $Nw/Np$  (Nombre total d'oeufs/Nombre total de pontes). La ponte correspond généralement à une émission d'oeufs (cf. p. 28) ; mais le nombre d'émissions n'étant en aucun cas, une constante caractéristique de l'espèce, le lecteur comprendra que les interprétations soient réservées.

Un autre phénomène est aussi intervenu : en essayant de concilier impératifs de production et connaissance de la reproduction naturelle, l'expérimentateur n'a pu éviter les variations de l'environnement.

En 1976, par exemple, l'alimentation des Bars est modifiée pour améliorer les quantités et qualités d'oeufs pondus (Bars BDTI) alors que les animaux sont déjà soumis à des conditions artificielles de température et de lumière.

D'autre part, en 1979, les Turbots des lots BOTE et BDTI (expérience de décalage de ponte) sont manipulés en période de ponte, pour tenter d'expliquer la qualité médiocre des oeufs. D'une façon générale, dans chaque lot, le nombre d'animaux, leur poids, les espèces, ont varié dans le temps, et avec eux, la densité, le volume disponible par poisson et probablement les relations de groupe.

Par contre, les facteurs abiotiques en relation avec la composition de l'eau de mer ont très rarement été modifiés, parce que l'alimentation en eau des bassins est du type "circuit ouvert". Il faut pourtant savoir que les débits d'eau ou d'air "air-lift" ont parfois varié, en cours de saison de ponte ou d'une année sur l'autre, entraînant avec elles des baisses d'oxygène et à l'extrême limite, la perte d'un lot entier de reproducteurs (BE). Par contre, la salinité ou la concentration en ammoniacque sont toujours comparables à celles de l'eau de mer de la région (MICHAUX, rapport inédit).

Malgré des imperfections, ce travail informe surtout sur les espèces, leur comportement en captivité, les caractéristiques des oeufs. En plus, il fait apparaître le rôle de certains facteurs comme l'âge des reproducteurs ou les facteurs externes climatiques (température, lumière), alimentaires et biotiques (mode de stabulation) sur les caractéristiques de pontes naturelles.

## 2. CARACTERISTIQUES DES PONTES ET DIFFERENCES SPECIFIQUES

### *2.1. Date d'obtention des premières pontes naturelles*

D'une manière générale, tous les lots de poisson constitués en 1971-1972 et 1973 d'un mélange d'animaux matures et immatures ont pondu naturellement la première année de captivité (GIRIN, 1978). Il y a toutefois eu des différences entre espèces: Chez la Sole et le Turbot, le nombre d'oeufs récolté par ponte est très faible (quelques milliers), comparé au Bar. La qualité de l'oeuf de Sole, est de surcroît médiocre durant cette période. Mais, dans tous les cas, les trois premières années de stabulation sont marquées par une stagnation du nombre d'oeufs récolté par ponte. Les femelles Turbot (BOTE) ou Soles pêchées à partir de 1977 confirment ces observations: elles mûrissent au printemps, mais ne pondent pas les deux premières années de "stockage" en bassin. Ainsi, pendant deux ans, les processus de ponte semblent inhibés, soit légèrement pour le Bar, soit très fortement (ils peuvent être stoppés), pour les Soles et les Turbots.

Les choses se passent différemment lorsque ,en début de captivité, les animaux sont en majorité immatures,comme dans les lots de Bars(B.D.T.I., D.D.T.E.),ou totalement immatures:telles les dorades(B.D.T.I) :Après l'obtention de la première saison de ponte ,les productions croissent régulièrement .

Il semblerait donc que la captivité représente,chez les adultes, un stress de longue durée ,qui se traduit chez toutes les espèces par un jeune prolongé,comme celà fut déjà observé chez la plie(BOWERS ,1966)ou chez le Gobia (DE VLAMING, 1971). La captivité bouleverse l'environnement: au sens large du terme, avec spécialement une variation des régimes alimentaires, de facteurs comme la température et l'intensité de la lumière, mais aussi probablement des modifications des réactions homotypiques. Par exemple, chez les oiseaux, les mammifère ou les insectes, la densité de population, le sex-ratio, agissent sur la fécondité (DAJOZ, 1971) ; il est donc permis de penser qu'un poisson captif souffre mal non seulement des manipulations, mais aussi la "vie en groupe". Comme chez les poissons plats, il y a en plus une nette altération de la ponte, il est probable que plus il y a de différences entre les conditions de captivité et le mode de vie, en mer, plus il est difficile d'obtenir rapidement des oeufs de bonne qualité. Avant d'installer en bassin, des adultes de poissons pêchés en mer, il serait donc souhaitable, de rapprocher, le plus possible, les conditions de stabulation, des milieux naturels. Il faudrait, en particulier, tenir compte de la température et de l'intensité de la lumière à laquelle les animaux sont habituellement soumis, et éventuellement des densités de population en mer, les déplacements en masse étant moins connus chez les poissons plats que chez les bars, les mullets et les daurades.

## *2.2. Période de ponte et durée de la saison de reproduction en conditions naturelles de température et de photopériode*

Les périodes de ponte des Bars atlantiques (EE) correspondent parfaitement aux observations de BOULINEAU (1969), effectuées sur nos côtes : les premiers oeufs sont récoltés à partir de début mars, pendant au maximum deux mois . Chez les lots de Bars d'origine mixte (BDTE), elle peut toutefois se poursuivre jusqu'à la mi-juin.

Chez la Sole, le caractère saisonnier de la ponte paraît plus accentué qu'en mer : en effet, en captivité, la saison de reproduction dure deux mois seulement, et se trouve figée entre début mars et début mai, alors que FABRE DOMERGUE et BIETRIX (1905), ou LAHAYE (1972), remarquent que, en mer, les femelles sont mûres dès l'hiver, et pendant plus de cinq mois.

La ponte de Mullet *Mugil chelo* récoltée en mai, se situe parfaitement dans les limites établies par LAM HOAI THONG (1969).

Le Rouget, comme la Sole et le Bar, a une période de ponte bien définie : début avril - début juin.

Par contre, la saison de ponte du Turbot est beaucoup plus mobile : Elle démarre aussi bien début mai que fin juillet, mais ne dure généralement pas plus de deux mois.

Le Bar est en moyenne le premier à pondre, mais il arrive que la Sole fraie en même temps. Les oeufs de Rouget, de Mullet, et enfin de Turbot sont récoltés plus tard.

Les données précédentes concernent des observations moyennes. En fait, il y a, pour une espèce, des variations annuelles de la durée et de la date de début de ponte, qui dépendraient de deux principaux facteurs de variation :

-L'âge des poissons, car la ponte des jeunes semble tardive (voir p.73 ).

-La température : ce facteur externe dont nous discutons plus loin l'effet sur le décalage des pontes (voir p. 81), semble réguler finement le moment de la ponte. En effet, les différentes espèces paraissent très sensibles aux variations soudaines de température, dans certaines gammes. Cela est particulièrement net chez le Bar et la Sole qui pondent en début de thermopériode ascendante : lorsque la température passe en moins d'une semaine de 8 à 10 °C, leurs premières pontes sont récoltées, et cela rappelle les techniques d'induction de ponte, chez les mollusques (BAYNES et al., 1978).

Si la température redescend, la ponte s'arrête. Cette suspension peut parfois durer un mois. Nous nous sommes basés sur ces phénomènes pour situer les températures minimales de ponte, pour le Bar atlantique : 9,5 - 10° C, et pour la Sole : 8 - 8,5° C. Chez la Daurade, ce seuil se situerait vers 12,5 - 13° C. Des successions de températures inférieures et supérieures aux "seuils" pourraient en fait expliquer l'irrégularité des pontes en début de saison de reproduction, chez ces espèces. De même, le fait que cette irrégularité apparaisse à nouveau en fin de saison, permet de penser qu'il y aurait des températures limites supérieures, pour le frai, comme il en existe d'ailleurs aussi pour les différents stades de développement des poissons (KINNE, 1963). Il y a à ce sujet, des informations plus précises sur l'Alose, *Alosa pseudoharengus* : en effet, non seulement sa ponte est stoppée à haute température, mais aussi les oeufs deviennent blancs et non fécondables, et le sperme est visqueux.

Des enregistrements réguliers de la température permettent de situer les fourchettes de température, compatibles avec le frai des espèces étudiées ici (tableau 16). Il semble d'ailleurs nettement que tolérance thermique et période possible de ponte varient ensemble.

Il faut pourtant noter que si l'hiver est d'abord doux, puis devient et reste longtemps froid (plus d'un mois), il arrive que les bars pondent à de très basses températures : 8° C, comme c'est arrivé en 1980. Les pontes sont, dans ce cas, très petites. Toutefois, ceci montre que le déclenchement de la ponte ne dépend pas exclusivement de la température. Mais cette remarque intéresse plus particulièrement la discussion sur les rôles respectifs de la température et de la photopériode sur la reproduction : elle sera donc plus amplement discutée dans ce qui suit (voir p. 81).



T p (°C) Espèce	Température minimum	Température maximum
Bar	9,5	16
Daurade	12,5	15
Rouget	9,5	15
Sole	8	13
Turbot	11,5	17

TABLEAU 16 : Limites inférieures et supérieures de la température de l'eau de mer, enregistrées au cours de la saison de reproduction du Bar, de la Daurade, du Rouget, de la Sole et du Turbot.

## 2.3. Caractéristiques des oeufs

### 2.3.1. Nombre d'oeufs pondus

Lorsque les conditions de stabulation, température, lumière, régime alimentaire, sont les plus proches du milieu naturel, la Sole et le Turbot semblent être les espèces les moins fécondes: d'après nos calculs, un kilo de femelle produirait environ 100 000 oeufs. Vient ensuite le Bar avec 150 000 oeufs par kilo de femelle au minimum en 1976 (BE) et 200 000 oeufs par kilo de femelle au minimum en 1979 (BOTE). Enfin, le Rouget barbet serait très productif avec près de 300.000 par kilo de femelle, en 1979. Les résultats de 1980 confirment d'ailleurs nettement cette évaluation. Pour la Daurade et le Mullet, il serait prématuré de tirer des conclusions sur des résultats encore trop peu nombreux.

En fait, autant les résultats obtenus sur les poissons ronds sont prometteurs et très proches des données bibliographiques, autant on peut s'étonner des faibles productions des poissons plats. En effet, le Turbot et la Sole ont toujours été considérés, d'après les observations effectuées sur des animaux pêchés en mer, comme des poissons de très haute fécondité, avec respectivement, des productions d'environ 1 000 000 d'oeufs/kilo de femelle et entre 300 000 et 600 000 oeufs/kilo de femelle. En captivité, la ponte conserve pourtant un caractère séquentiel indiscutable, car le nombre d'émissions d'oeufs dépasse en général deux pour une femelle Sole et atteint chez le Turbot, cinq en conditions naturelles (B.D.T.E., 1979) et sept à huit en saisons décalées (B.D.T.I., 1977). Il semble donc que la captivité perturbe plus les processus de maturation, que le phénomène mécanique qu'est l'expulsion des oeufs à l'exception toutefois des Turbots, certaines années. (voir p. 71)

Il est actuellement difficile de connaître l'origine de telles différences. Elles peuvent être écologiques: en effet, la Sole et le Turbot sont des poissons benthiques et de ce fait, ces espèces supporteraient peut-être moins bien que les poissons ronds, les fortes variations de température ou de lumière enregistrées dans nos bassins d'élevage. Toutefois, les nombres d'oeufs récoltés varient fréquemment d'une ponte à l'autre, d'un facteur 100. Cela suggère entre autres qu'il existe des variations individuelles de production d'oeufs. Elles sont d'ailleurs très nettes chez le bar et la sole où le nombre d'oeufs par ponte varie entre quelques milliers et plus de 200 000 oeufs. Les reproducteurs de poisson plats acceptent donc apparemment moins bien la captivité, que les poissons ronds. Toutefois dans les deux cas, le facteur "individu" n'est sûrement pas le moindre à agir sur la fécondité comme l'a suggéré WOOTON (1973) pour *Gasterosteus aculeatus*.

### 2.3.2. Taille, viabilité et taux d'éclosion des oeufs

Les limites de taille ne suffisent pas à déterminer l'espèce à laquelle appartient l'oeuf. Toutefois, en se référant à leurs moyennes il est possible de classer par ordre croissant, les tailles des oeufs de Rouget, de Daurade, de Turbot, de Bar, de Mullet et de Sole. Malgré une plus grande variabilité chez la Sole et le Turbot, les diamètres individuels des oeufs sont bien plus homogènes que ceux d'oeufs récoltés après des injections hormonales (GIRIN, 1976 ; LUMARE, 1978). (Tableau 17).

Les taux de viabilité des oeufs fluctuent. Les moyennes annuelles montrent que la qualité des oeufs de Turbot (51 %) est médiocre comparée à celle des autres espèces (>70 %) (Tableau 18). Le détail des résultats de chaque ponte révèle que ce score bas est surtout lié au nombre plus important de pontes totalement mauvaises et non à des viabilités régulièrement faibles. Il arrive aussi, en moins grande proportion, chez toutes les autres espèces, sauf le Bar, que certaines pontes soient totalement mauvaises. Cela n'est pas caractéristique d'un moment particulier de la période de ponte. Et bien que nous n'ayons pas encore d'explications précises concernant ce phénomène, il semble moins lié directement à l'espèce, qu'aux conditions de stabulation offertes aux Soles et aux Turbots : Ce sont de toute évidence les plus exigeants de toutes les espèces, sur ce point. Il est d'ailleurs probable que les mauvais oeufs soient pondus par quelques individus qui seraient plus sensibles que l'ensemble du lot de poissons, à la captivité, en relation ou non avec leur âge, leur taille ou leur potentiel génétique, ce qu'il faudrait définir dans l'avenir.

Le taux d'éclosion ou plus précisément le pouvoir d'éclosion est par contre plus constant. En effet, un oeuf viable, et ceci quelque soit l'espèce, a environ 80 % de chance d'éclore.

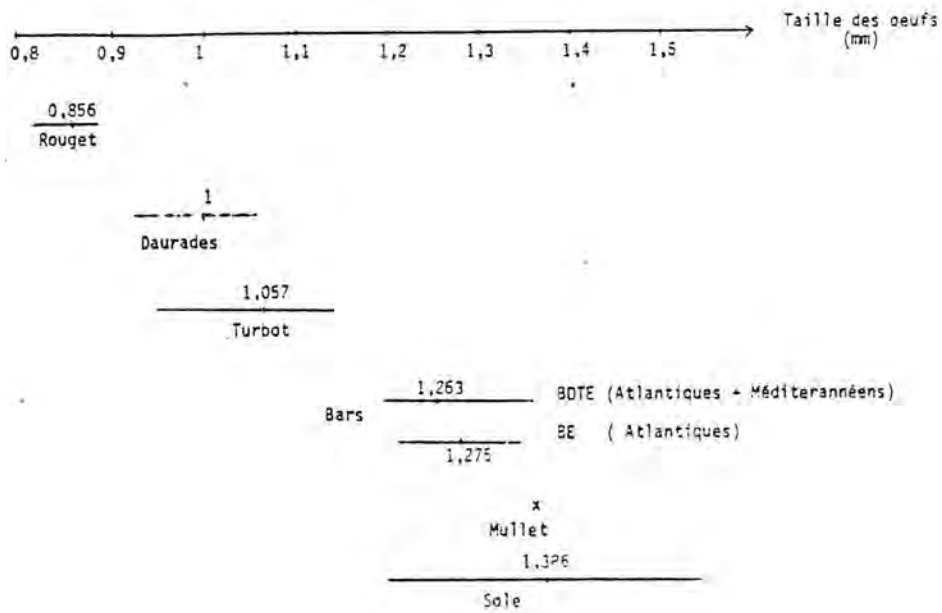


TABLEAU 17 : Moyennes pondérées et extrêmes limites des diamètres des oeufs pondus en milieu extérieur (—), ou à défaut, en température et photopériode artificielles (---), des six espèces étudiées.

Espèce	VIABILITE (%)		Taux d'éclosion (%) d'un oeuf viable.	
	Dispersion	Moyenne pondérée	Dispersion	Moyenne pondérée
Rouget	0 à 100	90	0 à 100	71
Daurade	0 à 100	91	0 à 100	89
Turbot	0 à 100	51	0 à 100	85
Bar BDTE	22 à 100	93	0 à 100	83
Bar BE	38 à 100	78	0 à 100	86
Soles	0 à 100	82	0 à 100	81

TABLEAU 18 : Moyennes pondérées et extrêmes limites des taux de viabilité et des taux d'éclosion des oeufs viables pondus en milieu extérieur (Bar, Rouget, Turbot, Sole) ou en température et photopériode contrôlées (Daurades).

#### 2.4 - Mortalités des reproducteurs

Nous venons de voir qu'il existe des différences entre les poissons ronds et les poissons plats : chez ces derniers, la fécondité relative semble abaissée, en captivité. La viabilité des oeufs n'est pas constante d'une année à l'autre : elle est souvent faible chez le Turbot et viable chez la Sole.

Des différences apparaissent aussi au niveau des mortalités enregistrées chez les reproducteurs. En effet, à durée d'expérience égale, beaucoup de Soles et de Turbots sont morts (plus de 50 %) comparé aux autres espèces (entre 10 et 20 %). Les poissons ronds meurent le plus souvent d'affections parasitaires : Copépodes chez le Mullet et le Bar, ou virales chez le Bar (BARAHONA-FERNANDEZ, 1977). Il y a chez le Rouget des cas d'exophtalmie. Chez les poissons plats, les pertes concernent surtout des femelles gonflées : les Soles meurent généralement une fois la période de ponte terminée ; les Turbots, à tout moment de l'année : soit lorsque débute la maturation, soit au cours des saisons de ponte. Dans ce dernier cas, l'observation de la femelle révèle souvent qu'un bouchon d'oeufs obstrue l'orifice génital ; il arrive même qu'il avance dans la lumière de l'ovaire qui contient alors des amas compacts d'ovocytes pesant parfois plus de 100 grammes. On peut supposer que dans ce cas, il n'y a pas de résorption des ovocytes, comme cela se produit généralement lorsque l'état physiologique de l'animal, ou les conditions de milieu sont médiocres (ABRAHAM, 1963 ; DE VLAMING, 1971). Nous avons là notre ignorance en ce domaine, d'autant plus que lorsque le poisson est déjà abîmé, une aide manuelle précipite sa perte (GIRIN, Comm. pers.) et empêche donc d'observer le reproducteur au-delà de cette période.

Comme dans les précédents paragraphes, l'opposition entre poissons plats et poissons ronds persiste. Elle se traduit en résumé par des mortalités importantes, des fécondités relatives abaissées et des taux de viabilité faibles surtout chez le Turbot ou très variables, comme chez les Soles.

Ces observations ne sont, en aucun cas, figées car chez les différentes espèces de poissons, les caractéristiques individuelles (WOOTON, 1973) aussi bien que les conditions du milieu (NIKOLSKY, 1963 ; DAJOZ, 1971) agissent sur l'ensemble de la reproduction. Le prochain chapitre tente précisément de mettre en évidence, chez les espèces étudiées, l'influence de quelques uns de ces facteurs sur les caractéristiques des pontes.

### 3. ETUDE DE L'INFLUENCE DE DIVERS FACTEURS SUR LES CARACTERISTIQUES DES PONTES

A n'importe quel niveau de la systématique, la reproduction subit l'influence de facteurs intrinsèques (NIKOLSKY, 1963) ou de facteurs externes, essentiellement des facteurs climatiques, biotiques, abiotiques et alimentaires (HOAR, 1957 ; DAJOZ, 1971).

De nombreux auteurs l'ont mis en évidence chez les poissons Téléostéens, sur des animaux pêchés en mer aussi bien que sur des poissons captifs. La plupart du temps, ils constatent l'existence de relations entre parents (âge-individu) et fécondité (BAGENAL, 1966 ; WOOTON, 1973 ; DONALDSON, 1977) ou entre facteurs alimentaires (NIKOLSKY, 1963 ; BAGENAL, 1969 ; DE VLAMING, 1971), climatiques (HTUNHAN, 1977) ou biotiques, et fécondité. Il est par contre plus rare de connaître l'impact de ces facteurs sur les caractéristiques de l'oeuf, de la larve, ou du juvénile .

Dans notre cas, cela a une importance considérable, car ce sont les qualités et les quantités des oeufs qui déterminent le succès d'un élevage. Nous nous sommes donc attachés, dans ce chapitre, à mettre l'accent sur les relations entre les caractéristiques de la ponte et un certain nombre de facteurs sur lesquels nous avons une succession d'informations (âge des reproducteurs, caractéristiques des bassins) ou qui ont directement fait l'objet d'expérimentations (régime alimentaire, température et photopériode).

#### *3.1. Age des reproducteurs et caractéristiques des pontes*

##### *3.1.1. Influence sur les périodes de pontes*

Il est très fréquent que les premières saisons de reproduction soient tardives par rapport aux périodes de ponte généralement connues pour l'espèce : cela se remarque chez les lots constitués d'adultes et d'immatures qui viennent d'être pêchés (S.R.E., B.E.), aussi bien que chez les lots de poissons capturés très jeunes et élevés en captivité jusqu'à la maturation (B.D.T.E., B.D.T.I.). Il est donc peu probable que le stress

de la captivité retarde le début de la ponte. Par contre, les jeunes poissons pourraient très bien pondre plus tard que les vieux, comme l'aurait remarqué DENIEL (Comm. pers.) chez les Plies et les Soles pêchées en mer ou encore les Barbues (LAHAYE, 1980). Celà n'étant pas vrai pour tous les individus d'une population, il serait abusif d'utiliser ici une observation générale, basée sur des statistiques pour attribuer à certaines classes d'âge les pontes de début ou de fin de saison.

### 3.1.2. Influence sur la fécondité

Lorsque les poissons, capturés au stade juvénile, commencent à pondre, le nombre d'oeufs par ponte augmente régulièrement d'année en année, comme cela s'observe dans le milieu naturel (BLAXTER, 1970). C'est aussi le cas pour les lots constitués de poissons pêchés adultes ou presque matures à l'exception toutefois du lot de Bar (B.E.) (Tableau 19).

En réalité, il s'agit du lot de Bars plus âgés ( $PM = 3,08 \pm 0,30$  g. en 1977), chez qui la baisse de fécondité pourrait correspondre à l'entrée dans une phase sénile caractérisée par l'abaissement de la fécondité relative. Elle existe chez la plupart des Téléostéens (NIKOLSKY, 1963) ; chez le Bar de Méditerranée, CAPORICCIO (1976) la situe vers 5 ans, soit lorsque l'animal dépasse 2 kg (BARNABE, 1976b). Chez les poissons d'eau douce, l'âge de la réforme est mieux connu (PESLAK, 1967 ; HOGERDORN, 1977 ; PAPAGEORGIOU, 1979). Elle devrait aussi être rapidement étudiée par les éleveurs de poissons marins : cela permettrait d'une part de mieux gérer les stocks de reproducteurs, et d'autre part, de connaître l'influence de l'âge des poissons sur l'élevage des larves ; il s'agit là d'un problème de sélection qu'il faudra aborder inévitablement dans les prochaines années.

### 3.1.3. Influence sur la taille des oeufs

Les résultats ne mettent en évidence aucune relation nette et constante entre les diamètres moyens annuels des oeufs et l'âge relatif des poissons (Tableau 20). Cela n'apparaît pas, non plus, au niveau individuel, par exemple chez les Turbots, chez qui nous avons recueilli, par pressions abdominales, des oeufs de femelles de 4 à 10 kg dont les diamètres étaient tout à fait comparables. Il semblerait, en fait, que les variations annuelles de diamètres, comme les variations saisonnières, soit surtout déterminées par la température de l'eau de mer, au moment de la ponte (voir p. 89). Et cette hypothèse concorderait avec celles qu'on a faites BAGENAL (1971) sur la Plie ou WARES (1975) sur plusieurs espèces de poissons pélagiques.

ESPECE	LOT DE POISSONS	ANNEE	NOMBRE D'OEUFs MOYEN PAR PONTE
DICENTRARCHUS LABRAX	BOTE	1975	35 000
		1976	197 000
		1977	230 000
		1978	257 000
		1979	369 000
	B0TI	1977	39 000
		1978	99 000
		1979	130 000
	BE	1973	75 000
		1974	94 000
1975		119 300	
1976		318 000	
1977		177 000	
SCOPHTHALMUS MAXIMUS	BOTE	1975	117 000
		1976	263 000
	B0TI	1975	53 000
		1976	194 000
SPARUS AURATA	B0TI	1977	2 000
		1978	22 000
		1977	75 000

TABLEAU 19 : Influence de l'âge des reproducteurs sur la quantité d'oeufs récoltés par ponte.

ESPECE	LOT DE POISSONS	ANNEES	DIAMETRE MOYEN PONDERE DES OEUFs (mm)
DICENTRARCHUS LABRAX	BOTE	1977	1,23
		1978	1,28
		1979	1,27
	B0TI	1977	1,22
		1978	1,22
		1979	1,21
SCOPHTHALMUS MAXIMUS	B0TI	1976-1977	1,07
		1977-1978	1,07
		1978-1979	1,13
MULLUS SURMULETUS	SRE	1976	0,87
		1977	0,88
		1978	0,85
SPARUS AURATA	B0TI	1977	0,99
		1978	1,01
		1979	1,01

TABLEAU 20 : Influence de l'âge des reproducteurs sur le diamètre des oeufs.

ESPECE	LOT DE POISSONS	ANNEE	% VIABILITE	% ECLOSION
DICENTRARCHUS LABRAX	BOTE	1975	92	-
		1976	81	49
		1977	100	85
		1978	93	86
		1979	92	74
	B0TI	1976	83	63
		1977	72	46
		1978	90	-
		1979	89,5	82
		SCOPHTHALMUS MAXIMUS	B0TI	1976
1976-1977	47			66
1977-1978	1,2			0
1978-1979	0			0
SPARUS AURATA	B0TI	1977	73	-
		1978	86	58
		1979	82	71
MULLUS SURMULETUS	SRE	1977	92	67
		1978	89	87
		1979	87	-

TABLEAU 21 : Influence de l'âge des reproducteurs sur les taux de viabilité et d'éclosion des oeufs.



Il faut noter que nous abordons là un sujet très controversé dans la littérature, car de nombreux auteurs considèrent que la taille de l'oeuf est liée au reproducteur : à son âge (GALL, 1974 ; SHOENBERR, 1977), au nombre d'oeufs qu'il pond (NIKOLSKY, 1963) ou encore comme chez le Mullet, au nombre d'émissions d'oeufs (KÜO et al., 1973). Pour SCOTT (1973), la taille des oeufs de Truite (*Salmo gairdneri kamloopo*) est, contrairement au nombre d'oeufs pondus, contrôlée génétiquement. Il s'agit donc d'être prudent dans nos conclusions et d'envisager l'existence éventuelle d'interrelations entre les deux types de facteurs intrinsèques et externes. Les résultats de 1980 devraient d'ailleurs éclaircir ce point.

#### 3.1.4. Influence sur les taux de viabilité et d'éclosion

Les moyennes annuelles de viabilité varient peu et de toute manière indépendamment de l'âge des poissons (Tableau 2E). Cependant, les résultats qui concernent le Turbot peuvent prêter à confusion car les taux de viabilité s'effondrent en cours d'expérience. Pourtant, il faut remarquer que le phénomène est brutal car nous enregistrons, en un an, une baisse de 50 % du taux de viabilité qui n'a rien de commun avec les diminutions progressives qu'observe KITAKA (1977) sur des Daurades royales (*Chrysophrys major*) âgées. En fait, en manipulant les poissons, nous avons constaté que ce phénomène était plus probablement lié à un problème de comportement comme l'ont déjà suggéré JONES (1972) ou GIRIN (1978), dans d'autres contextes (voir p. 77).

Le taux d'éclosion est le second critère qualitatif important, ou plus exactement le rapport TE/TV, qui nous donne les "chances d'éclosion" d'un oeuf viable. Il n'y a pour ce facteur aucune relation nette avec le temps (Tableau 2I).

En définitive, parmi les caractéristiques étudiées, seule la fécondité est nettement liée à l'âge des poissons, mais comme nous l'avons déjà dit, les conditions du milieu, température, densité au m<sup>3</sup>, varient d'une année à l'autre et leurs variations peuvent masquer les relations entre les caractéristiques des oeufs, plus subtiles que la relation fécondité-âge. Ceci pourrait expliquer d'ailleurs les variations saisonnières des caractéristiques des pontes. La composition des lots de poissons n'étant pas connue, nous avons tenté de rechercher, chaque année, des concordances entre le nombre d'oeufs pondus et la taille, la viabilité et le taux d'éclosion des oeufs, surtout lorsque le nombre d'oeufs d'une ponte est très important comme cela arrive fréquemment chez les Bars (B.E.): La comparaison des données relatives des très grosses pontes et de celles de ponte plus petites ne donne aucune indication supplémentaire.

En fait, et comme nous l'avons déjà suggéré pour le diamètre des oeufs, l'âge des reproducteurs influence très peu les caractéristiques des récoltes d'oeufs, à l'exception des quantités pondues.

### *3.2. Facteurs externes accessoires*

#### *3.2.1. Influence des caractéristiques des bassins sur les pontes*

Ce terme est vague et concerne aussi bien les matériaux qui constituent le bassin, le volume d'eau offert aux poissons ou éventuellement les charges au m<sup>2</sup> ou au m<sup>3</sup>. En fait, nous n'avons expérimenté sur aucun de ces sujets et l'objet de ce paragraphe est simplement de préciser l'importance de l'ensemble de ces facteurs sur la reproduction. Les espèces étudiées ont généralement été placées, non pas dans le type de bassin qui leur convenait le mieux, faute d'expérimentations, mais dans celui qui, parmi les quatre types disponibles (voir p. 9 ) correspondait a priori bien à l'espèce.

Au fil des années, nous avons découvert souvent, par simple coïncidence, que certaines espèces nécessitaient dans ce domaine une attention particulière : c'est le cas du Turbot sur lequel nous nous attardons ici.

A la fin du XIXe siècle et au début du XXe siècle, MALARD (1899) et ANTHONY (1910) préconisaient d'installer les reproducteurs de Turbot dans de très grands bassins, de 100 à 300 m<sup>3</sup> pour qu'ils réussissent à se reproduire naturellement. Cela paraissait logique car le reproducteur de Turbot est un animal qui pèse de 3 à 10 kg et plus.

Ces installations représentaient un investissement très lourd et de surcroît rendaient l'observation des animaux très difficile. On comprend donc aisément que les installations récentes aient été réduites. Les résultats n'en ont pas été moins positifs car GIRIN (1978) obtint dans un bassin de 40 m<sup>3</sup> à fond de sable (6 m x 4 m x 2 m) en grande quantité des oeufs viables. Il semblait encore toutefois impossible de récolter des oeufs fécondés en bassins plus petits de 20 m<sup>3</sup> en contre plaqué et PVC de type I (GIRIN, 1978) ou de 30 m<sup>3</sup> en ciment (JONES, 1972).

Pourtant en juillet 1979, les Turbots (FM = 6,7 kg) du lot B.D.T.E., manipulés et placés dans un bassin de 20 m<sup>3</sup> de type I à fond de sable ont fourni une ponte naturelle de 260 000 oeufs fécondés à 69%. Il est délicat d'en tirer des conclusions définitives, car cette observation ponctuelle est faite dans un contexte très particulier, les poissons étant manipulés tous les deux jours. Cependant, cela tend à montrer que le sable, ou un substrat meuble, qui est en fait l'élément nouveau, comparé aux installations de GIRIN (20 m<sup>3</sup>) et JONES (30 m<sup>3</sup>), favorise la fécondation.

Pour installer cette espèce dans un environnement qui lui convient, il s'agit dans l'avenir de connaître l'origine du blocage de la fécondation. Elle pourrait aussi bien être mécanique que comportementale (parades nuptiales) car MALARD (1899) suggérait de mettre une muraille dans les bassins de pontes pour que les femelles s'y frottent et expulsent facilement leurs oeufs. Peut être servaient-elles aussi bien aux mâles ?

En tout état de cause, il est évident que certains échecs de reproduction naturelle, s'expliquent par l'ignorance totale des comportements de reproduction. Ceci concerne d'ailleurs d'autres espèces, en particulier le Bar, dont la ponte naturelle semble inhibée dans des bassins de stabulation, de volume inférieur à 10 m<sup>3</sup> (BARNABE, 1976<sub>b</sub>).

Ce problème vaut d'être étudié sérieusement dans l'avenir, car il permettrait sans aucun doute de diminuer les volumes nécessaires à l'obtention d'oeufs fécondés de bonne qualité et par là même, de multiplier les expériences sur les reproducteurs.

### *3.2.2. Qualité de la nourriture*

Le Tableau 22 rappelle les résultats de l'expérience "régime alimentaire" qui nous a permis de tester chez les Bars, l'influence d'aliments dits de croissance sur la ponte naturelle.

Le sex-ratio, et surtout les poids individuels des femelles, n'étant pas connus, nous ne ferons pas référence ici aux quantités d'oeufs récoltés .

Parmi les deux autres paramètres suivis (diamètre et taux de viabilité), seul le taux de viabilité diffère significativement d'un lot à l'autre. En effet, lorsque les poissons sont exclusivement ou partiellement nourris de poisson (lots a, b (1978) et c), la viabilité des oeufs est de l'ordre de 90% et est comparable dans les trois cas . Par contre, en 1976 et en 1977, le lot b, qui consomme alors uniquement du granulé sec, produit des oeufs de qualité médiocre..

LOT	ANNEE	NOMBRE DE POISSONS	NOMBRE DE PONTES	NOMBRE D'OEUFS	TAILLE MOYENNE (mm)	TAUX DE VIABILITE
a	1976	0	-	-	-	-
	1977	10 ♀ + 19 ♂	5	81 000	1,232	89
b	1976	30	2	135 000	1,203	56
	1977	30	4	8 500	1,126	75
	1978	7 ♀ + 20 ♂	11	150 000	1,176	91
c	1976	30	1	4 500	1,158	95
	1977	30	2	47 000	1,189	85
	1978	27	9	111 000	1,226	95

TABLEAU 22 : Caractéristiques des oeufs de bar récoltés dans le lot a nourri de morceaux de poissons, du lot b sur aliment sec et du lot c sur aliment humide.

Cet essai n'a pas la prétention de définir les besoins alimentaires du reproducteur de Bar ; il montre toutefois que la composition d'un aliment influence la ponte, et soulève un certain nombre de questions, concernant la composition des aliments. Il est déjà connu que la reproduction pour réaliser un cycle complet de reproduction, le poisson doit ingérer certains oligoéléments, acides aminés, acides gras et vitamines (KOENIG, 1977). Des expériences réalisées plus précisément sur des espèces d'eau douce : le Guppy (DAHLGREN, 1980), ou la Truite (HILGE, 1979), ont d'autre part montré qu'il existait une relation entre les taux de protéines de l'aliment, et la fécondité.

La qualité de la nourriture est un des aspects de ce problème. En fait, pour connaître les besoins alimentaires et augmenter la fécondité ou la qualité des oeufs, il paraît indispensable de contrôler à la fois quantité et qualité de la nourriture, car, à qualité égale, la quantité de nourriture distribuée, peut influencer le moment de la ponte, comme chez les Salmonidés (BAGENAL, 1969), ou encore, la fécondité, d'après des expériences faites sur des Cyprinidés (PIVAZIAN, 1975)

### *3.3 - Thermopériode et photopériode*

L'effet de ces deux facteurs sur la reproduction ressort d'abord des expériences de décalage de ponte où l'effet combiné de la thermopériode et de la photopériode est illustré par le décalage entre lots expérimentaux et lots témoins. De plus, les inégalités des cycles thermiques artificiels ou naturels fournissent des modifications supplémentaires très intéressantes qui ne sont malheureusement que des observations sur lesquelles nous ne pourrions pas nous appuyer vraiment pour conclure.

La discussion qui suit sera donc surtout basée sur les résultats obtenus dans des lots expérimentaux déphasés contenant des Bars, des Turbots, des Caurades (SDII ) et des Soles (SI ), les observations faites en conditions extérieures, servant à les étayer.

### 3.3.1. - Influence de la température et de la photopériode sur la période de reproduction.

Le terme "période de reproduction" correspond ici aussi bien à la maturation qu'à la ponte. Or, ces deux mots apparaissent très souvent dans le texte qui suit ; il nous a donc semblé important de les définir :

- la maturation se rapporte ici à l'ensemble des transformations que subissent les petits ovocytes dépourvus de vitellus pour devenir l'ovule chargé de vitellus à zona radiata épaisse, prêt à être expulsé.

- la ponte ou oviposition correspond à l'expulsion des ovules. Dans ce travail, elle est le plus souvent naturelle.

Il existe actuellement beaucoup de travaux qui traitent de l'influence de la température et de la photopériode sur ces deux phénomènes. Ainsi, quelle que soit l'espèce considérée, il est généralement admis que la photopériode déclenche la maturation des gonades. A ce niveau, la température peut seulement freiner le processus de développement des gonades, au même titre qu'elle freine le métabolisme général lorsqu'elle est trop basse ou trop haute.

La bibliographie donne moins de précision en ce qui concerne le déclenchement de la ponte, mais bien des auteurs attribuent à la température un rôle prépondérant dans ce domaine.

Mais il ne s'agit ici que d'un "courant d'idées" classique qui n'apparaît pas clairement pour toutes les espèces de Poissons, en particulier les poissons d'étang coupé (BRETON et Coll, 1980).

D'autre part, les résultats de la bibliographie sont souvent controversés (HTUN HAN, 1977) et les expériences ne sont pas, le plus souvent, assez diversifiées ; chez les Poissons encore, il est courant que les auteurs étudient l'effet de la lumière et oublient celui de la température. Il s'agit donc d'être très prudent pour l'interprétation de nos résultats, et admettre que l'explication des fluctuations accidentelles puisse se chercher en dehors de ce courant d'idées.

Espèce	Conditions naturelles	Conditions artificielles			
	Dates moyenne de ponte, calculée sur une période de plusieurs (années)	Bassin expérimental	Année	Décalage prévu (mois)	Décalage effectif (mois) (date moyenne de ponte)
<i>Dicentrarchus labrax</i>	28 avril (5 ans)	BDTI	1975	1	1 (19 mars)
			1976	3	2,9 (1 février)
			1976	4,5	4,8 (4 décembre)
			1977	6	6,3 (19 octobre)
			1978	6,5	8 (28 août)
			1979	6 jus- qu'en juin 79	7,3 (19 septembre)
<i>Scophthalmus maximus</i>	27 mai (5 ans)	BDTI	1975	1	0 (23 mai)
			1976	3	2 (28 mars)
			1976-1977	4,5	3,8 (30 janvier)
			1977-1978	6	4 (25 janvier)
			1978-1979	6,5	5,9 (4 décembre)
			1979-1980	6 jus- qu'en juin 79	6,5 (7 décembre)
<i>Solea solea</i>	16 avril (6 ans)	SI	1978	6,5	6,6 (1 octobre)
			1977	6 jus- qu'en juin 79	6,7 (26 septembre)

TABEAU 23 : Comparaison entre les décalages prévus au début de l'expérience de décalage de ponte et ceux qui ont été réellement observés. Les calculs sont effectués à partir des dates moyennes de ponte, calculées sur plusieurs années pour les bassins situés à l'extérieur : S.R.E. ; B.D.T.E., et les dates moyennes de pontes annuelles des bassins expérimentaux : S.I. ; B.D.T.I.



La saison de reproduction d'une espèce de pays tempérés se situe toujours à une époque où les conditions de température et de photopériode sont approximativement les mêmes. Il semble en fait que ces deux facteurs déterminent à eux seuls, sinon en grande partie, les dates de ponte, car si ces conditions particulières sont déplacées, la maturation et la ponte, sont décalées. C'est ce qui s'est produit dans les bassins expérimentaux, B.D.T.I. et S.I. Notons que les pontes ainsi déphasées des espèces se succèdent dans le même ordre qu'en conditions naturelles : les Daurades sont les plus précoces, les Soles et les Bars pondent ensuite, et enfin les Turbots.

Les résultats montrent cependant que les décalages prévus ne sont pas totalement respectés (tableau 23). C'est en particulier le cas pour le Turbot lorsque le schéma expérimental prévoit un décalage progressif de 6 mois, et de ce fait des cycles thermiques et photopériodiques de 10 mois : la saison de ponte retarde alors nettement. Mais précisons que ce sont probablement des caractéristiques liées à l'espèce, car le retard apparaît moins clairement chez les Bars, eux aussi décalés progressivement, ou chez les Soles, qui ont été brusquement transposées en octobre 1978, aux conditions des mois de février. Une fois les cycles de 12 mois rétablis, ces retards auraient pu s'estomper, et il n'aurait pas été étonnant de recueillir, comme à l'extérieur, tous les ans à la même époque ( $\pm$  15 jours), les oeufs d'une espèce. En fait, il n'en est rien : les premières pontes peuvent apparaître avec un décalage de 1 mois, en avance ou en retard, par rapport aux prévisions. C'est le cas en 1978 et 1979, avec les pontes de Bar et surtout de Daurades exceptionnellement précoces. Mais, dans ces cas précis, les anomalies de thermorégulation avaient été très importantes : raccourcissement de l'hiver, variations journalières de plus de 5° C, et on peut supposer que les poissons y aient été sensibles.

Malgré cela, et parce que les irrégularités des cycles thermiques n'empêchent pas une régulation grossière de la période de ponte, nous aurions tendance à penser que la photopériode contrôle de manière prépondérante les processus de maturation. Cela rejoindrait d'ailleurs les suggestions de nombreux auteurs (HTUN HAN, 1977 ; Max Quarrie et al, 1978 et 1979). Mais prépondérante n'est pas pour nous synonyme d'exclusif, car plusieurs faits tendent à montrer que les niveaux thermiques exercent un contrôle fin sur le début de la maturation, comme sur la ponte.

En ce qui concerne le début de la ponte, les remarques faites précédemment (voir page 65), en conditions extérieures, nous permettent de croire à l'existence de seuils thermiques de ponte (9,5-10° C pour le Bar, 8-8,5° C pour la Sole). L'exemple de la Daurade illustre d'ailleurs bien cette notion de seuil : en effet, sa ponte devrait normalement avoir lieu en début d'hiver, dans nos régions, c'est-à-dire à une époque où la température de l'eau dépasse rarement 10° C. Dans ces conditions, les Daurades (lot B.D.T.E.) n'ont jamais pondu. Pourtant, la majeure partie d'entre elles pèse en 1979 plus d'un kilo, et devrait donc avoir des ovaires fonctionnels. L'examen des gonades de cinq poissons a effectivement montré qu'il y avait bien eu une réversion de sexe, chez ces poissons, soit partielle, soit totale. Nous aurions donc du obtenir des lots d'oeufs comme dans le lot expérimental. Le fait qu'une grande différence de température existe entre le lot témoin (moins de 10° C) et le lot expérimental (12,5-13° C) explique vraisemblablement les différences de comportements. En effet, en 1979 des essais, étalés dans le temps, ont montré qu'au dessous de 12,5° C l'émission d'oeufs de Daurade est suspendue, et ceci pendant parfois plusieurs semaines. Lorsque la température de l'eau de mer oscille autour de ce seuil, il est fréquent de récolter des pontes très petites, de l'ordre de 100 à 500 oeufs.

L'existence de tels seuils de température au-dessous desquels la ponte est inhibée, ou éventuellement suspendue, n'est pas particulière aux poissons. Il ne serait donc pas impossible que la température, à différents niveaux et en relation avec l'espèce, soit responsable, dans le bac expérimental, des variations des dates de ponte, soit en les avançant, si l'inhibition est levée comme chez le Bar, soit en les retardant quand la température est trop basse comme chez la Daurade.

L'action de la température ne paraît cependant pas se limiter à la ponte, car, si ses variations peuvent provoquer des suspensions de ponte de plus d'un mois (résultats de 1980), il paraît peu probable qu'elle induise par une action à court terme, un déphasage supplémentaire. Jusqu'à présent, aucune expérience connue n'a d'ailleurs permis d'obtenir des avances de ponte de plus d'un mois, en changeant la température de l'eau du bassin de ponte, en fin de maturation, sans modifier l'éclairage. D'autre part, lorsque un décalage d'un mois est possible, la qualité des oeufs souffre de telles interventions, qu'il y ait (BARNABE, 1976b) ou non (d'après nos données non publiées), injections d'hormones. Or, dans le cas de nos expériences, la qualité des oeufs de pontes décalées est comparable à celles des oeufs de pontes normales. Les conditions photopériodiques étant comparables d'une année sur l'autre, nous pensons que les décalages importants pourraient s'expliquer par des relations température - début de maturations : ainsi, en 1978, la saison de ponte du Bar est en avance de 1,5 mois et succède à un automne marqué par une forte chute de température (diminution de 4° C en 15 jours au lieu de 1 mois). Celle-ci aurait pu initier la "maturation" des ovocytes.

Des phénomènes comparables ont été observés chez des espèces de poissons soumises à différentes combinaisons de température et de photopériode. Ils montrent en fait que l'un ou l'autre de ces deux facteurs, peut, dans certaines conditions, initier la vitellogenèse. C'est le cas pour le Mullet *Mugil cephalus* (KUO et al, 1973) ou pour le poisson rouge *Carassius auratus* (GILLET et al, 1978). Selon le premier auteur, la maturation des gonades nécessite quand même une combinaison favorable des deux facteurs. Il n'empêche que la température à elle seule peut inhiber la vitellogenèse, malgré des conditions de lumière idéales (GILLET et al, 1978).

Trop souvent, la photopériode fut considérée comme le facteur déterminant la "maturation" ovarienne, dans le sens large du terme. En fait, aussi bien les observations précédentes, que l'obtention de pontes d'une espèce par différentes combinaisons température-photopériode, montrent que l'action de ces deux facteurs se complète. Les résultats obtenus sur la Sole ou le Turbot illustrent d'ailleurs bien ce qui vient d'être dit, car leurs pontes sont induites par des conditions de température constante et de photopériode variable (HTUN HAN, 1977), que par des cycles thermiques et photopériodiques variables (GIRIN et al, 1978). Il en est de même pour la Daurade (GIRIN et al, 1978 ; ZOHAR et al, 1978) et pour un nombre important d'espèces de poissons d'eau douce ou d'eau de mer, auxquelles se rapporte la bibliographie de HTUN HAN (1977). Pourtant, aucun de ces travaux ne permet de préciser l'action de la température et de la photopériode, d'autant plus que leur importance relative varierait avec l'espèce étudiée (KUO et al, 1973).

D'autre part, on peut se demander si ce sont les variations cycliques des facteurs, ou leurs valeurs absolues, à un moment donné, qui initient le début de la maturation. Car que penser de certaines espèces, comme la Daurade, qui pondent naturellement et périodiquement, dans des zones où les cycles de température n'existent pas vraiment, comme en Israël.

Ces différents points doivent attirer très rapidement notre attention, car dans le cadre d'un élevage, intensif ou extensif, il est indispensable de simplifier les principes de décalage de pontes, et de les établir sur les connaissances précises des relations du milieu, avec le système hypophyse-hypothalamus, qui intègrent les impulsions de l'environnement (BRETON et al, 1980).

Ce problème dépasse le cadre des poissons, et il est tout à fait probable que les expériences réalisées dans ce domaine depuis déjà longtemps sur les mammifères et les oiseaux (DAJQZ, 1971) ou plus récemment sur les crustacés (LAUBIER-BONICHON et al, 1976) puissent inspirer nos futures expérimentations.

### 3.3.2 - Influence de la température et de la photopériode sur les caractéristiques des oeufs

#### 3.3.2.1. Le nombre d'oeufs pondus

Les quantités recueillies chez les lots déphasés sont plus faibles que chez les témoins (Tableaux 24-25-26-27). Chez les Bars et les Turbots, l'abaissement de production est particulièrement nette: le rapport NW/NP (défini p. 59) stagne tant que durent les contractions de cycles. Malgré une légère augmentation, correspondant à la réhabilitation des cycles de 12 mois, la "fécondité" reste, à nombre de pontes égales, très inférieures à celles du lot témoin. Pour cette dernière affirmation, nous nous basons uniquement sur les lots de Bars, les seuls restés pratiquement intacts depuis le début de l'expérience (Fig. 24.)

La production du lot de Soles avec moins de 30 000 oeufs par ponte, est elle aussi, plus faible que celle d'un groupe de poissons (S.R.E.) de même taille installé en conditions extérieures (> 50 000 oeufs par ponte).

Nous n'avons jamais recueilli de pontes de Daurades en conditions naturelles. Il est donc difficile de juger de la production d'oeufs du lot expérimental. Nous dirons simplement qu'elle semble au moins aussi bonne que celle de Dorades dont la maturation et la ponte sont provoquées en saison normale de reproduction et qui produisent en moyenne 60 000 oeufs par kilo de femelles, après injections d'hormones (LUMARE, 1978).

Chez les Bars, les Turbots et les Soles, il semblerait donc que les contractions de cycles thermiques et photopériodiques se soldent par un abaissement d'au moins 50 % de la "fécondité". Les résultats ne sont pas suffisamment précis pour mettre en évidence des différences spécifiques de l'ordre de 10 %. Par contre, il est intéressant de souligner que les réactions des différentes familles représentées vont dans le même sens, alors que chez deux espèces de Salmonidés, MAC QUARRIE et al (1978-1979) enregistre des réponses en tout ou rien aux mêmes conditions expérimentales. Notons que la comparaison est difficile, car les pontes de Salmonidés sont obtenues manuellement.

<i>Dicentrarchus labrax</i>	ANNEE	NOMBRE PONTES	PERIODE DE PONTE			NOMBRE D'OEUFs RECOLTES	NOMBRE D'OEUFs PAR PONTE
			1ère ponte	Moyenne	Dernière		
LOT TÊMOIN	1974	0	-	-	-	-	
	1975	10	14/04	21/04	29/04	347 000	35 000
	1976	26	29/02	12/04	19/05	5 138 000	200 000
	1977	39	2/03	25/04	4/06	8 993 000	230 000
	1978	49	8/03	29/04	7/06	12 580 000	260 000
	1979	46	14/03	3/05	10/06	17 000 000	370 000
LOT EXPERIMENTAL	1974	1	-	1/04	-	1 000	1 000
	1975	20	26/02	19/03	17/04	210 000	10 000
	1976	20	13/01	1/02	23/02	2 330 000	120 000
	1976	18	14/11	4/12	30/12	905 000	50 000
	1977	27	19/09	19/10	25/11	1 040 000	39 000
	1978	45	17/07	28/08	27/10	4 440 000	99 000
	1979	40	16/08	19/09	31/10	5 310 000	130 000

TABLEAU 24 : Résultats de l'expérience "Décalage de ponte" pour les Bars. Bien que le nombre de pontes soit comparable, les productions d'oeufs par ponte sont nettement plus faible dans le lot expérimental B.D.T.I.

<i>Scophthalmus maximus</i>	ANNEE	NOMBRE PONTES	PERIODE DE PONTE			NOMBRE D'OEUFs RECOLTES	NOMBRE D'OEUFs MOYEN / PONTE
			1 <sup>re</sup> PONTE	MOYENNE	DERNIERE		
LOT TÊMOIN	1975	30	1/05	30/05	7/07	3 500 000	117 000
	1976	16	23/04	13/05	5/06	4 210 000	263 000
	1977	0	-	-	-	-	-
	1979	20	21/06	17/07	7/08	2 000 000	110 000
LOT EXPERIMENTAL	1975	22	25/04	23/05	17/06	1 170 000	53 000
	1976	30	5/03	28/03	26/04	5 825 000	194 000
	1976-77	43	23/12	30/01	28/02	5 040 000	71 000
	1977-78	28	30/11	25/01	23/01	2 900 000	100 000
	1978-79	16	13/11	4/12	7/01	1 020 000	64 000
	1979-80	20	19/11	7/12	7/01	2 270 000	114 000

TABLEAU 25 : Résultats de l'expérience "Décalage de ponte" pour les Turbots. Les importantes mortalités enregistrées dans le lot témoin B.D.T.E., réduit ici les comparaisons à deux années : 1975 et 1976.

	Année	NOMBRE DE PONTES	PERIODE DE PONTE			NOMBRE D'OEUFs RECOLTES	NOMBRE D'OEUFs MOYEN/PONTE
			1 <sup>er</sup> PONTE	MOYENNE	DERNIER		
SOLEA S.R.E.	1978	24	9/03	23/4	15/05	1 990 000	83 000
	1979	23	24/03	13/4	12/05	2 390 000	104 000
SOLEA S.I.	1978	12	11/09	1/10	3/1	312 000	26 000
	1979	14	29/08	26/9	18/11	271 000	19 000

TABLEAU 26 : Résultats de l'expérience "Décalage de ponte" pour les Soles. Ici aussi, la production d'oeufs par ponte paraît plus faible dans le lot expérimental S.I. que dans le lot témoin S.R.E.

		Lots	N. de Pontes	N.oeufs récoltés.	N. oeufs/Pontes
BAR	1975	Témoin	170	44.060.000	259.000
	1979	Expérimental	171	13.240.000	77.000
TURBOT	1975	Témoin	46	7.710.000	170.000
	1975	Expérimental	52	7.060.000	130.000

TABLEAU 27 : Bilan général des quantités d'oeufs pondus par les Bars et les Turbots des lots témoins et expérimentaux de l'expérience "Décalage de ponte". Les différences de production, semblent montrer que les poissons soumis à des conditions artificielles de température et de lumière sont moins féconds, le nombre de pontes étant tout à fait comparable dans les deux bassins.

### 3.3.2.2- Les diamètres des oeufs

Les variations des diamètres moyens des oeufs sont moins nettes que celles du nombre d'oeufs. La taille des oeufs de Bars et de Turbots augmente légèrement avec le temps et semble plus faible chez les lots expérimentaux (Fig. 25). Il arrive toutefois que les diamètres soient comparables dans les bassins témoins et expérimentaux (Bars : 1977 - 1978). Du fait de cette variabilité, il est peu probable que le déphasage soit le seul responsable des différences de diamètres.

En effet, lorsque les poissons pondent dans des conditions thermiques ascendantes, les diamètres moyens des oeufs diminuent en cours de saison. Le phénomène est d'autant plus accentué que la période de ponte est longue (B.D.T.E.) ce qui rappelle les observations de HUBBS et al (1970), chez *Etheodostoma*. Il existe aussi bien en conditions artificielles que normales de température et photopériode. Par contre, aucune diminution n'est enregistrée lorsque la température est constante, comme cela s'est produit en 1978 et 1979, au cours des saisons décalées de pontes de Bars et de Dorades.

Ces relations pourraient aussi bien influencer les tailles moyennes annuelles des oeufs des différents lots et expliquer dans ce cas, que les oeufs des lots expérimentaux sont tantôt plus petits tantôt comparables à ceux des lots témoins, puisque, du fait des différences entre décalage prévu et obtenu, les poissons pondent en moyenne à des températures supérieures dans le lot expérimental (Tableau 28). Toutefois, il s'agit seulement là d'une hypothèse de travail qui rejoint la pensée de WARES (1975) mais doit être vérifiée par des expérimentations précises.

### 3.3.2.3- La qualité des oeufs

De même, les taux de viabilité et d'éclosion semblent indépendants des manipulations de température et photopériodes. Il est toutefois délicat d'affirmer que la qualité des larves des lots témoins ou expérimentaux est égale, sans avoir comparé leur comportement en élevage.

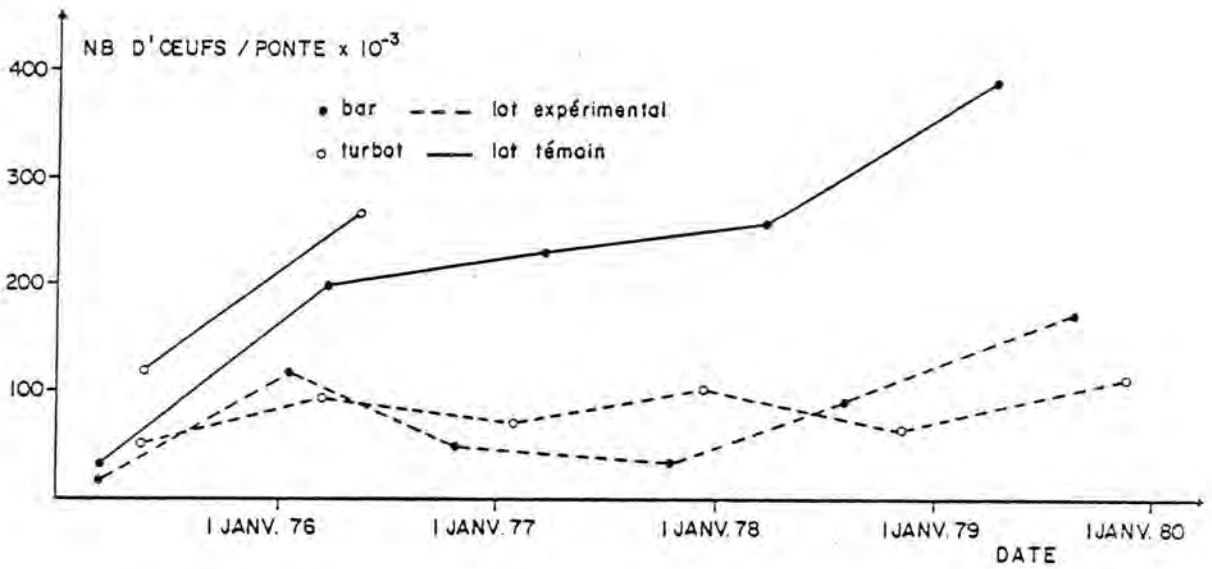


FIGURE 24 : Evolution des nombres moyens annuels d'oeufs récoltés par ponte de Bars et de Turbots des lots témoins et expérimentaux de l'expérience de "Décalage de ponte".

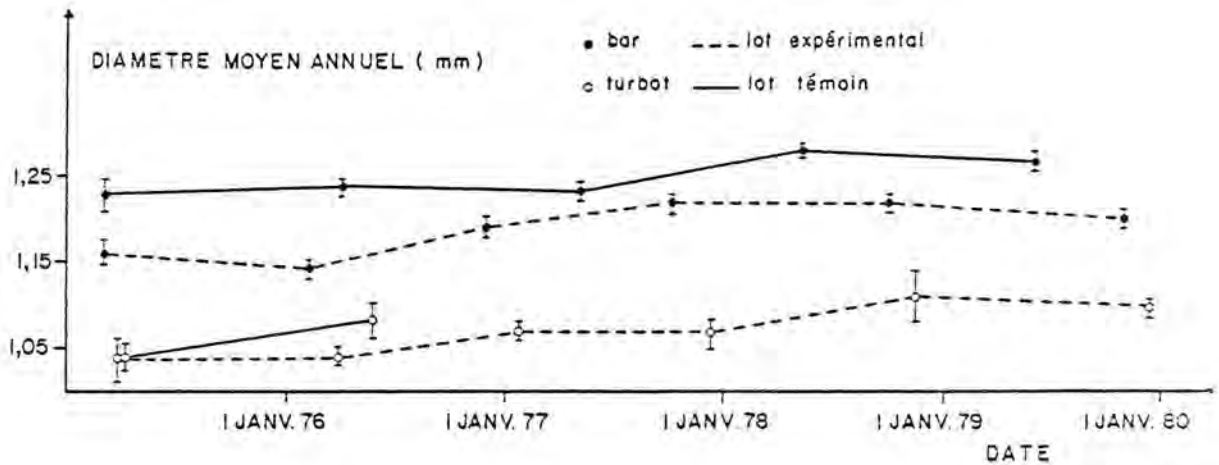


FIGURE 25 : Evolution des diamètres moyens annuels des oeufs de Bars et de Turbots des lots témoins et expérimentaux de l'expérience de "Décalage de ponte".



Lot Espèce	T(°C) : lot Témoin	T(°C) : Lot expérimental
Bar	de 11 à 12	de 13 à 14
Sole	10	12,5
Turbot	14	16

TABLEAU 28 : Températures moyennes de l'eau de mer, enregistrées au cours des périodes de ponte du Bar, de la Sole et du Turbot, dans les bassins extérieurs (lot témoin), ou ceux soumis à des température et photopériode artificielles (lot expérimental).

Ces observations soulèvent un problème d'ordre général. Comme nous venons de le dire, les poissons déphasés pondent dans des conditions différentes de température et de photopériode, de celles des lets témoins. Ces conditions, aussi bien que le phénomène "déphasage" avec tout ce qu'il implique du point de vue physiologique, pourraient être directement à l'origine des variations des caractéristiques des oeufs. Cela paraît tout à fait probable en ce qui concerne le diamètre des oeufs, mais explique mal la baisse de "fécondité", puisqu'il est généralement reconnu que ce sont les basses et non les hautes températures qui réduisent les quantités d'oeufs pondus (BLAXTER, 1970). En fait, il n'est pas exclu que l'abaissement de "fécondité" traduise l'existence d'un rythme interne contrarié. Pour lever ces doutes, et comme nous l'avons déjà dit, il est impératif dans l'avenir d'étudier le phénomène en dissociant les effets de la température et de la photopériode et d'associer les études fondamentales aux expériences descriptives.

## CONCLUSION

L'ensemble de ce travail montre en premier lieu que, en captivité, maturation et ponte naturelles sont possibles chez toutes les espèces de poissons étudiées. Cependant, les collectes d'oeufs ne sont pas toujours aussi importantes qu'on aurait pu le calculer, d'après les données bibliographiques. C'est en particulier le cas, durant les premières années de captivité de poissons matures.

Pourtant, bien des travaux insistent sur le fait que certaines espèces de poissons ne pondent pas naturellement en bassins, sans intervention humaine, ou sans injections d'hormones. Les exemples de la Daurade dorée *Sparus aurata* (ZOHAR et al, 1978 et 1979) ou du Mullet *Mugil cephalus* (KUO et al, 1973), sont bien connus. Hormis la taille des bassins, différentes des nôtres, et souvent variables, il est curieux de constater que dans ces cas, les reproducteurs sont sollicités pour produire des oeufs très rapidement (souvent moins d'un mois), après leur capture en milieu naturel, et leur mise en bassins de faible volume. La phase d'acclimatation est donc courte, et il est permis de penser que l'absence de pontes naturelles en découle, simplement. Pour obtenir des pontes naturelles, il semble important d'adapter les poissons pendant au moins deux ans, aux bassins de ponte.

De ce point de vue, l'utilisation des hormones paraît plus commode, à court terme. Mais dans ce cas, il serait souhaitable de contrôler la qualité des oeufs, et éventuellement de s'assurer que celle-ci ne varie pas avec le temps écoulé entre la pêche et la ponte des reproducteurs. Dans le cas contraire, comme le pensent KUO et al (1973) pour le Mullet et ARIAS (1976) pour la Daurade, l'intérêt de profiter de pontes aussitôt après la pêche, disparaîtrait.

La deuxième remarque importante concerne les caractéristiques des pontes : il semble qu'elles résultent de l'interaction de plusieurs facteurs :

- Les périodes de ponte correspondent à certaines plages de température, variables selon l'espèce considérée et varient donc avec l'âge des reproducteurs.

- Le nombre d'oeufs dépend :

- . en premier lieu de l'espèce et du poids des animaux

- . en second lieu, de la température et de la photopériode. Il peut s'agir ici, soit d'un blocage de l'oviposition par une variation brusque de la température, soit d'un effet du raccourcissement de la période des cycles thermiques et lumineux circannuels.

- . en troisième lieu, du nombre d'années de stabulation. S'il n'y a pas oviposition, il peut s'agir seulement d'un artefact de comportement lié à la captivité.

- Le taux de viabilité de l'oeuf est lié au niveau d'adaptation des poissons, aux conditions de stabulation ainsi que semble-t-il au régime alimentaire et aux caractéristiques des bassins. Il existe aussi des différences entre espèces.

Il faut remarquer que dans tous les cas de figures, les caractéristiques de ponte sont liées à l'espèce.

D'une façon générale, la captivité, comme elle fut conçue, affecte plus les poissons plats que les poissons ronds. Il faut cependant noter que les individus appartenant à une espèce ne réagissent pas non plus de la même façon. Cela se remarque surtout à la variabilité du nombre d'oeufs récoltés par ponte, aux variations saisonnières de taille et de viabilité des oeufs. Il n'est malheureusement pas possible, dans le cadre de cette étude, de relier cela à l'âge ou aux caractères individuels des poissons, mais ceci doit être envisagé dans l'avenir : en effet, une telle démarche permettrait d'orienter les recherches vers la sélection des parents, comme chez les Salmonidés, et donc d'améliorer éventuellement, croissance et survie des larves mises en élevage.

En plus des interactions espèces-facteurs externes, des relations entre les caractéristiques des oeufs ont été mises en évidence : il semble

en effet que chez le Bar, les taux de viabilité faibles correspondent aux tailles extrêmes des oeufs. Cela soulève une question importante, dont il faudrait aussi se préoccuper dans l'avenir. Ce ne sont probablement pas les seules relations, mais l'avancement des travaux, et les modalités de recherche n'ont pas encore permis d'en soupçonner d'autres.

En revanche, le pouvoir d'éclosion d'un oeuf viable est la caractéristique la plus stable. En effet, quelque soit l'espèce, l'âge des parents et les conditions de captivité, la taille et le taux de viabilité de la ponte, l'oeuf viable a de grandes chances d'éclore. Certes, nous enregistrons parfois des écarts de 40% entre taux de viabilité et taux d'éclosion, mais cela provient plus à notre avis des conditions d'incubation. En fait, au-delà de la ponte, tout se passe comme si le reproducteur avait une moindre influence sur la survie des oeufs, qui serait à son tour, essentiellement déterminée par le milieu de vie.

Le prochain chapitre, montre précisément de quelle façon, quelques facteurs externes peuvent favoriser ou inhiber les développements d'oeufs embryonnés et de larves vésiculées.



## DEUXIEME PARTIE

---

INFLUENCE DE FACTEURS EXTERNES  
SUR L'INCUBATION D'OEUFS PELAGIQUES  
ET LA SURVIE DES LARVES VESICULEES.





## INTRODUCTION

La plus grande partie des connaissances concernant l'influence du milieu extérieur sur le développement des poissons avant alimentation (embryon et larve vésiculée) fut obtenue dans des conditions d'incubation stables (SMITH, 1957 ; BLAXTER, 1970).

C'est ainsi qu'a été mise en évidence l'importance des caractéristiques chimiques de l'eau douce ou de l'eau de mer sur l'incubation : le pH, les concentrations de composés ammoniacaux, ou encore, la salinité et l'oxygène qui ont une incidence marquée sur la durée et la qualité du développement embryonnaire des oeufs pélagiques ou benthiques (BLAXTER, 1970).

D'autre part, même si la composition de l'eau en cours d'élevage est idéale pour la survie d'une espèce, d'autres facteurs la contrôlent. C'est le cas bien connu de la température. Il existe, et cela pour chaque espèce, une température optimale d'incubation ainsi que des seuils minimaux et maximaux. Il est intéressant de remarquer que des expériences effectuées sur les espèces marines qui nous préoccupent ici : la Sole (IRVIN, 1974 ; FONDS, 1979) ; le Bar (BARNABE, 1976) ; le Rouget (MENU et al., *in press*) ; la Daurade (ALESSIO et al., 1974) ; le Turbot (JONES, 1972) et le Mullet (KUO et al., 1972), montrent que le développement embryonnaire est possible dans une fourchette d'un peu plus de 10°C.

L'influence de la lumière sur le début du développement des poissons, a par contre été peu étudiée. Si NIKOLSKY (1963) estime que la lumière excessive peut être néfaste, il semble d'une manière générale que les seuils létaux d'intensité, soient moins marqués que ceux de la température, voir inexistant.

Toutes ces recherches ont permis de mettre au point des systèmes d'incubation où le taux d'éclosion dépasse souvent 50 % et peut atteindre 100 %. Cependant, les résultats sont rarement réguliers et les techniques doivent donc être affinées. En effet, de plus en plus, on se rend compte que des incidents en cours d'incubation, même fugaces peuvent nuire au bon développement des oeufs : c'est le cas d'élévation de température (IRVIN, 1974), de chocs mécaniques ou de simples manipulations à des stades fragiles, telle que la fermeture du blastopore (BLAXTER, 1970).

D'autre part, une incubation "chaotique", sans empêcher l'éclosion, peut induire chez les larves, une plus grande fragilité en élevage, ou des malformations (KITAKA, 1977 ; RAJAGODAL, 1979).

En fait, il y a peu de données à ce sujet : elles concernent pour la plupart, des espèces d'eau douce. C'est pourquoi, ce chapitre est consacré à l'étude de l'influence de stress plus ou moins intenses et plus ou moins durables, sur le développement de l'oeuf pélagique et de la larve vésiculée de poissons marins intéressant l'aquaculture.

Des chocs thermiques, mécaniques ou chimiques sont testés, ils peuvent être induits par certaines activités aquacoles : conditions particulières d'incubation et transport de matériel vivant, ou par des traitements industriels de l'eau, en mer.

Dans ce dernier cas, les stress sont intenses et fugaces, mais non incompatibles avec des incidents techniques de laboratoire.

Dans tous les cas, les mortalités d'oeufs ou de larves, ainsi que les déformations de larves sont estimées, afin de connaître les conséquences de stress, plus difficiles à observer que les arrêts de développement.

## I - LES INTERVENTIONS LIEES A L'AQUACULTURE

### 1. L'INCUBATION

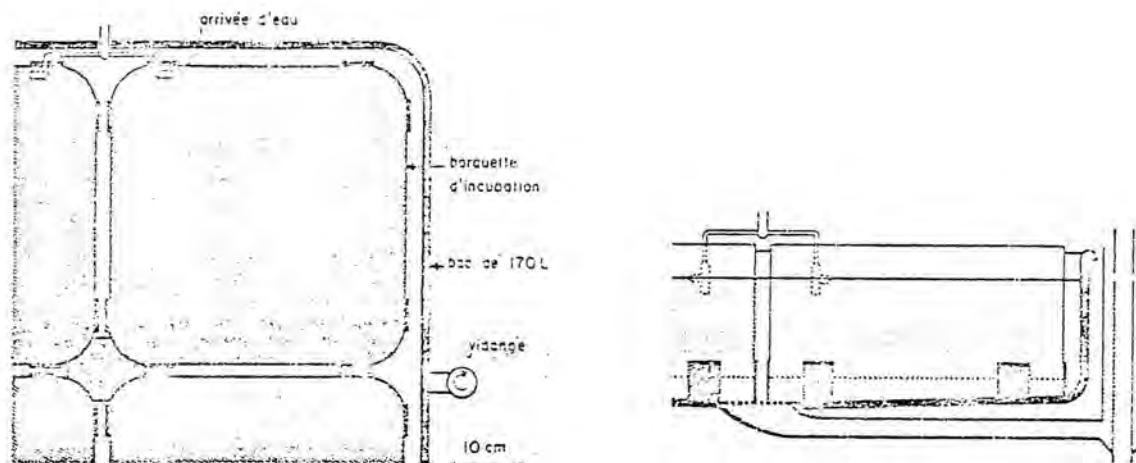
Les oeufs pélagiques peuvent éclore dans des appareils très différents, soit une simple boîte remplie d'eau (SHELBOURNE, 1968 ; DUGGAN, 1977) soit des appareils plus élaborés où le renouvellement d'eau continu brasse les oeufs. Depuis le modèle de FABRE-DOMERGUE et BIETRIX (1905), bien d'autres ont été mis au point (BARNABE, 1976b; GIRIN, 1978).

Les taux d'éclosion des oeufs peuvent atteindre 100 % dans tous les cas, cependant, chaque technique a ses inconvénients : le milieu stagnant, ne permet d'incuber que des charges très faibles, moins de 1 000 oeufs par litre (SHELBOURNE, 1968 ; NASH & al., 1973) et l'emploi d'antibiotiques est souvent indispensable. En revanche, en milieu ouvert, les concentrations au litre peuvent être au moins triplées, sans risque (GIRIN, 1978). L'expérience montre que dans ce cas, même si les conditions de température et de salinité sont optimales, les oeufs ne sont pas toujours brassés de la même façon et les taux d'éclosion sont de ce fait aléatoires (DEVAUCHELLE, 1976).

Le travail présenté ici a pour but d'améliorer les performances quantitatives et qualitatives des incubateurs de type milieu ouvert. A travers diverses expériences, l'efficacité de plusieurs méthodes de renouvellement d'eau est testée.

#### 1.1. *Matériel et méthodes*

Au cours des expériences, nous utilisons trois types d'incubateurs :  
- les incubateurs de 25 à 45 litres, mis au point par GIRIN (1978) et régulièrement utilisés au Centre Océanologique de Bretagne depuis cette date ;



FIGURES 26 et 27 : Barquettes d'incubation pour oeufs pélagiques installés dans un bac de pisciculture subcarré à évacuation centrale de 170 litres.  
Chaque barquette (29 l) peut assurer dans des conditions convenables l'incubation de 100 000 oeufs de Bar.

- les incubateurs de 6 litres : c'est en "réduction", le modèle de 25 litres. Son faible encombrement (L : 44 cm x l : 22 cm x h : 8 cm) permet de multiplier les tests ;

- les incubateurs de 25 à 45 litres équipés d'un "air-lift". Deux règles en PVC soutiennent une colonne centrale en PVC, perforée de quatre orifices disposés sur un centre à 3 cm du bord supérieur de l'incubateur. Un tuyau d'air comprimé y est introduit. De ce fait, l'air insufflé entraîne, en remontant, de l'eau. Les orifices rejettent continuellement ce mélange air-eau et entretiennent un léger brassage des oeufs dans l'incubateur.

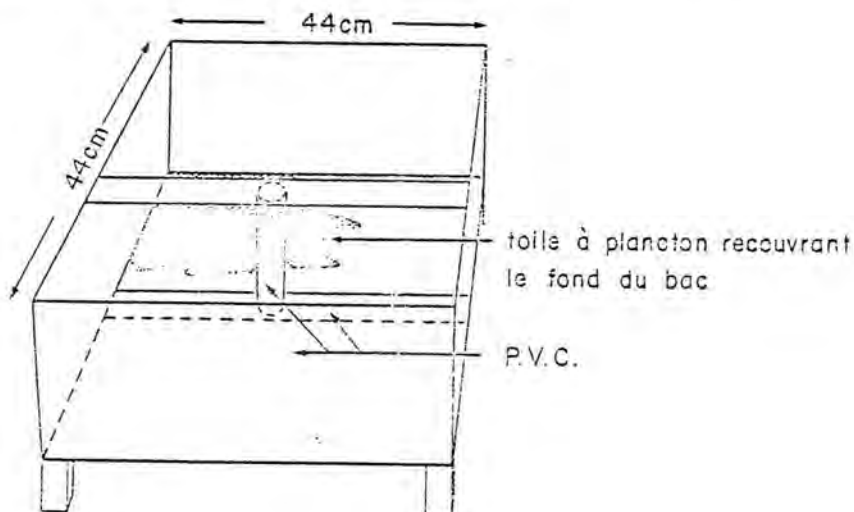


FIGURE 28 : Barquette d'incubation équipée d'un "air lift" central.

Des lampes éclairent en continu les incubateurs alimentés en eau de mer, dont la température est identique à celle des bassins de ponte. Les expériences se déroulent dans une ambiance à 20° ; la température de l'eau est de 12 ± 1°C. Les incubateurs de grand volume sont alimentés en eau filtrée sur sable , les incubateurs de 6 litres, en eau simplement décantée.

Le jour de la ponte, les oeufs sont comptés et homogénéisés dans une jarre cylindro-conique puis répartis dans chaque incubateur-test où est étudiée successivement, l'influence du débit, de la charge et du type d'incubateur sur le pourcentage d'oeufs morts, de larves mortes et de larves vivantes normales ou malformées.

*1.2. Etude de l'influence de la vitesse de l'arrivée de l'eau (estimée par le débit d'alimentation) sur les taux d'éclosion*

Les expériences portent sur 2 pontes de Bar et se déroulent dans des incubateurs simples de 25 litres, à raison de 5 000 oeufs par litre. Le débit de l'alimentation unique est réglé à l'aide de pinces parallèles à 36, 72 ou 120 litres par heure. Il s'en suit une variation de la vitesse (non mesurée) de l'arrivée de l'eau, dans l'incubateur.

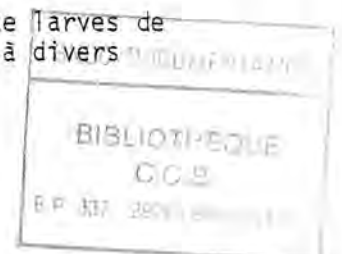
Les témoins sont des incubateurs de 100 cm<sup>3</sup> (cf. p. 21 ) qui contiennent environ 1 000 oeufs/litre.

Nous constatons, d'après les taux d'éclosion et d'anomalies (Tableau 29 ) qu'un débit de 72 litres par heure est satisfaisant, en-dessous de cette valeur, les oeufs s'agglutinent dans les coins de l'incubateur et meurent rapidement.

N° DE PONTE	NOMBRE D'OEUFS/LITRE	DEBIT LITRE/HEURE	LOTS EXPERIMENTAUX		TEMOIN
			TAUX D'ECLOSION	TAUX D'ANOMALIES	TAUX D'ECLOSION
91	4 600	36	19	32	90
	4 600	= 50	69	15	
	4 600	72	93	5	
	4 600	120	82	6	
84	4 200	36	43	30	89,5
	4 200	72	81	10	

TABLEAU 29 : Taux d'éclosion et taux d'anomalies d'oeufs et de larves de Bar ayant incubé dans un volume d'eau renouvelé à divers rythmes.

*Filtres Lacron.*



Les résultats de l'essai réalisé à 120 litres par heure sont identiques à ceux de 72 litres/heure. Malgré cela, et par mesure d'économie, nous avons poursuivi les tests au débit de 72 litres/heure.

### 1.3. Présentation de nouvelles techniques d'incubation

L'arrivée d'eau dans les incubateurs permet de maintenir constantes la température et la concentration en oxygène. Une arrivée d'eau efficace doit empêcher les agglutinations d'oeufs. Dans bien des cas, nous nous sommes prémunis de ces problèmes en multipliant les arrivées d'eau. Comme cette technique ne peut être concevable dans le cas de grands volumes nécessaires à l'incubation des pontes supérieures à 500 000 ou 1 000 000 d'oeufs, nous avons recherché un système d'incubation ne demandant pas une alimentation en eau fixe et spécifique, mais de conception simple et applicable à grande échelle.

Un premier essai est réalisé dans des incubateurs de 6 litres installés en série dans un bac rectangulaire (L : 200 cm x l : 45 cm x h : 30 cm). L'eau arrive à une extrémité du bac et s'évacue par trop-plein à l'autre extrémité. Le passage de l'eau dans les incubateurs tient donc seulement du principe des vases communicants.

Les résultats de cette incubation "statique" sont décevants (Tableau 30). En cours d'expérience, la température des témoins et des lots expérimentaux n'a pas varié : 12°. L'eau des incubateurs a donc été renouvelée, mais le brassage trop faible n'a pas évité l'agglutination d'oeufs en surface. Aux concentrations de 5 500 et 8 200 oeufs par litre, l'embryon s'est développé jusqu'au stade neurula, alors qu'à celles de 10 900 oeufs par litre, les oeufs sont morts très tôt.

TYPE D'INCUBATION	NOMBRE D'OEUFs/LITRE	TAUX D'ECLOSION
Témoins (100 cm <sup>3</sup> )	1 500	95 %
Statique	2 700	40 %
	5 500	0
	8 200	0
	7 500	0
	10 900	0

TABEAU 30 : Résultats de l'incubation d'oeufs de Bar dans un milieu peu brassé.

Les tests se poursuivent dans des bacs rectangulaires plus profonds (50 cm) dans lesquels sont installés les incubateurs simples et ceux à "air-lift". Tous deux ont un volume de 30 litres. Dans le premier cas, l'eau arrive tangentiellement à la surface avec un débit de 72 litres/heure. Dans le second cas, la pression d'air comprimé est réglée de façon que l'eau soit brassée le plus doucement possible. (débit moyen : 10 l/heure)

Ce nouveau système donne des taux d'éclosion plus satisfaisants avec des taux d'anomalies très faibles, (Tableau 31).

N° DE PONTE	INCUBATEUR	NOMBRE D'OEUF/LITRE	TAUX D'ECLOSION	TAUX DE MALFORMATION
97	1	2 300	72	5
	2	2 300	89	2
	Témoin (100 cm <sup>3</sup> )	1 000	93	4
98	1	3 500	87	10
	2	3 500	96	5
	Témoin (100 cm <sup>3</sup> )	1 600	95	5
103	1	3 800	73	25
	2	3 800	92	4
	Témoin (100 cm <sup>3</sup> )	1 200	91	4

TABEAU 31 : Comparaison de taux d'éclosion des oeufs et de taux d'anomalies des larves observées dans deux systèmes d'incubation différents : à arrivée d'eau tangentielle (INCUBATEUR 1) ou à air lift (INCUBATEUR 2)

Nous avons utilisé pour ces tests, les dernières pontes du printemps 1979.

D'ores et déjà, on peut dire que ce type d'incubation est très intéressant : il ne demande pas une alimentation d'eau spéciale, et pourrait donc être monté à l'extérieur comme à l'intérieur, dans des bassins de plus grands volumes, moyennant l'emploi d'un petit compresseur, le débit d'air comprimé utilisé étant très faible.

D'autre part, dans de grands incubateurs, il est plus facile d'obtenir une bonne circulation des oeufs en multipliant les points d'air-lift que les arrivées d'eau tangentielles.

## DISCUSSION

Les paramètres physico-chimiques de l'eau sont comparables dans les deux incubateurs. L'oxygène dissous, en particulier, se situe entre 90 et 100 % de la saturation.

Une différence existe cependant au niveau de l'intensité des chocs mécaniques. Dans l'incubateur simple, l'arrivée d'eau tangentielle propulse les oeufs vers les parois. L'oeuf peut alors se déformer, et éventuellement, ses tissus peuvent se briser plus facilement que lorsqu'on utilise un système à air-lift qui permet un brassage lent et régulier.

Nous pensons que la réduction de ces chocs mécaniques suffit à augmenter la qualité et la quantité des larves à l'éclosion : les tensions sont en effet connus pour avoir des conséquences mortelles sur les oeufs et les larves de poissons du fait des déformations (ULANOWICZ, 1975) ou de l'altération des tissus (CHARM et al., 1970).

En modifiant les incubateurs existants, il est probable que nous ayons simplement diminué les stress d'origine mécanique auxquels sont sensibles les oeufs

## 2. LES TRANSPORTS D'OEUFS ET DE LARVES

Les stations d'élevage de poissons sont souvent confrontées aux problèmes de transport pour l'approvisionnement en reproducteurs (CUINAT et al., 1960), juvéniles (MEINZ, 1978 ; FONTAINE, 1979) ou en produits sexuels (DAHLBERG et al., 1978). Jusqu'à présent, les essais de transport d'oeufs concernaient essentiellement les oeufs benthiques de Salmonidae (DAHLBERG et al., 1978) et de Cyprinidae. La technique de transport sur substrat humide utilisée pour ce type d'oeufs ne convenant pas aux oeufs pélagiques de poissons marins d'élevage, le Centre Océanologique de Bretagne se devait de rechercher une technique adaptée au transport des oeufs de Bars, de Soles ou de Turbots qui intéressaient de nombreux laboratoires français ou étrangers.



Au COB, des essais en laboratoire ont déjà été réalisés sur des oeufs de Turbots conditionnés en sachets plastiques gonflés à l'air ou à l'oxygène (LEMERCIER, 1975). Les résultats montrent que l'oeuf résiste mieux au transport lorsqu'il est expédié en milieu d'incubation, quand les charges n'excèdent pas 5 000 oeufs par litre et que les sacs sont gonflés à l'oxygène. La durée du transport inférieure à 24 heures n'a aucune influence sur le taux d'éclosion.

En se basant sur ces premiers résultats, GIRIN réalise en 1975, les premiers envois d'oeufs de Bars, par avion et confirme les observations de LEMERCIER (1975). Pour des oeufs expédiés en milieu d'incubation, la mortalité ne dépasse pas 10 % et les larves sont normales. Après un transport réalisé en fin d'incubation, ils donnent par contre naissance à des larves difformes qui survivent mal. Ces premiers essais furent un succès, mais les demandes d'oeufs augmentant, il fallut simplifier le conditionnement et travailler à des concentrations plus élevées, sur le matériel le plus résistant. Des expériences récentes, relatives aux stress, ayant montré que les larves vésiculées supportent mieux que l'oeuf des chocs thermiques (BARNABE et al., 1976) ou des variations de pression (HOSS et al., 1979), il parut donc intéressant d'expérimenter aussi la résistance au transport du stade "larve vésiculée".

## 2.1. Matériel et méthodes

### - Matériel

Les sacs cubiques utilisés par GIRIN (Comm. pers.) sont remplacés par des gaines droites en polyéthylène de 1/100e d'épaisseur thermosoudées aux deux extrémités, en biais de façon à ne pas isoler une partie des oeufs ou des larves, du volume total d'eau, qui varia entre 8 et 16 litres. Une fois les oeufs et les larves comptés, les taux de viabilité (oeufs) ou les taux de malformations (larves) sont évalués. Les oeufs ou les larves sont ensuite transvasés dans les sacs de polyéthylène, dont la partie supérieure est thermosoudée. Ils sont enfin gonflés à l'oxygène par un petit orifice. Cela se fait en deux temps : l'air est d'abord chassé du sac,

enfin, il est remplacé par l'oxygène pur. Ainsi préparés, les sacs (1 ou 2) sont placés dans des containers cylindriques en plastique que l'on double intérieurement de polystyrène expansé (fig. 29).

Les tableaux de résultats présentés plus loin concernent exclusivement des envois à destination de Montpellier (Deva Sud). Le transport, effectué de jour, dure en moyenne 10 heures et se décompose en 30 minutes de voiture, 1 heure de vol, 6 heures d'attente dans les soutes à bagages des avions ou les aérodromes, 1H30 de vol et 1 H de voiture. A cela, il faut enfin ajouter 2 heures d'attente en chambre froide, avant le départ du Centre Océanologique de Bretagne.

#### - Méthodes

Le but de ce travail est essentiellement, de connaître dans des cas bien particuliers de transport, l'influence de la concentration et du stade de développement de l'oeuf ou de la larve sur la réussite du transport.

En réalité, les expéditions doivent leur existence uniquement aux demandes en oeufs et larves de laboratoires extérieures au Centre Océanologique de Bretagne. De ce fait, elles concernent des quantités définies et doivent se faire à certaines périodes de l'année, suivant le calendrier de vol et éventuellement des grèves. Ces exigences sont peu compatibles avec un protocole expérimental précis, surtout lorsqu'on étudie l'influence des stades de développement très fugitif (cf. p.25 ) chez les poissons marins.

Nous savons en particulier, que tous les essais n'auraient pu être répétés. Le premier travail fut donc d'estimer la variabilité des résultats obtenus sur 2 lots d'oeufs d'une même ponte. Les concentrations testées par la suite, sont très supérieures à celles étudiées par LEMERCIER (1975) : entre 5 000 et 20 000 oeufs/litre. Les stades de développement concernés couvrent l'ensemble de l'embryogénèse et les premières phases larvaires (jusqu'à la larve de 4 jours).

Les variations des caractéristiques de l'eau - concentrations en oxygène et composés azotés - ou tout simplement la température, ne sont pas contrôlées en cours de transport. D'autre part, leurs estimations, après le transport, à l'exception de la température, ne sont pas régulières. Seules figurent donc dans les tableaux, les variations thermiques maxima entre le conditionnement et l'arrivée du colis. La température de départ est toujours faible : entre 10 et 13°C.

Du fait des changements d'expérimentateurs, au départ ou à l'arrivée, le comptage des survivants est considéré fiable à 10 % près ; les malformations dont l'estimation nécessite une certaine habitude sont simplement jugées comme normales (moins de 5 %), importantes (de l'ordre de 20 %) ou catastrophiques (plus de 50 %).

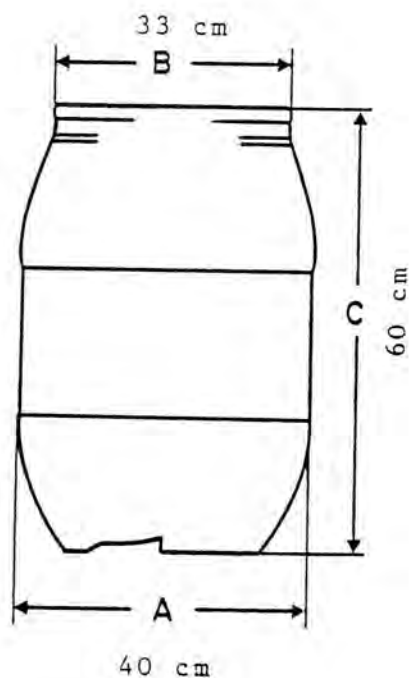


FIGURE 29 : Container en plastique utilisé pour le transport d'oeufs et de larves vésiculées de poissons marins.

Marque Mauser

N° DE PONTE	STADE	CONCENTRATION/ LITRE	TAUX DE SURVIE/TAUX DE VIABILITE
58	Neurula avancée	7 000	71
		7 000	70
58	Larve de 2 jours	2 300	89
		2 300	89
59	Début de	4 700	98
		4 700	99
62	Neurula	5 900	83
		5 900	81

TABEAU 32 : Résultats d'envois dupliqués.

## 2.2. Les résultats

Dans tous les cas, la température varie peu (de 1 à 3°C) et les taux de malformations sont "normaux" ; nous ne les mentionnerons donc pas.

### - Essais préliminaires

Les premiers essais permettent de vérifier que deux lots appartenant à une même ponte, expédiés dans les mêmes conditions, donnent des résultats comparables (Tableau 32). De ce fait, nous n'exclurons pas de ce qui suit, les résultats d'essais uniques.

### - Influence de la concentration sur les taux de survie, après transport

Les tests sont réalisés sur des oeufs de Bar et de Sole, dont la concentration dans l'eau de mer varie de 5 000 à 20 000 oeufs par litre. Un seul est dupliqué (ponte 86). Ses résultats confirment d'ailleurs ce qui est dit plus haut.

Dans tous les cas, les taux de mortalité diffèrent peu d'une concentration à l'autre, pour un stade donné (Tableau 33). Entre 5 000 et 15 000 oeufs par litre, des taux de mortalité, les différences n'excèdent jamais 10 %, marge d'erreurs due au comptage, et ne vont pas régulièrement dans le même sens. Lorsque la concentration atteint 20 000 oeufs par litre, il semble qu'il y ait un abaissement du taux de survie. Cependant cette remarque relève d'un seul essai, qui ne permet pas de considérer d'autorité, cette concentration comme une limite pour un envoi d'oeufs de Bar, durant 10 heures.

### - Influence du stade "oeuf ou larve" sur la réussite du transport

Les envois spécialement destinés à tester l'influence du stade n'ont pu être nombreux. Nous les avons donc complétés au risque de nous répéter, par les résultats précédents, en prenant soin de différencier les faibles des hautes concentrations (Tableau 34).

Les survies inférieures à 80 % sont en fait l'exception : elles concernent l'oeuf au stade neurula avancée et la larve âgée de 4 jours (L<sub>4</sub>). Dans ce dernier cas, on peut supposer que la larve a épuisé, en grande partie, ses réserves vitellines ; la mortalité pourrait donc résulter de l'action conjuguée, ou synergique du stress et du jeûne.

ESPECE	N° DE PONTE ET STADE	NOMBRE D'OEUFFS PAR LITRE	VOLUME D'EAU (LITRES)	TAUX DE SURVIE/ TAUX DE VIABILITE x 100
BAR ( <i>DICENTRARCHUS LABRAX</i> )	31 Morula	10 000	13	98
		12 000	13	100
		15 000	13	100
	74 Gastrula	12 000	8	93
		15 000	8	97
		20 000	8	68
	86 jeune neurula	10 000	8	100
		10 000	16	100
	72 Neurula	10 000	8	81
		15 000	8	91
56 Prééclosion	5 000	8	96	
	7 000	11	100	
83 Prééclosion	15 000	8	92	
SOLE ( <i>SOLEA SOLEA</i> )	12 Morula	8 000	10	100
		10 000	10	86

TABLEAU 33 : Influence de la concentration sur le succès d'un transport.

ESPECE	CONCENTRATIONS	STADE	TE/TV	NOMBRE D'ECHANTILLONS
BAR ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	2 000 < [C] < 7 000 oeufs par litre	Morula	0,91	1
		Blastula	0,83	1
		Gastrula	0,99	2
		Neurula.A	0,71	2
		Préécl.	0,98	2
		L <sub>1</sub>	0,89	2
		L <sub>2</sub>	0,66	3
	7 000 < [C] < 15 000 oeufs par litre	Morula	1	3
		Blastula	0,97	2
		Gastrula	1	2
Neurula		0,93	2	
Préécl.		0,92	1	
SOLE ( <i>Solea solea</i> )	8 000	Morula	0,93	1
	10 000			
	8 000	Blastula	1	1
	10 000	Gastrula	0,85	1
	5 000	L <sub>1</sub>	1	1
3 000	L <sub>2</sub>	0,83	1	

TABLEAU 34 : Influence du stade d'oeuf ou de larve utilisé sur le succès d'un transport. (Neurula.A = Neurula avancée).

### 2.3. Interprétation et discussion

Au cours du transport, les oeufs et les larves consomment de l'oxygène et rejettent des produits d'excrétions métaboliques d'autant plus vite que la température est élevée.

Il s'en suit des diminutions des pH et de la teneur en oxygène dissous, dont dépendent le développement des oeufs et des larves (HOLLIDAY et al., 1964 ; KAUR et al., 1978). Parallèlement, la concentration en produits azotés, comme l'ammoniaque, qu'on sait létal à faibles doses pour les larves de truite *Salmo gairdneri* par exemple (BURKHALTER et al., 1977), augmente. Malheureusement l'influence de ces différents facteurs n'a pu être étudiée au cours des transports de courte durée, décrits plus haut.

En conclusion, nous dirons donc simplement que les oeufs et les larves supportent très bien une série de chocs mécaniques (manipulations, manutentions et surpressions) ou thermiques de faible amplitude : aucun effet sur les taux de survie ou d'anomalies apparait nettement ; à court ou à long terme (BEDIER, comm. pers.), ceci quelque soit les stades de développement de l'oeuf ou de la larve vésiculée.

Le trajet testé comporte donc peu de risque, cela ne veut pas pour autant dire qu'aucune précaution ne doive être prise, car des transports de plus longue durée (entre 24 et 48 heures) ont bien souvent été catastrophiques, du point de vue survie ou malformations. Les résultats ne sont pas assez nombreux pour être détaillés ici. Ils ont pourtant permis de remarquer que ces échecs concordent avec une élévation de température de plus de 3 ou 4 degrés et non pas avec le temps de trajet ou le nombre de manutentions. Ce type de stress est particulièrement mal supporté par les oeufs (FUCHS, comm. pers.). Les larves résistent mieux, mais elles présentent des malformations importantes comme cela se produit parfois après des chocs thermiques de courte durée (voir p. 123 et suivantes).

Dans la mesure où nous n'avons pas enregistré la température en cours de trajet, il nous est difficile de connaître l'origine et la durée des réchauffements qui peuvent simplement résulter d'une exposition prolongée au soleil. Nous nous limiterons donc simplement à faire remarquer que la tolérance des oeufs et des larves aux chocs thermiques est très faible et que dans certains cas, l'isolation thermique des containers devrait être améliorée.

En ce qui concerne les concentrations, nous n'avons pas de comparaison possible entre transports de courte et longue durée car ceux-ci ont tous été réalisés à des charges très faibles : entre 2 500 et 6 000 oeufs ou larves par litre. Dans ces conditions, nous n'avons mis en évidence aucune relation entre la charge et la durée du transport.

Les résultats de ces transports sont encourageants, car ils montrent que l'oeuf supporte mieux un trajet court réel qu'une expérience de transport de même durée, simulée en laboratoire. Il n'en reste pas moins vrai que les expériences de laboratoire sont les seules qui permettent de comprendre l'influence de chaque facteur, température, oxygène, composés organiques et l'eau sur le succès d'un transport. C'est par elles que l'on trouvera le conditionnement le mieux adapté à chaque type de transport. Après avoir mesuré les risques de transports réels, il s'agit donc de développer à nouveau les essais en laboratoire, afin de minimiser les risques de mortalité et de malformations, en toutes circonstances.

TESTS	SAISONS DE PONTE	ESPECE	ANNEE	DATES DE PONTE	
				DEBUT	FIN
CHOCS THERMIQUES	Avancée	Bar	1976	14 novembre	30 décembre
		Turbot	1976-1977	23 décembre	28 février
	Normale	Bar	1977	2 mars	4 juin
		Sole	1977	5 mars	9 mai
		Rouget	1977	8 avril	2 juin
CHLORATION ET Δ PRESSION	Normale	Bar	1978	8 mars	7 juin
		Sole	1978	9 mars	15 mai
		Rouget	1978	2 avril	2 juin

TABEAU 35 : Périodes de ponte durant lesquelles ont été réalisés les chocs thermiques, mécaniques et chimiques.



\* II - ETUDES EN LABORATOIRE DE L'INFLUENCE DES CHOCS THERMIQUES, MECANIQUES  
ET CHIMIQUES SUR LES OEUFS ET LARVES DE POISSONS MARINS

Le but de cette étude est, dans un premier temps, d'évaluer les effets de chaque type de stress sur les oeufs et les larves et dans un second temps, de les comparer. Nous avons donc travaillé, le plus possible, dans les mêmes conditions ; les stades étudiés ainsi que les températures d'incubation, méthodes d'échantillonnage, et mesures effectuées avant ou après expérience, ont en fait très peu varié. Par contre, pour simuler les chocs thermiques, les chlorations et les variations de pression, des installations spécialisées ont été mises en place. Afin d'éviter les redites, le texte présente les matériels et méthodes communs aux trois types de chocs étudiés, avant d'aborder les matériels, protocoles et résultats particuliers aux chocs thermiques, à la chloration et aux variations de pression.

1. CHOIX DES PARAMETRES BIOLOGIQUES

1.1. *Périodes d'expérimentations et températures de bases*

Ces expériences se sont déroulées sur deux ans, en fonction des périodes de ponte et des quantités d'oeufs disponibles : en 1977, les tests se sont étalés sur 8 mois, utilisant à la fois des oeufs pondus en saison avancée et des oeufs récoltés en saison naturelle. En 1978, les expériences ont eu lieu au printemps période normale de ponte. (Tableau 35).

Les températures d'incubation ou de base ( $T_0$ ) correspondent si possible, aux températures de l'eau de mer, au moment de la ponte qui varient avec l'espèce et le moment précis de ponte (Tableau 16). Nous espérons en début d'étude travailler à une température de base constante, ce qui aurait simplifié l'interprétation des résultats. 1977 a été une année de rodage et ce choix n'a pu être respecté.  $T_0$  varia entre 12 et 17°C. Par contre, en 1978, tous les essais se sont déroulés à  $13 \pm 1^\circ\text{C}$ .

---

\* Cette étude a été réalisée dans le cadre des contrats EDF  
77/1746/F et 75/1557/F.

- Les pontes

D'après les résultats d'études précédentes (BROOKS et al., 1977 ou WEISS et al., 1977), il semble que l'intensité des réactions aux pollutions change avec l'individu, la femelle et donc l'origine de la ponte. Nous avons donc testé des échantillons appartenant à des pontes différentes.

- Les stades testés

Nous avons expérimenté deux stades, l'un embryonnaire, l'autre larvaire.

Les stades de développement embryonnaire n'ont pas tous les mêmes résistances aux manipulations et aux variations de milieu. Chez les poissons euryhalins, les premiers stades de développement sont les plus critiques (HAYES, 1949) jusqu'à la fermeture du blastopore (FRANCK, 1974). Chez les poissons marins comme le Bar (BARNABE et al., 1976) ou le Turbot (LEMERCIER et al., 1976), des expériences en laboratoire ont montré que la sensibilité aux variations de température, est accrue en fin d'incubation (neurula avancée ou prééclosion). Le but de cette étude étant d'évaluer les risques minimum encourus par les oeufs, le plus raisonnable était de les tester en début de neurulation.

Le choix du stade larvaire était beaucoup plus limité : en effet faute de salle d'élevage larvaire thermostatée, il fallut travailler sur des larves vésiculées avant qu'elles ne s'alimentent ; les tests ont lieu à l'âge de 12 à 24 heures lorsqu'elles sont "déroulées". Les comptages se font environ 48 h après les chocs.

### 1.2. *Eléments techniques*

#### - Echantillonnage des oeufs et des larves

Les oeufs viables et les larves vivantes sont prélevés à l'aide d'un bécher dans un incubateur de 25 litres puis placés dans un cristallin-soir. Les échantillons peuvent être alors prélevés très précisément à la pipette ou approximativement au verre de montre.

Un test rapide, ayant montré que le pipettage des oeufs augmente la proportion des larves malformées (tableau 36), il était préférable d'évaluer grossièrement le nombre d'oeufs (entre 100 et 200 par incubateur), la concentration n'ayant pas d'influence sur les survies et anomalies des larves à ces valeurs (DEVAUCHELLE, 1976).

Prélèvement	N° de ponte	Taux d'éclosion	Taux d'anomalies
A la pipette	1	96	74
	2	98	32
Verre de montre	1	97	48
	2	95	24

TABLEAU 36 : Effet du pipettage sur les taux d'éclosion des oeufs et les malformations des larves.

#### - Incubation

En cours d'échantillonnage, oeufs et larves sont répartis dans les petits incubateurs de 100 cm<sup>3</sup> mis au point par LEMERCIER (1975). Ces derniers sont installés, jusqu'au moment des mesures, dans un récipient de 50 litres où l'eau est renouvelée une fois par heure.

### 1.3. *Paramètres mesurés*

#### - Mortalité

Nous n'utilisons pour ces expériences que des oeufs dont la viabilité est vérifiée. Quand l'expérience porte sur des larves, nous ne retenons que des lots contenant moins de 5 % de larves malformées.

Si le test porte sur les oeufs :

Le pourcentage de larves vivantes, mortes et le nombre d'oeufs morts, aussitôt après le test, au stade en préclosion ou pendant l'éclosion est calculé environ 24 heures après l'éclosion. Contrairement à BARNABE et al., (1976) aucun élément caractéristique ne nous a permis de dater la mort d'un oeuf à quelques heures près.

Si le test porte sur les larves :

Les larves mortes qui coulent au fond de l'incubateur et deviennent très vite opaques, sont comptées 48 heures après l'expérience.

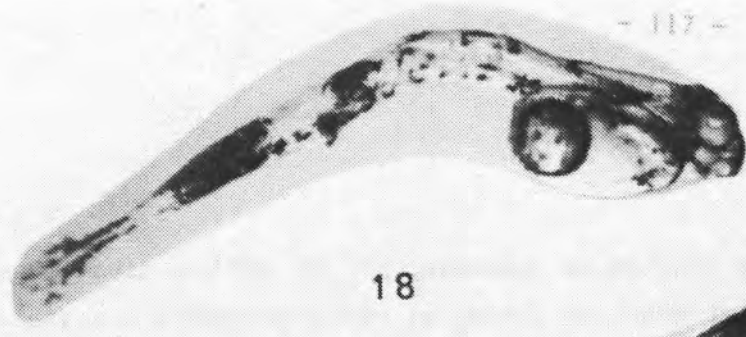
#### - Malformations du squelette

Un milieu plus ou moins pollué peut induire chez les poissons des effets sublétaux (SCHUBEL, 1975) qui provoquent selon la pollution, des changements de comportement (CLARK, 1969 ; MOSS, 1970), des retards de croissance (BLAXTER, 1977 ; EATON, et al., 1978) des aberrations chromosomiques (LONGWELL, 1977) ou des malformations squelettiques (VOLODIN, 1960 ; SINDERMAN, 1973). Il a donc semblé intéressant de consacrer une partie de cette étude aux effets secondaires dûs aux chocs.

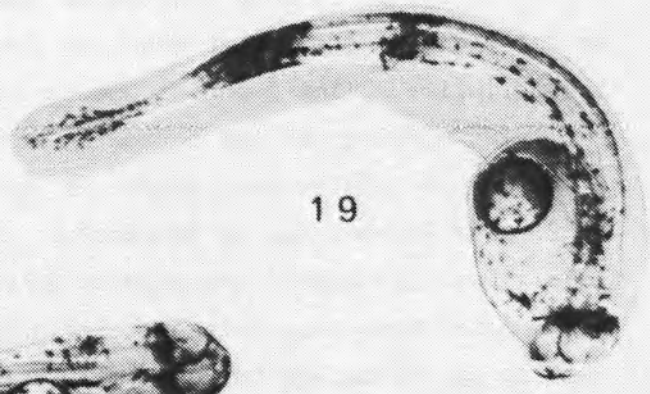
Les malformations de la chorde ayant paru élevées dès les premiers tests de choc thermique, c'est cette catégorie d'effets sublétaux qui a retenu notre attention. Les anomalies ont été évaluées sur chaque lot témoin et expérimental. Elles peuvent être classées en quatre catégories, réparties comme suit, quelque soit l'espèce :

- Les cassures de la chorde, en avant de la tête, au milieu du corps et en arrière de l'anus (photos 18 à 20). : 92% des malformations.
- Les déformations de la queue : enroulement dextre, senestre, inférieur et supérieur (photo 21) : 2% des malformations.
- La taille réduite de la larve (photo 23) : 5% des malformations.
- Les anomalies diverses, telles les bicéphalies (photo 22), ou l'absence de pigmentation : 1%, des malformations.

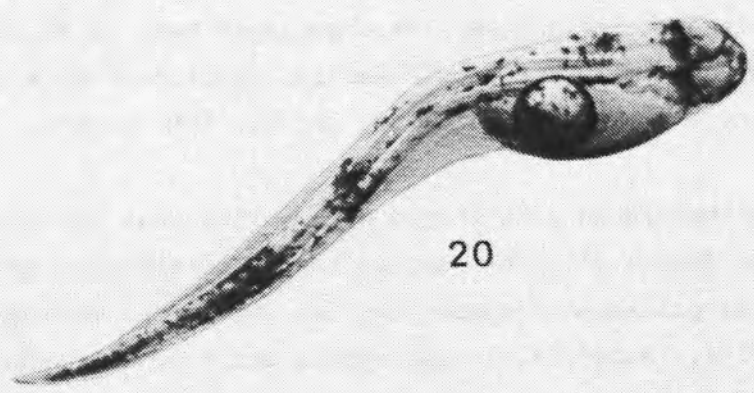
Précisons que les larves vivantes sont plus faciles à observer sous anesthésie (MS222).



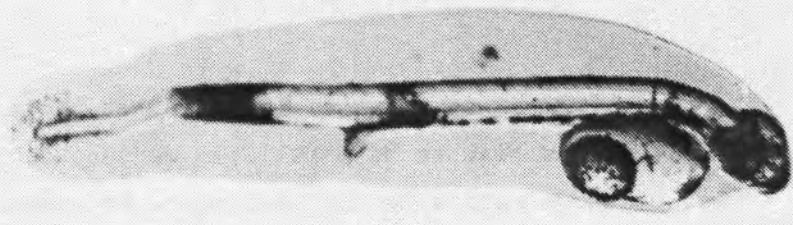
18



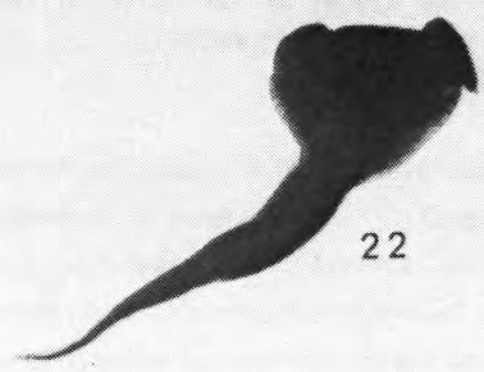
19



20



21



22



23

PLANCHE 3 : MALFORMATIONS DE LARVES VESICULEES.

Photos 18 à 22 : Larves de Bar  
Photo 23 : Larve de Sole

## 2. LES CHOCS THERMIQUES

Les pollutions thermiques apparaissent, en mer, au niveau des zones de rejet d'eaux chaudes et dans les unités de refroidissement d'installations industrielles. Elles prennent une importance particulière dans le cas de centrales électriques implantées en bordure de mer (MULLER-FEUGA et al., 1979). L'eau chaude rejetée se disperse et forme des taches thermiques de 5°C à 10°C, plus élevées que la température d'eau de mer normale (KHALANSKY, 1978). Dans ces zones, les espèces autochtones qui supportent de très faibles variations, disparaissent. Par contre, les organismes dont la reproduction est favorisée par des températures élevées les remplacent en modifiant parfois profondément l'équilibre biologique (BENON, 1976 (1977)).

Les variations thermiques sont encore plus fortes dans les unités de refroidissement et des études d'impact américaines ont d'ailleurs montré que dans bien des cas, les poissons ne supportent pas les chocs, même de courte durée (MARCY, 1971). Toutefois, la résistance varie avec l'espèce, le stade et les amplitudes thermiques.

Dans nos régions, les températures estivales dépassent rarement 18°C, et les risques de mortalités peuvent donc paraître plus faibles pour les poissons marins de nos latitudes. Pourtant, lorsque l'eau est échauffée de 10 à 17°C (variations courantes dans les centrales électriques), sa température atteint 35°C, et dépasse donc largement les maximums supportés par les oeufs ou les larves de ces poissons élevés en eau de mer à température stable. Nous essayons ici d'en estimer les conséquences.

### 2.1. *Chocs thermiques progressifs*

Dans un premier temps, nous avons tenu à respecter la durée de réchauffement observée dans un échangeur -en moyenne 7 secondes-, sans pourtant utiliser pour la simuler, de appareils élaborés avec serpentins, (MAGGI et al., 1978) qui du fait de leur faible section, engendrent des chocs mécaniques importants. Dans nos tests, un simple mélange d'eaux froide ( $T_0$ ) et chaude ( $T$ ) à volume égal, permet d'obtenir un réchauffement progressif de l'eau de mer.

$$T = 2 (T_0 + T) - T_0$$

Quatre  $T$  sont ainsi testés :  $\Delta$  10  $\Delta$  12  $\Delta$  15  $\Delta$  17°C

### 2.1.1. Matériel et méthodes

#### - Description de l'unité choc thermique

L'unité "choc thermique" se compose de deux récipients en polychlorure de vinyle (PVC) décalés de 1 m en hauteur.

Le récipient supérieur est un cylindre à fond conique (hauteur : 15 cm ; diamètre : 20 cm). Un tuyau en vinyle de 15 mm de diamètre intérieur le relie au récipient cylindrique inférieur (hauteur : 23 cm ; diamètre : 20 cm).

Le lot expérimental est placé dans les deux litres d'eau de mer à température de base ( $T_0$ ) que contient le récipient inférieur. L'eau de mer chauffée ( $T$ ) est versée dans le récipient supérieur rendu étanche par un bouchon en caoutchouc que l'on enlève au moment du choc. Une différence de niveau de 1 m permet avec ce montage, de réaliser le mélange en 7 secondes.

#### - Réalisation des stations à haute température et du refroidissement des échantillons

Sitôt après le réchauffement, les petits incubateurs sont transférés dans des récipients de 5 litres chacun (20 cm de hauteur ; 31 cm de diamètre), en PVC, isolés extérieurement par du polystyrène expansé dans lesquels la température  $T_0 + T$  peut être maintenue 5, 10, 15 ou 20 minutes. Ces temps écoulés, les échantillons sont refroidis dans les mêmes récipients avec de l'eau à température de base ( $T_0$ ) aux débits de :

- 15 litres/minute pendant les 20 premières secondes ;
- 10 litres/minute de 20 à 80 secondes ;
- 1,25 litres/minute de 80 secondes à 50 minutes.

La chute de température est contrôlée par un enregistreur à plusieurs voies, qui montre qu'au bout de 50 minutes, la température de l'eau de mer se situe à  $T_0 + 1^\circ\text{C}$ . (Figure 30).

Les premiers résultats ayant montré que le montage induit peu de chocs mécaniques, il était inutile de recourir à des systèmes plus élaborés où les changements de débit d'eau sont commandés par une bande magnétique de programmation (BATTAGLIA & al. , 1976) ou par générateurs d'impulsion (MAGGI & al. , 1978).

#### - Tests effectués

Les tests concernent quatre espèces : le Bar, la Sole, le Turbot et le Rouget. Les échantillons d'oeufs ou de larves sont soumis à des séquences : Tableaux 37 et 38. Les températures de base varient (Tableau 39).

Les lots appelés  $T_m$  sont ceux qui passent dans les différentes unités sans subir de chocs thermiques.

STADE		ESPECE			
		BAR	SOLE	TURBOT	ROUGET
Oeuf (début de neurulation)	Ponte 1	24 échantillons de 100 oeufs environ	24 échantillons de 100 oeufs environ	24 échantillons de 100 oeufs environ	24 échantillons de 100 oeufs environ
	Ponte 2	"	"	"	"
	Ponte 3	"	"	"	"
Larve vésiculée	Ponte 1	"	"	"	"
	Ponte 2	"	"	"	"
	Ponte 3	"	"	"	"

TABLEAU 37 : Ensemble des espèces et stades soumis aux chocs thermiques.

$\Delta T$ (°C)	DUREE DE PALIER (mn)				TEMOINS	
	5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
10	1 échantillon de 100 oeufs environ	échantillon de 100 oeufs environ	échantillon de 100 oeufs environ	échantillon de 100 oeufs environ	échantillon de 100 oeufs environ	échantillon de 100 oeufs environ
12	"	"	"	"	"	"
15	"	"	"	"	"	"
17	"	"	"	"	"	"

TABLEAU 38 : Détail des 24 échantillons mentionnés dans le tableau ci-dessus.



STADE ESPECE	OEUF	LARVE
Turbot	17	15
	17	16
	16	14
Sole	17	17
	12,5	13
	13	13
Bar	12	12,5
	12	12,5
	12	13
Rouget	12,5	13
	12,5	13
	13	13,5

TABLEAU 39 : Températures de base ( $T_0$ ) correspondant aux quatre espèces étudiées.

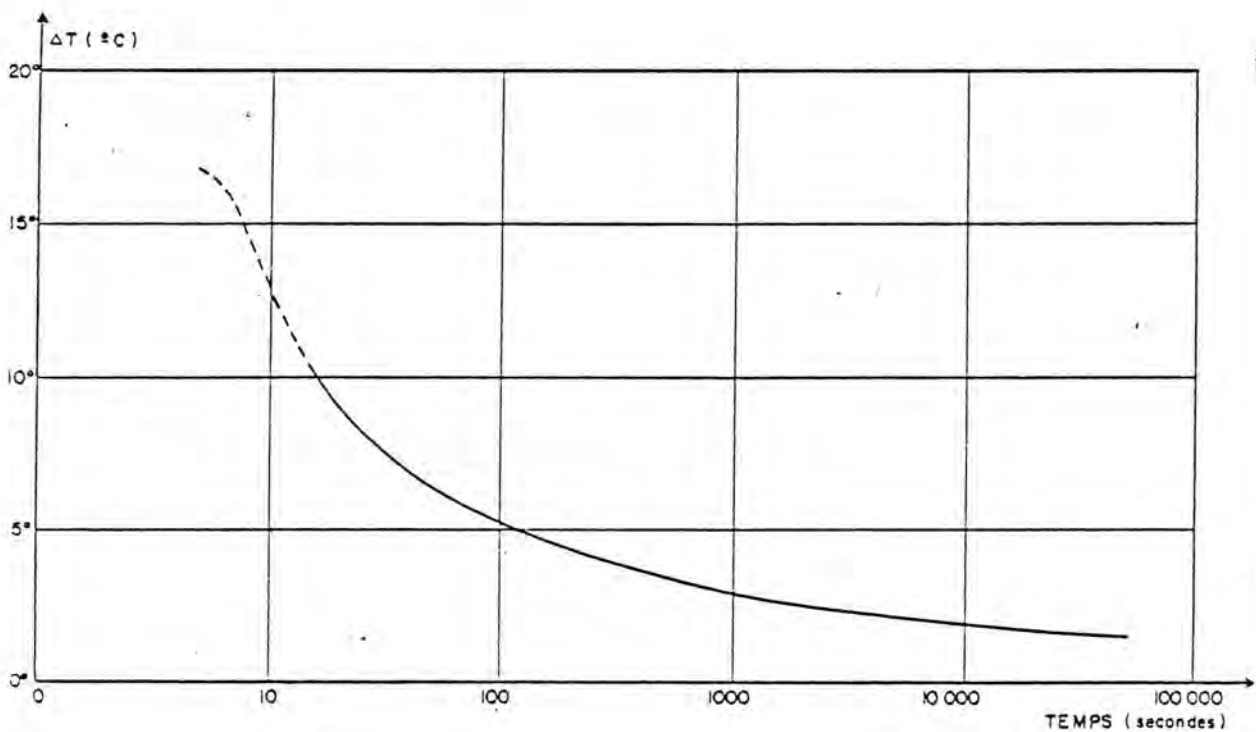


FIGURE 30 : Cinétique de refroidissement de l'eau de mer, après une variations brutale de la température.

2.1.2. Résultats

Les résultats sont regroupés par espèce et par stade (Tableaux dans plusieurs tableaux ( 40 à 55 ) dont chacun présente les résultats de douze témoins qui n'ont subi de contrainte, ni mécanique, ni thermique ; (T) de douze échantillons qui ont subi les contraintes mécaniques dues au système expérimental ( $T_M$ ) et de quarante-huit lots expérimentaux soumis par groupes de trois appartenant à trois pontes différentes, -à seize combinaisons  $\Delta T$ - palier.

2.1.2.1. Le Bar

- Oeufs

Observations :

Les résultats de taux d'éclosion des lots témoins et expérimentaux de la ponte B 35 sont en général plus faibles que ceux des autres pontes. L'utilisation d'oeufs au stade neurula avancé, peut expliquer une plus grande sensibilité aux manipulations.

La fragilité de la ponte B 35 ne se remarque pas pour les anomalies.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		5	10	15	20	T	$T_M$
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	63	62
	17	51	48	39	35	68	62

TABLEAU 40 : Taux d'éclosion des oeufs de Bar correspondant à différentes associations  $\Delta T$ -palier.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		5	10	15	20	T	$T_M$
Ponte n° 23	10	5	43	12	9	15	13
	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	17	25	16	30

TABLEAU 41 : Taux d'anomalies des larves de Bar issues d'oeufs stressés correspondant à différentes associations  $\Delta T$ -palier.

- Larves

Observations :

Le choc thermique d'un effet létal uniquement : sur la ponte n° 58, au  $\Delta 17^\circ$ . Les températures de base sont pourtant les mêmes dans tous les cas.

Par contre, les taux d'anomalies sont remarquablement faibles, même aux chocs et durées les plus élevés.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		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 42 : Taux de survie de larves de Bar, correspondant à différentes associations  $\Delta T$ -palier.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</sub>
Pont n° 3	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	5	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 43 : Taux d'anomalies de larves de Bar, correspondant à différentes associations  $\Delta T$ -palier.

2.1.2.2. La Sole

- Deufs

Observations :

Les résultats de la ponte n° 3, correspondant à une température de base élevée (17°C, soit 5°C au-dessus de la température de ponte), montrent que au-delà de 30°C ( $\Delta 15$  et  $\Delta 17^\circ\text{C}$ ), les chances d'éclosion sont considérablement réduites et les taux d'anomalies élevés. Cela se confirme par les résultats des tests de pontes 13 et 20, lorsque  $T_0 = 12,5$  et  $13^\circ\text{C}$  et  $\Delta t = 17^\circ\text{C}$ .

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		5	10	15	20	T	$T_M$
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	5	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 44 : Taux d'éclosion d'oeufs de Sole, correspondant à différentes associations  $\Delta T$ -palier.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		5	10	15	20	T	$T_M$
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 45 : Taux d'anomalies de larves de Sole, issues d'oeufs stressés à différentes associations  $\Delta T$ -palier.

- Larves

Observations :

Les résultats 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.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		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 46 : Taux de survie de larves de Sole, correspondant à différentes associations  $\Delta T$ -palier.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		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 47 : Taux d'anomalies de larves de Sole, soumises à différentes associations  $\Delta T$ -palier.

2.1.2.3. Le Turbot

- Oeufs

Observations :

Les pontes 22 et 28 résistent moins bien que la ponte 31 aux manipulations et chocs thermiques et à l'incubation, car même les résultats des témoins T sont plus faibles. La température d'incubation de la ponte 31 (16°C) est certes plus faible d'un degré, cependant il semblerait que la qualité de la ponte soit plus responsable des bons taux d'éclosion, que la température d'incubation plus faible.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		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 48 : Taux d'éclosion d'oeufs de Turbot, soumis à différentes associations T-palier.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		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 49 : Taux d'anomalies de larves de Turbot issues d'oeufs soumis à différentes associations T-palier.

- Larves

Observations :

Les larves du lot n° 34 sont âgées de 2 jours au moment du choc thermique. Il est intéressant de noter que leurs taux de survie ou d'anomalies ne diffèrent pas de façon significative de ceux des autres lots.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		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 50 : Taux de survie de larves de Turbot soumises à différentes associations  $\Delta T$ -palier.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		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 51 : Taux d'anomalies de larves de Turbot soumises à différentes associations  $\Delta T$ -palier.

2.1.2.4. Le Rouget

- Oeufs

Observations :

La ponte n° 4 a subi les chocs thermiques dans des conditions strictement identiques aux pontes n° 11 et n° 20. Pourtant ses taux d'éclosion diminuent à partir d'un  $\Delta 12^\circ$ . Les taux de malformations élevés chez les témoins montrent que les oeufs de cette ponte sont particulièrement sensibles

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</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

TABEAU 52 : Taux d'éclosion des oeufs de Rouget soumis à différentes associations  $\Delta T$ -palier.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		5	10	15	20	T	T <sub>M</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

TABEAU 53 : Taux d'anomalies des larves de Rouget issues d'oeufs soumis à différentes associations  $\Delta T$ -palier.



- Larves

Observations :

Les taux de survie des témoins et des lots expérimentaux varient de façon irrégulière, quelque soient les pontes. Nous admettons ici que le faible nombre de larves par échantillon ( $\approx 50$ ) ne peut donner une image fiable de la sensibilité des larves de Rouget aux différents tests.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		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 54 : Taux de survie de larves de Rouget soumises à différentes associations  $\Delta T$ -palier.

	$\Delta t$ °C	DUREE DU PALIER - mn				TEMOINS	
		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 55 : Taux d'anomalies de larves de Rouget soumises à différentes associations  $\Delta T$ -palier.

### 2.1.3. Discussion

#### 2.1.3.1. Analyses statistiques

##### Témoins

Une première analyse de variance à deux facteurs (témoin et ponte) sans réplication (SOKAL et al., 1969), montre que les chocs mécaniques n'ont pas d'effet significatif sur les oeufs et les larves. Les résultats de l'analyse (tableaux 56 et 57) sont représentés par les signes ++ (significatif au seuil de 99 %), + (significatif au seuil de 95 %), - (non significatif).

TRAITEMENT DES FACTEURS	ECLOSION				ANOMALIES			
	TURBOT	SOLE	BAR	ROUGET	TURBOT	SOLE	BAR	ROUGET
Ponte	+	-	++	-	+	++	-	+
Témoin	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Delta T \times$ ponte	-	-	-	-	-	-	-	-

TABLEAU 56 : Résultats d'une analyse de variance destinée à mettre en évidence l'influence de l'origine de la ponte, des chocs mécaniques et de l'interaction de ces deux facteurs sur les conséquences des chocs mécaniques effectués sur les oeufs de poissons marins.

TRAITEMENT DES FACTEURS	SURVIE				ANOMALIES			
	TURBOT	SOLE	BAR	ROUGET	TURBOT	SOLE	BAR	ROUGET
Ponte	++	-	-	+	-	++	-	ND
Témoin	-	-	-	-	-	-	-	ND
$\Delta T \times$ ponte	++	-	-	-	-	-	-	ND

TABLEAU 57 : Résultats d'une analyse de variance destinée à mettre en évidence l'influence de l'origine de la ponte, des chocs mécaniques et de l'interaction de ces deux facteurs sur les conséquences des chocs mécaniques effectués sur les larves de poissons marins.

Dès lors que les témoins ayant ou non subi des chocs mécaniques, sont comparables, nous avons calculé leur moyenne pour chaque  $\Delta T$  et soumis les différences : lots expérimentaux-témoins à une analyse de variance à trois facteurs sans réplication (tableaux 58 et 59). L'effet des facteurs liés aux pontes, tels que taux de viabilité ou conditions d'incubation, est ainsi éliminé et permet de mieux relier les variations des résultats aux trois facteurs : origine de la ponte,  $\Delta T$  ou durée de réchauffement.

- Lots expérimentaux

- Les tests statistiques font apparaître plusieurs points importants :
- les larves sont moins sensibles que les oeufs au choc thermique ;
  - les réponses aux stress sont influencées par le  $\Delta T$  et l'origine de la ponte. A côté de ces deux facteurs, le temps de palier a peu d'importance ;
  - parmi les interactions, seule la combinaison  $\Delta T$ -ponte a un effet synergique. Ceci met de nouveau en évidence la grande influence des choix des pontes sur les résultats. De ce fait, nous avons omis les indications " $\Delta T$  x Durée" et "Durée-Ponte", dans les tableaux 58 et 59

FACTEURS	TAUX D'ECLOSION				TAUX D'ANOMALIES			
	TURBOT	SOLE	BAR	ROUGET	TURBOT	SOLE	BAR	ROUGET
$\Delta T$	**	**	**	**	**	**	*	**
Ponte	**	**	**	**	-	**	**	-
Durée du palier	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Delta T$ x ponte	**	**	**	-	-	**	*	-

TABLEAU 58 : Résultats d'une analyse de variance destinée à mettre en évidence l'influence de l'origine de la ponte, de l'intensité ( $\Delta T$ ) et de la durée (palier) du stress sur les conséquences de chocs thermiques effectués sur les oeufs de poissons marins.

FACTEURS	TAUX DE SURVIE				TAUX D'ANOMALIES			
	TURBOT	SOLE	BAR	ROUGET	TURBOT	SOLE	BAR	ROUGET
$\Delta T$	-	**	**	-	-	-	-	-
Ponte	-	-	-	*	**	-	-	-
Durée du palier	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Delta T$ x ponte	**	*	-	-	-	-	-	-

TABLEAU 59 : Résultats d'une analyse de variance destinée à mettre en évidence l'influence de l'origine de la ponte, de l'intensité ( $\Delta T$ ) et de la durée (palier) du stress sur les conséquences de chocs thermiques effectués sur les larves de poissons marins.

2.1.3.2. Influence des différentes composantes du choc thermique sur les oeufs.

- Effet de la ponte

Pour un même test, les taux d'éclosion varient légèrement d'une ponte à l'autre. L'écart, de l'ordre de 5 à 10 % aux basses températures s'accroît aux températures élevées, il atteint 30 % chez le Turbot. L'exemple du Rouget est encore plus frappant : les pontes réagissent très peu aux variations de température qui portent l'eau à 25° (n° 11 et n° 24). La ponte n° 4 accuse par contre une très forte mortalité aux mêmes valeurs.

Ces résultats concordent avec ceux de KOO et al., (1978) qui démontrent que les réponses d'oeufs de Bar américain, *Morone saxatilis* et d'Alose *Alosa aestivalis* à des chocs thermiques changent avec l'origine des oeufs.

Ce phénomène n'apparaît pas dans les résultats de taux d'anomalies : Les écarts d'une ponte à l'autre excèdent rarement 10%

- Effet de la durée du palier à haute température

Une exposition prolongée à température élevée, n'aggrave en général pas les taux de mortalité ou d'anomalies. Il y a cependant une exception, chez la Sole. Les résultats de la ponte n° 3 montrent en effet qu'il existe une nette influence de la durée du palier sur les taux d'éclosion et d'anomalies au  $\Delta 17^\circ\text{C}$  (Tableau 60). Notons, qu'au cours de cette expérience, la température atteint  $34^\circ\text{C}$ , soit  $4^\circ\text{C}$  de plus que les autres tests, à  $\Delta T$  égal. Dans des conditions similaires, le Turbot réagit peu, il serait donc plus résistant que la Sole aux températures élevées.

TEMPS DE PALIER mn	TAUX D'ECLOSION %	TAUX D'ANOMALIES %
5	46	44
10	17	71
15	7	100
20	0	100

TABLEAU 60 : Ces résultats concernent les oeufs de Sole. Ils montrent que lorsque la température de base est élevée, ici  $17^\circ\text{C}$ , l'influence de forts chocs thermiques ( $\Delta 17^\circ\text{C}$ ) peut s'aggraver avec la durée de station à haute température.

- Effet du  $\Delta T$

Les effets des réchauffements sont particulièrement alarmants sur les oeufs, d'autant plus que l'intensité du choc est forte :

- en effet, au  $\Delta 10^\circ\text{C}$ , il n'y a pas de différence entre les témoins et les lots expérimentaux ;

- au  $\Delta 12^\circ\text{C}$ , les mortalités et anomalies sont plus fortes uniquement chez les lots expérimentaux de Rouget ;

- alors que toutes les espèces, excepté le Bar, commencent à réagir, à une variation de  $15^\circ\text{C}$ .

- enfin, les pertes ou anomalies dues au  $\Delta 17^{\circ}\text{C}$ , atteignent 20 % chez le Bar et sont catastrophiques chez la Sole ( 30%), le Turbot ( 40%) et le Rouget ( 75%), (en moyenne).

Jusqu'à présent, nous avons raisonné en fonction du  $\Delta T$ . Pourtant, les études de chocs thermiques sur les poissons, se réfèrent la plupart du temps à la température maximum atteinte (TMA) (HOKANSON et al., 1974 ; HOSS et al., 1974 ; CAIRNS et al., 1978) qu'ils considèrent plus intéressante que le  $\Delta T$ .

Aucune expérience ne l'a vérifié chez les poissons marins ; toutefois, il est net que lorsque dans nos tests, la température de base ( $13^{\circ}\text{C}$ ) ne peut être respectée, comme chez la Sole (Tableau 44 ), où elle atteint une fois  $17^{\circ}\text{C}$ , (ponte 3) , une variation de  $12^{\circ}\text{C}$ , ou même de  $15^{\circ}\text{C}$ , suffit à diminuer nettement le taux d'éclosion. Il semblerait donc qu'il faille surtout tenir compte de la température atteinte et non de l'échauffement.

La théorie des TMA s'étant aussi vérifiée chez les Invertébrés (LAURENCE, 1979). Nous avons donc préféré, pour ce qui suit, raisonner en fonction de la température maximum atteinte et non de l'intensité du  $\Delta T$  (Figures 31 et 32).

### - 2.1.3.3. Influence des différentes composantes des chocs thermiques sur les larves

#### - Effet de la ponte

L'effet de ponte est moins net chez les larves que chez les oeufs, mais il est toutefois marqué. Les différences maximum enregistrées entre plusieurs pontes sont de 10 % (Rouget).

#### - Effets du $\Delta T$ et du temps de station à haute température

La résistance des larves au stress thermique est incontestablement plus forte que celle des oeufs. Sole et Bar seraient les espèces les moins tolérantes mais les taux de mortalité ne dépassent de 10 % ceux des témoins (Fig. 33 et 34).

Nous n'avons pas de références de travaux sur des espèces d'eaux tempérées, stressées aux mêmes stades. Ceux de BARNAGE et al., (1976) et BATTAGLIA et coll (1976), concernent des larves de Bar de 1 mois. Toutefois, ces résultats, , ont l'énorme avantage de nous montrer l'importance de l'appareillage utilisé puisque le premier auteur obtient de très fortes mortalités dans un système où les chocs mécaniques sont importants alors que le  $\Delta T$  n'est que de  $10^{\circ}\text{C}$  ( $T_0 = 18^{\circ}\text{C}$ ). A l'inverse, BATTAGLIA & al., (1976) n'observent que 10 % de mortalité à  $12^{\circ}\text{C}$  ( $T_0 = 17^{\circ}\text{C}$ ).

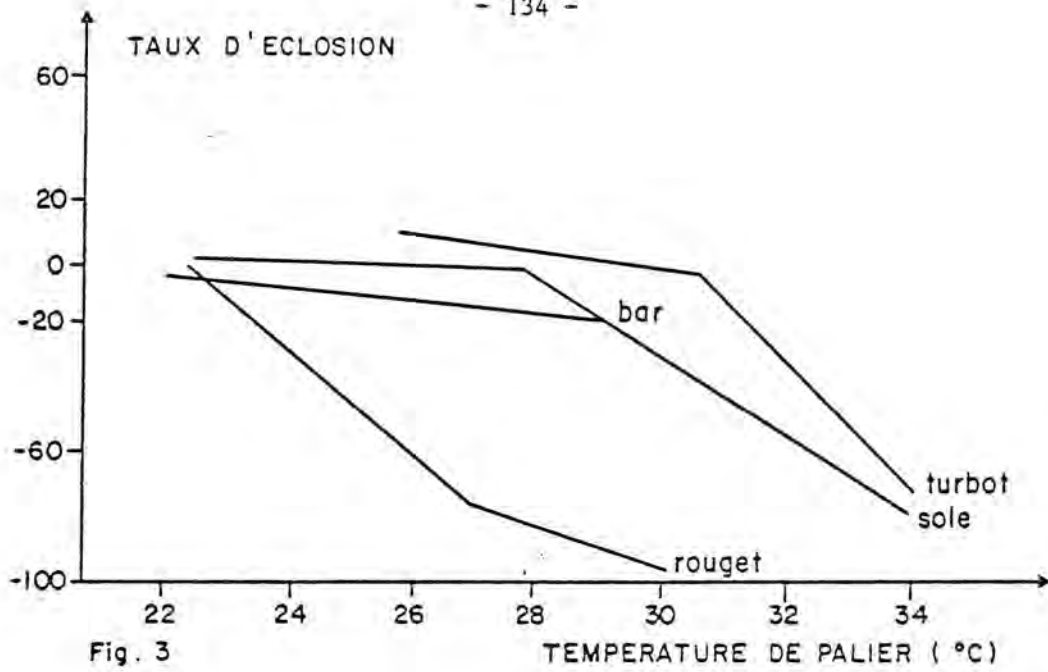


FIGURE 31 : Relation entre la température subie par les oeufs de poissons, au cours de chocs thermiques, et leur taux d'éclosion.

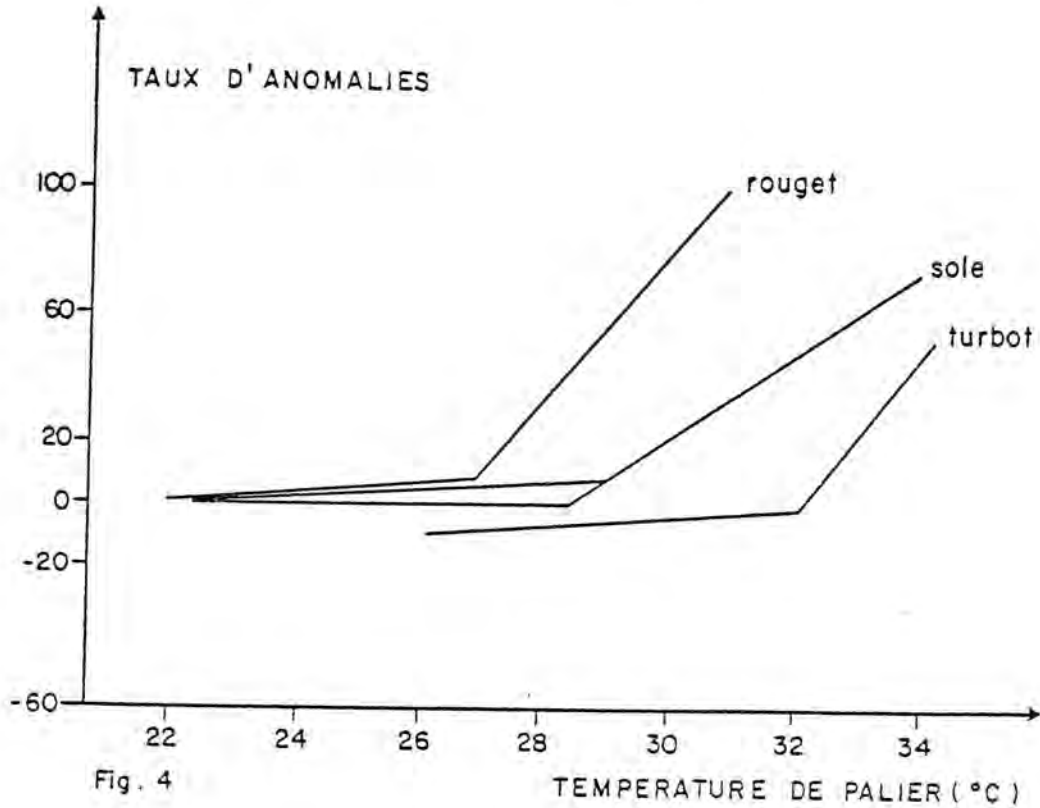


FIGURE 32 : Relation entre la température subie par les oeufs de poissons, au cours de chocs thermiques, et le taux de malformations des larves qui en naissent.

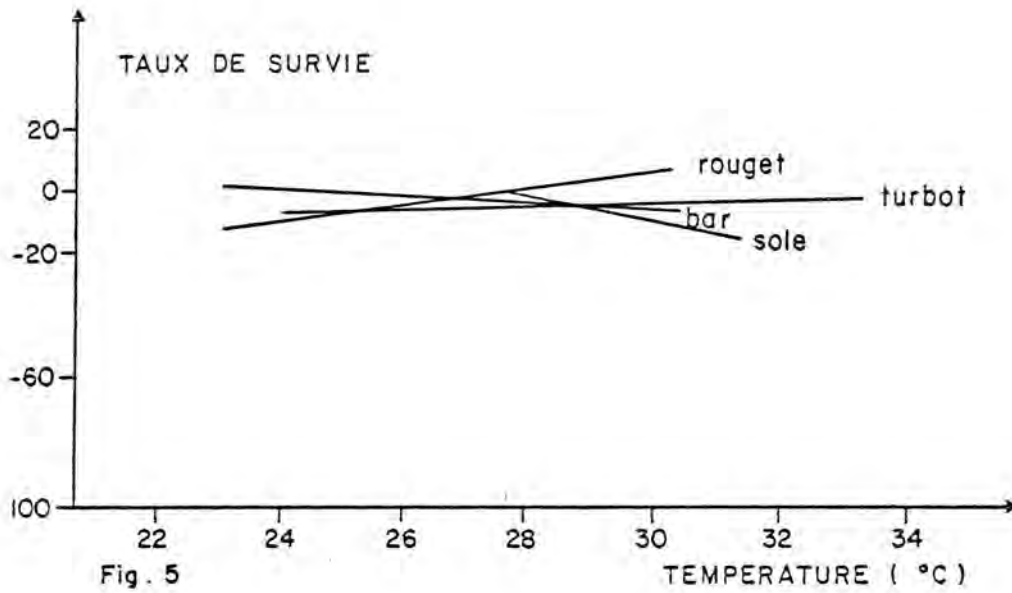


FIGURE 33 : Relation entre la température subie par les larves de poissons, au cours de chocs thermiques et leur taux de survie.

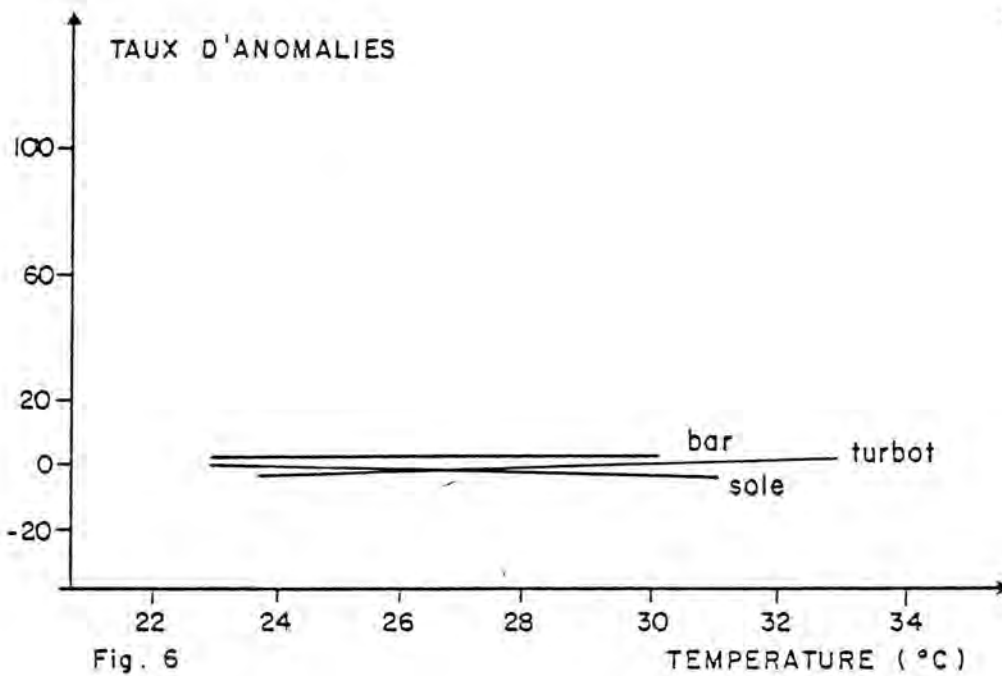


FIGURE 34 : Relation entre la température subie par les larves de poissons, au cours de chocs thermiques, et leur taux de malformations.

Cela confirme les observations de KINNE (1963) qui montrent que la larve vésiculée de poisson tolère mieux que l'oeuf, les hautes températures.

#### 2.3.1.4. Réactions spécifiques

Les réactions des larves aux stress étant très faibles, nous considérerons uniquement les résultats obtenus sur les oeufs pour discuter des différences entre espèces.

##### - Le Bar

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

Les anomalies des lots expérimentaux et des témoins diffèrent peu aux variations de 10°, 12° et 15°C donc aux températures de 22°, 24° et 27°C. Au  $\Delta T$  17°C, soit à 29°C, une augmentation de l'ordre de 10 % est enregistrée.

Le travail réalisé par BARNABE et al., (1976) se différencie de celui-ci par plusieurs points :

- un seul  $\Delta T$  ( $\Delta 10^\circ C$ ) est testé. La température de base est de 16°C. Au cours du choc provoqué par immersion, la température atteint 26°C;
- 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 ne sont pas rapportés aux valeurs obtenues sur les témoins. De plus, les éventuels chocs mécaniques dûs au système expérimental ne sont pas connus. Il ne serait donc pas objectif de les comparer aux nôtres.

##### - La Sole

La température maximale imposée est de 34°. Malgré des températures de base différentes, les résultats sont semblables jusqu'à 28,5°C. Les taux d'éclosion, d'anomalies des témoins et des lots expérimentaux sont comparables.



Au-delà de 28,5°C, les réactions diffèrent apparemment en fonction des températures de base (Tableau 61) : la différence entre lots expérimentaux et témoins dépasse 10 %. Cette température pourrait être pour la Sole une température critique.

T° DE BASE	ΔT	T° MAXIMUM	MORTALITE	ANOMALIES
12°	15°	27°	} 5 %	} 5 %
17°	12°	27°		
12°	17°	29°	} 17 %	} 15 %
17°	12°	29°		
17°	15°	32°	50 %	50 %
17°	17°	34°	80 %	70 %

TABLEAU 61 : Evolution des taux de mortalité des oeufs de Sole, et des taux de malformations de leurs larves, en fonction de la température atteinte par l'eau de mer au cours de chocs thermiques.

Ces résultats rappellent ceux d'un représentant de la famille des Soleidae, *Blugossidium luteum*, qui montre la même intolérance au-dessus de 30°C. Dans des conditions similaires de chocs thermiques, 50 % des oeufs meurent à 29°C, et à 34°C ( $\Delta T$  et  $T_0 = 17^\circ C$ ) aucun ne survit (BATTAGLIA & al. , 1976).

#### - 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  $\Delta T$  15° qui porte les oeufs à la température de 32°.

T° DE BASE	ΔT	T° MAXIMUM	MORTALITE	ANOMALIES
16°	15°	31°	5 %	2 %
17°	15°	32°	30 %	2 %
16°	17°	33°	50 %	20 %
17°	17°	34°	70 %	50 %

TABLEAU 62 : Evolution des taux de mortalité des oeufs de Turbot, et des taux de malformations de leurs larves, en fonction de la température atteinte par l'eau de mer au cours de chocs thermiques.

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

Ici aussi, il est net que la notion la plus importante est celle de la température maximale et non celle de  $\Delta T$ .

A notre connaissance, aucun travail n'a été réalisé sur les oeufs de Turbot ou d'espèces appartenant aux Bothidae.

- Le Rouget

Chez cette espèce, les courbes de taux d'éclosion et de taux d'anomalies ne sont pas symétriques (Tableau 63).

T° DE BASE	ΔT	T° MAXIMUM	MORTALITE	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 63 : Evolution des taux de mortalité des oeufs de Rouget, et des taux de malformations de leurs larves, en fonction de la température atteinte par l'eau de mer au cours de chocs thermiques.

La courbe de taux d'anomalies évolue de la même façon que chez la Sole, le Turbot et le Bar. La rupture de pente se situe toutefois à des températures plus basses (27°). Par contre, la courbe des taux d'éclosion ne comporte pas de palier aux basses températures. Cette différence est due aux résultats de la ponte n° 4 : en effet, les oeufs de cette ponte meurent en grande quantité dès un Δ 12°C. Ce qui n'est pas le cas pour les deux autres pontes testées. Cela se traduit ici, par l'apparition très précoce des mortalités.

Au terme de ces comparaisons, le Rouget paraît être l'espèce la plus sensible aux chocs thermiques. Entre le Bar et la Sole, il y a peu de différence, d'autant plus que nous n'avons pas soumis les oeufs de Bar à des températures supérieures à 29,5°C. Des quatre espèces testées, le Turbot serait le plus résistant.

Dans tous les cas, les réactions au choc thermique suivent le même schéma :

1. augmentation des mortalités instantanées des oeufs - Les mortalités concernant les oeufs proches de l'éclosion représentent seulement 5 % des cas.
2. augmentation des malformations, lorsque les mortalités dues au choc thermique atteignent 20 % de l'échantillon.

Dans nos expériences, contrairement aux observations de KOO et al., (1978), l'augmentation des malformations ne prévient pas les risques de mortalité.

## 2.2. Chocs thermiques par immersion

L'ensemble du travail effectué sur l'oeuf et la larve vésiculée a pour but de comparer l'effet de plusieurs types de stress, sur ces stades de développement, et en particulier, les effets des chocs thermiques et des chlorations, associées ou non à des élévations de la température. Or, il n'est pas aisé de réaliser à la fois une variation progressive de la température, et une chloration à 1 ppm, le chlore disparaissant très vite dans l'eau de mer. Dans ce cas, le plus simple est de chauffer les échantillons par simple immersion dans un bain contenant du chlore, si les conséquences sont comparables à celles d'un choc thermique progressif. C'est ce que nous vérifions ici.

Une série de tests (Tabl. 64) sur des oeufs et larves de Sole et de Bar a donc été effectuée à cet effet. Des échantillons sont immergés dans des bains chauds à l'unité "palier et refroidissement", et soumis à 10 combinaisons  $\Delta T$ -palier (Tabl. 65). La durée de haute température ayant peu d'influence sur les résultats des tests antérieurs, nous avons conservé ici seulement deux valeurs extrêmes : 5 et 20 minutes ; la température de base est constante : 13°C.

Comme dans l'expérience précédente, les résultats obtenus (Tableaux 66 à 68) sont soumis à une analyse de variance à deux facteurs :  $\Delta T$  et palier (Sole) ou trois facteurs :  $\Delta T$ , palier, ponte (Bar).

STADE	ESPECE	BAR		SOLE	
		Ponte	échantillons	Ponte	échantillons
Oeuf (début de neurulation)		Ponte 1	10 échantillons	Ponte 1	10 échantillons
		Ponte 2	"		
		Ponte 3	"		
		Ponte 4	"		
Larve vésiculée		Ponte 1	"	Ponte 1	"
		Ponte 2	"		
		Ponte 3	"		

TABLEAU 64 : Associations T-palier testées sur des oeufs et des larves de Bar et de Sole.

$\Delta T$ (°C)	DUREE DU PALIER (mn)	
	5	20
0 (TM)	1 échantillon	1 échantillon
10	"	"
12	"	"
15	"	"
17	"	"

TABLEAU 65 : Détail des 10 échantillons de chaque ponte, soumis aux chocs thermiques par immersion

	N° DE PONTE	TEMOIN ET $\Delta T$ (°C)	TAUX DE SURVIE		TAUX D'ANOMALIES	
			DUREE DU PALIER (mn)		DUREE DU PALIER (mn)	
			5	20	5	20
OEUFS	9	T	98	99,5	1,5	5,5
		10	99	99	8	9
		12	100	97	0	4
		15	99	97	19	15
		17	98	80	15	42
LARVES	4	T	98	100	0	0
		10	98	89	0	0
		12	100	97	0	0
		15	92	97	0	0
		17	99	42	0	0

TABLEAU 66 : Conséquences de chocs thermiques, réalisés par simple immersion, sur les oeufs et les larves de Sole.

N° DE PONTE	TEMOIN ET $\Delta T$ (°C)	TAUX D'ECLOSION		TAUX D'ANOMALIES	
		DUREE DU PALIER (mn)		DUREE DU PALIER (mn)	
		5	20	5	20
35	T	56,5	59	4	3,5
	10	54	59	5	4
	12	14	47	19	12
	15	31	54	53	17
	17	54	46	28	7
55	T	57,5	60,5	3	3,5
	10	59	63	4	0
	12	62	72	1	2
	15	63	49	3	2
	17	64	61	1	3
56	T	30,5	36	11,5	3,5
	10	22	31	12,5	10
	12	30	15	6	66,5
	15	36	20	4	0
	17	18	5	7,5	16,5
56	T	31,5	33,5	8	19,5
	10	27	41	4	2
	12	25	33	20	10,5
	15	36	22	5,5	13,5
	17	28	8	4,5	0

TABEAU 67 : Conséquences de chocs thermiques, réalisés par simple immersion, sur les oeufs de Bar.

N° DE PONTE	TEMOIN ET $\Delta T$ (°C)	TAUX DE SURVIE		TAUX D'ANOMALIES	
		DUREE DU PALIER (mn)		DUREE DU PALIER (mn)	
		5	20	5	20
33	T	86	89,5	7,5	12,5
	10	93	93	8	11
	12	87	89	4	6
	15	93	93	7	9
	17	90	87	11	11
35	T	99,5	100	2	1
	10	100	97	1	1
	12	98	98	2	3
	15	99	80	0	0
	17	91	37	0	4
37	T	98	98	0,5	2
	10	99	100	0	7
	12	99	99	1	2
	15	99	95	3	0
	17	99	50	0	6

TABEAU 68 : Conséquences de chocs thermiques, réalisés par simple immersion, sur les larves de Bar.

Comme précédemment, les tests statistiques mettent en évidence l'action prépondérante du facteur ponte : en particulier, elle est hautement significative sur les taux d'éclosion des oeufs de Bar. Par contre, la température n'a aucun effet dans 2 cas sur 4. En revanche, dans les deux autres pontes, la température la plus élevée semble bien réduire de façon nette la viabilité. Mais, par l'analyse de variance utilisée cet effet n'apparaît pas significatif.

En fait, ces résultats sont identiques à ceux qui ont été obtenus au cours de chocs thermiques progressifs, lorsque la "température maximum atteinte" ne dépassait pas 30° C (figures 35 et 36).

L'immersion en elle-même n'augmente donc ni les mortalités, ni les anomalies. Réchauffements en 7 secondes ou réchauffements instantanés sont donc comparables. De ce fait, nous aurons recours à ce dernier plus simple, pour associer les chocs chimiques (chloration) et thermiques.

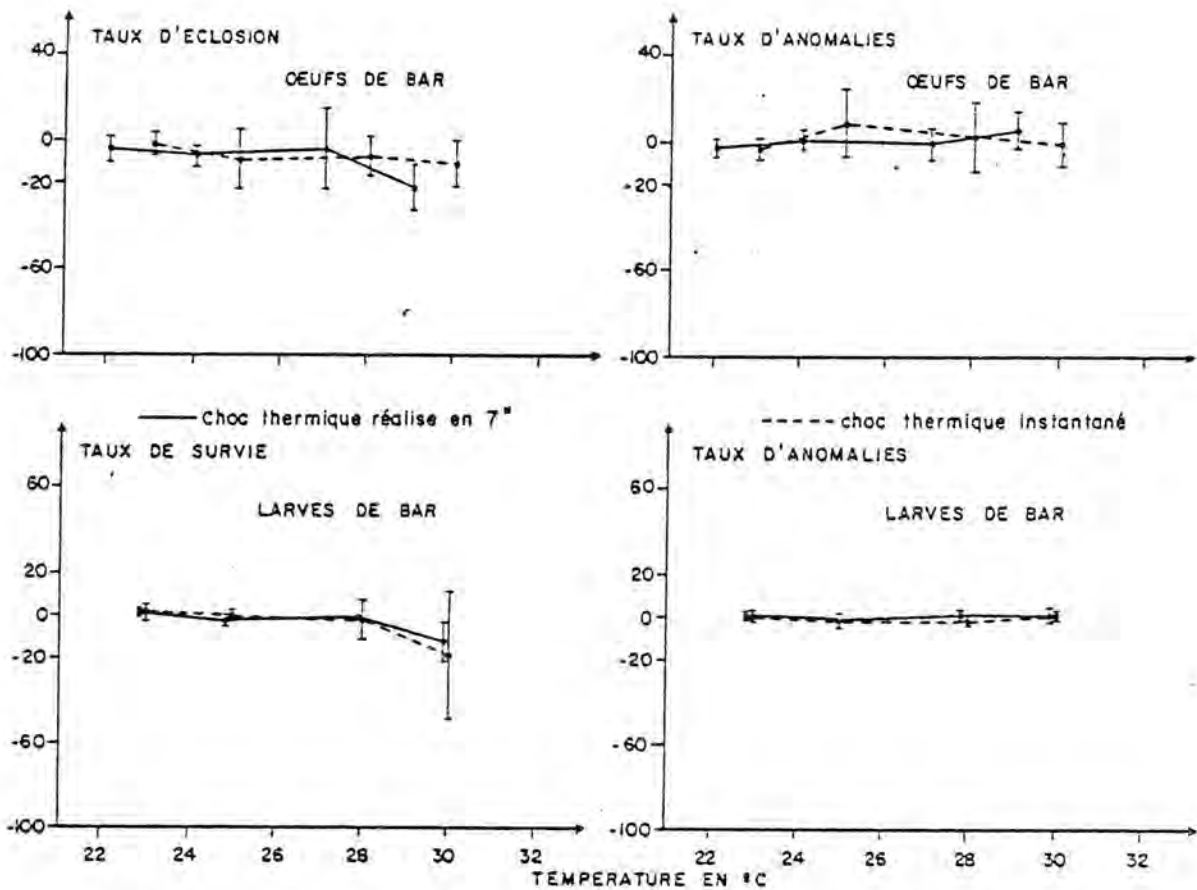


FIGURE 35 : Influence de 2 types de chocs thermiques sur les oeufs et les larves de Bar.

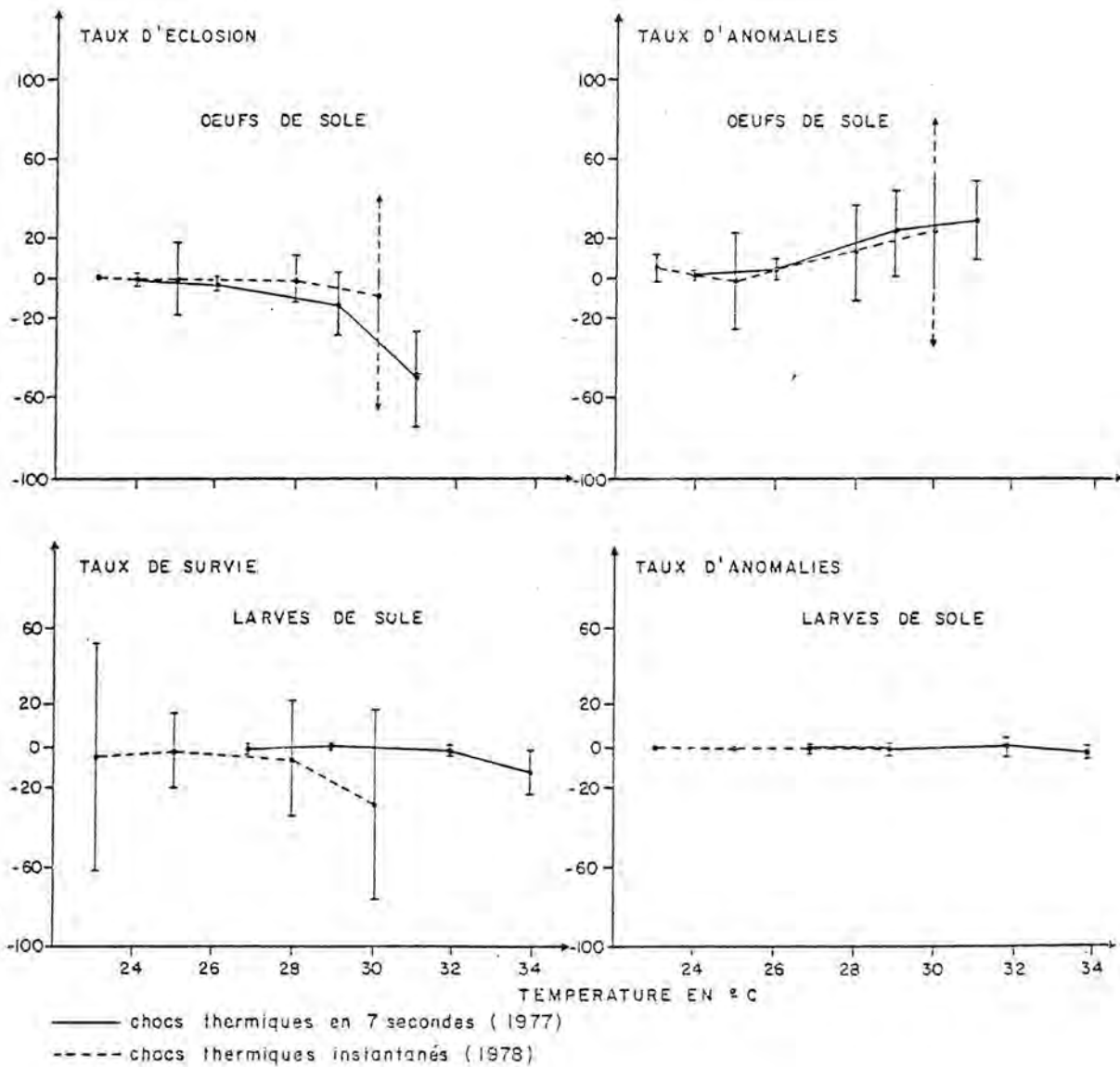


FIGURE 36 : Influence de 2 types de chocs thermiques sur les oeufs et larves de Sole.





## CONCLUSION

D'une façon générale, les résultats des "tests "chocs thermiques" mettent en évidence une plus grande fragilité de l'oeuf, comparé à la larve.

En effet, chez l'oeuf, les risques de mortalités à court terme sont plus importants ; de même pour les risques de mortalités indirectes qui découlent de malformations : la plupart des larves dont la chorée est anormale, meurent, car il est rare d'en observer adulte, en mer, ou dans les élevages, et il a déjà été montré chez le bar américain (KOO & al., 1978) que les larves difformes s'alimentent mal, se déplacent péniblement et nagent rarement en surface. Il y aurait compétition entre elles et les animaux normaux : les malformés peuvent donc mourir de faim, ou encore être des proies faciles. En fait, lorsqu'on cumule les deux types de mortalité, la survie des oeufs, à 32°C (TMA) est réduite à 70 % pour le Turbot, 50 % pour la Sole et 0 % pour le Rouget. A 34°C (TMA), elle n'est plus que de 15 % pour la Sole et 20 % pour le Turbot, qui est, nous l'avons déjà vu, l'espèce la plus résistante. Le fait qu'elle ponde à des températures plus élevées que la Sole, le Bar ou le Rouget, pourrait expliquer d'ailleurs, cette différence.

Dans nos régions, la température de l'eau de mer, au moment de la ponte, atteint au maximum 17°C, pour le Turbot, 16°C pour le Bar, 15°C pour le Rouget et 13°C pour la Sole. Les risques de mortalités ou de malformations des oeufs sont donc loin d'être négligeables lors de variations thermiques de 17°C, ou même de 10°C si l'on considère le Rouget. Il ne faut pas oublier que dans cette étude, ils sont minimisés d'une part, car nous avons choisi d'expérimenter le stade neurula, le moins sensible des stades embryonnaires, d'autre part, parce que l'association avec un autre type de chocs est exclu. Or, il est fréquent que les poissons soient soumis en même temps, à des chocs mécaniques (SCHUBEL, 1974 ; BRADFORD & al., 1977) ou chimiques (JOHNSON & al., 1977), non moins néfastes que les chocs thermiques.

Incontestablement, le fait le plus marquant de ces expériences est la résistance des larves aux chocs thermiques. Les mortalités les plus fortes, enregistrées chez la Sole lorsque la température atteint 34°C ( $T_0 = 17^\circ\text{C}$  ;  $\Delta T = 17^\circ\text{C}$ ), ne dépassent pas 15 %. De plus, aucun effet subléthale marquant n'est observé au stade larve vésiculée.

HOKANSON et al., (1974) font remarquer, que chez une espèce donnée, les températures optimales d'élevage des larves sont toujours supérieures aux optima thermiques d'incubation des oeufs. Les températures intéressantes pour l'élevage des larves, avoisinant 20°C pour la Sole (FONDS, 1979) ; le Turbot (GIRIN, 1978) ou le Bar (BARAHONA FERNANDEZ, 1978) ; Il n'est donc pas étonnant que la larve supporte mieux que les oeufs les niveaux thermiques atteints.

Afin d'évaluer les risques encourus par les larves élevées au laboratoire, au cours de réchauffements, et pour sortir des conditions strictes d'industries côtières, il serait donc souhaitable de travailler avec des températures de base ( $T_0$ ), plus élevées que celles utilisées (12-13°C).

### 3. LA CHLORATION

Une usine qui pompe de l'eau de mer comprend généralement de longues tuyauteries dans lesquelles il faut éviter le fouling. Pour cela, les eaux sont couramment additionnées de composés chlorés, essentiellement de l'hypochlorite de Sodium, à intervalles réguliers.

Il s'agit d'un produit antifouling et aussi bactéricide et fongicide ; son action est connue depuis longtemps, en eau douce. De ce fait, il est utilisé dans les circuits d'alimentation en eau potable, au cours des nettoyages de bassins des piscicultures (GERARD, 1974) et dans les canalisations d'usines utilisant les eaux de rivière. Un grand nombre d'auteurs ont d'ailleurs montré qu'en eau douce, l'hypochlorite, pourrait nuire, aux doses employées régulièrement, au développement d'espèces animales ou végétales que l'on ne cherchait pas directement à supprimer : c'est le cas pour les poissons (WHITEHOUSE, 1975). On peut supposer qu'il en est de même dans un milieu marin chloré, ce dont nous nous préoccupons ici.

En mer, ce genre de traitement est moins fréquent, les recherches sur la nocivité du chlore, en milieu marin, sont donc moins nombreuses. Cependant, on peut déjà dire que le chlore n'y est pas plus sélectif qu'en eau douce. Il peut par exemple, inhiber la croissance des algues (LASSUS, 1978), altérer le pouvoir de fécondation des Invertébrés (MUCHMORE et al., 1973) ou la survie des larves de Mollusques (ARZEL, Comm. pers.), ou encore induire des mortalités et des malformations chez les larves de poissons (JOHNSON et al., 1977).

D'autre part, en mer, son action est étroitement liée aux caractères physicochimiques de l'eau de mer : température (LASSUS, 1978), lumière (VIDEAU et al., 1978) pH (WHITEHOUSE, 1975) ou concentration en ammoniacale (COUTOT et al., 1978). Ce dernier paramètre joue un rôle particulièrement important, car c'est de lui que dépend la formation de dérivés chlorés ou bromés dont les effets seraient beaucoup plus nocifs que ceux du chlore libre (CAPUZZO, 1977).

De ce fait, les résultats d'expériences réalisées dans des eaux chaudes ne peuvent donc pas s'appliquer à nos régions tempérées.

Or, jusqu'à présent, aucune étude n'a recherché l'impact de l'adjonction d'hypochlorite de Sodium dans les eaux tempérées froides, sur les poissons. Nous nous sommes donc penchés sur ce problème. Les traitements ayant surtout lieu au printemps (KHALANSKY, 1978), au moment de la reproduction d'espèces qui intéressent aussi bien la pêche que l'aquaculture, nous avons cherché plus particulièrement à connaître l'effet du chlore sur les premiers stades de développement des poissons : embryons et larves vésiculées. Pour simuler le plus possible les situations côtières, les températures des tests en laboratoire sont soit de 13°C [température moyenne de l'eau de mer au moment de la reproduction des espèces étudiées (Bar, Sole et Rouget)] : soit de 13°C + l'un des  $\Delta T$  étudiées précédemment, chloration et  $\Delta T$  pouvant être simultanées.

D'autre part, les concentrations de l'hypochlorite de Sodium, testées (1 ppm.) correspondent aux doses utilisées en traitement continu, plus doux que des traitements intermittents, dans la plupart des usines.

### 3.1. Matériel et méthodes

Les stades étudiés sont le stade embryonnaire neurula et la larve vésiculée. Contrairement au chapitre des chocs thermiques, le Turbot n'a pu être étudié ici ; les tests portent donc seulement sur trois espèces (la Sole, le Bar et le Rouget) (Tableaux 69 et 70).

Les bains d'eau de mer chlorés contiennent de l'ordre de 1 ppm d'hypochlorite de sodium soit en pratique approximativement 1 mg/l d'eau de mer. Dans l'eau de mer, le chlore se transforme rapidement en hypochlorite puis donne lieu à la formation d'hypobronite (COUTOT et al., 1978). Pour obtenir que les échantillons ( $T_C$ ) soient bien en contact avec le chlore et non un de ces produits transformés, 100 ul d'une solution d'hypochlorite de Sodium 1/10 N sont ajoutés à 5 litres d'eau de mer quelques secondes avant l'introduction des oeufs et des larves.

Au bout de 5 ou 20 minutes de bain, ils sont transférés dans de l'eau normale. Durant l'opération, les échantillons restent dans le même incubateur, et ne sont jamais mis à sec. Chaque fois, la température du bain d'eau chlorée est la même que la température d'incubation : 13°C.

Si l'on veut réaliser simultanément choc chloré et choc thermique, les échantillons sont trempés 5 ou 20 minutes dans l'eau de mer chauffée - à  $T_0 + 10^\circ\text{C}$  ( $\Delta_{10}$ )  $T_0 + 12^\circ\text{C}$  ( $\Delta_{12}$ )  $T_0 + 15^\circ\text{C}$  ( $\Delta_{15}$ ) ou  $T_0 + 17^\circ\text{C}$  ( $\Delta_{17}$ ) - contenant comme précédemment 1 ppm de chlore. Nous avons déjà vu (cf. p.142) que le réchauffement instantané a les mêmes effets que le réchauffement progressif. Pour éviter une disparition du chlore avant d'avoir atteint la température maximale, le choc thermique est obtenu par simple immersion; les intensités de variations thermiques étudiées dans le premier chapitre ont été conservées de façon à comparer les résultats des deux séries de tests.

ESPECE STADE	3AR		SOLE		ROUGET	
	Oeufs (début de neurulation)	Ponct 1	12 échantillons	Ponct 1	12 échantillons	Ponct 1
Ponct 2		"	Ponct 2			"
Ponct 3		"	Ponct 2	"	Ponct 3	"
Ponct 4		"			Ponct 3	"
Larves vésiculées	Ponct 1	12 échantillons	Ponct 1	12 échantillons	Ponct 1	12 échantillons
	Ponct 2	"	Ponct 2	"	Ponct 2	"
	Ponct 3	"	Ponct 3	"	Ponct 3	"

TABLEAU 69 : Ensemble des espèces et stades soumis aux chlorations.

Chloration mg/l	Durée du palier (mn)		$\Delta T$ ( $^\circ\text{C}$ )	Durée du palier (mn)	
	5	10		5	10
$T_M$	1 échantillon de 100 oeufs ou larves	1 échantillon de 100 oeufs ou larves	$\Delta_{10}$	1 échantillon de 100 oeufs ou larves	1 échantillon de 100 oeufs ou larves
			$\Delta_{12}$	"	"
$T_C$	"	"	$\Delta_{15}$	"	"
			$\Delta_{17}$	"	"

TABLEAU 70 : Détail de 12 échantillons mentionnés au tableau 68.

3.2. Résultats

3.2.1. Le bar

Que l'on considère les oeufs ou les larves de Bar, les réponses au traitement sont très hétérogène avec pourtant des écarts plus forts entre lots témoins et expérimentaux de larves qu'entre lots d'oeufs.

	N° DE PONTE	TEMOINS ET $\Delta T$ (°C)	TAUX D'ECLOSION		TAUX D'ANOMALIES	
			DUREE DE PALIER (mn)		DUREE DE PALIER (mn)	
			5	20	5	20
OEUFS	35	T	56,5	59	4	3,5
		T <sub>c</sub>	62	47	1	5
		10	53	52	4	6
		12	73	59	4	11
		15	51	59	4	14
		17	50	55	7	18
	55	T	57,5	60,5	3	3,5
		T <sub>c</sub>	47	54	6	3
		10	65	65	1	2
		12	68	69	2	1
		15	68	75	1	3
		17	70	78	2	2
	56	T	30,5	36	11,5	3,5
		T <sub>c</sub>	53	41	50	17,5
		10	44	48	12	19
		12	42	41	11	0
15		38	19	15,5	7	
17		30	5	7	0	
56	T	31,5	33,5	8	19,5	
	T <sub>c</sub>	15	47	83	55,5	
	10	35	30	4	3	
	12	33	46	3	10,5	
	15	34	21	7	28	
	17	29	5	17,5	0	

TABLEAU 71 : Influence de chlorations à 1 ppm associées ou non à des chocs thermiques d'intensité ( $\Delta T$ ) et de durée (palier) variables sur des oeufs de Bar.

	N° DE PONTE	TEMOINS ET $\Delta T$ (°C)	TAUX DE SURVIE		TAUX D'ANOMALIES	
			DUREE DE PALIER (mn)		DUREE DE PALIER (mn)	
			5	20	5	20
LARVES	33	T	86	89,5	7,5	12,5
		T <sub>c</sub>	92	83	40	7
		10	89	92	3	7
		12	0	0	10	—
		15	91	89	7	12
		17	85	87	7	11
	35	T	99,5	100	2	1
		T <sub>c</sub>	97	98	4	3
		10	30	1	10	100
		12	99	64	2	13
		15	57	—	27	—
		17	43	0	10	—
	37	T	98	98	0,5	2
		T <sub>c</sub>	98	98	0	0
		10	95	0	1	—
12		7	—	67	—	
15		92	16	10	0	
17		75	28	2	9	

TABLEAU 72 : Influence de chlorations à 1ppm associées ou non à des chocs thermiques d'intensité ( $\Delta T$ ) et de durée (palier) variables, sur des larves de Bar.

3.2.2. La sole

Dans ce cas, la variabilité des résultats est trop grande pour nous permettre de conclure.

Chez les larves (pontes 2 et 10), elle est probablement due à une homogénéisation imparfaite du chlore dans l'eau. De toute évidence, ces données laissent supposer une grande sensibilité des larves vis-à-vis du chlore.

	N° DE PONTE	TEMOINS ET $\Delta T$ (°C)	TAUX D'ECLOSION		TAUX D'ANOMALIES	
			DUREE DE PALIER (mn)		DUREE DE PALIER (mn)	
			5	20	5	20
OEUFS	9	T	98	99,5	1,5	5,5
		T <sub>c</sub>	99	99	7	17
		10	100	99	5	0
		12	99	98	35	92
		15	97	95	16	9
		17	100	82	14	38
	14	T	98	96	0,5	0,5
		T <sub>c</sub>	87	99	0	0
		10	99	97	4	14
		12	99	98	6	15
		15	91	97	6	46
		17	94	50	15	52

TABLEAU 73 : Influence de chlorations à 1 ppm associées ou non à des chocs thermiques d'intensité ( $\Delta T$ ) et de durée (palier) variables, sur des oeufs de Sole.

	N° DE PONTE	TEMOINS ET $\Delta T$ (°C)	TAUX DE SURVIE		TAUX D'ANOMALIES	
			DUREE DE PALIER (mn)		DUREE DE PALIER (mn)	
			5	20	5	20
LARVES	2	T	98	100	0	0
		T <sub>c</sub>	89	97	0	0
		10	0	99	0	0
		12	98	52	0	0
		15	2	2	0	0
		17	0	36	0	0
	10	T	99	100	1	0
		T <sub>c</sub>	6	98	0	2
		10	91	24	3	17
		12	80	11	0	0
		15	100	100	0	0
		17	100	0	4	16
	22	T	96	99,5	0,5	0,5
		T <sub>c</sub>	98	27	0	7
		10	99	30	1	0
		12	93	98	3	1
		15	99	56	0	8
		17	99	3	0	25

TABLEAU 74 : Influence de chlorations à 1 ppm associées ou non à des chocs thermiques d'intensité ( $\Delta T$ ) et de durée (palier) variables, sur des larves de Sole.

### 3.2.3. Le rouget

#### Oeufs

La ponte n° 18 supporte moins bien la pollution que les pontes n° 15 et 16.

#### Larves

Les malformations n'ont pas été évaluées sur les pontes n° 28 et 29. Elles ne pourront donc faire l'objet de tests statistiques.

	N° DE PONTE	TEMOINS ET $\Delta T$ (°C)	TAUX D'ECLOSION		TAUX D'ANOMALIES	
			DUREE DE PALIER (mn)		DUREE DE PALIER (mn)	
			5	20	5	20
OEUFS	15	T	94,5	98,5	0,5	0
		T <sub>c</sub>	99	96	0	0
		10	95	100	0	0
		12	97	98	0	0
		15	94	96	0	0
		17	94	79	0	0
	16	T	84	85,5	0	0
		T <sub>c</sub>	80	87	0	0
		10	54	61	0	0
		12	29	27	0	0
		15	48	32	0	0
		17	44	27	0	0
	18	T	98,5	100	1,5	1,5
		T <sub>c</sub>	100	100	4	2
		10	96	99	1	11
		12	89	90	3	1
		15	90	91	12	3
		17	12	33	7	19

**TABLEAU 76** : Influence de chlorations à 1 ppm associées ou non à des chocs thermiques d'intensité ( $\Delta T$ ) et de durée (palier) variables, sur des oeufs de Rouget.

	N° DE PONTE	TEMOINS ET $\Delta T$ (°C)	TAUX DE SURVIE		TAUX D'ANOMALIES	
			DUREE DE PALIER (mn)		DUREE DE PALIER (mn)	
			5	20	5	20
LARVES	15	T	96	94	3	9,5
		T <sub>c</sub>	100	96	8	0
		10	88	76	5	2
		12	88	62	2	4
		15	38	80	3	8
		17	-	87	20	0
	28	T	72,5	75,5	-	-
		T <sub>c</sub>	70	36	-	-
		10	80	59	-	-
		12	57	2	-	-
		15	43	53	-	-
		17	72	49	-	-
	29	T	99	93	-	-
		T <sub>c</sub>	98	91	-	-
		10	98	79	-	-
		12	54	30	-	-
		15	51	25	-	-
		17	65	77	-	-

**TABLEAU 77** : Influence de chlorations à 1 ppm associées ou non à des chocs thermiques d'intensité ( $\Delta T$ ) et de durée (palier) variables, sur des larves de Rouget.



### 3.3. Interprétation et discussion

Les résultats des analyses de variance à trois facteurs\* (Tabl. 77 et 78 ) montrent que dans nos conditions expérimentales, l'effet de la chloration est négligeable par rapport à celui des chocs chloration-variation thermique associés, tous stades et espèces confondus.

Le premier test (Tabl. 77 ) oppose les résultats des témoins T et T<sub>c</sub> et fait ressortir encore une fois, que les résultats des expériences sont étroitement liés à l'origine de la ponte.

Les mêmes tests, réalisés sur les résultats des lots d'oeufs réchauffés et chlorés montrent en outre qu'il existe des différences notables entre ces lots et les lots témoins. De plus, l'intensité des réponses aux stress diffère selon les stades de développement étudiés.

Le passage dans un bain chloré altère peu l'éclosion des oeufs. Les larves qui naissent de ces oeufs sont parfois malformées en plus grande proportion que chez les témoins ; cependant, cela n'est pas régulier et concerne seulement les réponses de quelques pontes, plus sensibles aux produits chimiques. Lorsque la chloration est associée au choc thermique, les mortalités et les anomalies des larves, à l'éclosion, sont nettement plus fortes. Dans ce cas, le facteur "origine de la ponte" est moins déterminant que les variations de température. D'autre part, la durée du stress joue, pour la première fois, un rôle significatif : cela se remarque surtout chez la Sole et le Bar, aux variations de température fortes (Figure 37).

Les réactions des larves à la chloration sont sensiblement les mêmes que celles des oeufs. Les mortalités sont toutefois légèrement plus fortes chez la Sole : cela est directement lié à l'adjonction du chlore dans l'eau de mer et la baisse de survie se retrouve chez toutes les pontes, de façon plus ou moins accentuée. Chez le Rouget et le Bar, bien que les larves de certaines pontes meurent en plus forte proportion, le test ne met pas en évidence une relation nette avec la chloration. La densité et le faible nombre des résultats de taux d'anomalies ne permettent pas de tirer de conclusion.

\* Lorsu'un résultat manque dans une série de tests, concernant une ponte, il est évalué selon la methode décrite par SOKAL et al., (1969), pour réaliser l'analyse de variance.

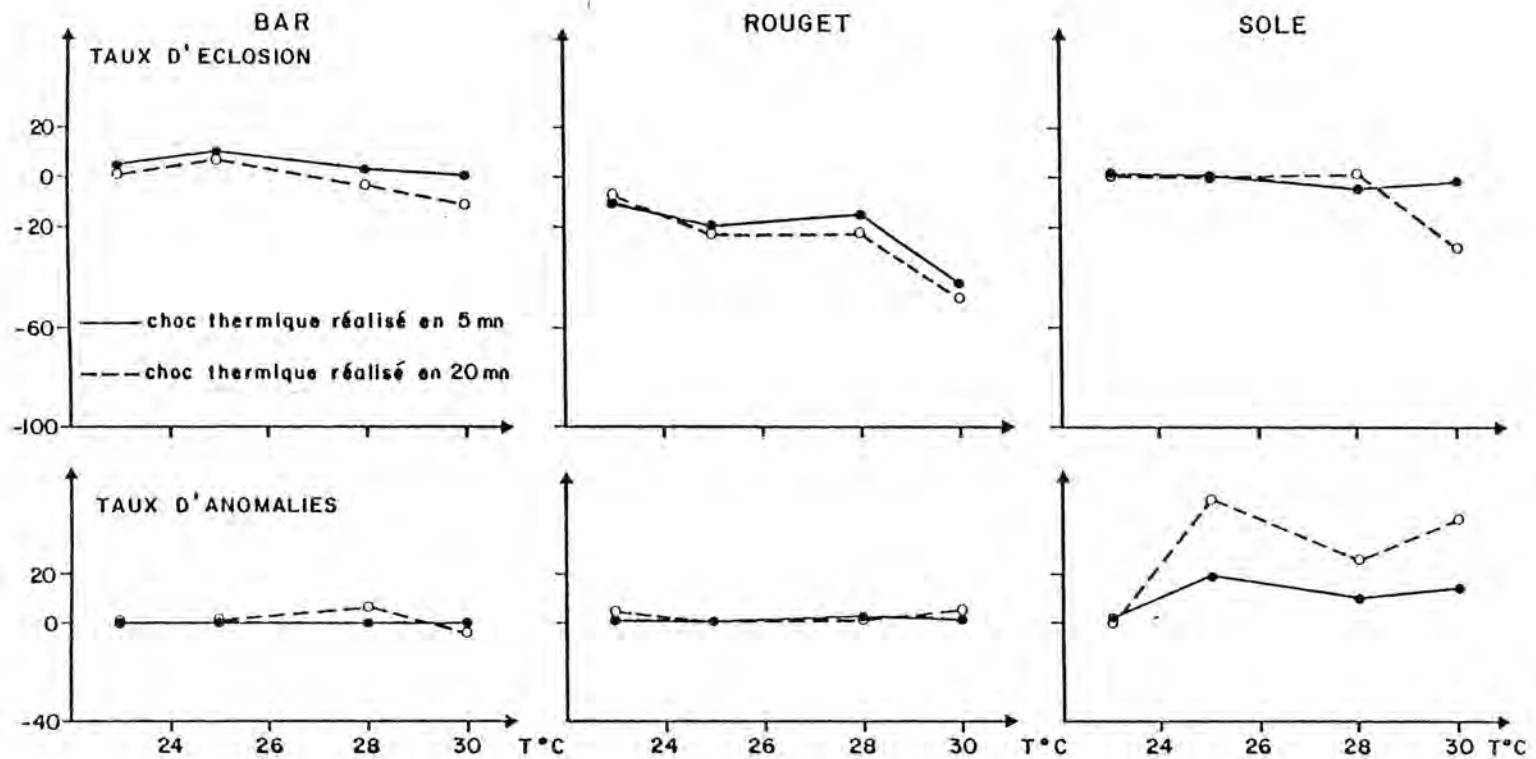
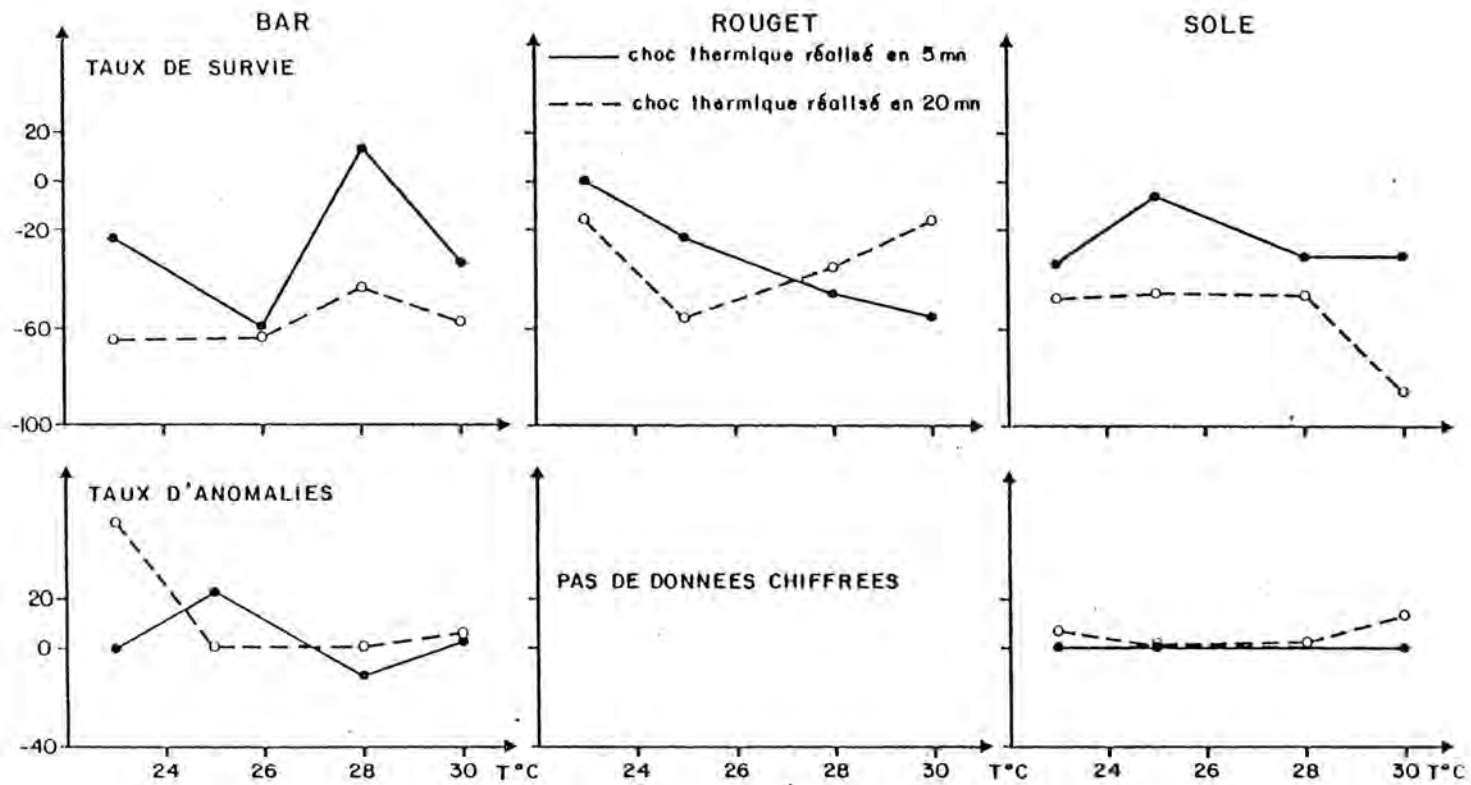


FIGURE 37 : Influence des stress associés, chloration et variations brutales de la température sur les taux d'éclosion des oeufs, et les taux d'anomalies des larves issues de ces oeufs, -de Bar, Sole et Rouget.



**FIGURE 38 :** Influence des stress associés, chloration et variations brutales de la température, sur les taux de survie et d'anomalies des larves vésiculées de Bar, Sole et de Rouget.

Les larves semblent plus sensibles à un traitement chimique qu'aux variations de températures étudiées plus haut. D'autre part, alors qu'elles résistaient à des bains de 20 minutes à 32 ou 34° C, il y a à 30° C, en présence de chlore, un effet synergique intense (tableau 78). On voit apparaître une prédominance de l'action de la température, de l'origine de la ponte et enfin de la durée de l'expérience, ce qui semble en définitive, caractéristique de la chloration (figure 38).

### 3.3.1. Réactions spécifiques

Il y a chez les oeufs, la même sensibilité spécifique au chlore et aux chocs thermiques en ce qui concerne les mortalités : le Rouget est plus fragile que la Sole ou le Bar. Cela se traduit par des mortalités élevées et contrairement aux observations précédentes, les larves de Rouget sont en grande majorité normales.

Chez les larves, où mortalités et anomalies évoluent en parallèle, les réactions sont inversées : le Rouget semble le plus résistant. Les résultats de la Sole et du Bar sont tout-à-fait comparables. Compte tenu de la variabilité des résultats et du nombre d'échantillons soumis à l'estimation des anomalies, nous considérerons qu'il y a chez les larves, peu de différences entre espèces.

STADE	TRAITEMENT DES FACTEURS	TAUX D'ECLOSION			TAUX D'ANOMALIES		
		BAR	SOLE	ROUGET	BAR	SOLE	ROUGET
OEUFS	Chlore + ΔT	-	-	-	+	-	-
	Ponte	-	-	-	++	++	+
	Palier	-	-	-	-	-	-
		TAUX DE SURVIE			TAUX D'ANOMALIES		
		BAR	SOLE	ROUGET	BAR	SOLE	ROUGET
LARVES	Chlore + ΔT	-	+	-	-	-	-
	Ponte	+	+	+	+	-	ND
	Palier	-	-	+	-	-	-

TABLEAU 77 : Résultats d'une analyse de variance à trois facteurs destinée à mettre en évidence l'origine des résultats d'une chloration à 1 ppm effectuée sur des oeufs et des larves de poissons marins.

STADES	TRAITEMENT DES FACTEURS	TAUX D'ECLOSION			TAUX D'ANOMALIES		
		BAR	SOLE	ROUGET	BAR	SOLE	ROUGET
OEUFS	Chlore + ΔT	-	+	++	-	++	-
	Ponte	+	-	+	+	-	+
	Palier	+	+	-	-	+	-
		TAUX DE SURVIE			TAUX D'ANOMALIES		
		BAR	SOLE	ROUGET	BAR	SOLE	ROUGET
LARVES	Chlore + ΔT	++	++	++	++	+	-
	Ponte	+	+	-	+	+	ND
	Palier	+	-	+	ND	+	-

TABLEAU 78 : Résultats d'une analyse de variance à trois facteurs destinée à mettre en évidence l'origine des résultats de chloration (1 ppm) associées ou non à des chocs thermiques.

3.3.2. Comparaison de l'association chloration-choc thermique avec le choc thermique

Les moyennes des différences des résultats des lots témoins avec ceux des lots expérimentaux, pour chaque espèce, ont été calculées ; pontes et durées de palier confondues pour l'ensemble des tests "choc thermique" (instantané et en 7 secondes) et des tests "choc  $\Delta T$  + chloration".

Ces moyennes ont été soumises à une analyse de variance simple avec réplication (SOKAL & al., , 1969). Les résultats (Tabl. 79 ) concernant les oeufs montrent que la chloration n'accroît pas les effets du choc thermique ; selon les tests, elle les diminue même dans certains cas. Les résultats étant hétérogènes, on ne peut pas pour autant supposer que le chlore améliore les taux d'éclosion, bien qu'il soit tentant de penser qu'il ait assaini le milieu d'incubation, au même titre que le formol ou le vert malachite utilisés au cours de l'incubation d'oeufs de Saumons. Cela demande à être vérifié, car il est incontestable que l'origine des pontes joue un rôle important dans les résultats des tests statistiques.

Chez les larves, il n'y a aucune ambiguïté possible : la température et le chlore pris séparément ont un effet négligeable sur leur survie ou leur taux de malformations. Par contre, lorsqu'ils sont associés, les résultats sont catastrophiques.

	BAR	SOLE	ROUGET	BAR	SOLE	ROUGET
	TAUX D'ECLOSION			TAUX D'ANOMALIES		
Oeufs neurula	+	-	+	-	-	+
	TAUX DE SURVIE			TAUX D'ANOMALIES		
Larves vésiculées	++	++	++	+	-	-

TABLEAU 79 : Différences significatives (+), hautement significatives (++) ou nulles, entre l'influence des chocs thermiques et celle des chocs thermiques associées à une chloration à 1 ppm, toutes durées de palier confondues. Les signes (+) encadrés signifient que le choc thermique seul est le plus néfaste.

### 3.3.3. Conclusion

De l'ensemble des résultats, il semble surtout ressortir que l'action du chlore est liée à la température de l'eau de mer si l'on teste l'oeuf ou la larves vésiculée de poissons.

A température stable et peu élevée, les taux de mortalités ou de malformations toujours faibles, sont presque exclusivement conditionnés par des facteurs biologiques : espèce et origine de la ponte. Aux mêmes concentrations en chlore, en eau douce, BROOKS et al., (1977) le remarque aussi chez des juvéniles de poissons d'eau douce. Dans les conditions thermiques que nous avons choisies, il faut élever la concentration en chlore libre à plusieurs milligrammes par litre d'eau, et exposer les animaux près de 24 heures pour observer des mortalités d'oeufs ou des larves en milieu marin (JOHNSON et al., 1977), ou des changements de comportement (BURTON et al., 1979) en eau douce.

Par contre, les survies diminuent très vite lorsque les oeufs les larves sont soumis à la fois aux chocs thermiques avec ou sans chloration, dont il est déjà reconnu, en eau douce, qu'ils ont une action conjuguée (BURTON et al., 1979). Dans ces conditions, les réactions des poissons marins ou d'eau douce sont semblables : les larves sont plus sensibles que les oeufs à l'association choc thermique-chloration, contrairement aux résultats de chocs thermiques seuls. Cela pourrait s'expliquer par les modalités d'action des facteurs étudiés : en effet, la température stimule le métabolisme général du moins jusqu'à une certaine limite au-delà de laquelle son effet est néfaste. Étant transmise par les milieux embryonnaires et larvaires, on peut supposer que son action dépend de l'espèce ou du stade de développement étudiés. Il serait donc logique que la jeune larve, généralement plus thermophile que l'oeuf, supporte mieux que lui les brutales variations de températures. Le chlore a par contre une action plus limitée, mais dangereuse : en effet, il peut modifier la composition ionique du sang (ZEITOUN, 1977 ; ZEITOUN et al., 1977 ; BLOCK, 1977) et entraîner de ce fait, la mort. La larve est directement exposée à ces risques, alors qu'une coque protège l'oeuf. Cela pourrait expliquer les résultats des expériences.

Toutefois, pour bien comprendre les mécanismes d'action de la température et particulièrement du chlore, il faudrait de toutes façons, compléter ces études descriptives par des travaux de physiologie. Mais déjà, il est acquis que la larve vésiculée de poisson marin, supporte mal des eaux chlorées à 1 ppm, même durant quelques minutes, surtout lorsque la température de l'eau de mer est élevée. De ce fait, il serait particulièrement recommandé de bien contrôler la composition des eaux réchauffées rejetées par des centrales électriques, convoitées par les aquaculteurs. (GUERRA et al., 1975).

KERR (1978b) a d'ailleurs déjà montré que ces eaux, utilisées sans traitement de déchloration, pour l'élevage de Soles ou de Turbots, peuvent être nocives. Il convient donc de bien connaître les caractéristiques de l'eau de mer, et de l'oxygéner si besoin est, pour éliminer la grande partie de chlore qu'elle contient, de façon à se maintenir sous un seuil létal qu'il convient d'établir pour chaque espèce élevée.

D'autre part, la résistance de l'oeuf au chlore permet de penser que ce produit peut être utilisé sans trop de précautions pour nettoyer ou désinfecter les bassins d'incubation, contrairement aux bassins d'élevage de jeunes larves.

Il est bien entendu exclu d'extrapoler les résultats de tests courts (5-20 minutes) avec ceux que pourraient induire des traitements plus longs. Pourtant, on peut remarquer que, en cours d'incubation, l'oeuf est souvent traité chimiquement, pour améliorer les taux d'éclosion (ALDERDICE et al., 1977).





#### 4. VARIATIONS DE PRESSION

Les chocs mécaniques sont les stress les plus fréquents subis par les oeufs et les larves. Frottements, accélérations, décélérations, variations de pression se rencontrent partout en mer comme en élevage, ils sont induits simplement par le mouvement de l'eau ou dans des cas particuliers, d'entraînement sous pression.

L'étude des chocs mécaniques sur les oeufs et larves de poissons marins tient en fait peu de place dans ce travail. Un seul type de choc est testé : les variations brutales de pression. Le but est essentiellement de comparer l'effet de trois types de stress couramment rencontrés dans des usines côtières : les stress thermiques, chimiques et de pression, facilement mesurables et donc reproductibles.

##### 4.1. Matériel et méthodes

###### 4.1.1. Appareillage

L'appareil qui permet de simuler de fortes variations de pression fut mis au point par BLANCHARD (1978) qui le décrit ainsi :

*"Afin de reproduire les données observées, il nous a fallu réaliser un caisson de pression dont les performances d'amplitude et de vitesse de variations soient proches de la réalité. Nous avons donc fait réaliser un caisson de pression (Photo) de type classique en acier, muni de deux hublots latéraux afin d'observer le comportement des individus".*

Caractéristiques du caisson :

- Réalisation : Etablissement Général de Mécanique de l'Ouest (Brest - FRANCE)
- Hauteur : 810 mm
- Diamètre externe : 273 mm
- Epaisseur : 6 mm
- Volume : environ 39 l
- Pression maximale : 20 bars
- Pression utilisée : 10 bars
- Dépression testée : 0,4 Bar

*"La pression est transmise au caisson par une pompe hydraulique. Il est possible de faire varier manuellement les débits de charge et de décharge ainsi que de programmer des cycles en régime automatique (réalisation : Général Pneumatic, 4 chaussée Berthelot, TOURCOING)".*

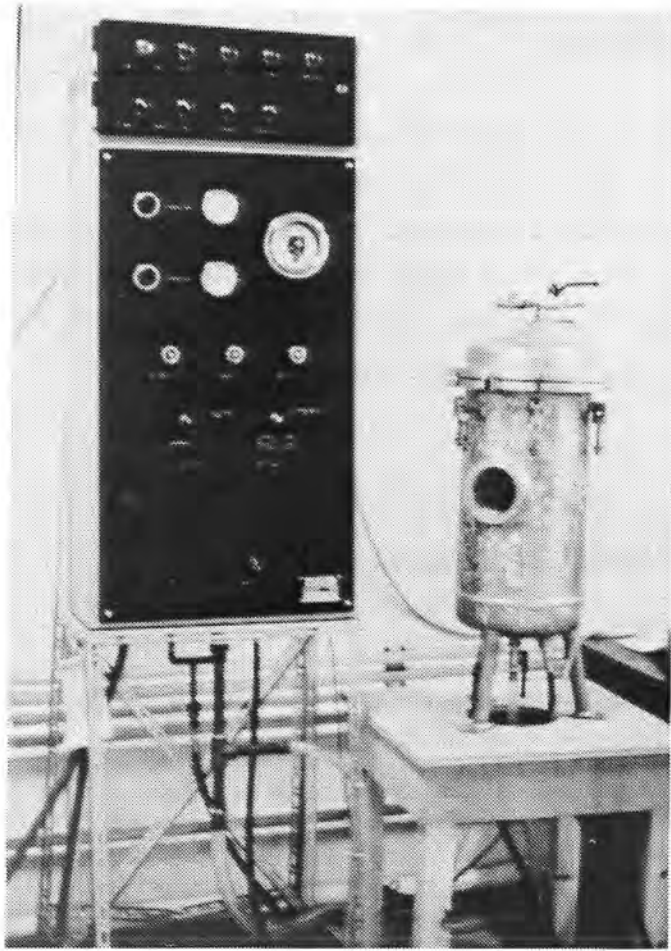


Photo 24 : Caisson de pression et tableau  
de commande de la pompe hydraulique.  
(photo BLANCHARD)

Le caisson est rempli d'eau douce. Il contient à mi-hauteur une tablette perforée régulièrement, où sont disposés les échantillons à tester : des flacons de 30 ml remplis d'eau de mer contenant les oeufs et les larves. Lorsqu'on les ferme, l'air est chassé. Au moment de la dépression ou de la surpression, les capuchons en plastique qui les obstruent transmettent donc intégralement aux oeufs ou larves, les variations de pression enregistrées dans le caisson.

#### 4.1.2. Tests choisis

Dans les circuits de refroidissement des centrales électriques, où circule entre autre, du zooplancton, surpressions et dépressions importantes se succèdent. Les cycles de variations de pression ont maintes fois été décrites, à l'étranger (GIN et al., 1978) comme en France (KHALANSKY, 1978 ; BLANCHARD, 1978). En fait, les intensités de pression diffèrent énormément d'une usine à l'autre. Pour simuler ces stress mécaniques, nous avons simplement reproduit une succession de plus fortes surpressions et dépressions observées. Celle-ci débute par une augmentation de 4 Bars correspondant au pompage de l'eau de mer, et une surpression de 1,5 Bars qui simule le transit dans les canalisations, dure 300 secondes, que suit une dépression de 0,7 Bar habituellement observés dans les serpentins de l'échangeur de chaleur.

Le rejet de l'eau s'accompagne généralement d'une légère surpression que nous n'avons pas reproduite.

Ces cycles (A) sont ensuite décomposés afin d'évaluer l'impact plus précis de chaque composante : dépression (cycle F), durée des dépressions (cycles B, C) sur les échantillons d'oeufs et de larves.

De plus, les installations nous ont permis de tester l'influence des surpressions d'intensité plus faibles (cycles D, E). L'appareillage n'a pas permis de le faire pour les dépressions. Le tableau 80 présente tous les tests réalisés ; la figure 39 l'évolution des pressions dans le temps, pour chaque cycle testé.

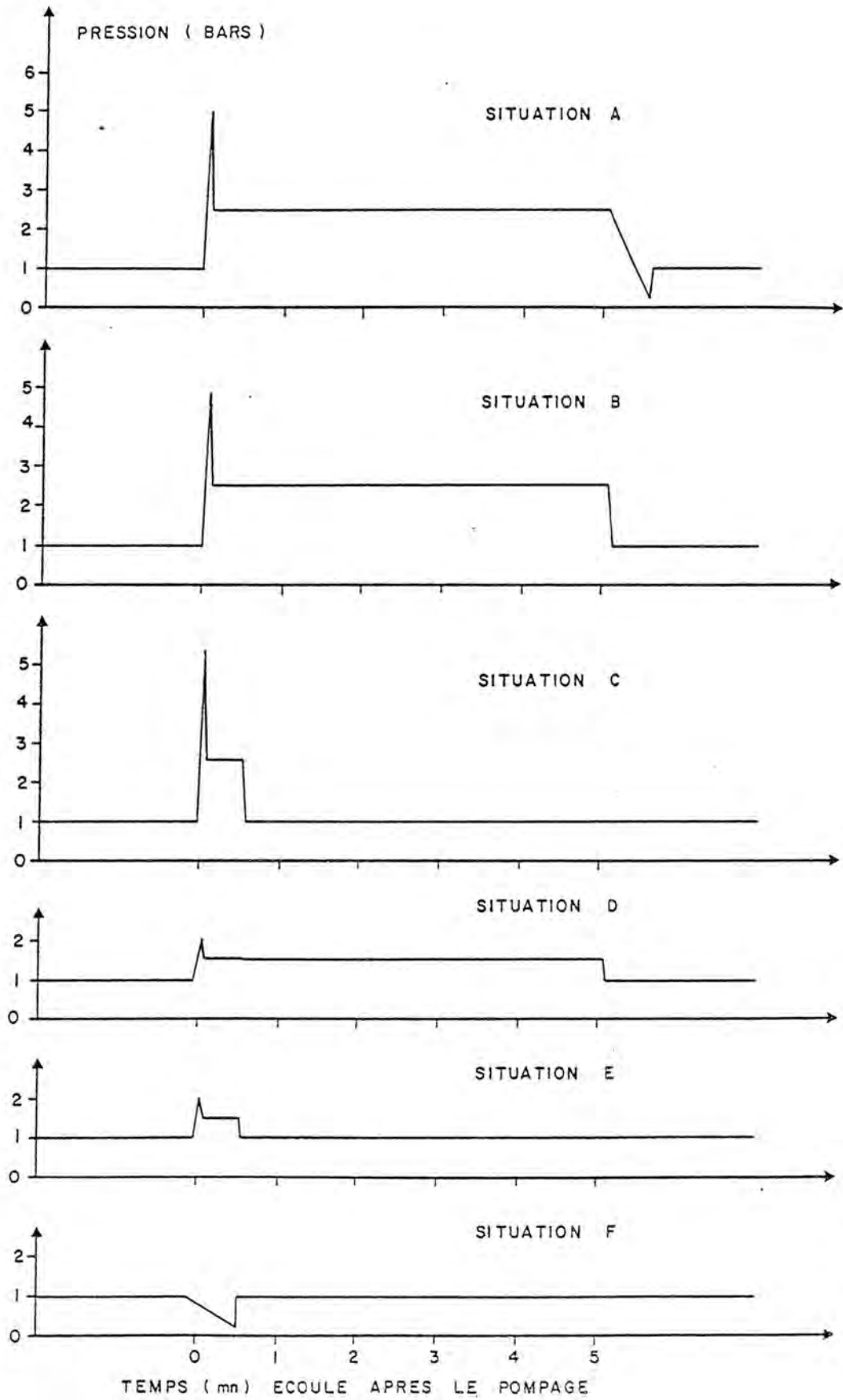


FIGURE 39 : Evolution dans le temps des différents cycles de pression testés.

BLANCHARD (1978) ayant déjà montré que la vitesse de variation n'a pas d'effet sur les oeufs et larves de Bar, Sole et Daurade, les variations seront dans tous les cas, instantanées.

Les tests sont réalisés sur l'embryon au stade neurula et la larve vésiculée de Bar, Sole et Rouget (Tableaux 80 et 81).

STADE		ESPECE			
		BAR	ROUGET	SOLE	
Oeuf (début de neurulation)	Ponte 1	8 échantillons de 100 environ	8 échantillons de 100 environ		.
	Ponte 2	"	"	Ponte 1	8 échantillons de 100 environ
	Ponte 3	"	"		
Larve vésiculée	Ponte 1	"	"		"
	Ponte 2	"	"		"
	Ponte 3	"	"		"

TABLEAU 80 : Ensemble des espèces et stades soumis à des variations de pression.

NATURE DU ΔP	SURPRESSION + DEPRESSION	SURPRESSIONS				DEPRESSION	TEMOIN	
		CYCLE B	CYCLE C	CYCLE D	CYCLE E		CYCLE F	T1
ΔP	+ 4 puis - 0,7	+ 4	+ 4	+ 1	+ 1	- 0,7	30	300
DUREE (secondes)	300	300	30	300	30	-	30	300

TABLEAU 81 : Intensité et durée des surpressions et dépressions subies par les oeufs et les larves de Bar, Sole et Rouget.

Chaque ponte comporte en plus des 6 lots expérimentaux, 2 témoins qui ont subi l'échantillonnage et le confinement en pilulier pendant 30 secondes (T<sub>1</sub>) ou 300 secondes (T<sub>2</sub>).

## 4.2. Résultats

### 4.2.1. Oeufs et larves de bar

Les résultats, lots expérimentaux et témoins confondus, varient fortement d'une ponte à l'autre : les taux d'éclosion de la ponte 66 sont très bas et les taux d'anomalies excessivement forts dans le cas des pontes 81 (larves) et 82 (oeufs).

	N° PONTE	ΔP (Bars)	DUREE DE LA STATION HYPERBAR (secondes)		CYCLE A	CYCLE F	TEMOINS	
			30	300			T1	T2
			TAUX D'ECLOSION	66			4	49
1	66	60						
80	4	94		92	88	87	100	99
	1	97		84				
82	4	98		95	91	95	96	90
	1	92		96				
TAUX D'ANOMALIES	66	4	15	14	5	1	4	6
		1	8	6				
	80	4	4	3	9	8	7	5
		1	4	4				
	82	4	25	18	10	10	13	16
		1	16	11				

TABLEAU 82 : Conséquences des variations de pression sur les oeufs de Bar.

	N° PONTE	ΔP (Bars)	DUREE DE LA STATION HYPERBAR (secondes)		CYCLE A	CYCLE F	TEMOINS	
			30	300			T1	T2
			TAUX DE SURVIE	81			4	99
1	99	97						
84	4	99		97	97	100	99	99
	1	100		98				
85	4	100		99	100	99	100	97
	1	99		100				
TAUX D'ANOMALIES	81	4	16	15	22	22	16	17
		1	20	13				
	84	4	9	5	4	9	11	3
		1	6	6				
	85	4	0	1	0	0	0	0
		1	0	0				

TABLEAU 83 : Conséquences des variations de pression sur les larves de Bar.

4.2.2. Oeufs et larves de sole

Les résultats obtenus sur la Sole sont plus variables que chez le Bar et le Rouget. Une fois de plus, toutes les pontes ne répondent pas de la même façon aux tests. Notons que une augmentation des mortalités ou anomalies correspond toujours à des surpressions de 4 bars (Ponte 20 (oeufs) et ponte 16 (larves)).

	N° PONTE	ΔP (Bars)	DUREE DE LA STATION HYPERBAR (secondes)		CYCLE A	CYCLE F	TEMOINS	
			30	300			T1	T2
			TAUX D'ECLOSION	20			+ 4	74
	+ 1	91	85					
TAUX D'ANOMALIES	20	+ 4	2	3	2	0	2	3
		+ 1	0	0				

TABEAU 84 : Conséquences des variations de pression sur les oeufs de Sole.

	N° PONTE	ΔP (Bars)	DUREE DE LA STATION HYPERBAR (secondes)		CYCLE A	CYCLE F	TEMOINS	
			30	300			T1	T2
			TAUX DE SURVIE	15			+ 4	96
+ 1	97	86						
16	+ 4	88		67	100	97	95	96
	+ 1	100		100				
18	+ 4	94		97	93	100	99	96
	+ 1	100		100				
TAUX D'ANOMALIES	15	+ 4	0	0	4	12	0	0
		+ 1	0	0				
	16	+ 4	16	5	0	1	0	0
		+ 1	0	0				
	18	+ 4	4	0	2	2	0	3
		+ 1	0	0				

TABEAU 85 : Conséquences des variations de pression sur les larves de Sole.

### 4.2.3. Oeufs et larves de rouget

Les oeufs et les larves testés appartiennent aux mêmes pontes, ce qui permet de comparer de façon très précise les sensibilités des oeufs et des larves aux stress. Les échantillons des pontes 24 et 29 ne réagissent pas aux variations de pression. Par contre les larves de la ponte 30 sont plus sensibles que les oeufs à une surpression de 4 bars. Ceci se traduit par une baisse du taux de survie.

	N° PONTE	ΔP (Bars)	DUREE DE LA STATION HYPERBAR (secondes)		CYCLE A	CYCLE F	TEMOINS	
			30	300			T1	T2
			TAUX D'ECLOSION	24			4	100
1	100	99						
29	4	100		100	99	99	100	100
	1	100		99				
30	4	100		100	100	100	100	99
	1	100		100				
TAUX D'ANOMALIES	24	4	0	0	0	0	0	0
		1	0	0				
	29	4	0	0	0	0	0	0
		1	0	0				
	30	4	0	0	0	0	0	0
		1	0	0				

TABLEAU 86 : Conséquences des variations de pression sur les oeufs de Rouget.

	N° PONTE	ΔP (Bars)	DUREE DE LA STATION HYPERBAR (secondes)		CYCLE A	CYCLE F	TEMOINS	
			30	300			T1	T2
			TAUX DE SURVIE	24			4	100
1	100	96						
29	4	98		96	95	99	89	98
	1	96		99				
30	4	81		89	100	100	92	92
	1	100		100				
TAUX D'ANOMALIES	24	4	0	0	5	0	0	4
		1	4	0				
	29	4	5	1	0	3	0	0
		1	2	0				
	30	4	0	6	0	7	13	4
		1	6	0				

TABLEAU 87 : Conséquences des variations de pression sur les larves de Rouget.



#### 4.3. *Interprétation et discussion*

Le faible nombre d'échantillons ne nous permet pas de procéder à une analyse statistique fiable. Malgré cela, il apparaît nettement, d'une part que les taux d'éclosion et d'anomalies des témoins varient indépendamment du temps passé dans un pilulier, d'autre part qu'il n'y a pas de réponse "massive" à l'un des tests. Il y a pourtant des réponses isolées de lots d'oeufs et de larves aux variations de 4 bars qui durent 30 ou 300 secondes. Il s'agit d'augmentations de mortalité (TM) et d'anomalies (TA) mais elles sont relativement faibles par rapport à ce que l'on observe au cours des chocs thermiques ou chlorés : 29 % (TM) et 18 % (TA) de plus que les témoins.

Nous retiendrons de ces expériences que la nocivité des variations de pression testées est faible pour les oeufs comme pour les larves et dépend essentiellement de la ponte. Cela concorde avec les résultats des travaux de GIN et al., (1978) et BLANCHARD (1978) qui ont aussi évalué les mortalités et les anomalies, ou ceux de HOSS et al., (1979) qui observe des effets plus subtils : les pertes d'équilibre, mais non létales.

Comme les accélérations (ULANOWICZ, 1975), les vibrations (POST et al., 1974) ou les manipulations (HUGH, 1978), les variations de pression n'appartiennent pas à la catégorie des chocs mécaniques dangereux, contrairement aux frottements (ULANOWICZ, 1975) qui provoqueraient des déformations importantes sur l'organisme et altèreraient les tissus (CHARM et al., 1970 ; WILLIAMS, 1973).



## CONCLUSION

Tous les stress étudiés dans cette seconde partie, peuvent entraîner, à différents degrés, la mort d'oeufs ou de larves, et des malformations chez des larves nées d'oeufs "stressés" ou chez celles qui ont été directement exposées aux pollutions. Il est frappant de remarquer que pour chaque traitement étudié, l'intensité nécessaire pour faire apparaître des malformations chez les survivants excède toujours celle qui provoque une mortalité. Cela laisse supposer qu'il existe dans les lots expérimentaux, des embryons ou des larves plus fragiles, qui sont supprimés par de faibles variations du milieu. Alors que dans les plus mauvaises conditions, les plus résistantes seraient simplement déformées.

Si d'une manière générale, les réponses suivent le même schéma, leur intensité dépend de plusieurs facteurs :

Le stade de développement semble être le plus influent. En effet, l'oeuf est en moyenne plus fragile que la larve vésiculée aux stress d'origines diverses, à l'exception toutefois de la chloration. Il tolère des faibles concentrations en chlore (1 ppm), mais son développement est altéré par des chocs mécaniques intenses et prolongés. Cela se traduit le plus souvent par des malformations des larves. Cependant leurs effets n'ont rien de comparables avec ceux des chocs thermiques. Qu'ils soient courts et intenses ( $\Delta 12^\circ\text{C}$ ) ou durables et faibles ( $\Delta 5^\circ\text{C}$ ), comme au cours des transports, ils sont très mal ressentis par les oeufs. Il n'y a pas d'effet de synergie entre le chlore et l'élévation de température.

Chez la larve, les effets de ces différents facteurs sont inversés. Des variations thermiques rapides, de  $17^\circ\text{C}$ , ainsi que des chocs mécaniques sont pratiquement sans incidence sur la survie et l'aspect extérieur de la larve. L'adjonction de chlore dans l'eau de mer entraîne quelques mortalités. Mais le phénomène n'est pas régulier. Par contre, le comportement de la larve se distingue nettement de celui de l'embryon, lorsque chloration et chocs thermiques sont associés. L'augmentation incontestable des mortalités et des anomalies consécutives à cette situation témoigne d'une synergie entre ces deux nuisances.

Malgré des divergences nettes entre les résultats obtenus sur les oeufs et les larves, il est pourtant délicat d'affubler chaque situation testée d'une intensité de réponse car celle-ci dépend de bien d'autres facteurs.

L'espèce joue un rôle capital. Les oeufs de bar semblent très résistants, ceux de sole et de turbot un peu moins et les oeufs de rouget très sensibles aux stress. Il est d'ailleurs intéressant de noter que les difficultés au niveau de l'élevage larvaire et cette sensibilité aux stress augmentent parallèlement. Toutefois, sur les larves, les différences spécifiques, enregistrées après les tests sont moins marquées.

Au sein même d'une espèce, mais d'une ponte à l'autre, il peut y avoir des réactions tout-à-fait distinctes chez deux lots d'oeufs ou de larves appartenant à des pontes différentes, vis-à-vis d'un traitement donné. Ce phénomène observé aussi bien au niveau des oeufs ou des larves traduit l'existence de caractéristiques intrinsèques de ponte.

Enfin l'âge de l'embryon ou de la larve doit être pris en considération dans l'interprétation des mortalités ou des malformations, le stade de début de neurulation apparaissant comme le plus résistant. L'utilisation accidentelle d'oeufs en fin de gastrulation ou sur le point d'éclore s'est d'ailleurs soldée par des échecs lors des chocs thermiques. Les risques de ce genre sont plus faibles chez les larves. Il faut toutefois éviter de manipuler des larves âgées de 4 jours ou plus, en fin de résorption vitelline, car l'on peut supposer que le jeûne les rende fragiles.

L'ensemble de ces remarques autorise donc à faire un certain nombre de recommandations pratiques concernant l'incubation :

1- Celle-ci doit être réalisée dans des appareils conçus pour agiter constamment et très délicatement les oeufs. De ce fait, les veines d'eau rapides et donc des alimentations sous pression élevées doivent être évitées. Pour éviter tout risque de malformations, les variations de température doivent ne pas dépasser 3°C et être progressives.

2- Si des manipulations doivent avoir lieu au cours d'incubation et si elles accompagnent de fortes variations de température ou encore de chocs mécaniques importants, il est préférable d'utiliser des oeufs ayant atteint le stade neurula ou des oeufs en éclosion. Toutefois, les larves vésiculées sont toujours les plus résistantes.

3- Enfin, les résultats des tests de chloration laissent supposer que l'oeuf de poisson marin supporterait des traitements désinfectants au chlore, contrairement aux larves. On comprend ainsi que les oeufs des salmonidés ou autres poissons d'eau douce, ainsi que de différentes espèces marines subissent des traitements préventifs antibiotiques ou antifongiques sans conséquence sur l'incubation (MADDOCK, 1974 ; DUGGAN, 1977 ; GUEST, 1977 ; CHATTO, 1979).



## CONCLUSION GENERALE

---





Les principaux résultats présentés dans ce travail permettent d'insister sur 2 points essentiels :

- En premier lieu, le soin apporté au choix des reproducteurs sauvages destinés à la captivité nous paraît déterminant. En effet, le poisson fraîchement pêché et mis en bassin, jeune, et s'il est déjà adulte, pond peu ou pas du tout durant près de deux ans dans nos conditions d'élevage. Cela semble être une constante du comportement naturel du poisson marin, car on le retrouve aussi bien chez d'autres espèces, par exemple, la daurade royale *Pagrus major* (FABRE, 1979). Ce temps de latence échu, la ponte redémarre et le nombre d'oeufs pondus naturellement se rapproche des fécondités estimées sur des poissons pêchés en mer, et subit, comme elle une diminution chez le poisson âgé. Les résultats obtenus en 1980 tendent encore à le montrer.

Si le poisson est immature, ce temps de latence peut être confondu avec la période de début de maturation. Malheureusement, il faut attendre 3 à 4 ans, avant de récolter des pontes de plus de 100 000 oeufs.

L'idéal serait donc, pour une station d'élevage, de choisir comme futurs reproducteurs, des poissons physiologiquement mûrs depuis 2 ou 3 ans, et qui, une fois accoutumés à la captivité, pourront pondre en grande quantité pendant longtemps.

- Le second point important est le rôle que joue l'environnement sur les caractéristiques des pontes, le jour du frai, puis sur le développement embryonnaire et la survie ou les malformations de la larve vésiculée :

Un lot de poissons contenant plusieurs femelles peut fournir la même année, des pontes de viabilité, de taille, de taux d'éclosion parfois très différents. Il est très probable qu'il existe des variations de ces paramètres dues à l'individu, cependant, leur action apparaît moins clairement que celle des facteurs externes, tels que la température, la photopériode, le régime alimentaire et le volume des bassins dans le cas de reproducteurs, ou tels que la température et les chocs mécaniques dans

le cas des oeufs. Pour illustrer ceci, nous prendrons deux exemples :

\* En premier lieu celui de la température et de la photopériode, dont l'action peut permettre aussi bien de déplacer une saison de reproduction qu'entraîner une diminution de la "fécondité", de plus de 50 %.

\* En second lieu, l'effet de chocs thermiques et mécaniques qui peuvent soit induire chez des oeufs des mortalités, soit dans une forte proportion (80-100 %) entraînera des malformations squelettiques des larves. x

Tout cela n'exclut pas l'influence de facteurs intrinsèques aux pontes sur les effets étudiés sur les oeufs et les larves. Nous avons pu les mettre clairement en évidence, sans toutefois les expliciter. Nous sommes en particulier incapables de dire si ces facteurs sont liés à l'animal, ou si, pour un reproducteur donné, ils varient d'une ponte à l'autre.

Il reste pourtant encore de nombreux points à travailler avant de préconiser des normes d'élevage permettant d'obtenir des pontes de caractéristiques bien précises. De même, nous ne pouvons pas encore définir une méthode idéale d'incubation des oeufs pour obtenir des larves de "qualité" s'il est possible d'employer ce terme.

Nous avons déjà insisté sur l'importance des facteurs intrinsèques à la ponte dans nos résultats ; bien que rien ne nous permette de l'affirmer, nous pensons que des facteurs génétiques peuvent expliquer une partie non négligeable de nos résultats et, de façon plus générale, jouer un rôle majeur dans les performances des poissons à un stade quelconque de leur vie. Nos connaissances sur la génétique des espèces que nous avons étudiées sont encore malheureusement presque nulles. L'élevage des poissons marins est sur ce point considérablement en retard sur les poissons d'eau douce, salmonidés et cyprinidés (MOAR, 1976). Pourtant les résultats obtenus sur ces groupes de poissons démontrent bien que la sélection génétique ou les hybridations permettent d'augmenter considérablement les taux de croissance (PITMAN, 1979) ou les résistances aux maladies (MOAR, 1976). Des essais obtenus en laboratoire sur les pleuronectidés (PURDOM et al., 1974) nous font penser que de telles recherches pourraient être entreprises sur les

poissons marins. L'existence d'un certain nombre d'outils, comme la congélation du sperme (DUPONT, 1975 ; HOLTZ et al., 1976) faciliterait ce travail.

Pour pouvoir définir de telles normes ou recommandations, il faudrait connaître les mécanismes physiologiques impliqués dans les phénomènes étudiés : une telle démarche est maintenant suivie dans les recherches sur les poissons d'eau douce (BRETON et al., sous presse). Il serait d'ailleurs souhaitable d'étudier les conséquences sur l'organisme, d'autres facteurs abiotiques (salinité, oxygène), qui semblent influencer également la reproduction (DE VLAMING, 1971 ; CHERVINSKI, 1974). A ces thèmes de recherches il faudrait également ajouter l'étude de l'ensemble des facteurs biotiques, la densité d'élevage en particulier, dont ALLISON (1976) a montré l'importance à travers ses expériences sur la carpe *Cyprinus carpio*.

Dans tous les cas de figure, pour être complétées, les expériences de ce type devraient non seulement commencer en amont, avec l'étude physiologique du reproducteur, mais aussi se prolonger en aval, avec le suivi des jeunes larves puis des juvéniles. Ceci est particulièrement vrai si l'on veut affiner les techniques d'incubation car effectuer un contrôle de test sur les larves vésiculées paraît être trop limité. Citons pour illustrer ce propos, les recherches de HU et al. (1979) sur le mullet *Mugil cephalus* qui suppose que la salinité de l'eau de mer dans les incubateurs et le degré de pigmentation ultérieure des larves en élevage, sont liés.

Enfin, pour contrôler l'effet de facteurs quelconques sur les oeufs ou les larves âgées, il serait nécessaire, dans un proche avenir, de compléter les mesures quantitatives par d'autres d'ordre qualitatif, telles que l'étude de la composition biochimique des oeufs ou des larves. Ceci permettrait sans aucun doute d'expliquer plus rapidement l'origine des anomalies de la morphologie externe, ou d'une façon générale, d'apporter quelques réponses aux nombreux problèmes que pose l'élevage.



BIBLIOGRAPHIE

---



- ABRAHAM, B., 1963 - A study of the oogenesis and egg resorption in the mullets. *Mugil cephalus* et *Mugil capito* in Israel.  
Proc. gen. Fish. Counc. Medit, 7 : 435 - 453.
- ALAYSE, J.P., 1979 - Mise au point de circuits fermés permettant d'étudier l'influence de différents facteurs sur la croissance de larves et de juvéniles de poissons marins : Actions de la lumière et de la Salinité -  
Thèse 3è cycle Fac. Sciences Brest : 145 pp.
- ALDERDICE, D.F. and C.R. FORRESTER, 1968 - Some effects of salinity and temperature on early development and survival of the english sole (*Parophrys vetulus*).  
J. Fish. Res. Bd. Canada, 25 (3) : 495-521.
- ALDERDICE, D.F. and C.R. FORRESTER, 1971 - Effects of salinity and temperature on embryonic development of the petraite sole (*Eopsetta jordani*).  
J. Fish. Res. Bd. Canada, 28 : 727-744.
- ALDERDICE, D.F., R.A. BAMS and F.P.J. VELSEN, 1977 - Factors affecting deposition, development, and survival of salmonids eggs and alevins. A bibliography, 1965-1975. Fisheries and Marine Service Technical Report n° 743 : 276 pp.
- ALESSIO, G., 1975 - Riproduzione artificiale di orata, *Sparus aurata* (L.) (*Osteichthyes, Sparidae*). 5° Primi risultati sull'allevamento ed alimentazione delle larve e degli avanotti.  
Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 30 (1) : 71 - 92.
- ALESSIO, G. et P., BRONZI, 1974 - Artificial reproduction of gilthead-bream, *Sparus aurata* (L.) (*Osteichthyes, Sparidae*).  
Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 29 (2) : 123 - 132.
- ALLIOT, E., A., FEBVRE, R., METAILLER et A., PASTOUREAUD, 1974 - Besoins nutritifs du bar (*Dicentrarchus labrax*). Etude du taux de protéines et de lipides dans le régime.  
*Colloques sur l'aquaculture. Actes de colloques*, CNEOX Ed., 1 : 215 - 228.
- ALLISON, R., R.O., SMITHERMAN and J., CABRERO, 1976 - Effects of high density Culture and form of feed on reproduction and Yield of *Tilapia aurea*.  
In : Advances in Aquaculture. Ed. T.V.R. Pillay and W.A. Dill., Fishing news Books Ltd. : 168 - 170.
- ANTHONY, R., 1910 - The cultivation of the turbot, Proceedings of the fourth international fishery congress, Washington, 1908.  
U.S. Bureau of fisheries Bull., 28 (2) : 859 - 870.
- ARIAS, A.M., 1976 - Reproduction artificielle de la dorade, *Sparus aurata* (L.).  
Stud. Rev. Gen. Fish. Counc. Mediterr. : 160 - 173.
- ARTE, P., 1977 - Método para la obtención en acuario de huevos fecundados naturalmente y larvas, de aplicación en investigación y en las piscifactorias marinas.  
Inv. Pesq., 41 (2) : 441 - 445.

- BAGENAL, T.B., 1966 - The Ecological and géographical aspects of the fecundity of the plaice.  
J. Mar. Biol. Ass. U.K., 46 : 161 - 186.
- BAGENAL, T.B., 1969 - The relationship between food supply and fecundity in Brown trout *Salmo trutta* L.  
J. Fish. Biol., 1 : 167 - 182.
- BAGENAL, T.B., 1971 - The interrelation of the size of fish eggs, the date of spawning and the production cycle.  
J. Fish. Biol., 3 : 207 - 219.
- BARAHONA-FERNANDEZ, M.H., 1977 - Bacterial disease of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) reared in the laboratory : an approach of treatment.  
Aquaculture, 10 : 317 - 322.
- BARAHONA-FERNANDEZ, M.H., 1978 - L'élevage intensif des larves et des juvéniles du Bar (*Dicentrarchus labrax* (L.)) : données biologiques, zootechniques et pathologiques.  
Thèse Fac. Université d'Aix-Marseille II. 208 pp.
- BARNABE, G., 1974 - Compte rendu sommaire de la campagne 1972 - 1973 de reproduction contrôlée du loup à Sète.  
In : Colloque sur l'aquaculture. Actes de colloques, CNEXO ED., 1 : 205 - 213.
- BARNABE, G., 1976a - Rapport technique sur la ponte induite et l'élevage des larves du loup *Dicentrarchus labrax* et de la dorade *Sparus aurata*.  
In : Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée, 55 : 63 - 116.
- BARNABE, G., 1976b - Contribution à la connaissance de la biologie du Loup, *Dicentrarchus labrax* (L.) (poisson *Serranidae*).  
Thèse Fac. Sciences Montpellier, 426 pp.
- BARNABE, G. et F., RENE, 1972 - Reproduction contrôlée du loup *Dicentrarchus labrax* (Linné) et production en masse d'alevins.  
C.R. Acad. Sc. Paris, 275, D : 2741 - 2744.
- BARNABE, G., J., PARIS et J., SUBE, 1976 - Effets des chocs thermiques sur le développement embryonnaire de l'oeuf du loup *Dicentrarchus labrax* : stades critiques et stades de résistance.  
Présenté aux journées de thermoécologie, Brest, 15 novembre 1976.
- BATTAGLIA, A. et J.L., COULET, 1976 - Etude expérimentale des effets des échauffements sur l'ichtyoplancton.  
Contrat E.D.F. et I.S.T.P.M. : 15 pp.
- BAYNE, B.L., D.L., HOLLAND, M.N., MOORE, D.M., LOWE and J., WIDDONS, 1978 - Further studies on the effects of stress in the adult on the eggs of *Mytilus edulis*.  
Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom, 58 (4) : 825 - 841.
- BENON, P., 1976 (1977) - Influence des rejets d'eau chaude de la centrale E.D.F. Martiques-Ponteau, sur les populations zooplanctoniques.  
Tethys, 8 (1) : 63 - 81.



- BEN TUVIA, A., 1979 - Studies of the population and fisheries of *Sparus aurata* in the Bardavil Lagoon, eastern Mediterranean.  
Inv. Pesq., 43 (1) : 43 - 67.
- BLANCHARD, M., 1978 - Influence des chocs de pression dans les circuits de réfrigération.  
Rapport E.D.F. : 11 pp.
- BLAXTER, J.H.S., 1970 - Development : eggs and larvae. In : Fish Physiology, Blaxter Ed. Academic Press. Inc., New-York, 3 : 178-271.
- BLAXTER, J.H.S., 1977 - The effect of copper on the eggs and larvae of plaice and herring.  
J. Mar. Biol. Ass. U.K., 57 : 849 - 858.
- BLOCK, R.M., 1977 - Physiological responses of estuarine organisms to chlorine.  
Chesapeake Sci., 18 : 158 - 160.
- BOUGIS, P., 1952 - Rapport hépato-somatique et rapport gonado-somatique chez *Mullus barbatus* L.  
Bull. Soc. Zool. France, 74 (6) : 326-330.
- BOUGIS, P., 1954 - Recherches biométriques sur les rougets (*Mullus barbatus* L., *Mullus surmuletus* L.).  
Arch. Zool. exper. gén. Fr., 89 (2) : 57-174.
- BOULINEAU, F., 1969 - Contribution à l'étude biologique du Bar *Dicentrarchus labrax* (Linné).  
Thèse de 3ème cycle, Fac. Sciences Paris, Roneo, 176 pp.
- BOULINEAU, F., 1974 - Ponte naturelle et ponte induite hormonalement chez *Dicentrarchus labrax* (L.) en captivité.  
In : Actes de colloques, CNEXO Ed., 1 : 151-160.
- BOWERS, A.B., 1966 - Marine Fish culture in Britain VI. The effect of the acclimatation of Adult Plaice to pond conditions on the viability of eggs and larvae.  
J. Cons. Perm. Int. Explo. Mer., 30 (2) : 196 - 203.
- BRADFORD, J.M. and D.A., BURNS, 1977 - The effects of the MARSDEN "A" Thermal power station on the Marine plankton.  
NZOI Records, 3 (9) : 69 - 86.
- BRASOLA, V., 1974 - Riproduzione artificiale della sogliola (*Solea solea*) effettuata con successo presso la laguna di Orbetello.  
Riv. Ital. Piscic. Ittio. Patol., 9 (4) : 99 - 101.
- BRASOLA, V., A.M., KALFA and A., CANNAS, 1979 - Esperienze positive di riproduzione artificiale di *Mugil cephalus* (L.) effettuate nella laguna di Orbetello.  
Riv. It. Piscic. Ittiop. A. XIV, 1 : 1 - 6.
- BRETON, B. et al., Sous presse - Le contrôle de la reproduction des poissons d'étang.  
Présenté à : Colloque sur la pisciculture d'étang. BARBIZON, 11.13 mars 1980.

- BROMLEY, P., 1980 - Dover Sole is ready for fish farm.  
Fish farmer, 3 (2) : 32 - 33.
- BROOKS, A.S. and G.L., SEEGERT, 1977 - The effects of intermittent chlorination on rainbow trout and yellow perch.  
Trans. Am. Fish. Soc., 106 (3) : 278 - 286.
- BUCKLAND, in MALARD, A.E., 1899 - Sur le développement et la pisciculture du Turbot.  
C.R. Acad. Sc. Paris, 129 : 181 - 183.
- BULOW, F.J. and R.D., ANDERSON - 1977 - Tissue Press technique for counting fish liver parasites.  
Prog. Fish. Cult., 4 (2) : 73-74.
- BURKHALTER, D.E. and C.M., KAYA, 1977 - Effects of prolonged Exposure to ammonia on fertilized eggs and sac fry of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*).  
Trans. Am. Fish. Soc., 106 (5) : 470 - 475.
- BURTON, D.T., L.W., HALL, S.L., MARGREY and R.D., SMALL, 1979 - Interactions of chlorine, temperature change ( $\Delta T$ ) and exposure time on survival of striped bass (*Morone saxatilis*) eggs and larvae.  
J. Fish. Res. Board. Can., 36 (9) : 1108 - 1113.
- BUTLER, G.W., 1895 - Report on the spawning of the common sole (*Solea vulgaris*) in the aquarium of the Marine Biological Association's laboratory at Plymouth, during April and May 1895.  
J. Mar. Biol. Ass. U.K., 4 : 3 - 9;
- CAIRNS, J.Jr., A.L.Jr., BUIKEMA, A.G., HEATH and B.C., and PARKER, 1978. Effects of temperature on aquatic Organism sensitivity to selected chemicals.  
Virginia Water Resources Research Center Bull., 106 pp.
- CAPORICCIDIO, B., 1976 - Etude ultrastructurale et cytochimique de l'ovogénèse du loup (*Dicentrarchus labrax* L.).  
Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Université de Montpellier : roneo 87 pp.
- CAPUZZO, M., 1977 - The effects of free chlorine and chloramine on growth and respirations rates of larval lobsters (*Homarus americanus*).  
Water Research 11, pp. 1021 - 1024.
- CASSIFOUR, P., 1975 - Contribution à l'étude de la biologie des Mugilidés des réservoirs à poissons du bassin d'Arcachon.  
Thèse 3<sup>e</sup>me cycle : 104 pp.
- CASSIFOUR, P. et P., CHAMBOLLE, 1975 - Induction de la ponte par injection de progestérone chez *Crémimugil labrosus* (Risso) Poisson téléostéen, en milieu saumâtre.  
J. Physiol., Paris 70, 565 - 570.

- CHARM, S.E. and B.L. WONG, 1970 - Shear degradation of fibrinogen in the circulation.  
Science, 170 : 466-468.
- CHAUDHURI, H. et S.D. TRIPATHI, 1976. Problems of warmwater fish seed production.  
In : Advances in Aquaculture, T.V.R. PILLAY et Wm. A. DILL, Ed.,
- CHERVINSKI, J., 1974 - Sea Bass, *Dicentrarchus labrax* L. (*Pisces*, *Sevanidax*) a "police fish" in freshwater ponds and its adaptability to various saline conditions.  
BAMIDGEH, 26 (4) : 110 - 113.
- CHATTO, D., A., 1979 - Effects to salinity on hatching success of the CUI-UI.  
Progressive fish Culturist, 41 (2) : 82 - 85.
- CLARK, J.R., 1969 - Thermal pollution and aquatic life.  
Scient. American, 220 (3) : 19 - 27.
- COURTOT, J. et M.A., PERON, 1978 - Etude Physico-chimique de la chloration de l'eau de mer. Mise en évidence de la formation des dérivés du brome.  
In:compte rendu de la journée d'étude sur la chloration, E.D.F. Ed., Paris, 21 mars 1978.
- CUINAT, R., P., BOMASSI et A., CARRIER, 1980 - Amélioration des conditions de capture printanière et de stabulation de saumons adultes pour la reproduction artificielle.  
Bulletin français de Pisciculture, 276 : 123 - 141.
- DAHLBERG, M.L., J.E., BAILEY and W.S., PINETTE, 1978 - Evaluation of three methods of handling gametes of sockeye salmon for transport to incubation facilities.  
Prog. Fish Cult., 40 (2) : 71 - 72.
- DAHLGREN, B.T., 1980 - The effects of three different dietary protein levels on the fecundity in the guppy, *Poecilia reticulata* (Peters).  
J. Fish. Biol., 16 : 83-97.
- DAJOZ, R., 1971 - Précis d'écologie.  
Ed. Dunod, Paris.
- DALCQ, A. et J., PASTELS, 1954 - Le développement des vertébrés.  
In : Traité de Zoologie - Anatomie, systématique, biologie, P.P. GRASSE Ed., tome XII : 3 - 201.
- DENIEL, C., 1970 - Le rouget barbet de l'atlantique Nord, *Mullus surmuletus*. Intérêt de son élevage.  
Rapport de stage de DEA d'Océanographie biologique, ronéo, 13 pp.
- DENIEL, C., 1973 - Nutrition et croissance du jeune turbot, *Scophthalmus maximus* L. (Teleosteen, Bothidae).  
Thèse 3ème cycle, Fac. Sciences Brest, Ronéo : 149 pp.
- DESBROSSES, P., 1933 - Contribution à la connaissance de la biologie du rouget barbet en Atlantique Nord (I).  
Rev. Trav. Inst. Pêches Maritimes, VI : 249 - 270.
- DEVAUCHELLE, N., 1976 - Analyse quantitative et qualitative de pontes naturelles de Bar (*Dicentrarchus labrax*) en captivité.  
Rapport D.E.A. Fac. Sci. Brest, ronéo : 56 pp.

- DE VLAMING, 1971 - The effects of food deprivation and salinity changes on reproductive function in the estuarine goboid fish, *Gillichthys mirabilis*.  
Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woodshole, 141 (3) : 458 - 471.
- DONALSON, E.M., 1977 - Bibliography of fish reproduction 1963 - 1974, 3 parts.  
Fisheries & Marine Service Technical Report n° 732.
- DUGGAN, M.C., 1977 - The continued development of a hatchery mass rearing technique for Dover sole (*Solea solea*) from hatching to day 88,  
Field report, WFA, 534, Projet D001.
- DUPONT, J., 1976 - Etude sur la congélation du sperme de poissons marins (Bar, Daurade).  
Rapports CNEXO - Contrats n° 75/1221, 76/1484.
- EATON, J.G., J.M., MC KIM and G.W., HOLCOMBE, 1978 - Metal toxicity to embryos and larvae of seven freshwater species.  
I. Cadmium Bull. Environ. Contam. Toxicol., 19 (1) : 95 - 103.
- EDSALL, T.A., 1970 - The effect of temperature on the rate of development and survival of alewife eggs and larvae.  
Trans. Am. Fish. Soc., 99 : 376-380.
- FABRE, J.F., 1979 - Les techniques de production de masse d'alevins de daurade (*Pagrus major*) au Japon.  
Publication de l'association pour le développement de l'aquaculture 7, 22 pp.
- 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 pp.
- FLUCHER, J., 1970 - Zur embryonal und larvalentwicklung der seezunge *Solea solea* (L.).  
Sonderdruck aus Bd., 21 : 369 - 376.
- FLUCHTER, J., 1972 - Induction of spawning in the turbot (*Rhombus maximus* L.) by injection of hypophyseal suspensions.  
Aquaculture, 1 (3) : 285 - 287.
- FLUCHTER, J., 1979 - Identification and treatment of diseases in the common sole (*Solea solea* L.). Aquaculture, 16 : 271-274.
- FLUCHTER, J. and H., TROMMSDORFF, 1974 - Nutritive stimulation of spawning in common sole.  
Ber. dt. wiss. KOMMN. Meeresforsch, 23 : 352 - 359.
- FONDS, M., 1979 - Laboratory observations on the influence of temperature and salinity on development of the eggs and growth of the larvae of *Solea solea* (Pisces).  
Marine Ecology-progress series, 1 (2) : 91 - 99.
- FONTAINE, M.E.J., 1979 - Etude des conditions de transport de larves et de juvéniles de poissons marins.  
Rapport DEA Océanographie Biol. UBO Brest, 16 pp.
- FRANCK, M.L., 1974 - Relative sensitivity of different development stages of carp eggs to thermal shock.  
In: Thermal Ecology - AEC symposium Series, ed. by J.W. Gibbons et R.R. Sharitz : 171 - 176

- FUCHS, J., 1979 - Techniques d'élevage larvaire et production intensive de juvéniles chez la sole (*Solea solea*).  
Thèse de 3ème cycle, Université d'Aix-Marseille : 238 pp.
- GALL., G.A.E., 1974 - Influence of size of eggs and age of female on hatchability and growth on rainbow trout.  
Cal. Fish and game, 00(1) : 26 - 35 1974.
- GERARD, J.P., 1973 - Le vert malachite.  
La pisciculture française. Fiche technique n° 3: 35.
- GERARD, J.P., 1974 - La désinfection en pisciculture.  
La Pisciculture française, fiche technique n° 6.  
La Pisciculture française n° 38 2é TRIM, 1970. PP. 31 - 32.
- GILLET, C., B. BRETON et R. BILLARD, 1978 - Seasonal effects of exposure to temperature and photoperiod regimes on gonad growth and plasma gonadotropin in goldfish (*Carassius auratus*).  
Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 18 (4) : 1045-1049.
- GIN, T.C., G.V., POJE and J.M., O'CONNOR, 1978 - Survival of planktonic organisms following passage through a simulated power plant condenser tube.  
In National Workshop on entrainment and impringement, 4<sup>th</sup> Chicago, 1977. Proceedings. Ed. by L.D. Jensen E.A. Communications, MELVILLE N.Y., : 91-101.
- GIRIN, M., 1976 - Information sheets on the culture of marine fishes in Europe.  
Contribution n° 518 du département scientifique du Centre Océanologique de Bretagne.
- GIRIN, M., 1978 - Méthodes de production des juvéniles chez trois poissons marins, le Bar, la Sole et le Turbot.  
Thèse fac. Université Paris VI., 202 pp.
- GIRIN, M., 1980 - L'élevage des poissons marins.  
La recherche, 107 : 36 - 44.
- GIRIN, M. et Y., HARACHE, 1976 - L'élevage des poissons en eau de mer : nouveaux résultats français en matière de recherche et de développement.  
In : Advances in Aquaculture, Ed. T.V.R. Pillay and W.A. Dill fishing News books Ltd.. : 173 - 179.
- GIRIN, M., et N., DEVAUCHELLE, 1978 - Décalage de la période de reproduction par raccourcissement des cycles photopériodiques et thermiques chez des poissons marins.  
Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 18 (4) : 1059 - 1065.
- GUERRA, C.R. and B.L., GODFRIAUX, 1975 - Aquaculture in thermal effluents from plants.  
Presented at the 10<sup>th</sup> European symposium on marine biology, Ostend, Belgium, 17 - 23 sept. 1975.
- GUEST, W.C., 1977 - Technique for collecting and incubating eggs of the fathead Minnow.  
Prog. Fish. Cult., 39 (4) : 188.
- HAIDAR, Z., 1970 - The ecology of red mullet (*Mullus barbatus* L.) in the eastearn adriatic.  
Acta. Adriat., 14 (1) : 1 - 94.
- HAYES, F.R., 1949 - The growth, general chemistry and temperature relations of salmonid eggs.  
Quart. Rev. Biol., 24 : 281 - 308.

- HEINCKE, Fr. et E., EHRENBAUM, 1900 - In : FABRE-OMERGUE, P. et E. BIETRIX, 1905.
- HILGE, V., 1979 - Möglicher einfluß verschiedener kromlinierter protein und Fettgehalte des Futters auf das Gonadenuwarchstum jünger spiegelkarpfen: (*Cyprinus carpio* L.). Arch. Fisch. Wiss., 29 (3) : 113 - 118.
- HOAR, W.S., 1957 - The gonado and reproduction in "the physiology of fishes" Academic press, New-York, 1 : 287 - 321.
- HOGERDORN, H., 1977 - Progress in the controlled propagation of *Clarias lazera* (Cuvier et Valenciennes).  
In : 3ème Réunion du Groupe de Travail du CIEM sur la Mariculture, 10-13 mai 1977, Brest, France, 123-130.
- HOLLIDAY, F.G.T., J.H.S., BLAXTER and R., LASKER, 1964 - Oxygen uptake of developing eggs and larvae of the herring (*Clupea harengus*). J. Mar. Biol. Ass. U.K., 44 : 711 - 723.
- HOKANSON, K.E.F. and KLEINER, Ch.F., 1974 - Effects of constant and rising temperatures on survival and developmental rates of embryonic and larval yellow perch, *Perca flavescens* (M).  
In : The early life history of fish Springer Verlag, Ed. Blaxter J.H.S., N.Y. : 437 - 448.
- HOLTZ, W., S., BUYUKLATIPOGLU, J., STOSS, B., OLDIGS and H.J., LANGHOLZ, 1978 - Preservation of trout spermatozoa for varying periods.  
In : Advances in Aquaculture Ed. T.V.R. Pillay and W.A. Dill. Fishing News book Ltd : 141 - 143.
- HOSS, D.E., W.F., HETTLER and L.C., COSTON, 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 : 357 - 371.
- HOSS, D.E. and J.H.S., BLAXTER, 1979 - Effects of rapid changes in lydrostatic pressure on the larvae of Atlantic herring (*Clupea harengus* L.). Symposium ICES, Working group on mariculture, Woodshole : 10 pp.
- HTUN-HAN, M., 1977 - The effects of photoperiod on reproduction in fishes - An annotated bibliography.  
Ministry of Agriculture Fisheries and Food, Directorate of Fisheries Research, *Library Information Leaflet*, n° 6, 30 pp.
- HU, F. and I.C. LIAO, in press - The effect of salinity on the eggs and larvae of grey mullet, *Mugil cephalus*.  
ICES/ELH Symp.:RA:6, 2-5 avril 1979, Woodshole.
- HUBBS, C. and C., BRYAN, 1970 - Effect of parental temperature experience on thermal tolerance of eggs of *Meridia audens*.  
In : The early life history of fish, springer verlag. J.H.S. Blaxter Ed. : 431 - 435.
- HUGH, J.J., 1978 - Effects of light shock and handling shock on striped bass fry.  
The prog. fish. cult. : 82.
- IRVIN, D.N., 1974 - Temperature tolerance of early developmental stages of Dover Sole, *Solea solea*.  
In : The early life history of fish, Springer Verlag, Ed. J.H.S. Blaxter : 449 - 463.
- JONES, A., 1972a - Studies en egg development and larval rearing of turbot, *Scophthalmus maximus* L., and Brill, *Scophthalmus rhombus* L., in the laboratory.  
J. Mar. Biol. U.K., 52 : 965 - 986.

- JONES, A., 1972b - An examination of the factors to be considered in the choice of species.  
Marine Fish Farming, Laboratory Leaflet (New Series), n° 24.
- JONES, A., 1974 - Sexual maturity, fecundity and growth of the turbot (*Scophthalmus maximus* L.).  
J. Mar. Biol. Ass. U.K., 54 : 109 - 125.
- JONES, A., R.A., PRICKETT and M.T., DOUGLAS, in press - Recent developments in techniques for rearing marine flatfish larvae, particularly turbot *Scophthalmus maximus* L., on a pilot commercial scale.  
Presented at ICES/ELH symp./RA : 8. 2 - 5 avril 1979. Woodshole.
- JOHNSON, A.G., T.D., WILLIAMS and C.R., ARNOLD, 1977 - Chlorine induced mortality of eggs and larvae of spotted Seatrout (*Cynoscion nebulosus*).  
Trans. Am. Fish. Soc., 106 (5) : 466 - 469.
- KAUR, K. and H.S., TODR, 1978 - Effect of dissolved oxygen on the survival and hatching of eggs of Scale carp.  
Prog. fish. Cult., 40 (1) : 35 - 37.
- KEARN, G.C., 1972 - The physiology and behavior of the monogean skin parasite *Endobtella solea* in relation to its host (*Solea solea*).  
Parasitology 80 : pp. 161 - 187.
- KERR, N.M. et al., 1976a - Marine fish farming : the interface between development and application.  
Presented to the Second European congress on fish farming, in London, on the 30<sup>th</sup> November 1976.
- KERR, N.M., 1976b - Farming marine flatfish using waste from sea-water cooling.  
Presented at : Conference "Growing Energy" organized by the institute of fuel, South coast Section, at Southampton on 26 February 1976.
- KHALANSKY, 1978 - Perturbations écologiques liées à l'implantation de centrales thermiques de grande puissance sur le Littoral.  
Océanis, 4 (3) : 152 - 195.
- KINNE, O., 1963 - The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. I. Temperature.  
Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 1 : 301 - 340.
- KITAKA, J., 1977 - Red sea bream culture in Japan.  
In : 3<sup>rd</sup> Meeting of ICES Working Group on mariculture. Actes de Colloques, CNEXO Ed., 4 : 111 - 117.
- KOENIG, J., 1977 - Les vitamines et les Oligo-éléments dans la nutrition des poissons.  
Ann. Inst. Michel PACHA, 10 : 109 - 127.
- KONSTANTINOV, K.G., 1978 - Modern methods of fish tagging.  
In : ISSN 0032 - 9453/77/0060-0924. Scripta Publishing Co.

- KOO, T.S.Y. and M.L. JOHNSTON, 1978 - Larvae deformity in striped bass, *Morone saxatilis* and blueback herring, *Alosa aestivalis*, due to heat shock treatment of developing eggs.  
Env. Poll., 16 (2): 137-149.
- KUO, C.M. and Z.H. SHEHADED, 1972 - A preliminary report on the development, growth and survival of laboratory reared larvae of the grey mullet, *Mugil cephalus* L.  
In : The grey mullet (*Mugil cephalus* L.) induced breeding and larval rearing research 1970-1972.  
Oceanic Institute - Hawaii, Report OI.72.76.1 : 123-150.
- KUO, C.M., C.E. NASH and Z.H. SHEHADED, 1973 - The grey mullet (*Mugil cephalus* L.) induced breeding and larval rearing research. 1972-1973. Volume II.  
Oceanic Institute - Hawaii, Report n° OI.73.128.
- KUO, C.M., C.E. NASH and Z.H. SHEHADED, 1973. The effects of temperature and photoperiod on ovarian development.  
In : The grey mullet - Induced breeding and larval rearing - 1972-1973. Volume II.  
Oceanic Institute - Hawaii, 63-84.
- KUO, C.M., Z.H. SHEHADED and C.E. NASH, 1973. Induced spawning of captive females by injection of human chorionic gonadotropin (HCG).  
Aquaculture, 1 : 429-432.
- KUO, C.M. and C.E. NASH, 1975. Recent progress on the control of ovarian development and induced spawning of the grey mullet (*Mugil cephalus*).  
Aquaculture, 5 : 19-29.
- LAHAYE, J., 1972. Cycles sexuels de quelques poissons plats des côtes bretonnes.  
Rev. Trav. Inst. Pêches Maritimes, 36 (2) : 191-207.
- LAHAYE, J., 1980. Recherches sur les poissons plats.  
Rapport CNEEXO n° 79/5808.
- LAM HOAI THONG, 1969. Contribution à l'étude de la biologie de Mugilidae (poissons téléostéens) des côtes du massif armoricain.  
Mémoire présenté pour l'obtention du D.E.A. en Océanographie Biologique à la Faculté de Paris, 127 pp.
- LASSUS, M., 1978. Effet de la chloration sur le phytoplancton marin.  
In : Compte rendu de la journée d'étude sur la chloration, E.D.F. Ed., Paris le 21 mars 1978.
- LAUBIER-BONICHON, A. et L. LAUBIER, 1976. Reproduction contrôlée chez la crevette *Penaeus japonicus*.  
In : Advances in Aquaculture, T.V.R. PILLAY and Wm. A. DILL, Ed., Fishing News Book Ltd. : 273-276.
- LAURENCE, C., 1979. Effect of thermal increases of short duration on survival of *Euphausia pacifica*.  
Fish. Bull., 76 (4) : 895-899.
- LE BAIL, P.Y. et B. BRETON, in press. Rapid determination of sex of salmonid fish by technique of immunoadglutination.  
Aquaculture,



- LE FOLL, A., 1979 - Fécondité de la Sole, *Solea solea* et d'un arnoglosse, *Arnoglossus laterna* en baie de Douarnenez.  
Rapport de Diplôme d'études approfondies. Fac. Sciences Brest :  
Roneo 54 pp.
- LEMERCIER, P., 1975 - Contrôle de la qualité d'oeufs de turbot *Scophthalmus maximus* L. et de leur durée d'incubation.  
Techniques de transport pour les oeufs de turbot et les alevins de Bar *Dicentrarchus labrax*.  
Rapport ENSAR : ronéo 82 pp.
- LEMERCIER, P. et M., GIRIN, 1976 - Expériences de transports et de refroidissement d'oeufs de turbot (*Scophthalmus maximus*). Application à d'autres espèces de poissons marins.  
ICES Doc. C.M. 1976/E : 23, 12 pp.
- L'HERROUX, M., 1974 - Extension de la technique des bassins à double fond aux grandes surfaces d'élevage.  
Colloque sur l'aquaculture. Actes de colloques, CNEXO Ed., 1 : 79 - 86.
- LONGWELL, A.C., 1977 - A genetic look at fish eggs and oil.  
*Oceanus*, 20 (4) : 46 - 58.
- LUMARE, F., 1978 - Etat actuel des connaissances sur les espèces cultivables en Méditerranée.  
Consultation FAO d'experts sur le développement de l'aquaculture en Méditerranée.  
Athènes 13 - 18 mars 1978 : 84 pp.
- MADDOCK, B.G., 1974 - A technique to prolong the incubation period of brown trout ova.  
*Prog. Fish. Cult.*, 36 (4) : 219 - 222.
- MAC LEAN, J.A., J.B., SHUTER, H.A., REGIER and J.C., MAC LEOD, in press - Temperature and year class strength of smaltmouth bass.  
Presented at ICES/ELH SYMP./M : 9, 2 - 5 avril 1979, Woodhole.
- MAC QUARRIE, D.W., J.R., MARKERT and W.E., VANSTONE, 1978 - Photoperiod induced off season spawning of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*).  
*Ann. Biol. An. Bioch. Biophysique*, 18 (4) : 1051 - 1058.
- MAC QUARRIE, D.W., W.E., VANSTONE and J.R., MARKERT, 1979 - Photoperiod induced off season spawning of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*).  
*Aquaculture*, 18 : 289 - 302.
- MAGGI, P., P., LASSUS et A., ABARNOU, 1976 - Influence des chocs thermiques sur la croissance d'une diatomée (*Phaeodactylum tricornutum*).  
Contrat EDF-ISTPM présenté aux journées de thermo écologie Brest 15 - 16 novembre 1976.
- MALARD, A.E., 1899 - Sur le développement et la pisciculture du turbot.  
*C.R. Acad. Sc. Paris*, 129 : 181 - 183.
- MARCY, B.C., 1971 - Survival of young fish in the discharge canal of a nuclear power plant.  
*J. Fish. Res. Bd. Can.*, 28 : 1057 - 1060.
- MEINZ, M., 1978 - Improved method for collecting, transporting young American Shad.  
*Progressive Fish Culturist*, 40 (4) : 150 - 152.
- MENU, B. and M., GIRIN, in press - Ponte, incubation et développement larvaire du rouget de roche (*Mullus surmuletus*) en laboratoire. Vie et milieu.

- MOAR, R., 1976 - Genetic improvement in Aquaculture industry.  
In : Advances in Aquaculture. Ed : T.V.R. Pillay and W.A. Dill  
Fishing News Books Ltd : 610 - 622.
- MOSS, S.A., 1970 - The responses of young American Shad to rapid temperature changes.  
Trans. Amer. Fish. Soc., 2 : 381 - 384.
- MUCHMORE, D. and D., EPEL, 1973 - The effects of chlorination of waste water on fertilization in some marine invertebrates.  
Mar. Biol., 19 : 83 - 95.
- MULLER-FEUGA, A., R., ROUDIER et P., TOUREAU, 1979 - Valorisation des eaux tièdes des centrales thermiques : agriculture, aquaculture, chauffage des locaux.  
Présenté aux journées d'étude et de rencontres 26 - 27 février - Paris.
- NASH, C.E., 1977 - The breeding and cultivation of marine fish species for mariculture.  
In : Troisième réunion du groupe de travail C.I.E.M. 10 - 13 mai 1977 Brest France. Actes de colloques du CNEXO, 4 : 1 - 10.
- NASH, C.E., C.M., KUO and S.C., MC CONNEL, 1973 - Operational procedures for rearing.  
In : The grey Mullet. Induced breeding and larval rearing 1972 - 1973. Voluem II. HAWAI : 23 - 34.
- NIKOLSKY, G.V., 1963 - The ecology of fishes.  
Academic Press London and New-York : 352 pp.
- PAPAGEORGIU, N.K., 1979 - The length weight relationship, age, growth and reproduction of the roach *Rutilus rutilus* (L.) in Lake Volvi.  
J. Fish. Biol., 14 : 529-538.
- PAPERNA, I., A. COLORNI, H. GORDIN and G.W. KISSIL, 1977 - Diseases of *Sparus aurata* in Marine Culture at Elat.  
Aquaculture, 10 (3) : 195-213.
- PESLAK, Y.K., 1967 - Effect of the quality of breeders on the quality of salmon fry raised in fish breeding factories.  
In : Metabolism and biochemistry of fish. Ind. Nat. Sci. Doc. Ed. : 119-121.
- PERSON LE RUYET, J., J.C., ALEXANDRE, A., LE ROUX et G. NEDELEC, 1978 - La génération 1977 du turbot (*Scophthalmus maximus* L.) au centre Océanologique de Bretagne - CNEXO France.  
ICES Doc. C.M., 1978/G : 55, 20 pp.
- PITMAN, R.W., 1979 - Effects of female age and egg size on growth and mortality in rainbow trout.  
Prog. Fish. Cult., 41 (4) : 202-204.
- PIVAZYAN, S.A., 1975 - Etude de la fertilité des truites du lac SERVAN.  
Biol. Zh. Armenii. S.S.S.R., 1975, 28 (8) : 68 - 73.
- POULIQUEN, L., 1974 - Contribution à l'étude de la croissance de juvéniles de bars (*Dicentrarchus labrax* L.) élevés en milieu naturel.  
Colloque sur l'Aquaculture. Actes de colloques, CNEXO Ed., 1 : 293 - 303.
- POST, G., D.V., POWER and T.M., KLOPPEL, 1974 - Survival of Rainbow Trout eggs after receiving physical shocks of known magnitude.  
Trans. Amer. Fish. Soc., 4 : 711 - 716.
- PURDOM, C.E. and R.F., LINCOLN, 1974 - Gynogenesis in hybrids within the pleuronectidae.  
In : The early life history of fish. Ed. J.H.S. Blaxter, 535 - 544.

- QUINIQU, L., 1978 - Les poissons demerseaux de la baie de Douarnenez :  
alimentation et écologie.  
Thèse de 3ème cycle. Fac. Sci., U.B.O. Brest : 222 pp.
- RAJAGOPAL, P.K., 1979 - The embryonic development and the thermal effects  
on the development of the mountain whitefish. (GIRARD)  
  
J. Fish. Biol., 115 : 153 - 158.
- SABAUT, J.J. et P., LUQUET, 1973 - Nutritional requirements of the Gilthead  
Bream *Chrysophrys aurata*. Quantitative protein requirements.  
Mar. Biol., 18 : 50 - 54.
- SCHOENBERR, A.A., 1977 - Density dependent and density independent regula-  
tion of reproduction in the gila topminnow, *Poeciliopsis occiden-  
talis* (Band and Girard).  
Ecology, 58 (2) : 438 - 444.
- SCHUBEL, J.R., 1974 - Effects of exposure to time-excess temperature his-  
tories 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 Seila S.B., Lexington books, Lexington, MA,  
U.S.A. : 2 31 - 54.
- SCOTT, D.P., 1962 - Effects of food quantity on fecundity of rainbow trout  
*Salmo gairdneri*.  
J. Fish. Res. Bd. Can., 19 : 715 - 731.
- SHEHADEH, Z.H., C.M., KUO and K., SNORRIS, 1972 - The establishment of a  
captive brood stock of grey mullet, *Mugil cephalus* L.  
In : The grey Mullet (*Mugil cephalus* L.) induced Breeding and larval  
rearing research 1970 - 1972.  
OCEANIC INSTITUTE - HAWAII, Report O1.72.76.1. : 31 - 46.
- SHELBOURNE, J.E., 1968 - The culture of marine fish larvae, with special  
reference to the plaice (*Pleuronectes platessa* L.), and the sole  
(*Solea solea* L.).  
Ph. D. Thesis, University of London, 143 pp.
- SINDERMANN, C.J., 1979 - Pollution associated diseases and abnormalities  
of fish and shellfish : a review.  
Fishery Bulletin, 76 (4) : 717 - 749.
- SMITH, S., 1957 - Early development and hatching.  
In : The physiology of fishes, Academic press inc., publishers,  
New-York : 323 - 359.
- SOKAL, R. and F.J., ROHLF, 1969 - Biometry the principles and practice  
of statistics in Biological research : 776 pp.
- 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. Seila,  
Lexington Books, Lexington, MA ; U.S.A. : 77 - 87.

- VIDEAU, C., M., KHALANSKY and M., PENOT, 1976 - The chlorination effects of monospecific cultures of marine phytoplankton. Preliminary results.  
J. Res. Oceanogr., 3 (2) : 19 - 28.
- VOLODIN, V.M., 1960 - Effect of the temperature on the embryonic development of the Pike, the Blue Bream (*Abramis ballarus* L.) and the White bream (*Blicca bjoerkna* L.).  
Trudy Inst. Biol. Yodokhran, 3 (6) : 231 - 237.
- WARES, D.M., 1975 - Relation between egg size, growth and natural mortality of larval fish.  
J. Fish. Res. Board. Can., 32 (12) : 2503 - 2512.
- WEIS, J.S. and P., WEIS, 1977 - Effects of heavy metals on embryonic development of the killifish, *Fundulus heterocletus*.  
J. Fish. Biol., 11 : 49 - 54.
- WHITEHEAD, C., N.R., BROMAGE, J.R.M., FOSTER and A.J., MATTY, 1978 - The effects of alterations in photoperiod on ovarian development and spawning time in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*).  
Ann. Biol. An. Bioch. Biophysique, 18 (4) : 1035 - 1044.
- WHITE-HOUSE, J.W., 1975 - Chlorination of cooling water. A review of literature on the effects of chlorine on aquatic organisms.  
Centre Electricity Research Laboratories.  
Laboratories Memorandum NO.RD/L/M/496.
- WOOTON, R.J., 1973 - Fecundity of the three spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* (L.).  
J. Fish. Biol., 5 : 683 - 688.
- WILLIAMS, M.C., 1973 - Shear induced hemolysis : Materials and blood composition.  
Univ. California, Berkeley 071850.
- ZOHAR, Y., M., ABRAHAM and H., GORDIN, 1978 - The gonadal cycle of the captivity reared hermaphroditic *Sparus aurata* (L.) during the first two years of life.  
Ann. Biol. An. Bioch. Bioph., 18 (4) : 877 - 882.
- ZOHAR, Y. and H., GORDIN, 1979 - Spawning kinetics in the gilthead sea-bream, *Sparus aurata* L. after low doses of human chronic gonadotropin.  
J. Fish. Biol., 15 : 665 - 670.
- ZEITOUN, I.H., 1977 - The effect of chlorine toxicity on certain blood parameters of adult rainbow trout (*Salmo gairdneri*).  
Envir. Bio. Fish., 1 : 189 - 195.
- ZEITOUN, I.H., L.D., HUGUES and D.E., ULLREY, 1977 - Effect of shock exposures of chlorine on the plasma electrolyte concentrations of adult rainbow trout (*Salmo gairdneri*).  
J. Fish. Res. Bd. Can., 34 : 1034 - 1039.

